

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TESIS**

**OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO, ELABORADO CON CEMENTOS TIPO I Y ADITIVOS  
SUPERPLASTIFICANTES**

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

Maestría: Bernal Díaz, Daniel

Asesor: M. en I. Héctor A. Pérez Loayza

Cajamarca- Perú

2017

COPYRIGHT © 2017 by  
DANIEL BERNAL DÍAZ  
Todos los derechos reservados

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TESIS APROBADA**

**OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO,  
ELABORADO CON CEMENTOS TIPO I Y ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES**

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

**DANIEL BERNAL DÍAZ**

**Comité Científico**

Dr. Gaspar Méndez Cruz  
Presidente del Comité

M. Cs. Jaime Amorós Delgado  
Primer Miembro Titular

M. Cs. Katherine Fernández León  
Segundo miembro titular

M. Cs. Marco Silva Silva  
Miembro Accesitario

**CAJAMARCA- PERÚ**

**2017**



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado


### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS


#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 09:00 de la mañana del día 16 de octubre de dos mil diecisiete, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. GASPAR MÉNDEZ CRUZ**, en Representación del Director y como Miembro del Jurado Evaluador, **Mg. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA**, en calidad de Asesor, **M.Cs. JAIME AMORÓS DELGADO**, **M.Cs. KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN**, como integrantes del Jurado Evaluador. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **“OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, ELABORADO CON CEMENTOS TIPO I Y ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES”**, presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil DANIEL BERNAL DÍAZ**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.


Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBADO con la calificación de ...DIECISIETE... (EXCELENTE).....la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. Ingeniería Civil DANIEL BERNAL DÍAZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Gaspar Méndez Cruz**  
**JURADO EVALUADOR**

  
.....  
**Mg. Héctor Pérez Loayza**  
**Asesor**

  
.....  
**M.Cs. Katherine Fernández León**  
**JURADO EVALUADOR**

  
.....  
**M.Cs. Jaime Amorós Delgado**  
**JURADO EVALUADOR**

A:

Dios por guiarme siempre por el camino del bien y con todo mi cariño y mi amor a mis padres y hermanos que hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando era más necesario, a ustedes por siempre mi corazón y mi gratitud

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor y amigo el Máster Ing. Héctor A. Pérez Loayza por su apoyo y dedicación constante al desarrollo de esta tesis.

A los docentes de la escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes con su experiencia y dedicación me brindaron sus conocimientos para el desarrollo de esta tesis.

A los profesionales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, que colaboraron con sus conocimientos y permitieron el uso del laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz”, para el desarrollo de la investigación.

A Jossué Henry Díaz Alcalde, Leiner Guerrero Gonzáles, por su incondicional apoyo y a todos mis amigos y familiares que contribuyeron al logro de este ansiado objetivo

¡Infinitas gracias a todos!

Toda acción humana resulta honrada, agraciada y verdaderamente magnífica cuando se hace considerando las cosas que están por venir... En consecuencia, cuando construyamos, hagámoslo pensando en que será para siempre. No edifiquemos para el provecho y el uso actual solamente. Hagamos tales obras que nuestros descendientes nos lo agradezcan y consideremos, a medida que ponemos piedra sobre piedra, que llegará el día en que esas piedras serán sagradas porque nuestras manos las tocaron, y que la posteridad pueda decir con orgullo, al ver nuestra labor y esencia que en ella forjamos, “Mirad aquí el legado de quienes nos precedieron”

- John Ruskin

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Contextualización.....	1
1.1.2. Descripción del problema.....	2
1.1.3. Formulación del problema.....	4
<b>1.2. Justificación e importancia.....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Justificación científica.....	4
1.2.2. Justificación técnica-práctica.....	4
1.2.3. Justificación institucional y personal.....	5
<b>1.3. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Limitaciones.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1. Concreto.....</b>	<b>11</b>
2.3.1.1. Resistencia a compresión.....	13
<b>2.3.2. Los aditivos.....</b>	<b>14</b>
2.3.2.1. Aditivos superplastificantes.....	15
<b>2.3.3. El cemento.....</b>	<b>18</b>



2.3.3.1. Cementos utilizados en la investigación.....	19
<b>2.3.4. Agregados para Concreto.....</b>	<b>20</b>
2.3.4.1. Características de los agregados para concreto.....	21
2.3.4.2. Características físicas de los agregados para concreto.....	24
2.3.4.2.1. Peso específico y absorción.....	24
2.3.4.2.2. Análisis granulométrico.....	24
2.3.4.2.3. Peso unitario.....	25
2.3.4.2.4. Contenido de humedad.....	25
2.3.4.2.5. Resistencia a la abrasión. ....	26
2.3.4.2.6. Material más fino que el tamiz N°200. ....	26
<b>2.3.5. Agua para mezclas de concreto.....</b>	<b>27</b>
2.3.5.1. Agua de mezclado.....	27
2.3.5.2. Agua de curado.....	27
<b>2.3.6. Aditivos utilizados en la investigación.....</b>	<b>27</b>
2.3.6.1. Chema Súper Plast.....	27
2.3.6.2. Euco 37.....	28
2.3.6.3. SikaPlast 1000.....	28
<b>2.3.7. Teoría del Diseño de mezclas.....</b>	<b>28</b>
2.3.7.1. Generalidades.....	28
2.3.7.2. Elección de la resistencia promedio.....	29
2.3.7.3. Elección del asentamiento (Slump). ....	29
2.3.7.4. Selección de tamaño máximo del agregado. ....	30
2.3.7.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.....	30
2.3.7.6. Elección de la relación agua cemento (a/c). ....	32
2.3.7.7. Cálculo del contenido de cemento. ....	33
2.3.7.8. Estimación del contenido de agregado grueso y fino. ....	33
2.3.7.9. Ajuste por humedad y absorción. ....	34
2.3.7.10. Cálculo de las proporciones en peso.....	35
2.3.7.11. Cálculo de las proporciones en volumen. ....	35
<b>2.3.8. Prueba de ensayos.....</b>	<b>35</b>
2.3.8.1. Descripción de materiales utilizados.....	35

2.3.8.2. Curado.....	36
<b>2.4. Definición de términos básicos.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y</b>	<b>40</b>
<b>VARIABLES.....</b>	
3.1. Hipótesis.....	40
3.2. Variables.....	40
3.3.Operacionalización/categorización de los componentes de las hipótesis .....	41
<b>CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>42</b>
4.1. Ubicación geográfica.....	42
4.2. Diseño de la investigación.....	42
4.3. Métodos de investigación.....	43
4.4 Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	44
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	46
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	46
4.7. Equipos, materiales, herramientas.....	46
4.8. Matriz de consistencia metodológica.....	47
4.9. Obtención de datos de la investigación.....	48
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
5.1. Presentación de resultados de Características de los materiales componentes del concreto.....	55
5.2. Análisis y discusión de características de los materiales componentes del concreto.....	56
5.3 Presentación de resultados de mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación.....	58
5.4 Análisis y discusión de los resultados de las mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación.....	59
5.5. Presentación de resultados de ensayos de resistencia a compresión para los grupos de control (GC) y los grupos experimentales (GE). .....	62
5.6. Análisis estadístico de resultados de investigación.....	84
5.7. Discusión de resultados de ensayos de resistencia a compresión de especímenes para los grupos de control (GC) y los grupos experimentales (GE).	88

5.8. Análisis del tipo y modo de falla de especímenes a la compresión.....	93
5.9. Análisis de costos de materiales por metro cúbico para cada mezcla.....	94
5.10. Contratación de Hipótesis.....	95
5.11 Contratación de resultados con los antecedentes de la investigación.....	97
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>106</b>
A. Propiedades físico mecánicas de los agregados.....	106
B. Diseños de mezcla de los grupos de control y experimentales.....	112
C. Datos de ensayos de resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control y experimentales.....	114
D. Tratamiento estadístico de resultados .....	132
E. Panel fotográfico.....	135
<b>ANEXOS.....</b>	<b>141</b>
A. Constancia de realización de ensayo en el laboratorio.....	141
B. Hojas técnicas.....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> Componentes principales del cemento portland.....	19
<b>Tabla 02:</b> Límites granulométricos del agregado fino.....	22
<b>Tabla 03:</b> Husos granulométricos del agregado fino.....	22
<b>Tabla 04:</b> Husos granulométricos del agregado grueso.....	23
<b>Tabla 05:</b> Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico.....	24
<b>Tabla 06:</b> Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión.....	26
<b>Tabla 07:</b> Cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.....	26
<b>Tabla 08:</b> Grado de control.....	29
<b>Tabla 09:</b> Consistencia y Asentamiento.....	29
<b>Tabla 10:</b> Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	30
<b>Tabla 11:</b> Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación del tamaño máximo del agregado grueso.....	30
<b>Tabla 12:</b> Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	31
<b>Tabla 13:</b> Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.....	31
<b>Tabla 14:</b> Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal...	32
<b>Tabla 15:</b> Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto	32
<b>Tabla 16:</b> Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto....	33
<b>Tabla 17:</b> Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	34
<b>Tabla 18:</b> Identificación de los elementos de los diseños de investigación en la tesis.....	43
<b>Tabla 19:</b> Determinación del tamaño de la muestra de la investigación.....	44
<b>Tabla 20:</b> Tamaño de la muestra en diseños factoriales.....	45
<b>Tabla 21:</b> Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. ....	55

<b>Tabla 22:</b> Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto....	56
<b>Tabla 23:</b> Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto de los grupos de control. ....	59
<b>Tabla 24:</b> Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto de los grupos experimentales. ....	59
<b>Tabla 25:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 7 días (GC1). ....	62
<b>Tabla 26:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 7 días (GC2). ....	62
<b>Tabla 27:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 07 días (GC3). ....	63
<b>Tabla 28:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 14 días (GC1). ....	63
<b>Tabla 29:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GC2) ....	64
<b>Tabla 30:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 14 días (GC3). ....	64
<b>Tabla 31:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 28 días (GC1) ....	65
<b>Tabla 32:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GC2) ....	65
<b>Tabla 33:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 28 días (GC3). ....	66
<b>Tabla 34:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema SupérPlast, con Cemento Andino a 07 días (GE1). ....	66
<b>Tabla 35:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema SupérPlast, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE2). ....	67
<b>Tabla 36:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema SupérPlast, con Cemento Sol a 07 días (GE3). ....	67
<b>Tabla 37:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 07 días (GE4). ....	68

<b>Tabla 38:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE5).....	68
<b>Tabla 39:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 07 días (GE6).....	69
<b>Tabla 40:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 07 días (GE7).....	69
<b>Tabla 41:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE8).....	70
<b>Tabla 42:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Sol a 07 días (GE8).....	70
<b>Tabla 43:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Andino a 14 días (GE1).....	71
<b>Tabla 44:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE2).....	71
<b>Tabla 45:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Sol a 14 días (GE3).....	72
<b>Tabla 46:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 14 días (GE4).....	72
<b>Tabla 47:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE5).....	73
<b>Tabla 48:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 14 días (GE6) .....	73
<b>Tabla 49:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 14 días (GE7).....	74
<b>Tabla 50:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE8).....	74
<b>Tabla 51:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Sol a 14 días (GE9).....	75
<b>Tabla 52:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Andino a 28 días (GE1). .....	75
<b>Tabla 53:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo	76

Chema Súper Plast, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE2). .....	
<b>Tabla 54:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Sol a 28 días (GE3). .....	76
<b>Tabla 55:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 28 días (GE4). .....	77
<b>Tabla 56:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE5). .....	77
<b>Tabla 57:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 28 días (GE6). .....	78
<b>Tabla 58:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 28 días (GE7). .....	78
<b>Tabla 59:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE8).....	79
<b>Tabla 60:</b> Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Sol a 28 días (GE9).....	79
<b>Tabla 61:</b> Resistencia a compresión de especímenes sin aditivo (GC), a 7,14 y 28 días. ....	84
<b>Tabla 62:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast por cemento y días de curado (GE1, GE2, GE3).....	85
<b>Tabla 63:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37 por cemento y días de curado (GE4, GE5, GE6).....	85
<b>Tabla 64:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Sika Plast 1000 por cemento y días de curado (GE7, GE8, GE9).....	86
<b>Tabla 65:</b> Resultados de resistencia a compresión de grupos de control y experimentales en orden ascendente.....	91
<b>Tabla 66:</b> Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14, y 28 días de elaborado.....	92
<b>Tabla 67:</b> Análisis de costos de materiales por metro cúbico para los grupos de control y experimentales.....	94
<b>Tabla 68:</b> Peso específico y absorción.....	106
<b>Tabla 69:</b> Peso unitario.....	106

<b>Tabla 70:</b> Contenido de humedad.....	107
<b>Tabla 71:</b> Análisis granulométrico.....	108
<b>Tabla 72:</b> Material más fino que pasa el tamiz N° 200.....	111
<b>Tabla 73:</b> Resistencia mecánica de los agregados abrasión (Método de Los Ángeles).....	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Efecto de los aditivos superplastificantes.....	11
<b>Figura 02:</b> Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.....	12
<b>Figura 03.</b> Utilización de aditivos en la preparación de concreto.....	15
<b>Figura 04.</b> Formación de un flóculo de cemento.....	17
<b>Figura 05:</b> Molécula de aditivo reductor de agua (izquierda), repulsión entre partículas de cemento (derecho).....	17
<b>Figura 06:</b> Molécula de aditivo reductor de agua de alto rango (izquierda), dispersión entre partículas de cemento (derecho).....	18
<b>Figura 07:</b> Producción de cemento en el Perú.....	20
<b>Figura 08:</b> Esquema del diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control.....	42
<b>Figura 09:</b> Número de probetas en función del error máximo e, (ASTM C 823)..	45
<b>Figura 10:</b> Equipo y materiales usados en los distintos ensayos.....	50
<b>Figura 11:</b> Control del asentamiento (Slump).....	51
<b>Figura 12:</b> Llenado de moldes para elaboración de especímenes de concreto.....	51
<b>Figura 13:</b> Curado de especímenes de concreto.....	52
<b>Figura 14:</b> Materiales y equipos utilizados en los ensayos.....	53
<b>Figura 15:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 07 días.....	80
<b>Figura N°16:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 14 días.....	80
<b>Figura 17:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 28 días.....	81
<b>Figura 18:</b> Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control a los 7, 14 y 28 días.....	81
<b>Figura19:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales a los 07 días.....	82
<b>Figura20:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos	82

experimentales a los 14 días.....	
<b>Figura 21:</b> Resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales a los 28 días.....	83
<b>Figura 22:</b> Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos experimentales a los 7, 14 y 28 días.....	83
<b>Figura 23:</b> Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días.....	84
<b>Figura 24:</b> Resistencia a compresión de especímenes sin aditivo a las edades de 7,14 y 28 días.....	86
<b>Figura 25:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast a las edades de 7,14 y 28 días.....	87
<b>Figura 26:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37 a las edades de 7,14 y 28 días.....	87
<b>Figura 27:</b> Resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000 a las edades de 7,14 y 28 días.....	88
<b>Figura28:</b> Tipos de fallas típicos que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.....	92
<b>Figura 29:</b> Distribución granulométrica agregado fino.....	108
<b>Figura 30:</b> Distribución granulométrica agregado grueso.....	108

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

A/C: Relación de cantidad de agua y cantidad de cemento de una mezcla de concreto.

ACI: En inglés American Concrete Institute, Instituto Americano del Concreto.

ASTM: En inglés American Section of the International Association for Testing Materials.

CSI: Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento

F'c: Resistencia a compresión especificada

Kg/cm<sup>2</sup>: Kilogramo por centímetro cuadrado.

Kg: Kilogramo.

L: Litro.

Mf: Módulo de finura

NTP: Norma Técnica Peruana.

P.e: Peso específico.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

TMN: Tamaño máximo nominal

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo, optimizar la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes; se elaboró 08 especímenes por cada grupo de control con cemento utilizado Andino, Pacasmayo y sol sin aditivo, se elaboró 08 especímenes por cada grupo experimental resultante de la combinación de cada Cemento con los aditivos Superplastificantes Chema Súper Plast, Euco37 y Sika Plast 1000, ensayados a la compresión a las edades de 7,14 y 28 días. La metodología empleada consistió en la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados usados (cantera del río Chonta), el peso específico de los aditivos y de los cementos Portland Tipo I usados. Luego se realizó el diseño de mezclas, para una resistencia a la compresión especificada de 280 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días, usando el método del Módulo de Finura de la combinación de agregados, considerando dos condiciones: Concreto sin aditivo, que sirvió como la mezcla de control. Concreto con la incorporación de aditivos Superplastificantes. Se llevó a cabo lo diseñado y se concluyó que la resistencia a compresión de los grupos de control como experimentales alcanzaron valores de resistencia a compresión mayores que la resistencia a compresión especificada, Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, la mayor resistencia a compresión se logró combinando aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, mayor en 11.00% que su respectivo grupo de control y mayor en 24.80 % respecto a la resistencia a la compresión especificada, el costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue mayor en 14.03% que el costo de la mezcla de los grupos experimentales, con aditivo superplastificante; además que los aditivos utilizados otorgaron una buena trabajabilidad a las mezclas de concreto.

**Palabras claves:** Optimización, resistencia a compresión, aditivos superplastificantes, cementos Portland Tipo I, especímenes de concreto, proporción.

## ABSTRACT

This research aims to optimize the compressive strength of concrete, made with type I cements and superplasticizing additives; was elaborated 08 specimens for each control group with cement used Andino, Pacasmayo and Sol without additive, was elaborated 08 specimens for each experimental group resulting from the combination of each Cement with Superplastificantes additives Chema Super Plast, Euco37 and Sika Plast 1000, tested under compression at the ages of 7, 14 and 28 days. The methodology used consisted in the determination of the physical-mechanical properties of the aggregates used (quarry of the Chonta River), the specific weight of the additives and of the Portland Type I cements used. Then the design of mixtures was made, for a specified compressive strength of 280 kg / cm<sup>2</sup>, at 28 days, using the method of the Fineness Module of the combination of aggregates, considering two conditions: Concrete without additive, which served as the control mixture. Concrete with the addition of Superplasticizers additives. The design was carried out and it was concluded that the compressive strength of the experimental control groups reached higher compressive strength values than the specified compressive strength, using superplasticizing additives in a proportion of 1.00% of the weight of the cement in the concrete processing, the greatest resistance to compression was achieved by combining Sika Plast 1000 superplasticizer with Pacasmayo Cement type I, higher by 11.00% than its respective control group and higher by 24.80% compared to the specified compressive strength, the cost of the mixture of the control group, without additive, was higher in 14.03% than the cost of the mixture of the experimental groups, with superplasticizing additive; In addition, the additives used gave a good workability to concrete mixtures.

**Key words:** Optimization, compressive strength, superplasticizing additives, Type I Portland cement, concrete specimens, proportion.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contextualización

El conocimiento de los materiales existentes en la naturaleza, o de otros transformados a partir de estos, es el primer paso para lograr innovaciones tecnológicas constructivas que la condición mundial actual requiere, problemas como el agotamiento de los recursos naturales y la mayor demanda de vivienda para una población en continuo crecimiento, hace que cada día se necesiten con más urgencia nuevos materiales y tecnologías en la construcción, para que las estructuras sean más funcionales, seguras y económicas (Gutiérrez 2003).

El concreto es el material de mayor uso en la construcción en el mundo, presenta características que lo hacen diferente del resto de materiales, puede ser producido in situ o en planta de premezclado debiéndose en ambos casos conocer muy bien la cantidad de componentes a mezclar, debido a su comportamiento complejo por la variedad de agregados, cementos y aditivos químicos existentes para obtener un concreto apropiado, optimizando sus propiedades físico mecánicas, debiendo cumplir con los requisitos en estado fresco y endurecido. (Rivera y Rivera2005).

Los aditivos superplastificantes han abierto una serie de nuevas posibilidades para la utilización y puesta en obra del Concreto. Se consigue un incremento de la resistencia mecánica, mayor trabajabilidad, mejora del transporte, así como la posibilidad de mejorar la puesta en obra en zonas de difícil acceso, mejor recubrimiento de armaduras, etc. El empleo de aditivos superplastificantes ha permitido, por lo tanto, un cambio radical en las prácticas constructivas, de modo que en ausencia de superplastificantes ciertas construcciones altamente reforzadas no hubieran sido posibles. Además, se pueden

optimizar los contenidos en cemento y agua, por lo que es posible conseguir concretos más económicos. (Alonso 2011).

Según datos de la European Cement Research Academy (2005) se estima que en Europa más del 90 % de los hormigones preparados contienen algún tipo de aditivo, de los que más del 70 % son aditivos plastificantes o superplastificantes, manteniéndose esta tendencia en la última década.(Alonso 2011).

En Perú 77% del concreto elaborado constituye concreto informal, ya que se elabora sin supervisión técnica, empleando materiales de mala calidad y sin cumplir con las normas vigentes de nuestro país, no incluye el uso de aditivos plastificantes lo que conlleva a un consumo excesivo de agua, por lo que las resistencias del concreto estructural no alcanzan la resistencia mínima establecida (Garay y Quispe, 2016).

### **1.1.2. Descripción del problema**

El concreto es una mezcla de cemento, agua, agregados y aditivo, este último mejora las propiedades del concreto en estado fresco o endurecido tales como la reducción de la demanda de agua, incremento de la trabajabilidad, aumento de la resistencia mecánica, por lo que es muy importante conocer las diferentes características de cada componente con la finalidad de obtener un concreto óptimo. (Abanto2002).

Los aditivos superplastificantes posibilitaron el desarrollo de los concretos de alto desempeño ya desde hace algunas décadas. La principal herramienta que brindan es la posibilidad de reducir la relación agua/material cementicio, permitiendo la obtención de hormigones más resistentes y durables sin desmedro de su trabajabilidad y economía. La optimización del comportamiento del concreto o mortero que contiene un aditivo reductor de agua de alto rango (o superplastificante) es necesaria desde el punto de vista tecnológico para la obtención de un hormigón trabajable, resistente y durable, con buena economía. (Barreda, Villagrán y Sota 2005).

Añadiendo pequeñas cantidades de aditivos superplastificantes (en cantidades no superiores al 1 % en masa de cemento) al agua de mezclado del hormigón, se pueden conseguir propiedades mejoradas sobre los morteros y hormigones, hasta tal punto que el

uso de aditivos superplastificantes, ha revolucionado la tecnología del hormigón fundamentalmente en términos de trabajabilidad y resistencia a compresión. (Alonso 2011).

Según Carhuamaca (2015), la escasa investigación de aditivos superplastificantes en cuanto a sus posibilidades en nuestro medio, trae como consecuencia el que en términos de desarrollo tecnológico en el Perú, la experiencia de su empleo es limitada a sólo a algunos proyectos de cierta importancia, no existiendo una adecuada tecnología local que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo.

La no utilización de aditivos conlleva a un consumo elevado de agua y cemento (sólo el cemento representa entre el 60 a 70% del costo por m<sup>3</sup> del concreto). Si se agrega a lo anteriormente expuesto un nulo control de calidad de los agregados tenemos como resultado una baja calidad en el concreto con costos muy elevados, es decir se puede llegar a consumir nueve bolsas de cemento Tipo I o más por m<sup>3</sup> para elaborar un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , cantidad muy alta si se tiene en cuenta que con el uso de aditivos superplastificantes y un adecuado control de calidad se puede elaborar dicho concreto con solo 7 bolsas o menos. Se puede indicar que el nivel de optimización en costo por m<sup>3</sup> para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  empleando aditivos superplastificantes está comprendido entre un 10% a 15%, ello adicionalmente a todas las ventajas técnicas del concreto tanto en su estado fresco como endurecido

Para el caso de concretos de mayor resistencia a compresión, el nivel de reducción de costo es aún mayor si tenemos en cuenta el alto consumo de cemento. Si adicionalmente a la ventaja económica a nivel de menor consumo de cemento consideramos el menor costo por otros ítems operativos, la ventaja es aún mayor y entonces, se puede afirmar que hoy en día, el empleo de los diferentes tipos de aditivos, constituye una constante en la elaboración de concretos.

En razón de lo afirmado, se incrementó la resistencia a compresión y se disminuyó el costo de la unidad cubica de concreto, mediante la utilización de cementos tipo I y de aditivos superplastificantes.



### **1.1.3. Formulación del problema**

¿En cuánto se optimiza la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes?

## **1.2. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.2.1. Justificación científica**

Este trabajo de investigación se justifica porque está en la línea de investigación de diseños de concreto usando cementos tipo I y aditivos superplastificantes, que son la tendencia actual de la innovación tecnológica del concreto en el mundo.

Se logró optimizar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con el uso de aditivos superplastificantes y cementos tipo I, es decir se incrementó esta, con un menor costo de los materiales componentes de las mezclas respecto a un concreto sin la utilización de aditivos (concreto patrón, de control), conocimiento que sirve de apoyo para el desarrollo de investigaciones similares ya que no existen antecedentes locales, y en el mercado de Cajamarca existe una gran variedad de posibilidades de uso de aditivos superplastificantes, así como cementos tipo I de diversas marcas.

### **1.2.2. Justificación técnica-práctica**

Esta investigación aporta en el conocimiento de la optimización de la propiedad mecánica representativa del concreto, reduciendo la cantidad de cemento y consecuentemente costos de la mezclas elaboradas, además propicia la intensificación del uso de aditivos superplastificantes y las diversas marcas de cemento portland tipo I, existentes en el mercado del departamento de Cajamarca.

Esta investigación permite a profesionales, instituciones, empresas, investigadores, estudiantes y a la población en general a tomar una decisión adecuada al momento de adquirir concreto, si se requiere optimizar la resistencia a compresión con el uso de cementos tipo I y aditivos superplastificantes.

Es necesario el estudio de la optimización de la resistencia a compresión del concreto, toda vez que existe en el mercado de Cajamarca existen diversidad de marcas de

cemento Tipo I y aditivos Superplastificantes, que pueden ayudar a conseguir este objetivo y no existen investigaciones de este tipo, que incluyan a aditivos superplastificantes norma ASTM C-494 de las marcas Chema (Chema SúperPlast), Sika (SikaPlast - 1000), Euco (Euco 37) y a cementos tipo I norma ASTM C-150 de las marcas Andino, Pacasmayo y Sol. En razón de ello esta investigación estudió el comportamiento y efecto que producen en la mejora de la resistencia a compresión.

La investigación presentada en este documento de tesis busca incentivar en el Perú y en Cajamarca, la producción industrial y el uso de concretos, elaborados con aditivos superplastificantes los cuales otorgan ventajas y cualidades de trabajabilidad y resistencia a compresión de las obras civiles.

### **1.2.3. Justificación institucional y personal**

Mediante esta investigación la Universidad Nacional de Cajamarca a través de la Escuela de Postgrado se proyecta a la comunidad brindando soluciones en el rubro de la construcción, mediante el uso de aditivos químicos para el concreto que mejoren las propiedades de este en su estado fresco y endurecido.

Esta investigación da continuidad a la investigación desarrollada por el alumno proponente a nivel de Pregrado, donde se logró demostrar la mejora en la resistencia a compresión del concreto, con el uso de aditivos plastificantes, con un menor costo de las mezclas de concreto respecto a un concreto elaborado sin el uso de aditivos superplastificantes.

### **1.3. Delimitación de la investigación**

La investigación en su fase de campo se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

El diseño de mezclas de concreto para la investigación tanto para los grupos de control como para los grupos experimentales se determinó siguiendo el método del Módulo de

finura de la combinación de agregados para una resistencia a la compresión especificada de 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y cuyos especímenes fueron ensayados a compresión a los 7,14 y 28 días de elaborado, edades consideradas como puntos de control, para verificar el desarrollo progresivo de la resistencia con el tiempo.

Se utilizaron aditivos superplastificantes de las marcas Chema, Sika y Euco, y cementos tipo I, de las marcas Pacasmayo, Sol y Andino; fueron tomados en cuenta considerando que son las marcas de mayor uso Cajamarca.

La proporción de aditivo utilizado para los grupos experimentales fue de 1.00% del peso del cemento; proporción tomada de acuerdo con las hojas técnicas de estos.

#### **1.4. Limitaciones**

Para la obtención de datos y desarrollo de esta investigación no se presentó limitación alguna.

#### **1.5. Objetivos de la investigación:**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Optimizar la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

Determinar la resistencia a compresión del concreto elaborado sin aditivos usando tres cementos tipo I de diferente marca.

Determinar la resistencia a compresión, del concreto, elaborado con aditivos superplastificantes, usando tres cementos tipo I de diferente marca.

Comparar la resistencia a la compresión del concreto elaborado sin aditivos con la resistencia a la compresión del concreto con aditivos superplastificantes, usando cemento tipo I de diferente marca.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Pasquel (1998) señala que en el Perú ,no es frecuente el empleo de aditivos superplastificantes por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria; pero si se hace un estudio detallado del incremento en el costo del m<sup>3</sup> de concreto (incremento que normalmente oscila entre el 0.5 al 5% dependiendo del producto en particular), y de la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento del equipo, reducción de plazos de ejecución de las labores, mayor vida útil de las estructuras etc., se concluye en que el costo extra es sólo aparente en la mayoría de los casos, en contraposición a la gran cantidad de beneficios que se obtienen.

Aunado a esto, hay mucho desconocimiento sobre el uso y potencialidades de los aditivos superplastificantes, son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar sus posibilidades con los materiales y condiciones locales. Este círculo vicioso de no usar aditivos superplastificantes por su alto costo, los precios elevados de estos por ser el mercado pequeño y la poca investigación en cuanto a sus posibilidades de uso en nuestro medio, trae como consecuencia que en términos de desarrollo tecnológico en el Perú, la experiencia en su empleo sea limitada sólo a algunos proyectos de cierta importancia, no existiendo una tecnología local organizada que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo. La definición actual del concreto, que incluye al aditivo como un componente más, tomará mayor fuerza en los próximos años dadas las nuevas tecnologías, en las cuales los aditivos superplastificantes tienen un papel muy importante.

Barreda, Villagrán y Sota (2005), en su artículo científico titulado “Efectividad de Aditivos Reductores de Agua de Alto Rango para el Hormigón de Alto Desempeño”, determinaron que: Los aditivos superplastificantes posibilitaron la obtención de

concretos de alto desempeño, la principal herramienta que brindan es reducir la relación agua / material cementicio, logrando concretos más resistentes, durables, trabajables y económicos, concluyendo que la utilización correcta de aditivos plastificantes correctamente dosificados permiten una optimización técnica y económica.

Hernández (2005), en su investigación “Superplastificantes para el Hormigón de Alta Resistencia”, concluyó que: la relación a/c es un aspecto fundamental al momento de diseñar o dosificar una mezcla de concreto ya que mientras se asuma un menor valor se esperará una mayor resistencia a compresión, la utilización de aditivos superplastificantes otorga mayor resistencia al concreto, llegando a más del 50% a una edad de 28 días.

Rivera y Rivera (2005), en el artículo científico titulado: “Concreto de Alta Resistencia, muy Económico, Durable y Sustentable”, abordan el tema relacionado a la posibilidad de elaborar concretos de alto comportamiento en un proceso holístico que considere un bajo contenido de Cemento Portland que resulte económico al utilizar un aditivo superplastificante para lograr alta trabajabilidad y resistencia, concluyendo que la utilización de superplastificantes ayuda a reducir el contenido de agua de 35%, obteniendo concreto muy económico, resistente, durable y sustentable.

Rigueira (2007), en su Tesis Doctoral “Estudio de la Sensibilidad e Influencia de la Composición en las Propiedades Reológicas y Mecánicas de los concretos Autocompactantes”, afirmó que los aditivos reductores de agua de alto rango, también conocidos como aditivos de tercera generación o superplastificantes aportan la fluidez necesaria al hormigón a la vez que permite una reducción en la relación a/c, y consecuentemente el contenido de cemento y la resistencia mecánica.

Millones (2008), en su investigación titulada “Concreto de Alta Densidad con Superplastificante” abordó el problema de los riesgos de la emisión de rayos, que pueden ser controlados con la elaboración de concreto de alta densidad mediante la utilización de aditivos superplastificantes y que sirven como escudo a la emisión de estos.

Oliva (2008) en su tesis “Influencia de los Superplastificantes en la trabajabilidad y Resistencia de los Hormigones Grado H-25 y H-30” determinó las variaciones que experimentan las propiedades finales del hormigón al agregar distintas dosis de aditivo superplastificante, concluyendo que la resistencia a la compresión incrementa al paso de los día llegando a su máximo valor a los 28 días; que el aditivo superplastificante produce un aumento en la densidad en los concretos; y tiene un efecto importante en la trabajabilidad.

Vilca (2008) en su tesis “Obtención de concreto de alta resistencia “desarrolla una tecnología apropiada para obtener concretos de altas resistencia, haciendo uso de superplastificantes, llegando a la conclusión que con la utilización de estos con una dosificación de 1.5% del peso del cemento, se produce una reducción de la cantidad de agua en el orden del 28% y que a la edad de 96 días se logra incrementar un 27% la resistencia a la compresión respecto a la del concreto patrón.

Alonzo (2011), en su Tesis Doctoral “Comportamiento y Compatibilidad de Cementos y Aditivos Superplastificantes basados en Policarboxilatos. Efecto de la Naturaleza de los Cementos y Estructura de los Aditivos”, resumió que: Los aditivos superplastificantes son un componente esencial en la preparación de hormigones con características mejoradas, hasta el punto de que el desarrollo de los hormigones de altas prestaciones no hubiera sido posible sin estos aditivos orgánicos. Los aditivos de última generación basados en éteres policarboxilatos modifican tanto las propiedades del hormigón en estado fresco como endurecido, reduciendo el contenido de agua y/o de cemento, mejorando la fluidez de los sistemas, posibilitando la incorporación de mayor contenido de adiciones, y mejorando las propiedades resistentes y durables. La importancia de los aditivos superplastificantes no se limita, por tanto, a las posibilidades de desarrollo de sistemas cementantes con prestaciones mejoradas, sino que debido a la posible reducción de agua y/o de cemento, a la reducción en la vibración en la puesta en obra, y a la posibilidad de incorporar materiales reciclados a los hormigones, que puede comportar también beneficios económicos y medioambientales.

Huincho (2011) en su tesis “Concreto de Alta Resistencia usando aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I”, analizó la

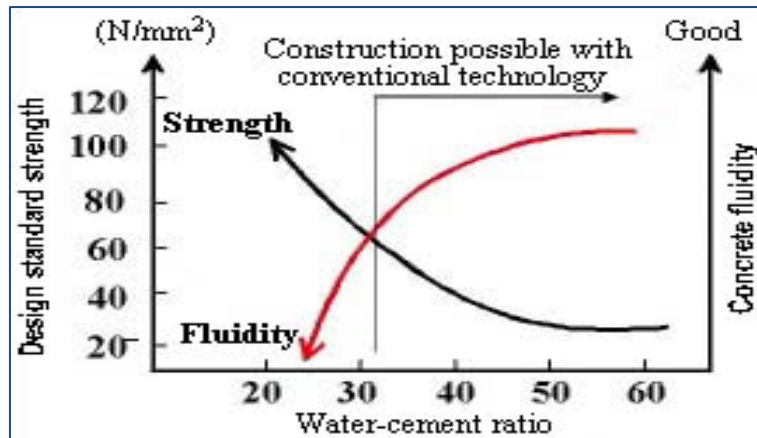
comparación entre Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I, difiriendo los resultados entre cada una de ellas; y, concluyó que ambas adiciones incrementan la resistencia a la compresión y reducen los costos de obra.

Benavides (2014) en su Tesis de Postgrado titulada “Concreto de Alto Desempeño” resaltó los parámetros que permiten la obtención de este tipo de concretos como la relación agua material cementante, tamaño del agregado, curado y la adición de aditivos superplastificantes que aportan manejabilidad y resistencia, durabilidad, sostenibilidad y el uso eficiente del agua.

## **2.1. TEORÍAS PARTICULARES EN EL CAMPO DE LA CIENCIA EN LA QUE SE UBICA EL OBJETO DE ESTUDIO.**

Según Alonso (2011), en su tesis Doctoral “Comportamiento y Compatibilidad de Cementos y Aditivos Superplastificantes Basados en Policarboxilatos. Efecto de la Naturaleza de los Cementos y Estructura de los Aditivos”, determinó que añadiendo pequeñas cantidades de aditivos superplastificantes (en cantidades no superiores al 1 % en peso de cemento) al agua de mezclado del concreto, se pueden conseguir propiedades mejoradas sobre los morteros y hormigones, hasta tal punto que el uso de aditivos superplastificantes, ha revolucionado la tecnología del hormigón fundamentalmente en dos direcciones.

En términos de la reducción de la relación agua/cemento. El empleo de estos aditivos permite reducir la cantidad de agua de mezclado (entre 15 y 40 %) lo que produce una mejora en las características micro estructurales, al presentar una matriz más compacta, y por lo tanto, menos permeable y más resistente y durable que un hormigón convencional. Una consecuencia directa de esta mejora es el desarrollo de concretos de altas prestaciones.



**Figura 01:** Efecto de los aditivos superplastificantes.  
Fuente: Alonso (2011).

En términos de trabajabilidad y mejoras en las propiedades físico mecánicas del concreto, los aditivos superplastificantes han abierto una serie de nuevas posibilidades para la utilización y puesta en obra, se consigue una mayor trabajabilidad y, por lo tanto, menor presión de bombeo y ruido asociado, mejora del transporte, incluso a largas distancias o con temperaturas elevadas, así como la posibilidad de mejorar la puesta en obra en zonas de difícil acceso, mejor recubrimiento de armaduras, etc. Los concretos de alta resistencia y desempeño son consecuencia directa del uso de este tipo de aditivos. El empleo de aditivos superplastificantes ha permitido, por lo tanto, un cambio radical en las prácticas constructivas, de modo que en ausencia de superplastificantes ciertas construcciones altamente reforzadas no hubieran sido posibles. Además, se pueden optimizar los contenidos en cemento y agua, por lo que es posible conseguir concretos más económicos.

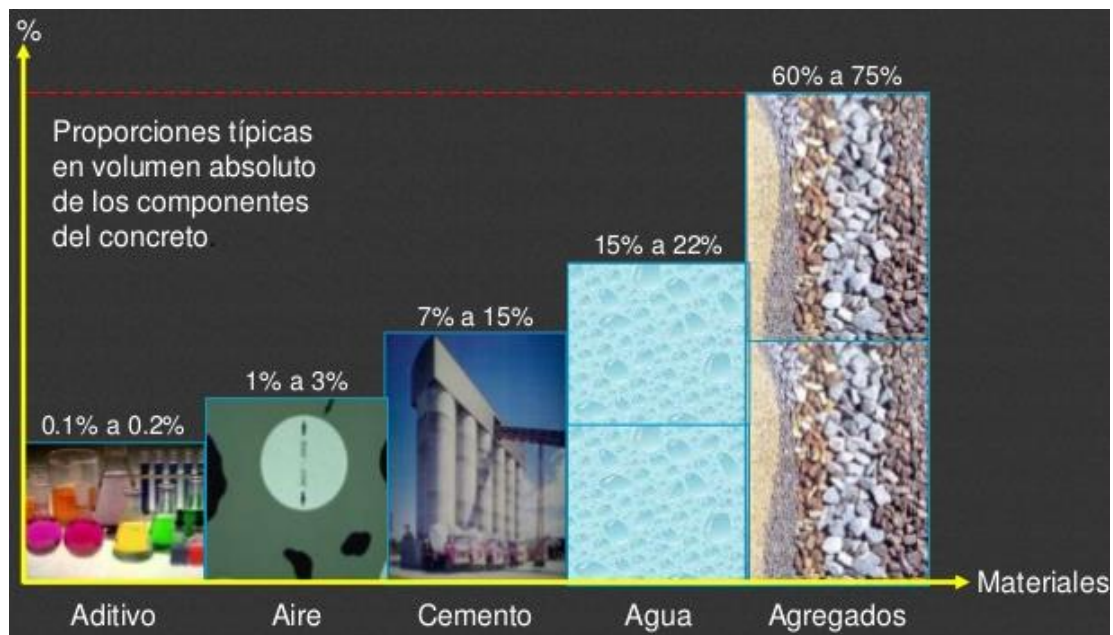
## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1. Concreto

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo. Su producción, aparentemente muy simple y aunque fundamentalmente basta mezclar un producto cementante, agregados y agua, es realmente muy complejo su comportamiento para la gran variedad de agregados y de productos cementantes hidráulicos disponibles (Rivera y Rivera 2005).



Según Ottazzi (2004). El Concreto es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento, una vez hidratado genera la adhesión química entre los componentes. La figura 2, detalla las proporciones normales de los materiales integrantes del concreto, por lo general los agregados representan entre el 60 al 75% del volumen total del concreto, el cemento de 7 a 15%, el agua de 15 a 22% y el aire atrapado entre 1 al 3%, eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, representando pequeñas proporciones del orden del 0.1 al 0.2%.



**Figura 02:** Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.

Fuente: Ottazzi (2004).

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

El concreto tiene una alta resistencia en compresión, pero su resistencia en tracción es baja, de hecho en los cálculos se suele despreciar la resistencia en tracción.

### **2.3.1.1 Resistencia a compresión del concreto**

La principal propiedad, la resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto, hasta los años 70's estaba limitada dado que el principal factor, la relación entre el agua y el cemento estaba limitada a 0.45 por falta de fluidez para fabricar el concreto, los diseños estructurales tradicionales se orientaban a dimensionar por resistencia; hasta que aparecieron los aditivos superplastificantes, revolucionando así la Tecnología del Concreto pudiendo lograrse concretos de alto comportamiento muy fluidos y resistentes y a su vez logrando que el concreto haya llegado a desplazar al acero en la construcción de edificios altos y en puentes.(Rivera y Rivera 2005).

La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente, este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto elaborado de los diversos proyectos que incluyan concreto. La confección de las probetas y el ensayo están regulada por la Norma (NTP 339.034).

La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga. Los cilindros para pruebas de aceptación deben de tener un tamaño de 6" x 12" (150 x 300 mm). Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se cabecean con mortero de azufre (ASTM C-617) o con almohadillas de neopreno (ASTM C-1231).

El diámetro del cilindro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y debe promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medios difieren en más de 2% no se debe someter a prueba el cilindro.

Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más de 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002"(0.05mm).

Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con maquina hidráulica se debe mantener en

un rango de 0.15 a 0.35 Mpa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura la fractura cónica es un patrón común de ruptura.

En la prueba de resistencia a la compresión se debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, identificación de la probeta, diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros.

La carga debe de ser aplicada en forma continua, para maquinas operadas hidráulicamente la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

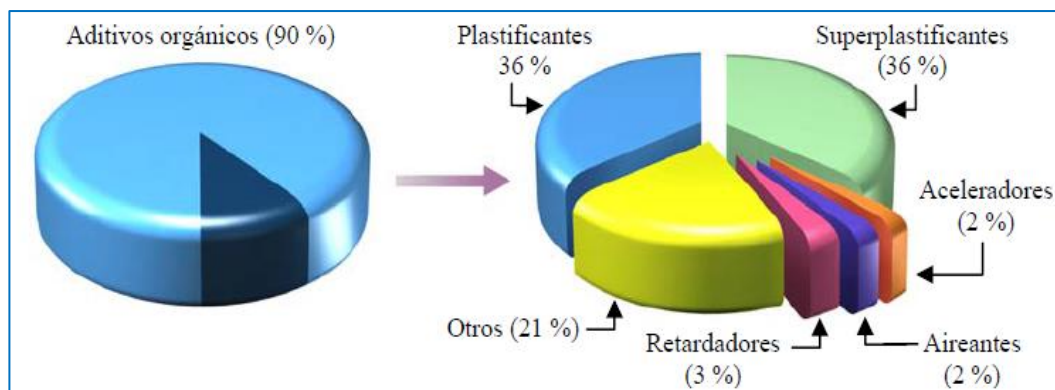
### **2.3.2. Los aditivos**

Según Alonso (2011), se denominan aditivos a aquellos productos que se incorporan en el momento del amasado del hormigón o inmediatamente después, en una cantidad no superior al 5 % en masa, con relación al contenido de cemento, con objeto de modificar las propiedades y características de la mezcla en estado fresco y/o endurecido.

Los aditivos son generalmente solubles en agua y pueden utilizarse en estado sólido o líquido, aunque normalmente se emplean en estado líquido porque pueden dispersarse más rápido y uniformemente durante el mezclado del concreto, los aditivos introducidos en el concreto permite modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

El uso de aditivos estará condicionado por: obtener el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica, no tener efectos negativos en otras propiedades del concreto, un análisis de costo justifique su empleo.

Desde hace unos años, junto al cemento, el agua y los áridos, los aditivos orgánicos son componentes básicos del hormigón. Como se muestra en la figura, según Mayta(2014) se estima que en Europa más del 90 % de los hormigones preparados contienen algún tipo de aditivo, de los que más del 70 % son aditivos plastificantes o superplastificantes, manteniéndose esta tendencia. Alonso, M. (2011).



**Figura 03.** Utilización de aditivos en la preparación de concreto.

Fuente: Mayta(2014).

### 2.3.2.1. Aditivos superplastificantes

Los aditivos superplastificantes o reductores de alto rango son surfactantes aniónicos de naturaleza orgánica, que una vez disueltos en agua, dispersan las partículas de cemento y mejoran la cohesión y plasticidad del sistema cementante (Alonso 2011).

Los aditivos superplastificantes reducen la relación agua/cemento hasta en un 40 % para la misma trabajabilidad (Edmeades, R. *et al.* 1998). Desde el punto de vista químico, los superplastificantes son polielectrolitos orgánicos que pertenecen a la categoría de dispersantes poliméricos de alto peso molecular (Collepari, M. *et al.* 1992). Estos polímeros son solubles en agua debido a la presencia de grupos aniónicos como grupos hidroxilos (OH<sup>-</sup>), sulfónicos (R-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y carboxílicos (R-COO<sup>-</sup>) unidos a la cadena principal hidrocarbonada.

Portugal (2007), señala que los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales:

#### a. Incrementar la trabajabilidad (Función superplastificante)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, el slump puede ser incrementado de manera considerable.

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

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua + aditivo que producirá el slump deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento; esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia

### **c. Reducir la cantidad de cemento**

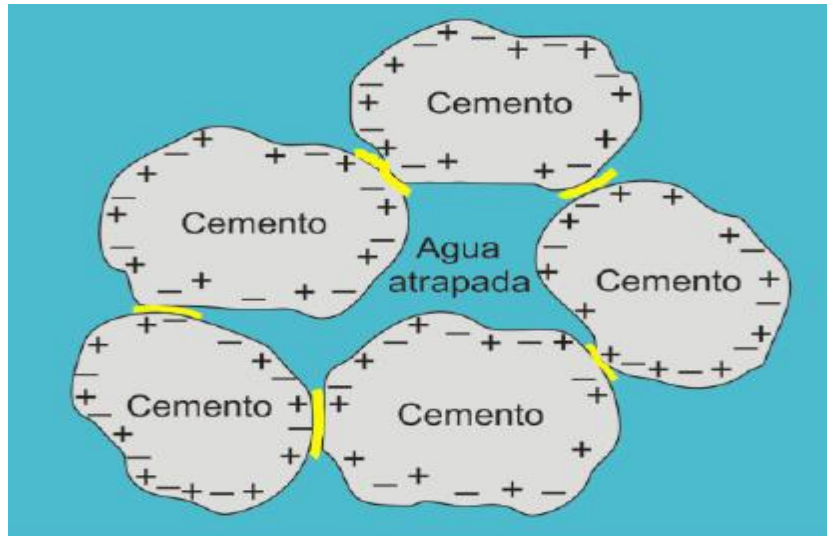
Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto; si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento.

#### **2.3.2.1.1. Compatibilidad cemento-aditivo superplastificante**

A pesar de los beneficios evidentes que la utilización de aditivos superplastificantes produce en los sistemas cementantes, en la práctica, la utilización de estos aditivos superplastificantes conduce en ocasiones a efectos anómalos o indeseables como pueden ser la segregación de las pastas, baja trabajabilidad inicial, una pérdida rápida de la misma, difícil bombeo, cortos mantenimientos de la fluidez o excesivos retrasos en el fraguado. En estas situaciones, se considera que existe un problema de incompatibilidad aditivo-cemento (Alonso2011).

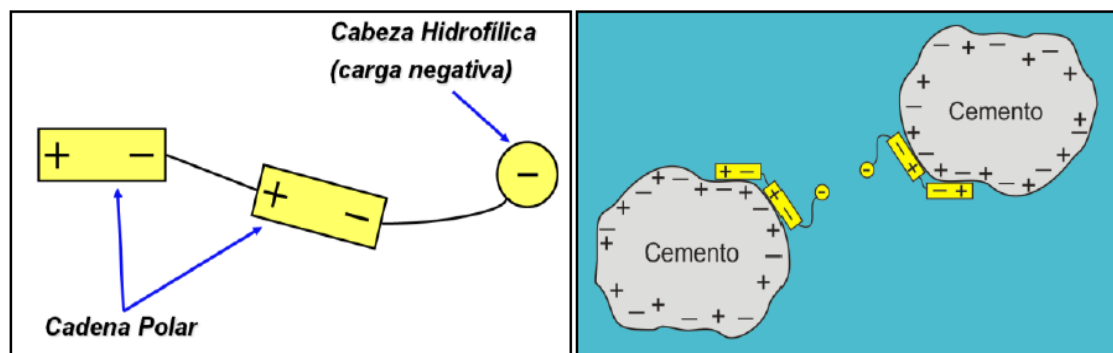
#### **2.3.2.1.2. Mecanismo de Acción**

Según Kosmatka et al (2004), las partículas de cemento tienen en su superficie cargas eléctricas positivas y negativas, debido a ello, en un concreto sin aditivo, estas partículas se atraen unas a otras mediante fuerzas electrostáticas formando un grumo “flóculo” (Figura 4). Internamente, el flóculo atrapa el agua que ya no está disponible para lubricar la mezcla, disminuyendo así la fluidez inicial, además, al formarse el flóculo, disminuye el área expuesta de las partículas de cemento y por ende disminuye también su hidratación inicial.



**Figura 04:** Formación de un flóculo de cemento.  
Fuente: Kosmatka et al (2004).

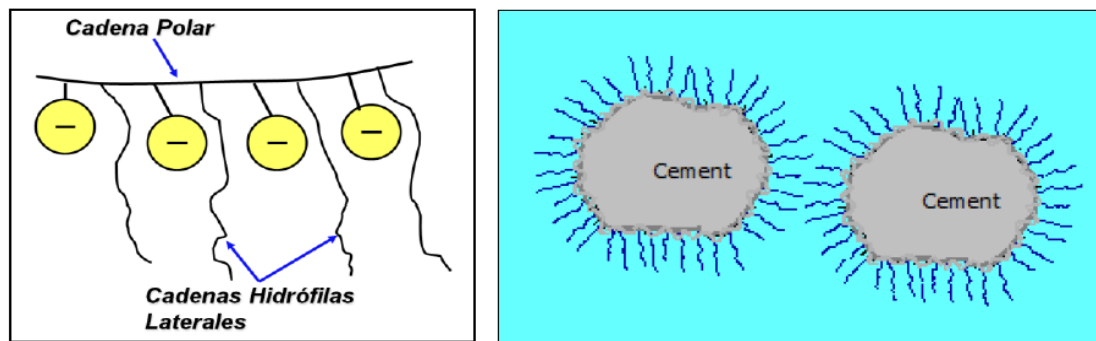
Un aditivo reductor de agua, es un compuesto que consta básicamente de una cadena polar y una cabeza hidrofílica (con carga negativa). La cadena polar tiene cargas positivas y negativas que se adhieren a la superficie de la partícula de cemento y dejan libre la cabeza negativa. Así la partícula de cemento queda cargada negativamente, lo que evita la formación de flóculos, ya que las partículas de cemento generan fuerzas de repulsión electrostática entre ellas y este hecho mejora la hidratación (ver Figura 05). Con el tiempo, con la hidratación de la partícula de cemento, el efecto de repulsión se cancela y la reagudización de la mezcla se desarrolla de manera normal.



**Figura 05:** Molécula de aditivo reductor de agua (izquierda), repulsión entre partículas de cemento (derecha).  
Fuente: Kosmatka et al (2004).

Un típico reductor de agua superplastificante consta de una cadena polar principal con grupos negativos (aniones) y varias cadenas laterales hidrófilas. Cuando el aditivo es

adicionado a la mezcla la cadena polar principal (que es muy flexible), se adhiere a la superficie de la partícula de cemento generando repulsión electrostática entre las partículas de cemento debido a la repulsión de los grupos de cationes que rodean a la cadena principal. Sin embargo adicionalmente a este efecto, un segundo mecanismo de dispersión se genera entre las partículas de cemento, debido a que las largas cadenas secundarias, mantienen separadas a las partículas por interferencia física (ver Figura 06).



**Figura 06:** Molécula de aditivo reductor de agua de alto rango (izquierda), dispersión entre partículas de cemento (derecha).  
Fuente: Kosmatka et al (2004).

El doble efecto de dispersión de las partículas de cemento debido a los aditivos superplastificantes mejora la hidratación del cemento y genera un aumento en la resistencia a la compresión del concreto de hasta 20%.

El efecto de un reductor de agua convencional y de alto rango depende del nivel de dosificación, la secuencia de mezclado y la concentración de aditivo.

### 2.3.3. El cemento

Según Ramón (2014), el cemento es un conglomerante hidráulico, material artificial de naturaleza inorgánica y minera, 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 cemento es un material de muchísima importancia esto se puede constatar en el gran consumo, se estima que en 2016 en el mundo se consumieron entre 21 y 31 billones de toneladas de concreto (conteniendo 2.54 billones de toneladas de cemento), en el Perú

según Asocem, se espera un incremento en el consumo de cemento entre 3 y 5% de 10.1 millones de toneladas en el 2016 a 10.2 millones de toneladas para el 2017. 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.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

**Tabla 01.** Componentes principales del cemento.

	<b>Componente Químico</b>	<b>Procedencia Usual</b>
	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
<b>95%</b>	Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Areniscas
	Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
	Óxidos de Magnesio, Sodio	
<b>5%</b>	Potasio, Titanio, Azufre,	Minerales Varios
	Fósforo y Manganeso	

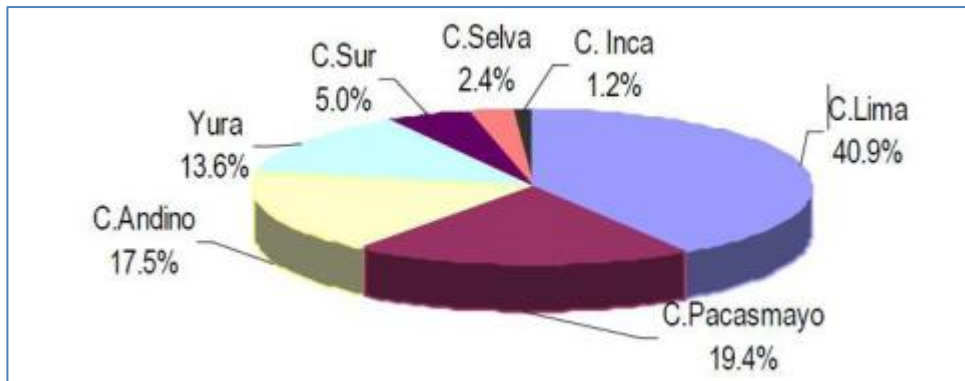
Fuente: Pasquel, 1998

### **2.3.3.1 Cementos utilizados en la investigación**

CementoPortland Andino, Pacasmayo y Sol tipo I que cumplen con los requerimientos de las Normas técnicasASTM C-150, NTP334.009

Como se puede apreciar en la figura las marcas de cementos de mayor uso en el Perú son Cementos Lima (Cemento Sol) 40.9%, Cementos Pacasmayo 19.4% y Cemento Andino 17.5%.





**Figura 07.** Producción de cemento en el Perú.

Fuente: Mayta (2014).

Las tres marcas de cementos utilizados en la investigación pertenecen a ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento), es una entidad gremial representativa de la Industria de Cemento y productos derivados en el Perú.

Cementos Pacasmayo se dedica a la fabricación y comercialización de cemento, cal, agregados, concreto premezclado, elementos prefabricados y otros materiales de construcción, cuenta con tres plantas de cemento, en Pacasmayo (La Libertad), en Rioja (San Martín), y la planta de Piura (Piura), una planta de ladrillos de diatomita en Sechura (Piura) y plantas de premezclados en las principales ciudades desde donde atienden los mercados norte y noreste del Perú.

El cemento Andino y Cemento Sol pertenecen a la Unión Andina de Cementos (UNACEM) que es la fusión de Cementos Lima y Cemento Andino, cuentan con dos plantas industriales: Planta Atocongo (Villa María del Triunfo, Lima); Planta Condorcocha (La Unión Leticia, Tarma, Junín); abastecen con cemento a la zona centro y sur del Perú.(ASOCEM 2017).

#### **2.3.4. Agregados para concreto**

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formandolos concretos y morteros. Viene a ser el conjunto de partículas provenientes de los materiales naturales o artificiales, pudiendo ser tratados o elaborados, de forma estable y cuyas dimensiones varían desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros, apropiados para la fabricación de morteros y concretos. (Adam M. Neville, 2010).

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural y artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en los límites fijados por la norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocida como agregado el cual ocupa del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa). Por su peso pueden clasificarse en normal, liviano y pesado. Por su limpieza en sucio y limpio. Por su granulometría en agregado fino, agregado grueso, o agregado integral también conocido como hormigón.

La calidad del agregado es importante desde que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes del volumen de concreto es ocupada por éste. Desde los estudios iniciales de Gilkeyen 1923, se dejó de considerar al agregado como un material inerte de relleno cuya aplicación permitía disminuir únicamente el costo de la unidad cúbica del concreto. Hoy se sabe que el agregado debido a sus propiedades físicas, químicas y térmicas, tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto, especialmente su resistencia y durabilidad (Rivva2007).

#### **2.3.4.1. Características de los agregados para concreto**

##### **A. agregado fino**

La NTP 400.011 define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C – 33.

El contenido de agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.

La granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, de la serie de Tyler.

El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

**Tabla 02:** Límites granulométricos del agregado fino.

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

Fuente: NTP 400.037(2014) - ASTM C 33.

➤ El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

La granulometría deberá corresponder a la gradación C.

**Tabla 03:** Husos granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa			
	Límites totales	*C	M	F
(3/8")	100	100	100	100
(N°4)	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
(N°8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
(N°16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
(N°30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
(N°50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
(N°100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12*	0 - 12

Fuente: NTP 400.037- ASTM C 33. \* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

### **b. Agregado grueso**

La NTP 400.011 define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4(4.75mm) y cumple los límites establecidos por la NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales y deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deberán de ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

Es recomendable tener en consideración lo siguiente: según la NTP 400.037.

- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

El agregado grueso deberá de estar graduado dentro de los límites específicos de la NTP400.037.

**Tabla 04:** Usos granulométricos del agregado grueso.

N°	TMN	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16
1	3 1/2" a 1 1/2"	10	90		25		0		0					
		0												
			100		60		15		5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90	35	0		0					
					100	70	15		5					
3	2" a 1"				100	90	35	0	0					
						100	70	15	5					
3	2" a				100	95		35	10		0			
5	N°4					100		70	30		5			
7														
4	1 1/2" a 3/4"				100		90	20	0		0			
								100	55	15	5			
4	1 1/2" a				100		95		35		10	0		
6	N°4							100		70	30	5		
7														
5	1" a 1/2"						100	90	20	0	0			
									100	55	10	5		
5	1" a						100	90	40	10	0	0		
6	3/8"								100	85	40	15	5	
5	1" a						100	95		25		0	0	
7	N°4								100		60	10	5	
6	3/4" a 3/8"						100		90	20	0	0		
										10	55	15	5	
6	3/4" a							100	90		20	0	0	
7	N°4									100	55	10	5	
7	1/2" a N°4									100	90	40	0	0
											10	70	15	5
														0
9	3/8" a N°8									100	85	10	0	0
												10	30	10
														5
														0

Fuente: NTP 400.037 (2014) - ASTM C 33.

## 2.3.4.2. Características físicas de los agregados para concreto.

### 2.3.4.2.1 Peso específico y absorción

#### a. Peso específico

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es sólido se considera un volumen de la porción impermeable. NTP 400.021 (2011).

#### b. Absorción

Capacidad que tiene los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergirlos durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso de una muestra seca, expresada en porcentaje, se denomina porcentaje de absorción. Esta particularidad de los agregados, que depende de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. NTP 400.021 (2011).

### 2.3.4.2.2. Análisis granulométrico

Es el estudio en forma y tamaño en que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado. La cantidad de material se considerará de acuerdo a la NTP 400.012, 300g, para el agregado fino y para el grueso de acuerdo a la tabla.

**Tabla 05:** Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico.

Tamaño máximo de las partículas	Peso aproximado de la muestra(Kg)
3/8"	1.00
1/2"	2.00
3/4"	5.00
1"	10.00
1 1/2"	15.00
2"	20.00
2 1/2"	35.00
3 "	60.00
3 1/2"	100.00

Fuente: NTP 400.012 (2013).

#### **2.3.4.2.2.1 Módulo de finura**

Es el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado así mismo el módulo de finura pueden considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que representa la distribución de las partículas. Es preciso mencionar que el módulo de finura esta en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor mientras mayor sea el módulo de finura. NTP 400.01 (2008).

#### **2.3.4.2.2.2 Tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado**

**a. Tamaño máximo.** Esta dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15 %, o más del agregado tamizado. NTP 400.01 (2008).

#### **b. Tamaño máximo nominal**

Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido. NTP 400.01 (2008).

#### **2.3.4.2.3 Peso unitario**

Se lo define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compacto). NTP 400.017 (2011).

#### **2.3.4.2.4. Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado, el contenido de humedad es una de las propiedades físicas del agregado que no se encuentra limitada en especificaciones, sin embargo, podemos manifestar, que, en los agregados finos, el contenido de humedad puede llegar a representar un 8% a más, mientras que en el agregado grueso dicho contenido de humedad, puede representar un 4%. NTP 339.185 (2013).

#### 2.3.4.2.5. Resistencia a la abrasión

Oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico. Se mide en función inversa al incremento del material fino; y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

Existen diferentes métodos para medir los efectos de abrasión, pero actualmente el más usado es el de la prueba de los ángeles, por la rapidez con que se efectúa y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado.

En los agregados gruesos, ensayados al desgaste según el método (NTP 400.019 y NTP 400.020), se aceptará una pérdida no mayor del 50% del peso original.

**Tabla 06:** Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión.

Gradación	N° de esferas	Peso de la carga(gr)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	08	3330±20
D	06	2500±15

Fuente: NTP 400.019 (2013).

#### 2.3.4.2.6. Material más fino que el tamiz N°200

Son elementos perjudiciales que cuando se hallan presentes en los agregados, disminuyen las propiedades fundamentales del concreto, tanto en la elaboración como en su comportamiento posterior, la cantidad de material necesario se expresa en la siguiente tabla.

**Tabla N°07:** cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.

Tamaño Nominal Máximo (mm.)	Peso mínimo (gr.)
2.38	100
4.76	500
9.51	2000
19	2500
> 31.1	5000

Fuente: NTP 400.018 (2013).

### **2.3.5. Agua para mezclas de concreto.**

El agua en la elaboración del concreto debe de ser apta para el consumo humano libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas. NTP 339.088 (2014).

#### **2.3.5.1. Agua de mezclado.**

El agua de mezclado deberá de desarrollar funciones como:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación. La hidratación completa del cemento requiere del 22-25%, del agua de mezclado. NTP 339.088 (2014).

#### **2.3.5.2. Agua de curado.**

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras.

El agua de curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento permitiendo el incremento de la resistencia NTP 339.088 (2014).

### **2.3.6. Aditivos utilizados en la investigación.**

#### **2.3.6.1. Chema Súper Plast**

Es un aditivo líquido, color marrón oscuro, compuesto por resinas sintéticas, reductor de agua y fluidificante de alto rango, permite reducir hasta 35% de agua del diseño de mezcla normal, cumple con los requerimientos y características detalladas en la norma ASTM C 494 Tipo A y Tipo F.

La dosificación de este aditivo esta en el rango de 0.4% a 2.00% del peso del cemento, la dosificación óptima es 1.00%.



### **2.3.6.2. Euco 37**

Es un aditivo reductor de agua de alto rango, superplastificante y optimizador de mezclas de concreto (altas reducciones de cemento/m<sup>3</sup>) Puede ser dosificado al concreto en la obra o en la planta de concreto premezclado. No se utilizan cloruros en su formulación; por lo tanto se recomienda para concreto pretensado. Es también compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes, acelerantes y muchos otros aditivos; sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

La dosificación de este aditivo esta en el rango de 0.5% a 2.00% del peso del cemento.

### **2.3.6.3. SikaPlast1000**

Es un aditivo líquido súper plastificante, reductor de agua de alto rango con fragua controlada, utilizando la tecnología Sika Viscocrete en base a policarboxilatos. No contiene cloruros, cumple con la norma ASTM C 494 Tipo A y Tipo F.

La dosificación de este aditivo esta en el rango de 1.00% a 2.50% del peso del cemento.

## **2.3.7. Teoría del Diseño de mezclas**

### **2.3.7.1 Generalidades**

Según Rivva (2007), se conoce como diseño de mezcla a la determinación de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, el diseño de mezclas puede definirse también como el proceso de selección de los componentes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada y que en el estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de las mezclas de concreto el diseñador debe de tener en cuenta que la composición de la mezcla está determinada por:

- 1.-Las propiedades que debe de tener el concreto no endurecido.

2.-Las propiedades que debe detener el concreto endurecido.

3.-El costo de la unidad cúbica de concreto.

### 2.3.7.2. Elección de la resistencia promedio

Si no se cuenta con registros estadísticos, se utilizará la siguiente para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**Tabla 08:** Grado de control.

Excelente en obra	10% - 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

Fuente: Rivva (2007).

### 2.3.7.3. Elección del asentamiento (Slump).

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla.

**Tabla 09:** Consistencia y Asentamiento.

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 "(0mm) a 2" (50mm)	Poco trabajable
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)	Trabajable
Húmeda	≥5 " (125mm)	Muy trabajable

Fuente: Rivva (2007).

➤ Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requerido para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla siguiente, podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberá usar las mezclas de la consistencia más densas que pueden ser colocadas eficientemente.

**Tabla N°10.** Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de sedimentación reforzados	8	2
Zapatas, simples cajones y muros de subestructura	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: ACI 211

**2.3.7.4. Selección de tamaño máximo del agregado.**

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

**Tabla 11.** Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación del tamaño máximo del agregado grueso.

TMN	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.10	0.5
3/4"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.10	0.5
1/2"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0.10

Fuente: ACI 211

**2.3.7.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

El comité 211 del ACI, proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos elaborados con diferentes tamaños máximos de agregados con o sin aire incorporado.

**Tabla 12:** Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

Asentamiento	Agua , en L/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	11
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Cont. Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----
Promedio recomendable para el contenido total de aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: ACI 211 y ACI 318

Como se observa en la tabla N°12 no se toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Se puede usar la tabla N°13 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo.

**Tabla N°13:** Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.

TMN	Volumen unitario de agua (lt/m <sup>3</sup> ); para asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Rivva (2007).

Los valores de la tabla N°13 corresponden a mezclas sin aire incorporado, para la elección del aire atrapado se tomará de la Tabla N°14.

**Tabla 14.** Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.

<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>Aire atrapado</b>
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%

Fuente: Rivva (2007).

### 2.3.7.6. Elección de la relación agua cemento (a/c).

Existen dos criterios (por resistencia y por durabilidad), para la selección de la relación agua cemento a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores con el cual se garantiza el cumplimiento de las especificaciones.

Es importante que la relación agua cemento a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

#### a. Por resistencia

Para concretos preparados con Cemento Portland, puede tomarse la relación a/c de la tabla N°15 o 16.

**Tabla N°15.** Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

<b>Resistencia a la compresión a los 28 días f'cr (kg/cm2)</b>	<b>Relación agua / cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Sin aire incorporado</b>	<b>Con aire incorporado</b>
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Rivva (2007).

**Tabla 16.**Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

Relación agua / cemento	Resistencia probable a los 28 días (f'cr)	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Fuente: Rivva (2007).

### 2.3.7.7. Cálculo del contenido de cemento.

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua entre la relación a/c. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio.

$$\text{contenido de cemento(kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de agua de mezcla(L/m}^3\text{)}}{\text{relacion a/c (para f'cr)}}$$
$$\text{volumen de cemento(m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de cemento(kg)}}{\text{peso especifico del cemento(kg/m}^3\text{)}}$$

### 2.3.7.8. Estimación del contenido de agregado grueso y fino.

#### 2.3.7.8.1. Método del módulo de finura de la combinación de agregados.

Las investigaciones realizadas en la universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso cuando estos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que se establece la norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias y se aproxime a los valores indicados en la tabla N°17.

**Tabla 17:** Módulo de fineza de la combinación de agregados

TMN	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos / metro cúbico indicados				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Rivva (2007).

De la tabla N°17 podemos obtener el módulo de fineza de la combinación de agregados (mc), al mismo tiempo se cuenta con el módulo de fineza del agregado fino (mf) y el módulo de fineza del agregado grueso (mg), de los cuales se hará uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de los agregados mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} * 100$$

rf: porcentaje del volumen del agregado fino, con respecto al volumen total de los agregados.

mg: módulo de fineza del agregado grueso.

mf: módulo de fineza del agregado fino.

### **2.3.7.9. Ajuste por humedad y absorción.**

El contenido de agua añadida para formar parte de la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Sin embargo, si ellos tienen humedad libre en la superficie aportarán agua a la pasta aumentando la relación agua cemento, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión.

### 2.3.7.10. Cálculo de las proporciones en peso

Consiste en obtener los pesos de los componentes del concreto respecto al peso del cemento.

$$\begin{array}{cccc} \text{Cemento:} & \text{agregado fino:} & \text{agregado grueso} & / \text{ agua} \\ \frac{\text{peso del cemento}}{\text{peso del cemento}} : & \frac{\text{peso del agregado fino}}{\text{peso del cemento}} : & \frac{\text{peso del agregado grueso}}{\text{peso del cemento}} / & \frac{\text{agua efectiva}}{\text{peso del cemento}} \end{array}$$

### 2.3.7.11. Cálculo de las proporciones en volumen.

$$\begin{array}{cccc} \text{Cemento:} & \text{agregado fino:} & \text{agregado grueso} & / \text{ agua (L/bolsa)} \\ \frac{\text{volumen del cemento}}{\text{volumen del cemento}} : & \frac{\text{vol. agregado fino}}{\text{volumen del cemento}} : & \frac{\text{vol. agregado grueso}}{\text{volumen del cemento}} / & \text{agua (L/bolsa)} \end{array}$$

### 2.3.8. Prueba de ensayos.

El ensayo de aceptación se realiza para verificar cuantitativamente si el concreto cumple con lo especificado en las normas técnicas. Es importante para aquellos involucrados en la realización de ensayos que estén claros, ya que los resultados de aceptación tienen importantes implicaciones en el cronograma de ejecución de los proyectos.

#### 2.3.8.1. Descripción de materiales utilizados.

**a. Equipo menor.** Está conformado por todas las herramientas livianas utilizadas para la elaboración y ensayo de las probetas, tales como: cuchara de albañil, guantes, cinta métrica, espátulas, palas, y barra compactadora de acero cilíndrica de 1.6cm de diámetro por 60cm de longitud y punta semiesférica de 0.8cm de radio.

**b. Cono de abrams.** Construido de un material metálico rígido e inatacable por el concreto; con un espesor mínimo de 0.15cm. Su forma interna es similar a la de un cono truncado de 20cm de diámetro de base mayor, y de 10cm de diámetro de base menor y 30cm de altura. Las bases deben ser abiertas paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe ser provisto de asas y aletas para su manejo. Para este ensayo se requiere de una plancha metálica de material similar al del cono, cuyas dimensiones



no están especificadas, pero se recomienda que su área sea lo suficientemente grande para cubrir la base inferior del cono; y sirve como base para el mismo e impide la pérdida de agua entre la superficie de esta y el cono.

**c. Moldes cilíndricos.** Construido de un material rígido, de superficie interior lisa, no absorbente y que no reacciona con el concreto. Provisto de una base metálica del mismo material de la pared del molde con la que se consigue un cierre hermético y provisto de asas laterales para su manejo. El molde debe tener dimensiones de: 15.24cm (6 pulgadas) de diámetro y 30.48cm (12 pulgadas) de altura.

**d. Equipos mayores.** Máquina universal de ensayo a compresión, para realizar el ensayo de resistencia a compresión (rotura de especímenes expuestos a carga axial).

**e. Curado**

**e.1. Almacenamiento.** Si los especímenes no pueden ser elaborados en el lugar donde recibirán el curado inicial, inmediatamente después del terminado se debe mover al lugar donde recibirán el curado inicial, para su almacenamiento.

**e.2. Curado inicial.** Inmediatamente después de moldeados y acabados los especímenes deben de ser colocados por un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperatura de 16°C a 27°C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.

**e.3. Curado final.** Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 minutos después de remover los moldes, los especímenes se deben de curar manteniendo agua libre sobre su superficie permanentemente a una temperatura de 23°C ± 2°C, usando agua que cumpla con la NTP 334.077.

## 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Absorción:** Capacidad que tiene los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergirlos durante 24 horas en esta.

**Aditivo:** Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto.

**Agregados:** Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros.

**Agregado fino.** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).

**Agregado grueso:** Material retenido en el tamiz N°4 (4.75mm), el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales.

**Agua de mezclado:** El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

**Análisis granulométrico:** Ensayo cuya finalidad es determinar la distribución de las partículas por tamaño presentes en una muestra de agregado.

**Calor de hidratación:** Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto.

**Cantera:** Lugar de extracción de los agregados para elaboración de mezclas de concreto.

**Cemento:** Se define como una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice y alúmina.

**Concreto:** Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos, además en algunos casos se utiliza aditivos.

**Consistencia:** Es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado.

**Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado.

**Curado de probetas de concreto:** Consiste en cubrir completamente con agua todas las caras de la probeta desencofrada de concreto.

**Diseño de mezcla de concreto:** Se define así al proceso necesario para encontrar las proporciones necesarias de los componentes del concreto.

**Durabilidad:** Se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

**Especímenes de concreto:** Son las probetas de concreto elaboradas con fines de investigación.

**Fraguado:** El término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento.

**Investigación experimental:** Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada.

**Laboratorio de ensayo de materiales:** Lugar físico que se encuentra especialmente equipado con diversos instrumentos y elementos de medida o equipo, para satisfacer las demandas y necesidades de experimentos o investigaciones diversas.

**Material más fino que el tamiz N°200:** Son elementos perjudiciales que cuando se hallan presentes en los agregados, disminuyen las propiedades fundamentales del concreto.

**Módulo de finura:** Se define como el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado.

**Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada.

**Peso unitario:** Se lo define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario.

**Proporcionamiento:** Selección de las proporciones para los componentes a fin de lograr el uso más económico de los materiales disponibles para producir mortero o concreto con las propiedades deseadas.

**Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste.

**Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada.

**Tamaño máximo nominal.** Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido.

**Variables:** Propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de adoptar diferentes valores, los cuales pueden medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación cuando se relacionan con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o de una teoría.

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, con cementos tipo I, se optimiza 15% en la resistencia a la compresión.

##### **3.1.2. VARIABLES**

###### **3.1.2. 1 Variable dependiente**

- Resistencia a compresión de concreto

###### **3.1.2. 2 Variable independiente:**

- Aditivos superplastificantes, Chema Súper Plast, Euco 37, Sika Plast 1000.
- Cementos tipo I, marca Andino, Pacasmayo y Sol

### 3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN / CATEGORIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LAS HIPÓTESIS

Hipótesis	Variables	Definición conceptual de variables	Definición operacional de las variables	
			Indicadores	Fuente o instrumento de recolección
Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, con cementos tipo I, se optimiza 15% en la resistencia a la compresión.	Resistencia a compresión	Máximo esfuerzo a compresión axial que puede soportar un espécimen de concreto antes de llegar a la rotura	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	- Maquina Universal de ensayo a compresión axial de especímenes de concreto.  - Procesamiento de datos.
	Aditivos superplastificantes, Chema Súper Plast, Euco 37, Sika Plast 1000	Cantidad necesaria en peso por metro cúbico de concreto dosificado.	Peso del aditivo(g)	- Balanza analítica
	Cemento Tipo I, de las marcas Andino, Pacasmayo y Sol.	Cantidad necesaria en peso por metro cúbico de concreto dosificado.	Peso del cemento (Kg)	- Balanza analítica

## CAPÍTULO IV

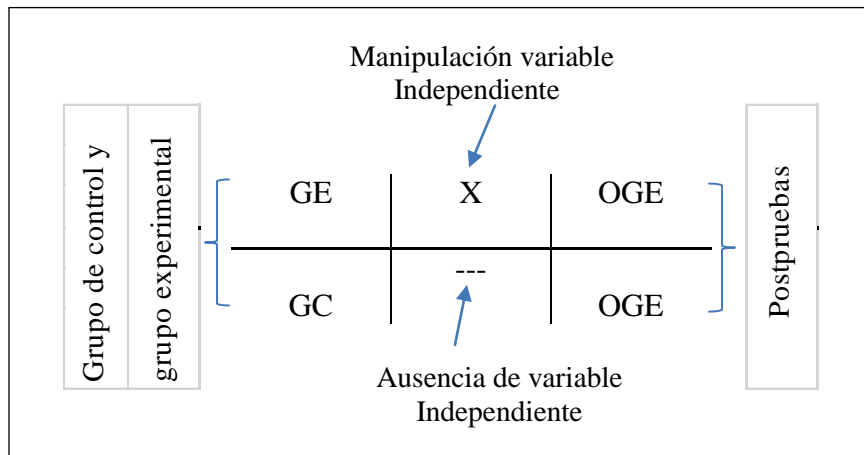
### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica

La investigación en su parte de laboratorio se realizó en la ciudad de Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada la Av. Atahualpa N°1050, Facultad de Ingeniería, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”.

#### 4.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación elegido en la tesis, es el diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control, este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza solo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se le administra una medición sobre la variable dependiente de estudio. (Mayta2014).



**Figura 08:** Esquema del diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control. Fuente (Mayta2014).

**Tabla 18:** Identificación de los elementos de los diseños de investigación en la tesis

GRUPOS		VARIABLE INDEPENDIENTE		POSPRUEBA
GC1	08 Especímenes elaborados con Cemento Andino sin aditivo	...	Sin aditivo	OGC1
GC2	08 Especímenes elaborados con Cemento Pacasmayo sin aditivo	...	Sin aditivo	OGC2
GC3	08 Especímenes elaborados con Cemento Sol sin aditivo	...	Sin aditivo	OGC3
GE1	08 Especímenes elaborados con cemento Andino con aditivo Chema SúperPlast	X1	Aditivo Chema SúperPlast	OGE1
GE2	08 Especímenes elaborados con cemento Pacasmayo con aditivo Chema SúperPlast	X1	Aditivo Chema SúperPlast	OGE2
GE3	08 Especímenes elaborados con cemento Sol con aditivo Chema SúperPlast	X1	Aditivo Chema SúperPlast	OGE3
GE4	08 Especímenes elaborados con cemento Andino con aditivo Euco 37	X2	Aditivo Euco 37	OGE4
GE5	08 Especímenes elaborados con cemento Pacasmayo con aditivo Euco 37	X2	Aditivo Euco 37	OGE5
GE6	08 Especímenes elaborados con Cemento Sol con Aditivo Euco 37	X2	Aditivo Euco 37	OGE6
GE7	08 Especímenes elaborados con cemento Andino con aditivo SikaPlast 1000	X3	Aditivo SikaPlast 1000	OGE7
GE8	08 Especímenes elaborados con cemento Pacasmayo con aditivo SikaPlast 1000	X3	Aditivo SikaPlast 1000	OGE8
GE9	08 Especímenes elaborados con cemento Sol con aditivo SikaPlast 1000	X3	Aditivo SikaPlast 1000	OGE9

Resistencia a compresión

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Método de investigación

Se hizo uso del método hipotético deductivo siguiendo cada uno de sus pasos: observación de la realidad problemática a estudiar, formulación de la hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados supuestos.



#### 4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de Observación

La **unidad de análisis** fue denominada “especímenes de concreto”. En consecuencia, la **población** de estudio consistió en el conjunto de especímenes de concreto; por lo tanto, la **muestra** fue intencional y considerada por 288 especímenes en total, 08 especímenes por cada grupo ensayados a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días de elaborado, de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 19:** Determinación del tamaño de la muestra de la investigación.

EDAD: 07 días				
I \ J	S/A	A. Chema Súper Plast	A. Euco 37	A. SikaPlast 1000
Cemento Andino	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Pacasmayo	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Sol	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
EDAD: 14 días				
I \ J	S-A	A. Chema Súper Plast	A. Euco 37	A. SikaPlast 1000
Cemento Andino	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Pacasmayo	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Sol	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
EDAD: 28 días				
I \ J	S-A	A. Chema Súper Plast	A. Euco 37	A. SikaPlast 1000
Cemento Andino	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Pacasmayo	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
Cemento Sol	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes	08 Especímenes
PARCIAL	72 especímenes	72 especímenes	72 especímenes	72 especímenes
<b>TOTAL</b>	<b>288 Especímenes de concreto</b>			

I: Cemento Tipo I

J: Aditivo Superplastificante.

La selección del tamaño de la muestra se realizó teniendo en cuenta diseños factoriales (02 factores i, j).

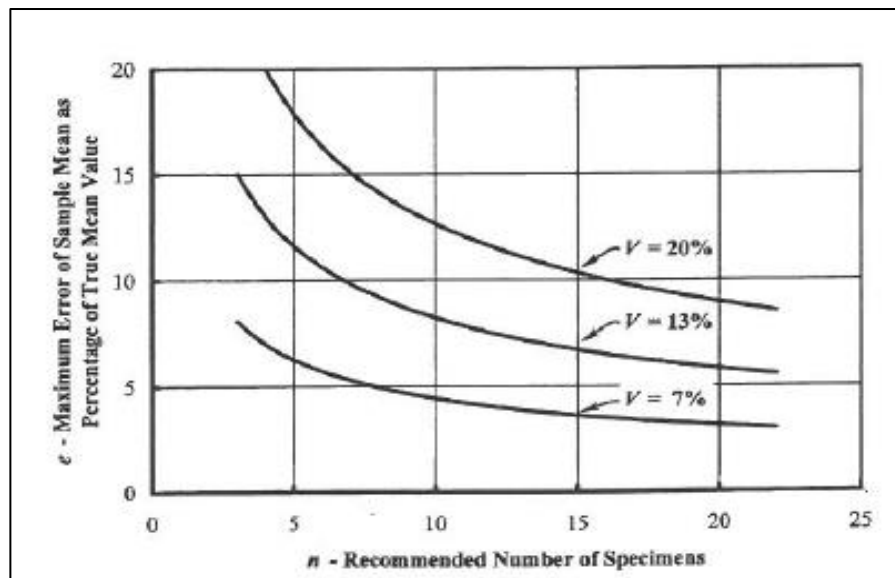
**Tabla 20:** Tamaño de la muestra en diseños factoriales.

Tamaño de la tabla	potencia	magnitud		
		pequeña $\omega^2 = .01$ f = .10	moderada $\omega^2 = .06$ f = .25	grande $\omega^2 = .14$ f = .40
2x2	.70	152	25	11
	.80	193	32	13
2x3	.70	127	21	9
	.80	158	26	11
2x4	.70	109	18	8
	.80	134	22	9
3x3	.70	85	14	6
	.80	106	18	7
3x4	.70	73	12	5
	.80	90	15	6
4x4	.70	55	9	4
	.80	67	12	5

Fuente: Morales (2012).

Para una tabla de  $i=3*j=4$ , y una potencia del 80% con magnitud  $f=0.4$  (vinculación grande), corresponde 06 unidades experimentales por casilla, por tanto considerar 08 unidades (especímenes) por grupo pretende incrementar la potencia de la prueba.

También se tuvo en cuenta lo expresado por Martínez (2012), de acuerdo con la siguiente figura.



**Figura 09:** Número de probetas en función del error máximo e, (ASTM C 823)

Fuente: Martínez (2012).

De la figura se anterior se puede deducir que considerando un error de 5% y un coeficiente de variación de 7%, valores que según la autora son aceptables en control de calidad de concreto el número de especímenes el número de especímenes a considerar será 07, por cada grupo sin embargo buscando obtener mayor confiabilidad se consideró 08.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

Técnica de observación directa en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Se utilizó como instrumentos de recopilación de información fichas de registro.

#### **4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Se utilizó la técnica de análisis estadístico con el programa Minitab17, además hojas de cálculo mediante Microsoft Excel 2013.

#### **4.7. Componentes, equipos, materiales, herramientas.**

Cementos Tipo I, norma, de las marcas Andino, Pacasmayo y Sol.

Agregados: Fino (arena), grueso (piedra chancada), procedentes de la cantera Roca Fuerte, río Chonta, Baños del Inca.

Agua: potable, proveniente de la red pública de servicio de agua en Cajamarca.

Aditivos: Superplastificantes Chema Superplast, Euco 37 y Sika Plast 1000.

**Equipos:** Estufa, balanza, prensa hidráulica, deformímetro, cronómetro, cono de Abrams, equipo para determinar peso unitario de los agregados y del concreto, máquina de los ángeles, mezcladora de concreto, computadora, impresora.

**Materiales:** Juego de tamices, probetas de vidrio, molde cónico, canastilla metálica, moldes, recipientes, papel, libreta de apuntes.

**Herramientas:** Regla metálica graduada, marcador de concreto, badilejo, carretilla, martillo de goma, palanas, cucharón.

#### 4.8. Matriz de consistencia metodológica

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índice
¿En cuánto se optimiza la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes?	Optimizar la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes	Utilizando aditivos superplastificantes antes en una proporción de	Resistencia a compresión	Resistencia	Kg/cm <sup>2</sup>
	Determinar la resistencia a compresión del concreto elaborado sin aditivos usando tres cementos tipo I de diferentes marcas.	1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, con cementos tipo I, se	Aditivos superplastificantes, Chema Súper Plast, Euco 37, Sika Plast 1000	Peso del aditivo por m <sup>3</sup> de concreto	g
	Determinar la resistencia a compresión, del concreto, elaborado con aditivos superplastificantes, usando tres cementos tipo I de diferentes marcas.	optimiza 15%			
	Comparar la resistencia a la compresión del concreto elaborados sin aditivos con la resistencia a la compresión del concreto con aditivos superplastificantes, usando cemento tipo I de diferentes marcas.	en la resistencia a la compresión	Cemento Tipo I, Andino, Pacasmayo y Sol	Peso del cemento por m <sup>3</sup> de concreto	Kg

## **4.9. Obtención de datos de la investigación**

### **4.9.1 Determinación de propiedades físico mecánicas de los agregados**

Una vez obtenidos los agregados, éstos fueron transportados al Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” para los ensayos necesarios como se detalla:

#### **a. Peso específico y absorción**

Se realizó según los requerimientos de la norma NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y la NTP 400.022 y ASTM C 128 para el agregado fino.

#### **b. Peso unitario.**

Se realizó según lo indicado en la norma NTP 400.017, ASTM C-29/ C-29M.

#### **c. Contenido de humedad.**

Se realizó según lo solicitado por la norma NTP 339.185

#### **d. Análisis granulométrico.**

Se realizó de acuerdo a lo requerido por las normas NTP 400.012, ASTM C-136, AASHTO T-27.

#### **e. Material más fino que el tamiz N°200.**

Se realizó según de acuerdo con la norma NTP 400.018

#### **f. Resistencia a la abrasión.**

Se realizó según las indicaciones de la norma (NTP 400.019)

### **4.9.2. Procedimiento de diseño de mezclas.**

#### **a. Selección de equipo y materiales**

- Balanza con capacidad apropiada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales.
- Probeta cilíndrica, graduada y de 1000 cm<sup>3</sup>.
- Herramientas: palanas, badilejo, baldes, cucharón, enrasador.
- Cono de Abrams, para medir el asentamiento.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.

- Aceite para generar una fina lámina en las paredes interiores de los especímenes y así evitar la adherencia del concreto al momento del desmoldado.
- Mezcladora de concreto, denominado comúnmente “trompo” por su forma.
- Comba de goma.

 <p>Moldes metálicos</p>	 <p>Cono de Abrams</p>	 <p>Juego de tamices</p>
 <p>Estufa</p>	 <p>Cemento Pacasmayo</p>	 <p>Balanza</p>
 <p>Cemento Andino</p>	 <p>Cemento Sol</p>	 <p>Chema Súper Plast</p>



**Figura 10:** Equipo y materiales usados en los distintos ensayos.

**b. Procedimiento.-** para el diseño de mezcla se siguió el siguiente procedimiento:

Se realizó el diseño de mezclas, para un  $f'c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>, con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Río Chonta, agua potable de la ciudad universitaria (UNC), y Cementos Portland tipo I, el diseño se realizó siguiendo los pasos del método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados.

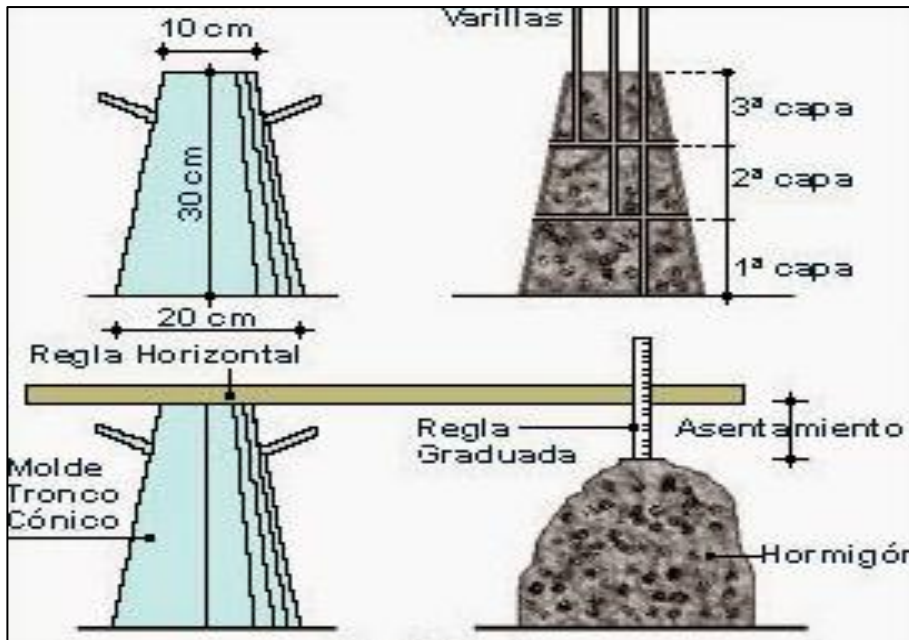
#### **4.9.3. Elaboración de especímenes de concreto.**

**a. Utilización de materiales.** Se utilizó moldes cilíndricos para especímenes, varilla de compactación de 1.6cm de diámetro por 60cm de largo, martillo de goma de aproximadamente 0.5 kg, probetas graduadas de vidrio, herramientas pequeñas (palanas, baldes, cucharones, badilejo, guantes, reglas, aceite), bandeja de metal, balanza, cono de Abrams, mezcladora de concreto.

**b. Procedimiento.**

**b.1. Mezclado.-** Se realizó de acuerdo a lo especificado por la Norma Técnica Peruana NTP 339.033

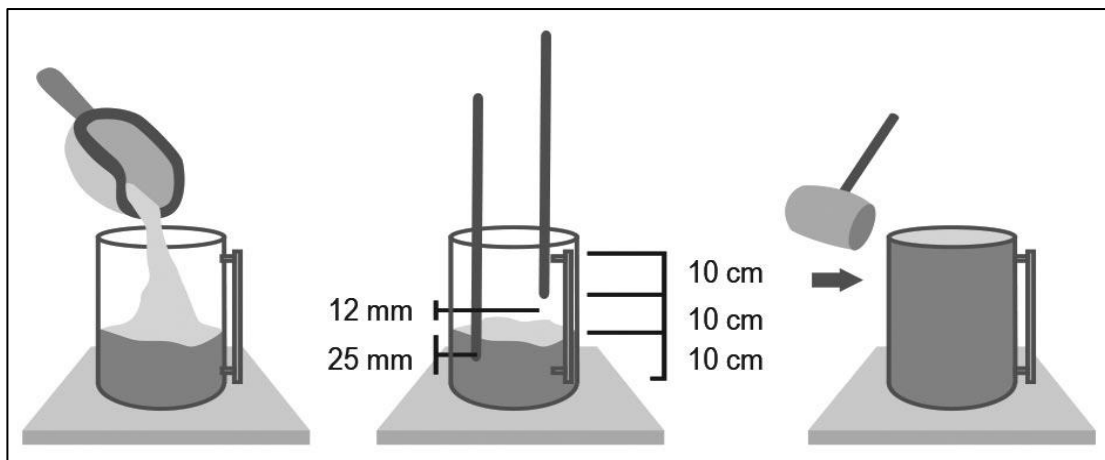
**b.2. Medición del asentamiento.-** Se procedió a través del cono de Abrams de acuerdo a lo indicado en la norma NTP 339.035.



**Figura 11:** Control del asentamiento (Slump).

Fuente: Mayta (2014).

**b.3. Llenado de moldes.-** se siguió el procedimiento requerido por NTP 339.033.

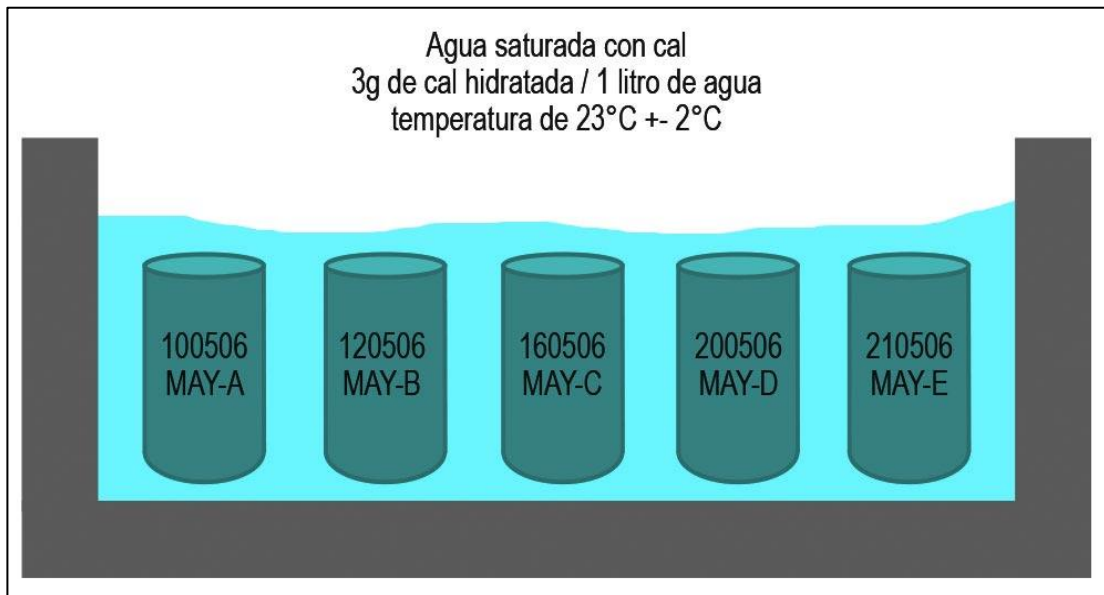


**Figura 12:** Llenado de moldes para elaboración de especímenes de concreto.

Fuente: (Mayta, J, H.2014).



**b.3. Curado de especímenes.-** Los especímenes fueron colocados en un lugar adecuado para su curado inicial durante 48 horas, se los codificó adecuadamente y traslado inmediatamente al pozo de curado del laboratorio y se lo introdujo completamente en el agua hasta completar las edades de 7, 14, y 28 días de elaborado.



**Figura 13:** Curado de especímenes de concreto.

#### 4.9.5. Prueba de especímenes a la compresión. Según la NTP339.034.

**a. Selección de materiales.** Prensa hidráulica, balanza, vernier, regla graduada, deformímetro, cronómetro, marcador de concreto.





**Figura 14:** Materiales y equipos utilizados en los ensayos.

**b. Procedimiento.** Los especímenes fueron curados durante 7, 14 y 28 días, se los trasladó para ser ensayados a compresión, antes de su rotura se los codificó, pesó, midió sus dimensiones de diámetro tomando dos medidas por cada cara perpendiculares entre sí, de altura se lo midió en las dos caras opuestas del espécimen, una vez registrado los datos anteriormente descritos, se procedió a la rotura de acuerdo a lo indicado por la norma NTP339.034.

**c. Expresión de resultados.** Con los datos registrados de diámetro, altura, peso, tiempo de duración del ensayo, carga de rotura, tipo de fractura, se los procesó y analizó los resultados obtenidos.

**Área:** se calculó el área encontrando el diámetro promedio en cm y aplicando la fórmula de área de la sección circular  $(\pi \cdot d^2)/4$ .

**Esfuerzo:** Representa la resistencia a la compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), se calculó dividiendo la carga de rotura en kilogramos entre el área en  $\text{cm}^2$ .

#### **4.9.6 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Antes del tratamiento y análisis de los datos y presentación de resultados, según el diseño de la investigación, se trató y analizó los datos y se presentó los resultados de las características de los materiales utilizados en la mezcla tanto en los grupos de control (GC) como en los grupos de experimentación (GE).

Los resultados del tratamiento y análisis de los datos de las características de los materiales fueron del cemento, agua, de los agregados y de los aditivos.

Se determinaron las siguientes características de los agregados en laboratorio: peso específico y absorción, peso unitario, contenido de humedad, análisis granulométrico, porcentaje del material más fino del tamiz N° 200, resistencia mecánica a la abrasión.

Los datos se trataron y analizaron de acuerdo a los dos diseños de la investigación y se presentaron los resultados según las observaciones (OGC y OGE). La presentación de estos datos se dio en tablas y gráficos. En las tablas se consideraron: el número de orden, altura, diámetro, peso, la carga de rotura, el esfuerzo, tipo de falla, modo de falla, de cada uno de los especímenes tanto de los grupos de control como de los experimentales

En el análisis sólo se consideró el esfuerzo (resistencia a la compresión) que es la variable dependiente donde se midió la influencia de los aditivos y cementos utilizados (variables independientes).

El análisis de datos de las observaciones del diseño de la investigación se realizó teniendo en cuenta el promedio de la resistencia a la compresión de los 08 especímenes por cada grupo: GC, GE, que coincide con el logro de los dos primeros objetivos planteados en la investigación, con la presentación de sus resultados en una tabla de resumen. Finalmente, utilizando el método de la comparación, se analizaron los datos tanto de los grupos de control (GC), sin aditivo, con los grupos experimental (GE), para determinar el nivel de variación de resistencia a la compresión, coherente con el logro del tercer objetivo.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Presentación de resultados de Características de los materiales componentes

**Cementos:** Portland Tipo I: Andino y Pacasmayo (Peso específico 3.12gr/cm<sup>3</sup>) y Sol (Peso específico 3.11gr/cm<sup>3</sup>).ASTM C-150.

**Agua:** Potable, cumple con requisitos de la Norma NTP 339.088.

**Aditivos:** Chema Súper Plast, Euco 37, SikaPlast 1000, cumplen con requisitos de la Norma ASTM C494.

**Agregados:** De acuerdo a la tabla siguiente.

**Tabla 21.** Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Característica	Agregado fino	Agregado grueso
Perfil	-	angular
TMN (")	-	3/4 "
Pem (gr/cm <sup>3</sup> )	2.45	2.56
Pesss (gr/cm <sup>3</sup> )	2.58	2.58
Pea (gr/cm <sup>3</sup> )	2.8	2.61
Abs (%)	5.09	0.71
Puss (kg/m <sup>3</sup> )	1643.2	1428.6
Pusc (gr/cm <sup>3</sup> )	1.876	1.624
W (%)	4.06	0.92
Part. < T. #200 (%)	1.87	0.8
Abrasión (%)	-	22
Mf	3.2	7.66

## 5.2. Análisis y discusión de características de los materiales componentes del concreto

Respecto a las propiedades de los cementos para el diseño de mezclas, fue tomado directamente de sus hojas técnicas respectivas.

En lo referente al agua utilizada para las mezclas fue potable, proveniente de la red pública de servicio de agua de Cajamarca.

Las características físicas y mecánicas de los agregados de la cantera “Roca Fuerte”, se obtuvieron del promedio de los datos obtenidos de tres ensayos consecutivos por cada propiedad requerida.

La cantera utilizada para la obtención de agregados, fue elegida a criterio, por presentar agregados limpios y de buena calidad, constituida por grandes acumulaciones de material fluvial en el margen izquierdo del río Chonta.

El análisis y discusión de las características físico mecánicas de los agregados, se realizó de acuerdo con los requerimientos de la NTP 400.037 expresados en la siguiente tabla.

**Tabla 22:** Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.

Ensayo	Agregado fino	
	Requisito-NTP 400.037	Otras Especificaciones.
Muestreo.	Muestra Mín. $\geq 10$ kg.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen $>$ durabilidad y resistencia al C°	
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Módulo de finura.	(2.3 – 3.2)	-
Material $<$ pasa tamiz N° 200:	Máx. 3% (C° sujeto a abrasión). Máx. 5% (otros concretos).	-
Agregado fino natural.		-
Agregado fino chancado.		-
Partículas deleznales.	Máx. 3%.	-
Peso específico, (gr/cm <sup>3</sup> ).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad (%).	-	8 Aprox.
Peso unitario, (kg/m <sup>3</sup> ):		
Compactado.	-	(1550 – 1750)
Suelto.	-	(20% menos)

<b>Agregado grueso</b>		
<b>Ensayo</b>	<b>Requisito NTP 400.037</b>	<b>Otras Especificaciones</b>
Muestreo.	Medida: Tabla N° 1, NTP 400.010.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen > durabilidad y resistencia al concreto	
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Tamaño máximo	En el Concreto no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½" (según RNE).	
Material < pasa tamiz N° 200.	Máx. 1%.	-
Partículas deleznable.	Máx. 5%.	-
Resistencia a la abrasión.	Máx. Pérdida 50%.	-
Peso específico, (gr/cm <sup>3</sup> ).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).		(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad, (%).	-	4 Aprox.
Peso unitario, (kg/m <sup>3</sup> ):		
Compactado.	-	(1620 - 2016)
Suelto.	-	(1350 – 1680)

Fuente: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

De acuerdo con los resultados obtenidos expresados en la tabla 21 y los requerimientos que deben cumplir los agregados para concreto se puede afirmar:

Se escogió agregados de perfil **angular** con partículas, duras, compactas, resistentes, y de textura rugosa, esperando obtener un concreto durable y resistente.

La **granulometría** del agregado fino se ajustó aproximadamente al Huso C de los husos granulométricos establecidos por la norma NTP 400.037, lo que nos da a entender que el agregado utilizado es un agregado bien gradado.

La **granulometría** del agregado grueso se ajustó al Huso granulométrico 57, de la norma ASTM C 33-11, apto para la elaboración de mezclas de concreto.

El módulo **de finza** del agregado fino y grueso cumplió con los requerimientos establecidos por la norma NTP 400.037 acercándose al límite superior.

**El peso específico** tanto del agregado fino como del grueso se encuentra dentro de los rangos establecidos por la norma NTP 400.037, lo que nos indica que el agregado utilizado es apto para la elaboración de mezclas de concreto.

La **absorción** del agregado fino y del agregado grueso se encuentran dentro de los requerimientos técnicos de la norma NTP 400.037.

El **peso unitario** tanto suelto como compactado del agregado grueso cumplió adecuadamente con lo establecido en la NTP 400.037, mientras que del agregado fino experimentó ligeras variaciones, muy cercanas al límite superior.

El **tamaño máximo** del agregado fue elegido a criterio propio esperando obtener buenas condiciones de trabajabilidad y resistencia, adoptando el requisito establecido por el RNE (el pasante por el tamiz de 2 ½”).

La resistencia a la **abrasión** del agregado grueso cumple los requerimientos de la NTP 400.037, lo que nos indica que el agregado utilizado posee partículas compactas y resistentes.

El porcentaje de **partículas menores que el tamiz N° 200** cumplió con lo especificado en la norma 400.037.

El **contenido de humedad** estuvo dentro de los requerimientos especificados en la norma, NTP 400.037.

### **5.3 Presentación de resultados de mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación**

Se obtuvo mezclas, para un  $f'c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>, tanto para los grupos de control sin aditivo, como para los grupos de experimentación, se utilizó la proporción de 1.00% del peso del cemento concordante con lo indicado en las hojas técnicas de los aditivos utilizados (Chema Súper Plast, Euco 37 y Sika Plast 1000), con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Rio Chonta, agua potable de la ciudad universitaria (UNC) y Cementos Portland tipo I (Andino, Pacasmayo y Sol) y siguiendo el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados se encontró las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto.

#### 5.4 Análisis y discusión de los resultados de las mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación

**Tabla 23:** Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto de los grupos de control.

Descripción	Cantidad	Unidad
<b>Grupo de control: Cemento Andino (GC1)</b>		
Cemento	401.33	Kg
Agua Efectiva	212.33	Lt
Agregado Fino Húmedo	900.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	758.00	Kg
Aire Total	2.00	%
<b>Grupo de control: Cemento Pacasmayo (GC2)</b>		
Cemento	401.33	Kg
Agua Efectiva	212.33	Lt
Agregado Fino Húmedo	900.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	758.00	Kg
Aire Total	2.00	%
<b>Grupo de control: Cemento Sol (GC3)</b>		
Cemento	401.33	Kg
Agua Efectiva	212.32	Lt
Agregado Fino Húmedo	899.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	758.00	Kg
Aire Total	2.00	%

**Tabla 24:** Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto de los grupos experimentales.

Descripción	Cantidad	Unidad
<b>Grupo experimental: C. Andino + A. Chema Súper Plast (GE1)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.04	Lt
Agregado Fino Húmedo	1128.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	780.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Chema Superplast	2.341	Lt
<b>Grupo experimental: C. Pacasmayo + A. Chema Súper Plast (GE2)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.04	Lt
Agregado Fino Húmedo	1128.00	Kg



Agregado Grueso Húmedo	780.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Chema Superplast	2.341	Lt
<b>Grupo experimental: C. Sol + A. ChemaSúper Plast (GE3)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.03	Lt
Agregado Fino Húmedo	1127.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	779.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Chema Súper Plast	2.341	Lt
<b>Grupo experimental: C. Andino + A. Euco (GE4)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.04	Lt
Agregado Fino Húmedo	1128.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	780.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Euco 37	2.361	Lt
<b>Grupo experimental: C. Pacasmayo + A. Euco (GE5)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.04	Lt
Agregado Fino Húmedo	1128.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	780.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Euco 37	2.361	Lt
<b>Grupo experimental: C. Sol + A. Euco (GE6)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.03	Lt
Agregado Fino Húmedo	1127.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	779.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Euco 37	2.361	Lt
<b>Grupo experimental: C. Andino + A. Sika (GE7)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.03	Lt
Agregado Fino Húmedo	1127.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	779.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Sika Plast 1000	2.663	Lt
<b>Grupo experimental: C. Pacasmayo + A. Sika (GE8)</b>		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.03	Lt

Agregado Fino Húmedo	1127.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	779.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Sika Plast 1000	2.663	Lt
Grupo experimental: C. Sol + A. Sika (GE9)		
Cemento	280.93	Kg
Agua Efectiva	153.03	Lt
Agregado Fino Húmedo	1127.00	Kg
Agregado Grueso Húmedo	779.00	Kg
Aire Total	2.00	%
Sika Plast 1000	2.663	Lt

De la tabla N°23, respecto a las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto de los grupos de control se apreció ligeras variaciones en el GC3, respecto a los GC1 y GC2, esto debido a la diferencia de pesos específicos de los cementos Pacasmayo y Andino (3.12 g/cm<sup>3</sup>) y cemento sol con peso específico (3.11 g/cm<sup>3</sup>).

De la tabla N°24, respecto a los componentes de la unidad cúbica de concreto de los grupos experimentales se puede apreciar ligeras variaciones entre cada grupo debido a la diferencia de pesos específicos de los aditivos utilizados Chema Súper Plast (1.20 g/cm<sup>3</sup>), Euco – 37 (1.19 g/cm<sup>3</sup>) y Sika Plast 1000 (1.06 g/cm<sup>3</sup>).

Comparando las proporciones de los grupos de control y las proporciones de los grupos experimentales se pudo apreciar variaciones más pronunciadas en sus componentes, debido a la acción de los aditivos superplastificantes que reducen la cantidad de agua de mezclado en un rango de 30% y por consecuencia la cantidad de cemento utilizado, variando las cantidades de los agregados y el agua de mezclado.

### **5.5 Presentación de resultados de ensayos de resistencia a compresión para los grupos de control (GC) y los grupos experimentales (GE).**

El ensayo de resistencia a la compresión se llevó a cabo a las edades de 7, 14 y 28 días de elaborada las mezclas para cada diseño. Se registró datos durante el ensayo: se midió el diámetro de la probeta a ensayar, la altura, se determinó el peso

de la probeta, el tiempo que duró el ensayo, la carga última de rotura, tipo de falla y modo de falla, de acuerdo a la norma NTP 339.034.

**Tabla 25:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 07 días (GC1).

<b>GC1: Cemento Andino, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12775	37750	30.48	15.24	206.95	Cono	Frágil
2	12872	38500	30.37	15.19	212.45	Corte	Frágil
3	12796	37000	30.40	15.2	203.90	Columnar	Dúctil
4	12870	37500	30.44	15.22	206.12	Cono	Frágil
5	12873	38000	30.42	15.21	209.14	Columnar	Frágil
6	12775	37000	30.44	15.22	203.37	Corte	Frágil
7	12708	37750	30.37	15.19	208.31	Corte	Frágil
8	12744	38000	30.45	15.23	208.59	Corte	Frágil

**Tabla 26:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GC2).

<b>GC2: Cemento Pacasmayo, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura (Kg)</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima (kg./cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12677	41500	30.38	15.18	229.31	Columnar	Dúctil
2	12895	41000	30.41	15.21	225.65	Corte	Frágil
3	12755	40750	30.30	15.15	226.05	Corte	Frágil
4	12655	42000	30.33	15.17	232.37	Corte	Frágil
5	12698	42250	30.40	15.2	232.84	Columnar	Frágil
6	12766	41750	30.40	15.2	230.08	Corte	Frágil
7	12738	41500	30.35	15.18	229.31	Corte	Frágil
8	12741	42000	30.34	15.18	232.07	Corte	Frágil

**Tabla 27:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 07 días (GC3).

<b>GC3:Cemento Sol, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura (Kg)</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12825	39500	30.40	15.2	217.68	Corte	Frágil
2	12846	39500	30.42	15.18	218.25	Corte	Frágil
3	12812	39000	30.33	15.21	214.64	Columnar	Dúctil
4	12743	38750	30.36	15.2	213.55	Corte	Frágil
5	12891	38500	30.42	15.2	212.17	Corte	Frágil
6	12777	39000	30.38	15.19	215.21	Corte	Frágil
7	12764	39750	30.38	15.22	218.48	Corte	Frágil
8	12753	39000	30.39	15.17	215.78	Corte	Frágil

**Tabla 28:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 14 días (GC1).

<b>GC1:Cemento Andino, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12888	45750	30.48	15.25	250.47	Cono	Frágil
2	12798	46000	30.48	15.28	250.85	Cono	Frágil
3	12714	45750	30.44	15.22	251.46	Columnar	Frágil
4	12790	45250	30.42	15.24	248.06	Cono	Frágil
5	12799	45750	30.40	15.2	252.12	Corte	Frágil
6	12766	45000	30.44	15.22	247.34	Corte	Frágil
7	12755	46000	30.37	15.21	253.17	Columnar	Dúctil
8	12741	46250	30.48	15.24	253.54	Corte	Frágil

**Tabla 29:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GC2).

<b>GC2:Cemento Pacasmayo, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12844	49500	30.40	15.2	272.79	Corte	Frágil
2	12801	49000	30.37	15.18	270.75	Corte	Frágil
3	12755	49000	30.33	15.17	271.10	Columnar	Dúctil
4	12774	49750	30.41	15.22	273.45	Cono	Frágil
5	12723	49000	30.41	15.23	268.97	Columnar	Frágil
6	12766	49250	30.46	15.24	269.99	Corte	Frágil
7	12788	49250	30.43	15.22	270.70	Corte	Frágil
8	12739	48750	30.40	15.2	268.66	Corte	Frágil

**Tabla 30:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 14 días (GC3).

<b>GC3:Cemento sol, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12822	47500	30.42	15.22	261.08	Cono	Frágil
2	12855	47500	30.45	15.24	260.40	Corte	Frágil
3	12834	47000	30.36	15.19	259.35	Corte	Frágil
4	12844	47750	30.36	15.18	263.84	Cono	Frágil
5	12825	47000	30.40	15.2	259.01	Corte	Frágil
6	12811	47750	30.40	15.21	262.80	Corte	Frágil
7	12839	47000	30.40	15.2	259.01	Corte	Frágil
8	12745	47500	30.37	15.19	262.11	Corte	Frágil

**Tabla 31:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Andino a 28 días (GC1).

<b>GC1:Cemento Andino, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12430	54000	30.10	15.05	303.55	Cono	Frágil
2	12672	55500	30.20	15.2	305.85	Corte	Frágil
3	12704	54300	30.38	15.2	299.24	Columnar	Dúctil
4	12577	53750	30.28	15.15	298.17	Cono	Frágil
5	12544	54000	30.20	15.1	301.54	Columnar	Frágil
6	12707	55000	30.40	15.2	303.10	Corte	Frágil
7	12718	55500	30.40	15.2	305.85	Corte	Frágil
8	12705	55000	30.38	15.2	303.10	Corte	Frágil

**Tabla 32:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GC2).

<b>GC2:Cemento Pacasmayo, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12522	58000	30.20	15.1	323.88	Cono	Frágil
2	12827	59500	30.30	15.16	329.63	Corte	Frágil
3	12871	60000	30.40	15.2	330.65	Columnar	Dúctil
4	12744	60500	30.40	15.2	333.41	Cono	Frágil
5	12785	59750	30.35	15.18	330.14	Columnar	Frágil
6	12744	60500	30.33	15.17	334.73	Corte	Frágil
7	12726	61000	30.28	15.14	338.83	Corte	Frágil
8	12731	59550	30.38	15.19	328.61	Corte	Frágil

**Tabla 33:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes sin aditivo, con Cemento Sol a 28 días (GC3).

<b>GC3:Cemento Sol, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12833	56000	30.42	15.24	306.99	Cono	Frágil
2	12766	57500	30.45	15.23	315.63	Corte	Frágil
3	12744	57000	30.36	15.19	314.53	Columnar	Dúctil
4	12788	57500	30.36	15.28	313.57	Cono	Frágil
5	12805	57250	30.40	15.21	315.08	Columnar	Frágil
6	12817	57750	30.40	15.2	318.25	Corte	Frágil
7	12744	57500	30.40	15.17	318.13	Corte	Frágil
8	12755	57000	30.37	15.15	316.20	Corte	Frágil

**Tabla 34:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema SuperPlast, con Cemento Andino a 07 días (GE1).

<b>GE1: Cemento Andino + Aditivo Chema SúperPlast, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12722	38750	30.34	15.17	214.39	Cono	Frágil
2	12774	38500	30.42	15.21	211.89	Corte	Dúctil
3	12744	39000	30.41	15.21	214.64	Columnar	Frágil
4	12770	38500	30.45	15.23	211.33	Cono	Frágil
5	12773	39000	30.36	15.18	215.49	Cono	Frágil
6	12675	38000	30.30	15.15	210.80	Corte	Frágil
7	12608	38750	30.32	15.16	214.68	Corte	Frágil
8	12705	38500	30.28	15.14	213.85	Corte	Frágil

**Tabla 35:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Superplast, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE2).

<b>GE2: Cemento Pacasmayo + Aditivo Chema SúperPlast, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12751	43500	30.43	15.22	239.09	Cono	Frágil
2	12766	43000	30.45	15.23	236.04	Corte	Frágil
3	12743	43750	30.40	15.20	241.10	Columnar	Dúctil
4	12738	43000	30.41	15.21	236.66	Columnar	Frágil
5	12744	43500	30.40	15.20	239.72	Cono	Frágil
6	12722	43500	30.40	15.20	239.72	Columnar	Frágil
7	12755	43000	30.35	15.18	237.59	Corte	Frágil
8	12733	43250	30.31	15.16	239.61	Corte	Frágil

**Tabla 36:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Sol a 07 días (GE3).

<b>GE3: Cemento Sol + Aditivo Chema Súper Plast, 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12801	41000	30.40	15.20	225.95	Cono	Frágil
2	12731	41500	30.35	15.18	229.31	Cono	Frágil
3	12775	41000	30.40	15.20	225.95	Corte	Dúctil
4	12874	41250	30.41	15.22	226.73	Cono	Dúctil
5	12762	40750	30.44	15.23	223.69	Corte	Frágil
6	12733	41500	30.35	15.18	229.31	Corte	Frágil
7	12744	41750	30.41	15.21	229.78	Corte	Frágil
8	12768	41000	30.40	15.20	225.95	Corte	Frágil



**Tabla 37:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 07 días (GE4).

<b>GE4: Cemento andino + Aditivo Euco 37 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura a Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia a Máxima. kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	37000	30.40	15.20	203.90	Columnar	Dúctil
2	12776	37750	30.40	15.20	208.04	Columnar	Dúctil
3	12649	37500	30.40	15.20	206.66	Columnar	Dúctil
4	12700	37750	30.36	15.18	208.58	Cono	Frágil
5	12717	38000	30.38	15.20	209.41	Columnar	Frágil
6	12704	37500	30.39	15.20	206.66	Corte	Frágil
7	12721	38000	30.30	15.15	210.80	Corte	Frágil
8	12714	38000	30.30	15.17	210.24	Corte	Frágil

**Tabla 38:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE5).

<b>GE5: Cemento Pacasmayo + Aditivo Euco 37 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12751	42750	30.43	15.22	234.97	Columnar	Dúctil
2	12766	42500	30.45	15.23	233.29	Columnar	Dúctil
3	12743	42000	30.40	15.20	231.46	Corte	Frágil
4	12738	42500	30.41	15.21	233.91	Columnar	Dúctil
5	12744	42000	30.40	15.20	231.46	Columnar	Dúctil
6	12722	42000	30.40	15.20	231.46	Cono	Frágil
7	12755	42250	30.35	15.18	233.45	Columnar	Frágil
8	12733	42250	30.31	15.16	234.07	Corte	Frágil

**Tabla 39:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 07 días (GE6).

<b>GE6: Cemento Sol + Aditivo Euco 37 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12855	40000	30.40	15.20	220.44	Columnar	Dúctil
2	12844	39500	30.42	15.18	218.25	Cono	Frágil
3	12855	40000	30.33	15.21	220.15	Columnar	Frágil
4	12818	40250	30.36	15.20	221.81	Cono	Frágil
5	12856	39750	30.42	15.20	219.06	Columnar	Frágil
6	12744	39500	30.38	15.19	217.97	Corte	Frágil
7	12733	39750	30.38	15.22	218.48	Corte	Frágil
8	12755	39000	30.39	15.17	215.78	Corte	Frágil

**Tabla 40:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 07 días (GE7).

<b>GE7: Cemento Andino + Aditivo SikaPlast 1000 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	42000	30.40	15.20	231.46	Cono	Frágil
2	12715	41500	30.36	15.19	229.00	Cono	Frágil
3	12728	41000	30.35	15.18	226.54	Columnar	Frágil
4	12644	42250	30.30	15.15	234.37	Corte	Frágil
5	12714	42500	30.34	15.17	235.14	Columnar	Frágil
6	12725	42750	30.35	15.18	236.21	Corte	Frágil
7	12739	42000	30.38	15.20	231.46	Corte	Frágil
8	12633	41000	30.27	15.14	227.74	Corte	Frágil

**Tabla 41:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Sikaplast 1000, con Cemento Pacasmayo a 07 días (GE8).

<b>GE8: Cemento Pacasmayo + Aditivo SikaPlast 1000 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12751	44500	30.43	15.22	244.59	Cono	Frágil
2	12766	44000	30.45	15.23	241.52	Columnar	Frágil
3	12743	44750	30.40	15.20	246.61	Corte	Frágil
4	12738	45000	30.41	15.21	247.66	Cono	Frágil
5	12744	45500	30.40	15.20	250.75	Columnar	Frágil
6	12722	45500	30.40	15.20	250.75	Corte	Frágil
7	12755	45000	30.35	15.20	247.99	Corte	Frágil
8	12733	45250	30.31	15.20	249.37	Corte	Frágil

**Tabla 42:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Sikaplast 1000, con Cemento Sol a 07 días (GE8).

<b>GE9: Cemento Sol + Aditivo SikaPlast 1000 a los 07 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12801	42000	30.40	15.20	231.46	Cono	Frágil
2	12731	42500	30.35	15.18	234.83	Cono	Frágil
3	12775	42750	30.40	15.20	235.59	Columnar	Frágil
4	12874	42000	30.41	15.22	230.85	Corte	Frágil
5	12762	41750	30.44	15.23	229.17	Columnar	Frágil
6	12733	42500	30.35	15.18	234.83	Corte	Frágil
7	12744	42750	30.41	15.21	235.28	Corte	Frágil
8	12768	42000	30.40	15.20	231.46	Corte	Frágil

**Tabla 43:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Superplast, con Cemento Andino a 14 días (GE1).

<b>GE1: Cemento Andino + Aditivo Chema SúperPlast, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura a Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12804	46750	30.48	15.24	256.28	Cono	Frágil
2	12866	47250	30.48	15.27	258.01	Corte	Frágil
3	12811	47500	30.42	15.22	261.08	Columnar	Dúctil
4	12826	47500	30.47	15.24	260.40	Cono	Frágil
5	12810	47000	30.39	15.20	259.01	Columnar	Frágil
6	12833	47250	30.42	15.22	259.71	Corte	Frágil
7	12817	47000	30.40	15.21	258.67	Corte	Frágil
8	12804	48000	30.47	15.24	263.14	Corte	Frágil

**Tabla 44:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE2).

<b>GE2: Cemento Pacasmayo + Aditivo Chema SúperPlast, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	51500	30.40	15.20	283.81	Cono	Frágil
2	12703	52000	30.37	15.18	287.32	Corte	Frágil
3	12706	51750	30.33	15.17	286.32	Columnar	Dúctil
4	12848	51000	30.41	15.22	280.32	Cono	Frágil
5	12751	51500	30.41	15.23	282.69	Columnar	Frágil
6	12855	51750	30.46	15.24	283.69	Corte	Frágil
7	12746	52000	30.43	15.22	285.81	Corte	Frágil
8	12743	51500	30.40	15.20	283.81	Corte	Frágil

**Tabla 45:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Sol a 14 días (GE3).

<b>GE3: Cemento Sol + Aditivo Chema SúperPlast, 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12733	49000	30.29	15.15	271.82	Cono	Frágil
2	12744	49750	30.43	15.22	273.45	Corte	Frágil
3	12754	49500	30.33	15.17	273.87	Columnar	Dúctil
4	12733	49750	30.36	15.19	274.53	Cono	Frágil
5	12655	49000	30.30	15.15	271.82	Columnar	Frágil
6	12788	49750	30.40	15.21	273.81	Corte	Frágil
7	12844	49000	30.40	15.20	270.03	Corte	Frágil
8	12774	49500	30.35	15.20	272.79	Corte	Frágil

**Tabla 46:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 14 días (GE4).

<b>GE4: Cemento Andino + Aditivo Euco 37 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura a Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12788	45000	30.44	15.22	247.34	Columnar	Frágil
2	12825	45500	30.43	15.21	250.42	Corte	Frágil
3	12785	45250	30.35	15.17	250.36	Corte	Frágil
4	12825	45000	30.40	15.20	247.99	Corte	Frágil
5	12856	45500	30.37	15.18	251.41	Columnar	Frágil
6	12825	45250	30.40	15.20	249.37	Corte	Frágil
7	12805	45250	30.31	15.15	251.02	Corte	Frágil
8	12755	44750	30.34	15.17	247.59	Corte	Frágil

**Tabla 47:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE5).

<b>GE5: Cemento Pacasmayo + Aditivo Euco 37 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso(g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	49500	30.40	15.20	272.79	Cono	Frágil
2	12703	49000	30.37	15.18	270.75	Columnar	Frágil
3	12706	49000	30.33	15.17	271.10	Corte	Frágil
4	12848	49750	30.41	15.22	273.45	Corte	Frágil
5	12751	49000	30.41	15.23	268.97	Corte	Frágil
6	12855	49250	30.46	15.24	269.99	Corte	Frágil
7	12746	49250	30.43	15.22	270.70	Corte	Frágil
8	12743	49750	30.40	15.20	274.17	Corte	Frágil

**Tabla 48:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 14 días (GE6).

<b>GE6: Cemento Sol + Aditivo Euco 37 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	48500	30.40	15.20	267.28	Cono	Frágil
2	12764	48500	30.40	15.20	267.28	Corte	Frágil
3	12785	48000	30.35	15.18	265.22	Columnar	Dúctil
4	12722	47750	30.30	15.15	264.88	Cono	Frágil
5	12531	48000	30.19	15.10	268.04	Columnar	Frágil
6	12678	48750	30.43	15.22	267.95	Corte	Frágil
7	12788	48000	30.44	15.23	263.48	Corte	Frágil
8	12755	48500	30.35	15.18	267.98	Corte	Frágil

**Tabla 49:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 14 días (GE7).

<b>GE7: Cemento Andino + Aditivo SikaPlast 1000 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12844	49000	30.44	15.23	268.97	Cono	Frágil
2	12795	48750	30.40	15.20	268.66	Corte	Frágil
3	12805	48250	30.38	15.19	266.25	Columnar	Dúctil
4	12750	49500	30.42	15.22	272.07	Cono	Frágil
5	12733	49500	30.41	15.21	272.43	Columnar	Frágil
6	12766	49000	30.40	15.20	270.03	Corte	Frágil
7	12809	48500	30.41	15.21	266.93	Corte	Frágil
8	12711	48750	30.46	15.23	267.60	Corte	Frágil

**Tabla 50:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Pacasmayo a 14 días (GE8).

<b>GE8: Cemento Pacasmayo + Aditivo SikaPlast 1000 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	53500	30.40	15.20	294.83	Cono	Frágil
2	12703	53000	30.37	15.18	292.85	Corte	Frágil
3	12706	51750	30.33	15.17	286.32	Columnar	Dúctil
4	12848	53000	30.41	15.22	291.31	Cono	Frágil
5	12751	53500	30.41	15.23	293.67	Columnar	Frágil
6	12855	53750	30.46	15.24	294.66	Corte	Frágil
7	12746	54000	30.43	15.22	296.81	Corte	Frágil
8	12743	54500	30.40	15.20	300.34	Corte	Frágil

**Tabla 51:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Sol a 14 días (GE9).

<b>GE9: Cemento Sol + Aditivo Sika Plast 1000 a los 14 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12733	50000	30.29	15.15	277.37	Cono	Frágil
2	12744	50500	30.43	15.22	277.57	Corte	Frágil
3	12754	50750	30.33	15.17	280.79	Columnar	Dúctil
4	12733	51000	30.36	15.20	281.06	Cono	Frágil
5	12655	50750	30.30	15.15	281.53	Columnar	Frágil
6	12788	50500	30.40	15.21	277.93	Corte	Frágil
7	12844	50250	30.40	15.20	276.92	Corte	Frágil
8	12774	51000	30.35	15.20	281.06	Corte	Frágil

**Tabla 52:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Andino a 28 días (GE1).

<b>GE1: Cemento Andino + Aditivo Chema Súper Plast, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12803	56000	30.40	15.20	308.61	Corte	Frágil
2	12815	56250	30.40	15.20	309.99	Corte	Frágil
3	12811	56000	30.41	15.21	308.20	Corte	Dúctil
4	12819	56000	30.35	15.18	309.42	Corte	Frágil
5	12795	56000	30.36	15.18	309.42	Columnar	Frágil
6	12711	55000	30.38	15.19	303.50	Corte	Frágil
7	12688	54500	30.29	15.15	302.33	Corte	Frágil
8	12745	56000	30.29	15.17	309.83	Corte	Frágil



**Tabla 53:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE2).

<b>GE2: Cemento Pacasmayo + aditivo Chema SúperPlast, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12656	58250	30.30	15.15	323.13	Cono	Frágil
2	12755	59000	30.42	15.21	324.72	Corte	Frágil
3	12575	59000	30.45	15.10	329.46	Corte	Dúctil
4	12658	59000	30.30	15.15	327.29	Corte	Frágil
5	12801	59750	30.40	15.20	329.28	Columnar	Frágil
6	12777	59500	30.38	15.21	327.47	Corte	Frágil
7	12695	59000	30.39	15.20	325.14	Corte	Frágil
8	12725	59250	30.40	15.20	326.52	Corte	Frágil

**Tabla 54:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast, con Cemento Sol a 28 días (GE3).

<b>GE3: Cemento Sol + Aditivo Chema SúperPlast, 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12866	57250	30.46	15.24	313.84	Cono	Frágil
2	12785	57500	30.45	15.23	315.63	Corte	Frágil
3	12793	57000	30.43	15.22	313.30	Corte	Frágil
4	12791	57000	30.48	15.24	312.47	Corte	Frágil
5	12875	57250	30.46	15.23	314.26	Corte	Frágil
6	12837	57750	30.48	15.24	316.59	Corte	Frágil
7	12849	57000	30.44	15.23	312.88	Corte	Frágil
8	12751	57250	30.47	15.24	313.84	Corte	Frágil

**Tabla 55:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Andino a 28 días (GE4).

<b>GE4: Cemento Andino + Aditivo Euco 37 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12814	54000	30.38	15.20	297.59	Cono	Frágil
2	12762	54750	30.33	15.17	302.92	Corte	Frágil
3	12785	54000	30.30	15.15	299.56	Columnar	Dúctil
4	12780	54000	30.42	15.21	297.20	Cono	Frágil
5	12614	53500	30.30	15.15	296.78	Columnar	Frágil
6	12822	54500	30.47	15.24	298.77	Corte	Frágil
7	12888	54250	30.40	15.20	298.97	Corte	Frágil
8	12795	54500	30.31	15.16	301.93	Corte	Frágil

**Tabla 56:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE5).

<b>GE5: Cemento Pacasmayo + aditivo Euco 37 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12656	55250	30.30	15.15	306.49	Cono	Frágil
2	12755	56000	30.42	15.21	308.20	Corte	Frágil
3	12575	55000	30.45	15.10	307.13	Columnar	Dúctil
4	12658	54000	30.30	15.15	299.56	Cono	Frágil
5	12801	56000	30.40	15.20	308.61	Columnar	Frágil
6	12777	56250	30.38	15.21	309.58	Corte	Frágil
7	12695	55000	30.39	15.20	303.10	Corte	Frágil
8	12725	54500	30.40	15.20	300.34	Corte	Frágil

**Tabla 57:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37, con Cemento Sol a 28 días (GE6).

<b>GE6: Cemento Sol + Aditivo Euco 37 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12866	55000	30.46	15.24	301.51	Cono	Frágil
2	12785	55500	30.45	15.23	304.65	Corte	Frágil
3	12793	55000	30.43	15.22	302.30	Columnar	Dúctil
4	12791	55500	30.48	15.24	304.25	Cono	Frágil
5	12875	55250	30.46	15.23	303.28	Columnar	Frágil
6	12837	55750	30.48	15.24	305.62	Corte	Frágil
7	12749	55500	30.44	15.23	304.65	Corte	Frágil
8	12751	55000	30.47	15.24	301.51	Corte	Frágil

**Tabla 58:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Andino a 28 días (GE7).

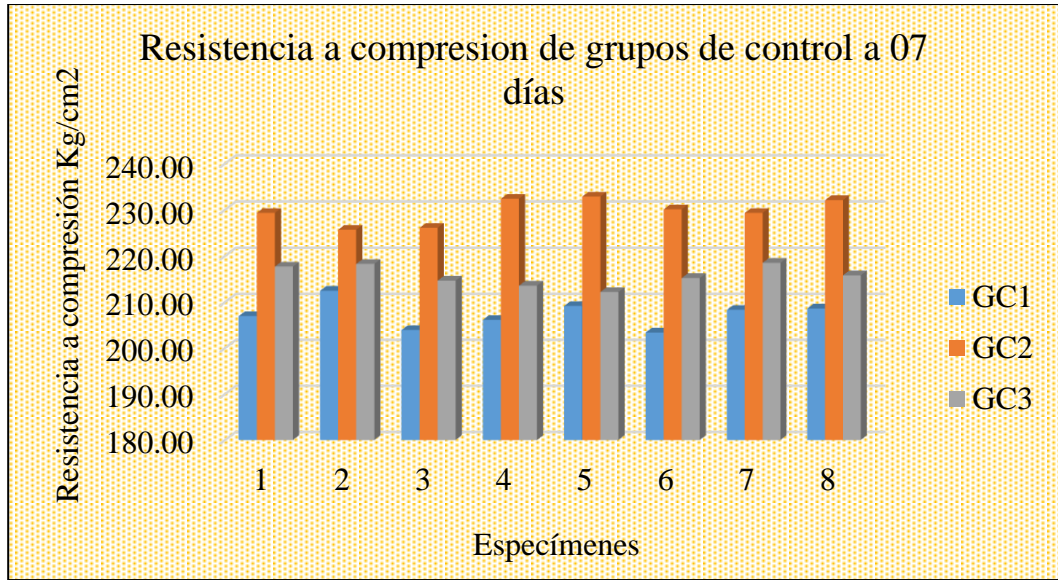
<b>GE7: Cemento Andino + Aditivo Sika Plast 1000 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12755	58500	30.39	15.20	322.39	Cono	Frágil
2	12811	58000	30.38	15.20	319.63	Corte	Frágil
3	12855	58000	30.41	15.21	319.21	Columnar	Dúctil
4	12763	58500	30.28	15.17	323.66	Cono	Frágil
5	12711	58000	30.20	15.22	318.79	Columnar	Frágil
6	12714	58500	30.20	15.23	321.12	Corte	Frágil
7	12755	58000	30.48	15.24	317.96	Corte	Frágil
8	12769	58000	30.44	15.22	318.79	Corte	Frágil

**Tabla 59:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Pacasmayo a 28 días (GE8).

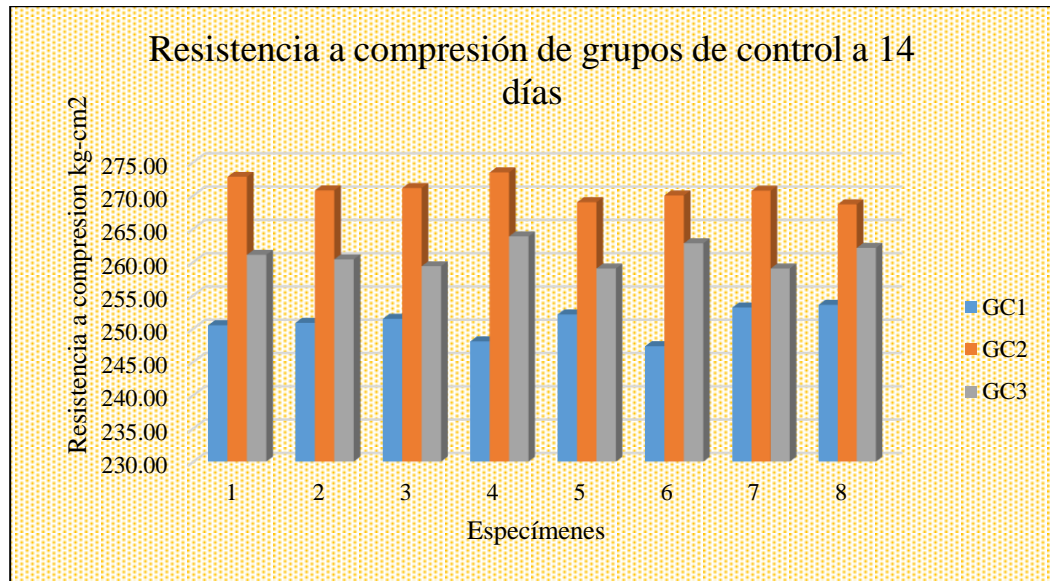
<b>GE8: Cemento Pacasmayo + aditivo Sika Plast 1000 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12656	63250	30.30	15.15	350.87	Cono	Frágil
2	12755	63000	30.42	15.21	346.73	Corte	Frágil
3	12575	63000	30.45	15.10	351.80	Columnar	Dúctil
4	12658	63000	30.30	15.15	349.48	Cono	Frágil
5	12801	63750	30.40	15.20	351.32	Columnar	Frágil
6	12777	63500	30.41	15.21	349.48	Corte	Frágil
7	12695	63000	30.39	15.20	347.19	Corte	Frágil
8	12725	63250	30.40	15.20	348.56	Corte	Frágil

**Tabla 60:** Resultados de resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000, con Cemento Sol a 28 días (GE9).

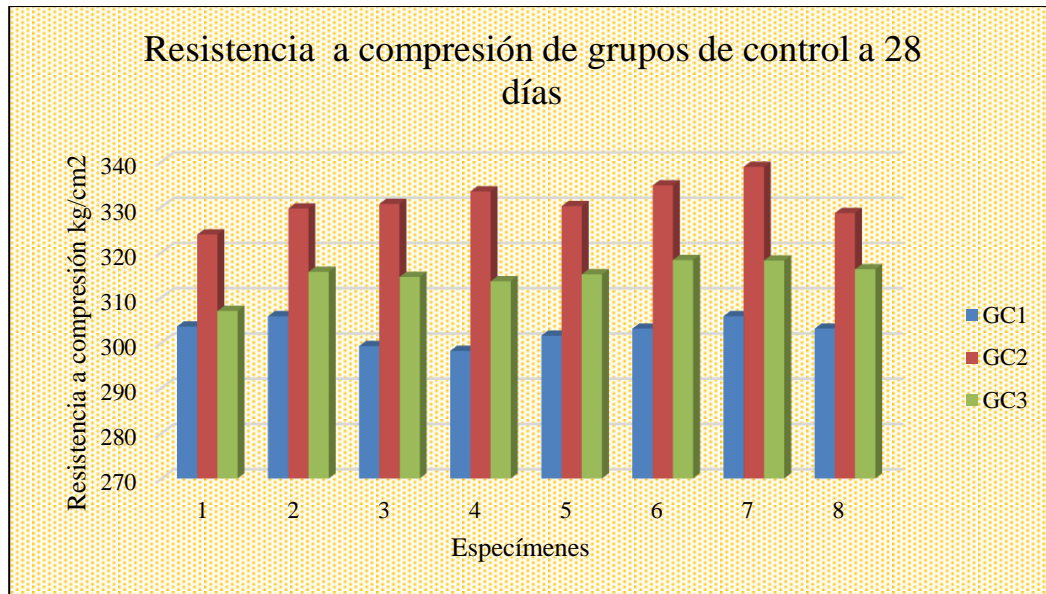
<b>GE9: Cemento Sol + Aditivo Sika Plast 1000 a los 28 días</b>							
<b>Ensayo N°</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Carga Rotura Kg</b>	<b>Altura cm</b>	<b>Diámetro cm</b>	<b>Resistencia Máxima kg./cm<sup>2</sup></b>	<b>Tipo Falla</b>	<b>Modo Falla</b>
1	12866	60500	30.42	15.23	332.10	Cono	Frágil
2	12785	60000	30.36	15.19	331.09	Corte	Frágil
3	12793	60500	30.32	15.17	334.73	Columnar	Dúctil
4	12791	60250	30.45	15.23	330.72	Cono	Frágil
5	12875	59750	30.42	15.22	328.41	Columnar	Frágil
6	12837	60500	30.40	15.20	333.41	Corte	Frágil
7	12849	60000	30.39	15.20	330.65	Corte	Frágil
8	12751	59500	30.41	15.21	327.47	Corte	Frágil



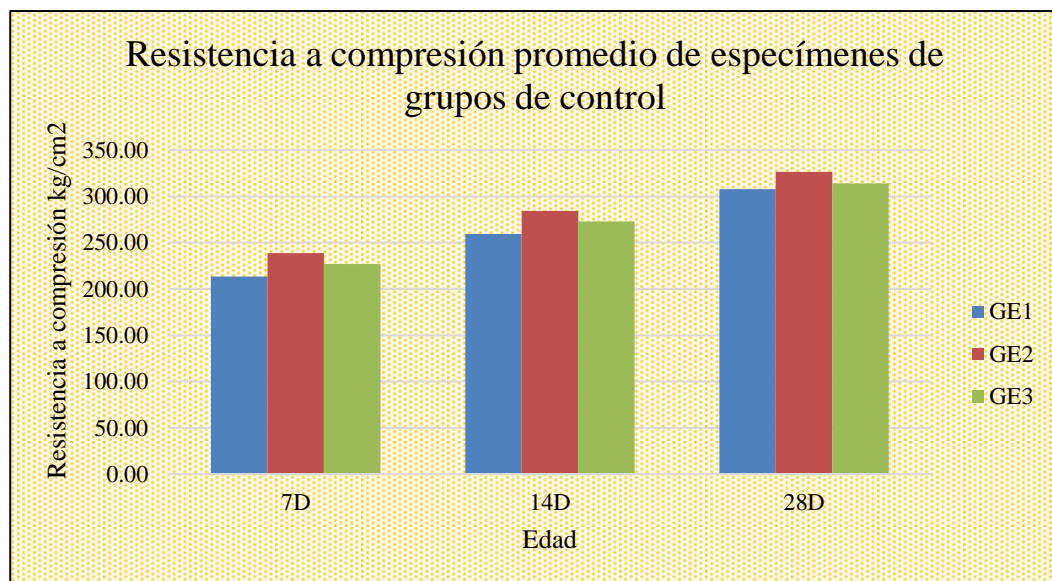
**Figura 15:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 07 días.



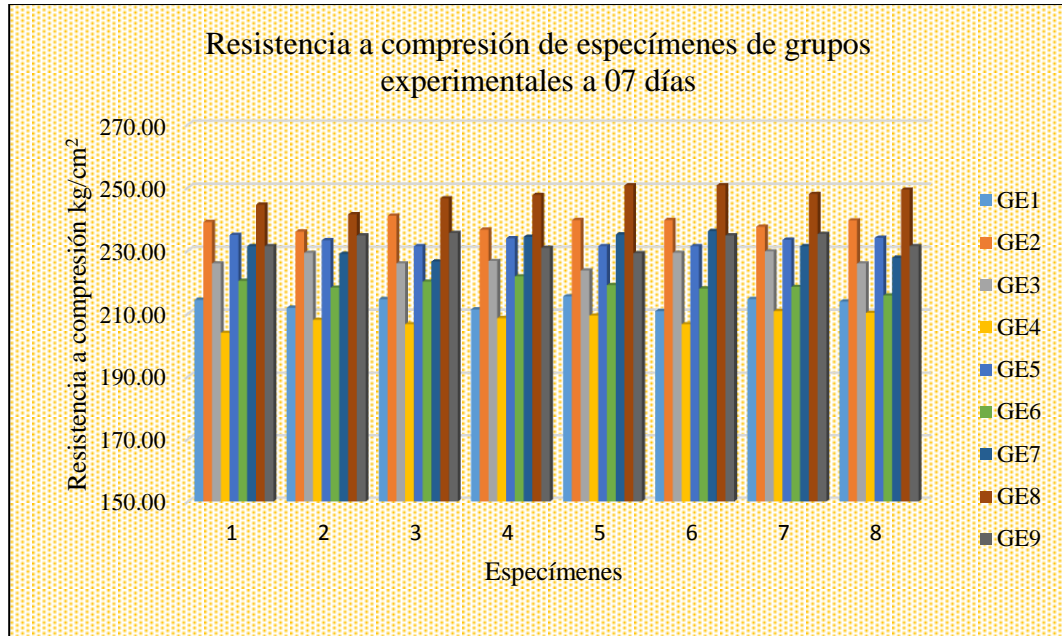
**Figura 16:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 14 días.



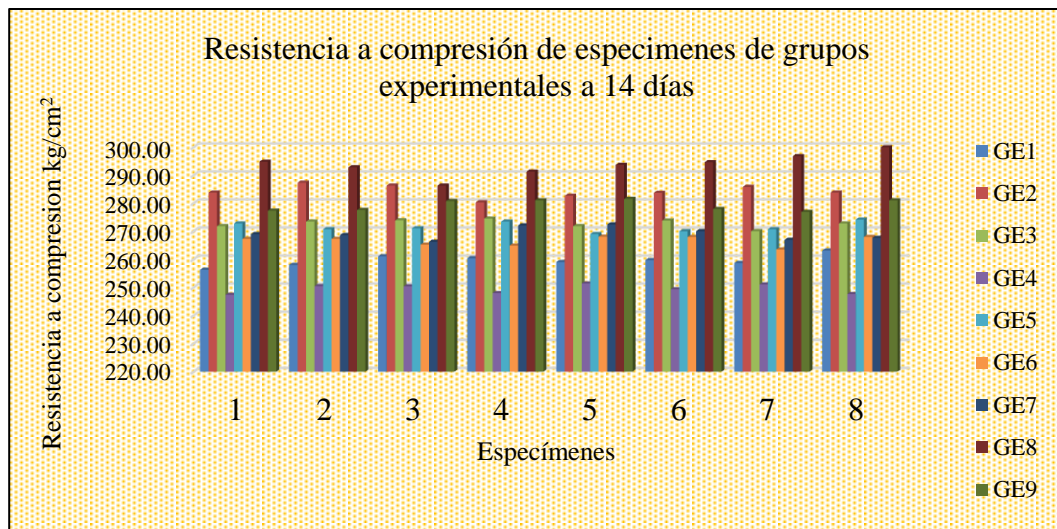
**Figura 17:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control a los 28 días.



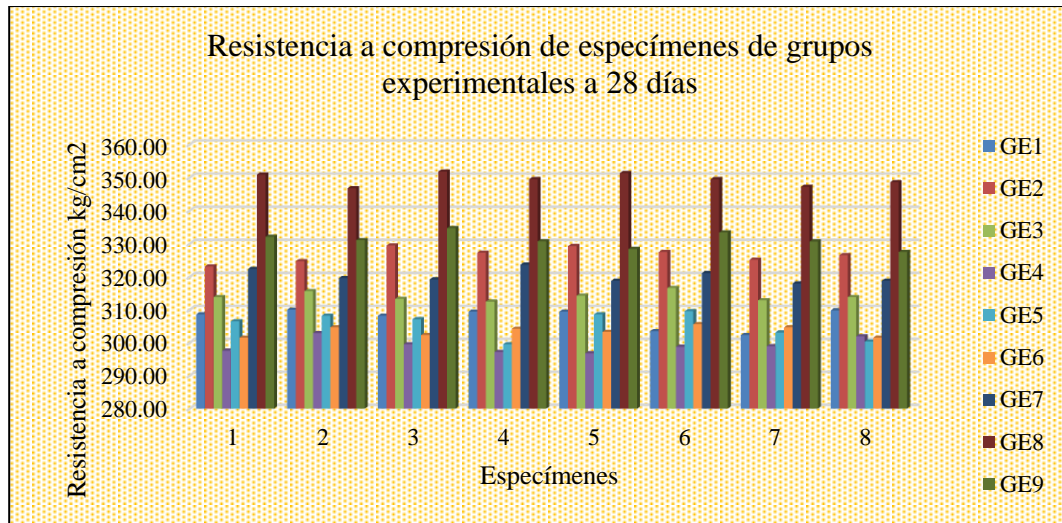
**Figura 18:** Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control a los 7, 14 y 28 días.



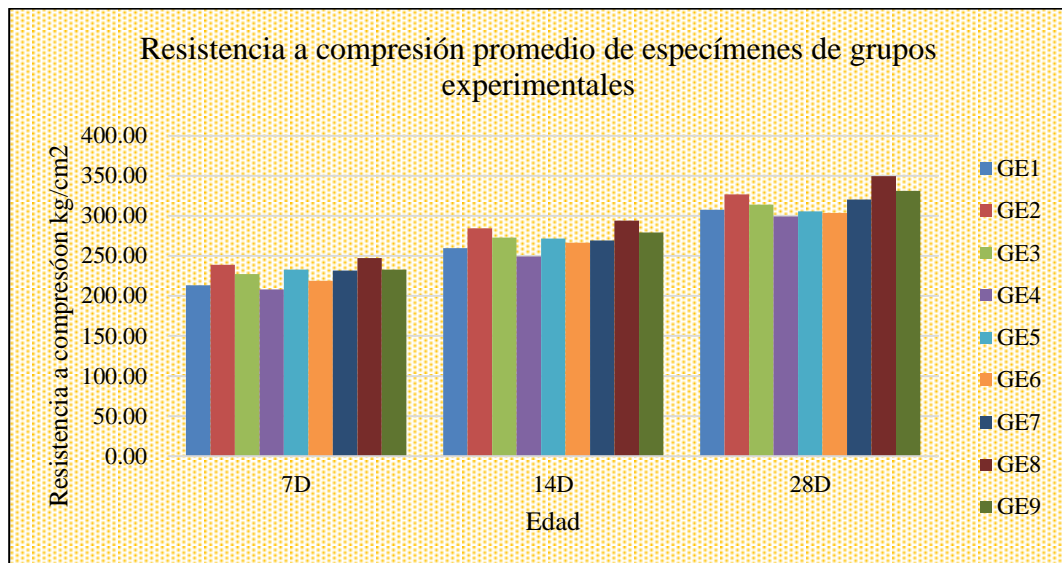
**Figura 19:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales a los 07 días.



**Figura 20:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales a los 14 días.

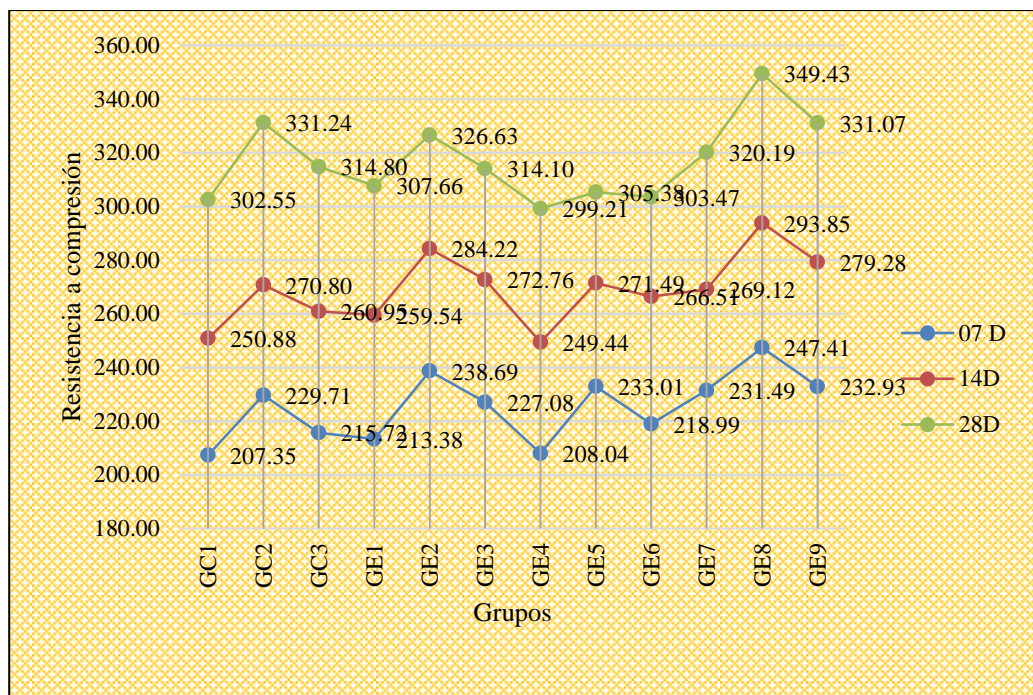


**Figura 21:** Resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales a los 28 días.



**Figura 22:** Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos experimentales a los 7, 14 y 28 días.





**Figura 23:** Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días.

## 5.6 Análisis estadístico de resultados de investigación

**Tabla 61:** Resistencia a compresión de especímenes sin aditivo (GC), a 7, 14 y 28 días.

Concreto	Cemento	Indicador	7 días	14 días	28 días
	<b>Andino</b>	Máximo	212,45	253,54	305,85
		Mínimo	203,37	247,34	298,17
		Media	207,35	250,88	302,55
		Desviación Estándar	2,95	2,23	2,79
		Coficiente de variación	1,42%	0,89%	0,92%
<b>Patrón</b>	<b>Pacasmayo</b>	Máximo	232,84	273,45	338,83
		Mínimo	225,65	268,66	323,88
		Media	229,71	270,80	331,24
		Desviación Estándar	2,74	1,68	4,47
		Coficiente de variación	1,19%	0,62%	1,35%
	<b>Sol</b>	Máximo	218,48	263,84	318,25
		Mínimo	212,17	259,01	306,99
		Media	215,720	260,950	314,799
		Desviación Estándar	2,288	1,832	3,552
		Coficiente de variación	1,06%	0,70%	1,13%

**Tabla 62:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper plast por cemento y días de curado (GE1, GE2, GE3)

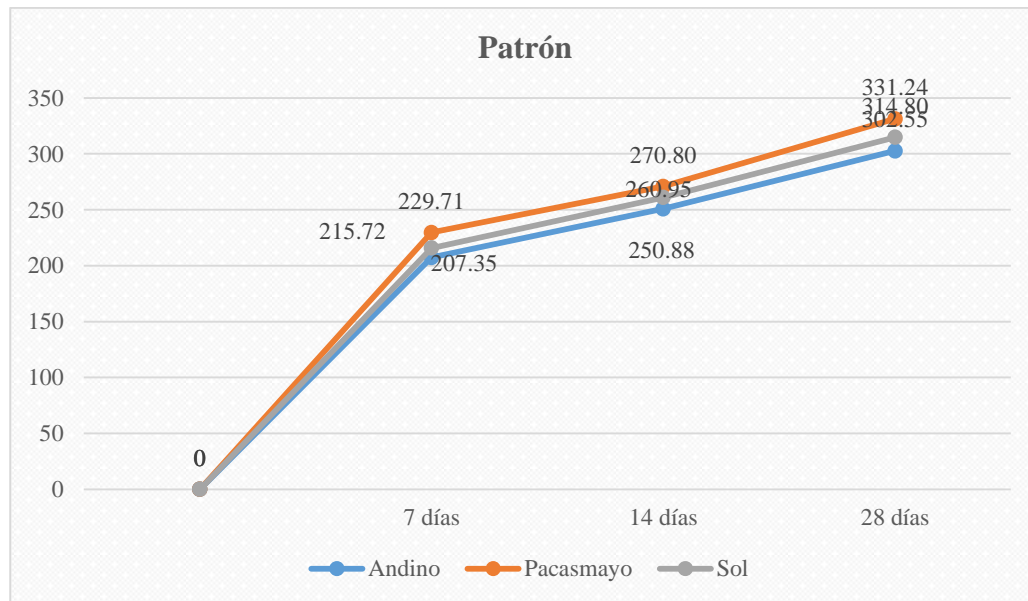
Concreto	Cemento	Indicador	7 días	14 días	28 días
Chema SúperPlast	Andino	Máximo	215,49	263,14	309,99
		Mínimo	210,80	256,28	302,33
		Media	213,38	259,54	307,66
		Desviación Estándar	1,77	2,07	3,01
		Coeficiente de variación	0,83%	0,80%	0,98%
	Pacasmayo	Máximo	241,10	287,32	329,46
		Mínimo	236,04	280,32	323,13
		Media	238,69	284,22	326,63
		Desviación Estándar	1,75	2,23	2,21
		Coeficiente de variación	0,73%	0,78%	0,68%
	Sol	Máximo	229,78	274,53	316,59
		Mínimo	223,69	270,03	312,47
		Media	227,080	272,764	314,102
		Desviación Estándar	2,161	1,470	1,386
		Coeficiente de variación	0,95%	0,54%	0,44%

**Tabla 63:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37 por cemento y días de curado (GE4, GE5, GE6)

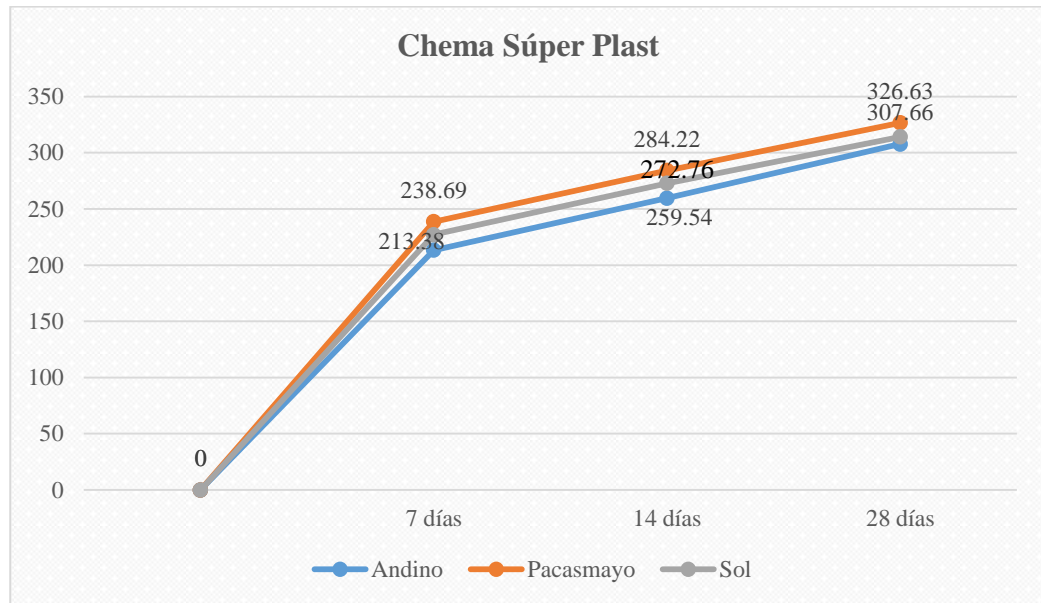
Concreto	Cemento	Indicador	7 días	14 días	28 días
Euco 37	Andino	Máximo	210,80	251,41	302,92
		Mínimo	203,90	247,34	296,78
		Media	208,04	249,44	299,21
		Desviación Estándar	2,25	1,61	2,21
		Coeficiente de variación	1,08%	0,64%	0,74%
	Pacasmayo	Máximo	234,97	274,17	309,58
		Mínimo	231,46	268,97	299,56
		Media	233,01	271,49	<b>305,38</b>
		Desviación Estándar	1,38	1,80	3,87
		Coeficiente de variación	0,59%	0,66%	1,27%
	Sol	Máximo	221,81	268,04	305,62
		Mínimo	215,78	263,48	301,51
		Media	218,992	266,514	303,472
		Desviación Estándar	1,835	1,742	1,563
		Coeficiente de variación	0,84%	0,65%	0,52%

**Tabla 64:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Sika Plast 1000 por cemento y días de curado (GE7, GE8, GE9).

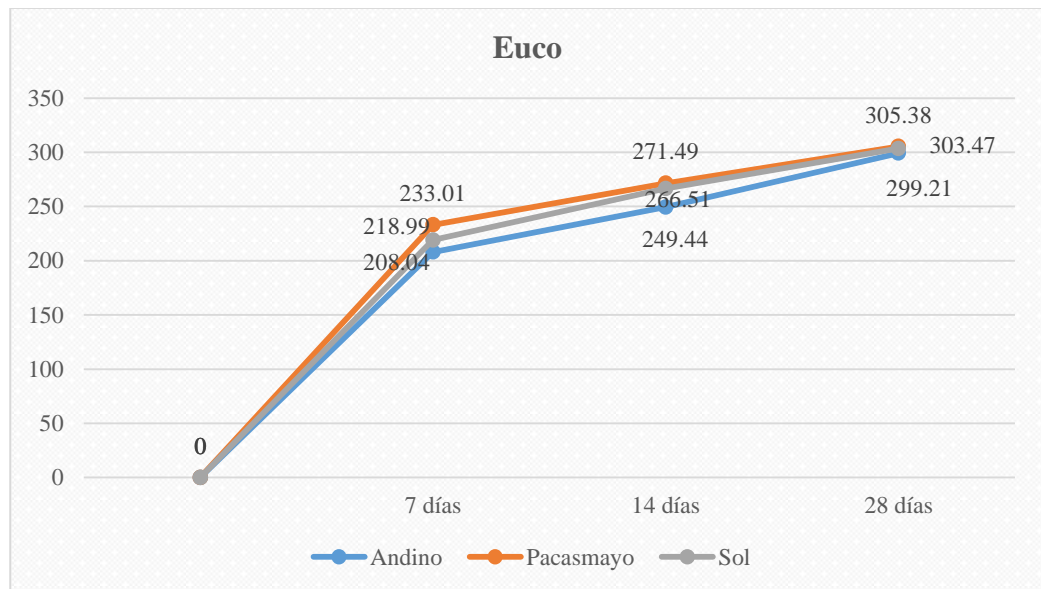
Concreto	Cemento	Indicador	7 días	14 días	28 días
SikaPlast 1000	Andino	Máximo	236,21	272,43	323,66
		Mínimo	226,54	266,25	317,96
		Media	231,49	269,12	320,19
		Desviación Estándar	3,56	2,27	2,00
		Coficiente de variación	1,54%	0,84%	0,62%
	Pacasmayo	Máximo	250,75	300,34	351,80
		Mínimo	241,52	286,32	346,73
		Media	247,41	293,85	<b>349,43</b>
		Desviación Estándar	3,16	4,08	1,86
		Coficiente de variación	1,28%	1,39%	0,53%
	Sol	Máximo	235,59	281,53	334,73
		Mínimo	229,17	276,92	327,47
		Media	232,934	279,277	331,072
		Desviación Estándar	2,467	1,985	2,398
		Coficiente de variación	1,06%	0,71%	0,72%



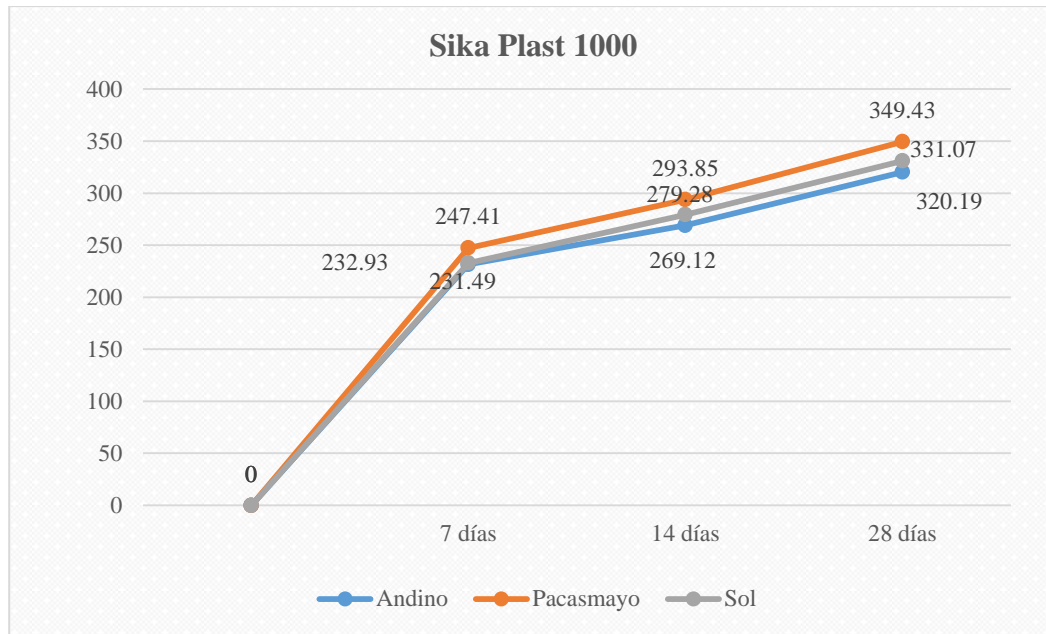
**Figura 24:** Resistencia a compresión de especímenes sin aditivo a las edades de 7,14 y 28 días.



**Figura 25:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Chema Súper Plast a las edades de 7,14 y 28 días.



**Figura 26:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo Euco 37 a las edades de 7,14 y 28 días.



**Figura N°27:** Resistencia a compresión de especímenes con aditivo SikaPlast 1000 a las edades de 7,14 y 28 días.

### 5.7 Discusión de resultados de ensayos de resistencia a compresión de especímenes para los grupos de control (GC) y los grupos experimentales (GE).

De la presentación de resultados de las tablas N°25 - N°33, se presentan los resultados de resistencia a compresión de especímenes del grupo de control a las edades de 7, 14 y 28 días, de las tablas N°34 - N°60, se presenta los resultados de la resistencia a compresión de especímenes de los grupos experimentales ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días, en ellas se presenta en resumen los datos recopilados en laboratorio de acuerdo con los requerimientos de la Norma Técnica Peruana 339.034, como son N° de orden, peso del espécimen, carga de rotura, altura promedio, diámetro promedio, resistencia máxima alcanzada, tipo y modo de falla.

De la figura 15, 16 y 17, se puede apreciar las resistencias a compresión alcanzadas por cada espécimen integrante de los grupos de control a las edades de 7, 14 y 28 días.

En la figura 18, se presenta el promedio de resistencia a compresión alcanzada por los especímenes pertenecientes a los grupos de control, los cuales cumplieron con los porcentajes requeridos y tuvieron una tendencia progresiva.

En las figuras 19, 20 y 21 se pueden apreciar las resistencias a compresión alcanzadas por cada espécimen integrante de los grupos experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días.

En la figura 22, se presenta el promedio de resistencia a compresión alcanzada por los especímenes pertenecientes a los grupos de experimentales, verificando un desarrollo progresivo.

En la figura 23, se presenta la resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días.

En las figuras N°24, N°25, N°26, N°27, se presenta la Resistencia a compresión de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7,14 y 28 días, puede apreciar que a las tres edades el grupo correspondiente al cemento Pacasmayo (GC2),(GE2), (GE5) y (GE8) es el que adopta un mejor comportamiento, localizando su curva correspondiente por encima de los otros grupos, seguido de los correspondientes a la combinación del cemento Sol (GC3),(GE3), (GE6) y (GE9) y finalmente los correspondientes a la combinación de Cemento Andino (GC1),(GE1), (GE4)(GE7); a los 07 días alcanzan valores por encima 70% de la resistencia a la compresión especificada requerida por norma, a los 14 días valores superiores al 82% de la resistencia a la compresión especificada y a los 28 días valores superiores al 100% de la resistencia a la compresión especificada.

En las tablas N°61, N°62, N°63 y N°64 correspondiente al análisis estadístico de los resultados de la investigación, se puede apreciar los valores mínimos, máximos, promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada uno de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14 y 28 días, analizando los valores se aprecia que los coeficientes de variación son inferiores a 5% lo que nos da a entender de la correcta realización de los ensayos en laboratorio, ya que según

Zement and Beton, (1973), en el texto “Control Estadístico de la Calidad en la Técnica del Hormigón ”, establecen rangos para calificar la preparación del Concreto y para valores inferiores al 10% se considera de muy buen control.

De la tabla N°61, los grupos de control alcanzaron valores mayores a  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  a los 28 días, de la observación realizada a los grupos de control se puede afirmar que el GC2, especímenes elaborados con cemento Pacasmayo sin aditivo es el que logra la mayor resistencia a compresión promedio  $331.24\text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, de igual manera logró mayor resistencia a las edades de 7 y 14 días, el GC1, es el que obtiene la menor resistencia promedio  $302.55\text{ kg/cm}^2$ .

De las tablas N°62, N°63 y N°64, respecto a las observaciones realizadas a los grupos experimentales todos alcanzaron valores mayores a  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  a los 28 días, cuando se usó aditivo Chema Súper Plast: con cemento Pacasmayo (GE2), alcanza la mayor resistencia promedio  $326.63\text{ Kg/cm}^2$ , seguido por el GE3, con una resistencia promedio de  $314.10\text{ kg/cm}^2$ . Cundo se utilizó aditivo Euco 37, el GE5, compuesto por cemento Pacasmayo, obtuvo la mayor resistencia a compresión promedio  $305.38\text{ kg/cm}^2$ , seguido GE6, compuesto por cemento sol, con una resistencia de  $303.47\text{kg/cm}^2$ .

Cundo se utilizó aditivo Sika Plast 100, el GE8, compuesto por cemento Pacasmayo, obtuvo la mayor resistencia a compresión promedio  $349.43\text{ kg/cm}^2$ , seguido GE9, compuesto por cemento sol, con una resistencia promedio de  $331.07\text{kg/cm}^2$ .

La mayor resistencia a compresión promedio a los 28 días, lo obtuvo El GE8, compuesto por especímenes elaborados con cemento Pacasmayo y aditivo Sika Plast 1000,  $349.43\text{ kg/cm}^2$ , como se muestra en la tabla N°65.

**Tabla 65:** Resultados de resistencia a compresión de grupos de control y experimentales en orden ascendente.

<b>Grupo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resistencia a compresión Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>N° de orden</b>	<b>% de incremento respecto a f'c</b>
GE4	Cemento Andino con aditivo Euco 37	299.21	12.00	106.86
GC1	Cemento Andino sin aditivo	302.55	11.00	108.05
GE6	Cemento Sol con Aditivo Euco 37	303.47	10.00	108.38
GE5	Cemento Pacasmayo con aditivo Euco 37	305.38	9.00	109.06
GE1	Cemento Andino con aditivo Chema Súper Plast	307.66	8.00	109.88
GE3	Cemento Sol con aditivo Chema Súper Plast	314.10	7.00	112.18
GC3	Cemento Sol sin aditivo	314.79	6.00	112.43
GE7	Cemento Andino con aditivo SikaPlast 1000	320.19	5.00	114.35
GE2	Cemento Pacasmayo con aditivo Chema Súper Plast	326.63	4.00	116.65
GE9	Cemento Sol con aditivo SikaPlast 1000	331.07	3.00	118.24
GC2	Cemento Pacasmayo sin aditivo	331.24	2.00	118.30
GE8	Cemento Pacasmayo con aditivo SikaPlast 1000	349.43	1.00	124.80

Los especímenes elaborados con cemento Pacasmayo y aditivo Sika Plast 1000 logró incrementar la resistencia a compresión en 24.80%, respecto a la resistencia a compresión especificada de 280.00kg/cm<sup>2</sup>, resultando la mejor combinación de la investigación, seguida del GC2 correspondiente a la combinación del mismo cemento Pacasmayo sin aditivo, luego la combinación del cemento Sol con aditivo Sika Plast1000 (GE9), finalmente la peor combinación resulta la del cemento Andino con el aditivo Euco 37 (GE4); se resalta además que la tendencia a las edades de 7 y 14 días tanto de los grupos de control como experimentales es la misma.



**Tabla 66:** Resistencia a compresión promedio de especímenes de los grupos de control y experimentales a las edades de 7, 14, y 28 días de elaborado.

Aditivo	Cemento	7 días	14 días	28 días
Control - Patrón	Andino	207,35	250,88	302,55
	Pacasmayo	229,71	270,80	<b>331,24</b>
	Sol	215,72	260,95	314,80
Chema Súper Plast	Andino	213,38	259,54	307,66
	Pacasmayo	238,69	284,22	<b>326,63</b>
	Sol	227,08	272,76	314,10
Euco 37	Andino	208,04	249,44	299,21
	Pacasmayo	233,01	271,49	<b>305,38</b>
	Sol	218,99	266,51	303,47
Sika Plast 1000	Andino	231,49	269,12	320,19
	Pacasmayo	247,41	293,85	<b>349,43</b>
	Sol	232,93	279,28	331,07

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con Cemento Andino sin aditivo (GC1), a los 28 días fue de 302.55 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Pacasmayo sin aditivo (GC2), alcanzaron 331.24 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Sol sin aditivo (GC3), alcanzaron 314.79 kg/cm<sup>2</sup>; repitiendo la tendencia a las edades de 7 y 14 días.

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con Cemento Andino con aditivo Chema Súper Plast (GE1), a los 28 días fue de 307.66 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Pacasmayo con aditivo Chema Súper Plast (GE2), alcanzaron 326.63 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Sol con aditivo Chema Súper Plast (GE3), alcanzaron 314.10 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Andino con aditivo Euco 37 (GE4), alcanzaron 299.21 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Pacasmayo con aditivo Euco 37 (GE5), alcanzaron 305.58 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Sol con aditivo Euco 37 (GE6), alcanzaron 303.47 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Andino con aditivo Sika Plast 1000 (GE7), alcanzaron 320.19 kg/cm<sup>2</sup>; los elaborados con Cemento Pacasmayo con aditivo Sika Plast 1000 (GE8), alcanzaron 349.43 kg/cm<sup>2</sup> y los elaborados con Cemento Sol con aditivo

Sika Plast 1000 (GE9), alcanzaron 331.07 kg/cm<sup>2</sup>; repitiendo la tendencia a las edades de 7 y 14 días.

Comparando la resistencia a compresión promedio a 28 días del grupo de GC1 con la de los grupos experimentales, se obtuvo: el GE1 fue mayor en 1.69%, el GE2 fue mayor en 7.96%, el GE3 fue mayor en 3.82%, el GE4 fue menor en 1.10%, el GE5 fue mayor en 0.94%, el GE6 fue mayor en 0.30%, el GE7 fue mayor en 5.83%, el GE8 fue mayor en 15.49%, el GE9 fue mayor en 9.43%.

Comparando la resistencia a compresión promedio a 28 días del grupo de GC2 con la de los grupos experimentales, se obtuvo: el GE1 fue menor en 7.12%, el GE2 fue menor en 1.39%, el GE3 fue menor en 5.17%, el GE4 fue menor en 9.67%, el GE5 fue menor en 7.81%, el GE6 fue menor en 8.38%, el GE7 fue menor en 3.34%, el GE8 fue mayor en 5.49%, el GE9 fue menor en 0.05%.

Comparando la resistencia a compresión promedio a 28 días del grupo de GC3 con la de los grupos experimentales, se obtuvo: el GE1 fue menor en 2.27%, el GE2 fue mayor en 3.76%, el GE3 fue menor en 0.22%, el GE4 menor en 4.95%, el GE5 fue menor en 2.99%, el GE6 fue menor en 3.60 %, el GE7 fue mayor en 1.71%, el GE8 fue mayor en 11.00%, el GE9 fue mayor en 5.17%.

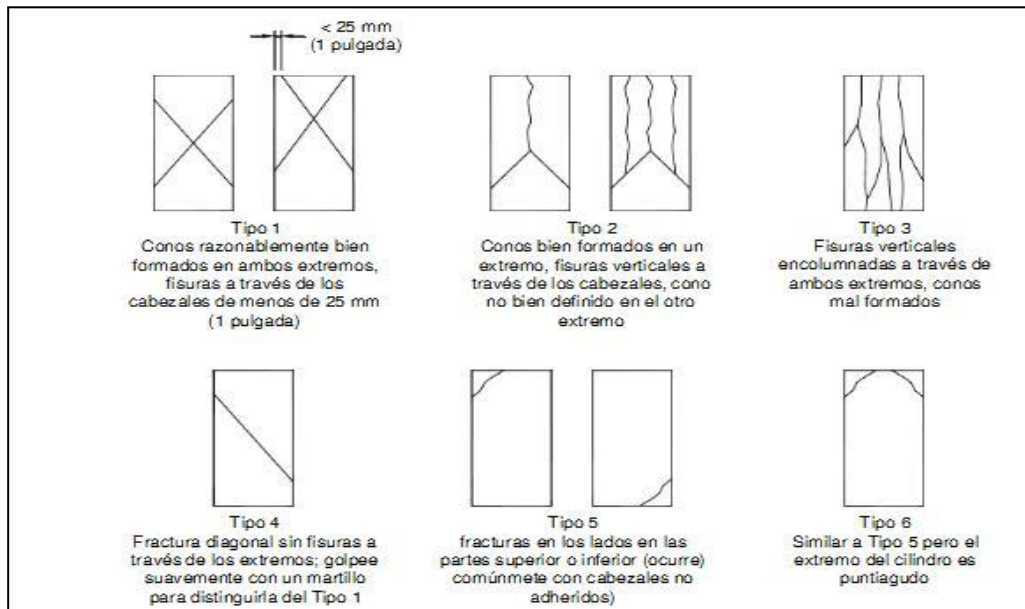
### **5.8 Análisis del tipo y modo de falla de especímenes a la compresión.**

Se observó que el tipo de falla no fue típica en cada uno de los especímenes probados a compresión, sin embargo, el que tuvo mayor predominancia fue el tipo 5, que es una fractura que se produce en los lados tanto inferior como superior, también se pudo distinguir el tipo 3, que son fisuras verticales columnadas a través de ambos extremos de la probeta, las fracturas que menos se presentaron fueron las tipas 1,2 y 4 (Ver figura 28).

Se observó que en las caras fracturadas de los especímenes falló la pasta de cemento y no los agregados con un desprendimiento de los agregados de la pasta

También se observó el modo de falla del concreto con aditivo, fue súbito, lo que demuestra que la influencia del aditivo en el comportamiento mecánico es

desfavorable en este aspecto ya que hace que el concreto adquiera un comportamiento frágil, que tendrá que tenerse en cuenta en el diseño estructural de elementos vaciados con este tipo de material.



**Figura 28:** Tipos de fallas típicas que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.

### 5.9 Análisis de costos de materiales por metro cúbico para cada mezcla

**Tabla 67:** Análisis de costos de materiales por metro cúbico para los grupos de control y experimentales.

	Descripción	Und.	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
Sin aditivo	Cemento	kg	401.33	0.56	224.74	S/. 294.94
	Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.55	65.00	35.75	
	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.53	65.00	34.45	
Con aditivo	Cemento	kg	280.93	0.56	157.32	S/. 258.63
	Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.69	65.00	44.85	
	Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.55	65.00	35.75	
	Aditivo Superplastificante	lts	2.34	8.85	20.71	

De la tabla 67, se observa que el costo de la elaboración de especímenes de concreto con aditivos superplastificantes (GE), es menor en S/ 36.31, que el sin la utilización de estos (GC) y los resultados de resistencia a compresión son mayores y si a esto sumamos las ventajas en lo referente a trabajabilidad, manipulación y acabados su uso es recomendado.

### 5.10 Contratación de la hipótesis.

Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, con cementos tipo I, se optimiza 15% en la resistencia a la compresión.

Usamos el diseño de experimentos de dos factores (3\*4).

Antes de ejecutar el análisis de varianza se comprueba la normalidad de la variable y la igualdad de varianzas, para probar la normalidad de la resistencia se usó Kolmogor v Smirnov, el cual da como resulta la no normalidad de la variable, en consecuencia, para proseguir con el análisis de varianza es necesario buscar una función continua monótona y no decreciente para transformar la variable en una variable con distribución normal. Una transformación sugerida por Box y Cox es de Lamnda =-2,6 (ver anexo D).

La prueba previa de igualdad de varianzas indica que hay igualdad de varianzas, en consecuencia, se desarrolla el análisis de varianzas.

#### **Análisis de varianza para respuesta transformada Box y Cox lambda=-2.60**

Fuente	GL	SCAjust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Aditivo	3	5769,1	1923,04	209,62	0,000
Cemento	2	8076,7	4038,34	440,21	0,000
Error	90	825,6	9,17		
Falta de ajuste	6	304,6	50,77	8,19	0,000
Error puro	84	521,0	6,20		
Total	95	14671,4			

#### Resumen del modelo para respuesta transformada

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3,02882	94,37%	94,06%	93,60%

a) Para el aditivo

H0: No hay efecto en la resistencia por cambio de aditivo

H1: Si hay efecto en la resistencia por cambio de aditivo

Alpha= 0.05 ó 5%

Inicialmente la variable no cumple el supuesto de normalidad, por tanto, se usa las transformaciones de Box y Cox para transformar la variable respuesta en normal.

a) P valor 0.000, se rechaza Ho, por tanto:

Si hay efecto en la resistencia por cambio de aditivo con una significación del 5%.

b) Para el cemento

H0: No hay efecto en la resistencia por cambio de cemento

H1: Si hay efecto en la resistencia por cambio de cemento

b) P valor 0.000, se rechaza Ho por tanto:

Si hay efecto en la resistencia por cambio de cemento con una significación del 5%

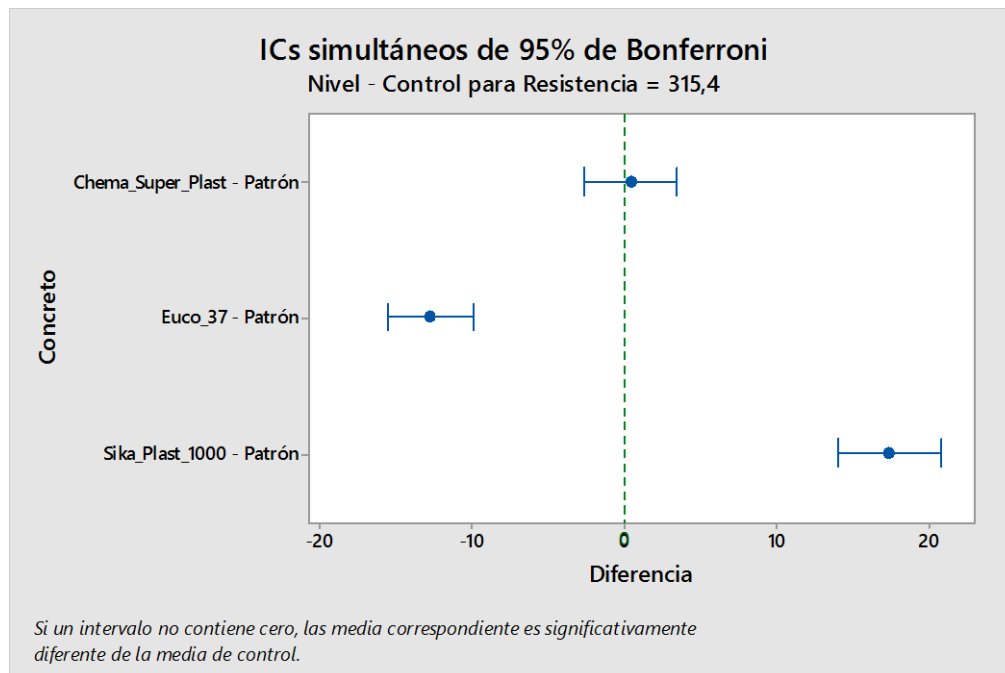
Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, con cementos tipo I, se optimiza 15% en la resistencia a la compresión.

a) P valor 0.000, se rechaza Ho, por tanto:

Si hay efecto en la resistencia por cambio de cemento con una significación del 5%

b) P valor 0.000, se rechaza Ho, por tanto:

Si hay efecto en la resistencia por cambio de aditivo con una significación del 5%.



$$315.4+14.0=329.4$$

$$315.4+17.4= 332.8$$

$$315.4+20.8=336.2$$

El concreto elaborado con cemento Pacasmayo y Sika Plast 1000, llega a incrementar la resistencia a compresión entre 329 y 336 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con el 15% respecto al parámetro 280 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **5.11 Contrastación de resultados con los antecedentes de la investigación.**

Pasquel (1998), afirmó que la utilización de aditivos superplastificantes incrementa el costo el costo de la unidad cúbica de concreto del 0.5-5%; afirmación que no concuerda con los resultados obtenidos en esta tesis ya que con la utilización de aditivos superplastificantes de logró disminuir en 14.03% el costo de la unidad cúbica de concreto, respecto al concreto patrón.

Barreda, Villagrán y Sota (2005), determinaron que la utilización de aditivos superplastificantes ayuda a reducir la cantidad de agua y de cemento logrando concretos más resistentes, trabajables y económicos; enunciado que coincide con los resultados obtenidos esta tesis.

Hernández (2005), concluyó que con la utilización de aditivos superplastificantes otorga mayor resistencia al concreto, siendo 50% mayor a una edad de 28 días; no concordando con los resultados de esta investigación en donde se alcanzó incrementar la resistencia en 24.80% respecto a la resistencia a la compresión especificada.

Rivera y Rivera (2005), concluyeron que la utilización de superplastificantes ayuda a reducir el contenido de agua de 35%, obteniendo concreto muy económico, resistente, durable y sustentable; en esta tesis se disminuyó en 30% el contenido de agua.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo enunciado por Rigueira (2007), en lo referente a que la utilización de aditivos superplastificantes permite una reducción en la relación a/c, y consecuentemente el contenido de cemento y la resistencia mecánica.

Vilca (2008), llegó a la conclusión de que con la utilización de superplastificantes con una dosificación de 1.5% del peso del cemento, se produce una reducción de la cantidad de agua en el orden del 28% y que a la edad de 96 días se logra incrementar un 27% la resistencia a la compresión respecto a la del concreto patrón; la dosificación de aditivo empleada en esta investigación fue del 1% del peso del cemento, y se obtuvo resultados de reducción de la cantidad de agua de 30%, a la edad de 28 días se incrementó la resistencia en 24.80% respecto al concreto patrón.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los de Alonzo (2011), en lo relacionado a que con la utilización de aditivos superplastificantes se logra una disminución en la cantidad de agua y cemento así como un incremento en la trabajabilidad y resistencia y una disminución en el costo de las mezclas.

## CONCLUSIONES

La mayor resistencia a compresión de los grupos de control, se obtuvo con la utilización de cemento Pacasmayo sin aditivo (GC2), a las tres edades ensayadas a 07 días (229.72 Kg/cm<sup>2</sup>), a 14 días (270.80 Kg/cm<sup>2</sup>) y a los 28 días (331.24 Kg/cm<sup>2</sup>).

La mayor resistencia compresión de los grupos experimentales, se obtuvo de la combinación de aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con cemento Pacasmayo Tipo I (GE8), a las 03 edades ensayadas a 07 días (247.41 Kg/cm<sup>2</sup>), a 14 días (293.85 Kg/cm<sup>2</sup>) y a los 28 días (349.43 Kg/cm<sup>2</sup>).

Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, el mayor incremento de resistencia a compresión se logró combinando aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, mayor en 11.00% que su respectivo grupo de control y mayor en 24.80 % respecto a la resistencia a la compresión especificada.

El costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue mayor en 14.03% que el costo de la mezcla de los grupos experimentales, con aditivo superplastificante.



## **RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS**

Se sugiere realizar investigaciones con la optimización de los materiales en la producción de concreto con el uso de aditivos superplastificantes.

Se recomienda la utilización de Cementos Portland Tipo I, de la Norma ASTM C-150, con aditivos Superplastificantes en la elaboración de concreto, debido a sus condiciones favorables respecto a la optimización de la resistencia mecánica a compresión, condiciones de elaboración y costos.

Se sugiere que ante la situación de elegir entre Cementos Portland Tipo I y Aditivos Superplastificantes, utilizados en la investigación, se opte por cemento Pacasmayo y aditivo Sika Plast 1000.

Se sugiere realizar investigaciones referidas a nuevos aditivos Superplastificantes y otras adiciones para el concreto, existentes en el mercado de Cajamarca ya que en otros países estos constituyen un componente obligatorio del concreto.

Se sugiere teniendo en cuenta los antecedentes de este trabajo se realice investigaciones referidas a la trabajabilidad, modo de fallamiento , durabilidad entre otros parámetros del concreto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO CASTILLO, F. (2002), Tecnología del Concreto, Editorial “San Marcos”, Lima – Perú.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2011), Proportioning of concrete mixes. Estados Unidos de América.
- ALONSO LÓPEZ, M. (2011), Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO, ASOCEM. (2017), Indicadores Nacionales. Recuperado de <http://www.asocem.org.pe/>.
- BARREDA, M, F. VILLAGRÁN, Y, A. Y SOTA, J, D. (2005), Efectividad de Aditivos Reductores de Agua de Alto Rango para el Hormigón de Alto Desempeño. Artículo científico, Centro de investigaciones viales. La Plata. Argentina.
- BENAVIDES CHAMORRO, R, J. (2014.), Concreto de Alto Desempeño. Tesis de Maestría. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá. Colombia.
- CARHUAMACA, J. (2015), Ventajas Técnicas y Económicas mediante el empleo de Aditivos Plastificantes en la elaboración de Concreto. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- COLLEPARDI, M. (1992), V.S Effect of admixtures. Proc. IX Internacional Congress on the Chemistry of Cement, New Delhi, India.
- EDMEADES, R.M.Hewlett, P.C. (1998.), Cement admixture, Lea’s Chemistry of Cement and Concrete IV Edition. Ed. P.C. Hewlett.

- GARAY PICHARDO, L, Y& QUISPE COTRINA, C, E. (2016), Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante, Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima. Perú
- GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, L. (2003), El Concreto y otros Materiales para la Construcción, 2ed. Manizales. Colombia.
- HERNÁNDEZ PREISLER, C.A. (2005), Plastificantes para hormigón. Tesis de Pregrado. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.
- HUINCHO SALVATIERRA, E (2001), Concreto de Alta Resistencia usando aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
- KOSMATKA, STEVEN H.; KERKHOFF, BEATRIX; PANARESE, WILLAN C.; Y TANESI, JUSSARA. (2004), Diseño y Control de mezclas de concreto. Portland Cement Association, Skokie, Illinois.EE.UU.}
- LAURA HUANCA, S. (2006), Diseño de Mezclas de Concreto. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- LEZAMA LEIVA, J.L. (1996) Tecnología del Concreto. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú,
- MAYTA ROJAS, J.W. (2014), Influencia del Aditivo Superplastificante en el Tiempo de Fraguado, Trabajabilidad y Resistencia Mecánica del Concreto, en la Ciudad de Huancayo. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú
- MARTINEZ LEBRUSANT, R. (2012), Evaluación de la resistencia a compresión in-situ en estructuras. Madrid. España.

MILLONES PRADO, A.A. (2008), Concreto de Alta Densidad con Superplastificante. Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú.

MORALES VALLEJO, P. (2012.) Tamaño Necesario de la muestra. Universidad Pontificia Comillas. Madrid. España.

NEVILLEADAM M. (2010), Concrete Technology, 2da Edición, Pearson. Malasia.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.035. (2011), Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.011. (2008.), Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos), 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.017. (2011), Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.185. (2013), Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, 1ra edición, Lima, Perú. 2013.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012. (2013), Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, 1ra edición, Lima, Perú. 2013.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.018. (2013), Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado en agregados, 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.019. (2013), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de

tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.021. (2011), Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 1ra edición Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022. (2011), Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, Perú

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.037. (2014), Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.088. (2014), Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos, 1ra Edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 334.009. (2016). Cemento Pórtland. Requisitos, 2014. 1ra edición, Lima, Perú.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034. (2013), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 1ra edición. Lima, Perú. 2013.

PORTUGAL BARRIGA, P. (2007), Tecnología del concreto de alto desempeño. Lima. Perú.

OLIVA VILLANUEVA, C.R. (2008), Influencia de los superplastificantes en la trabajabilidad y resistencia de hormigones grado H-25 y H-30. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.

- OTTAZZI PASINO, G. (2004), Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis de Postgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.
- PASQUEL CARBAJAL, E. (1998), Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. 2da Ed. Lima. Perú.
- RAMON MARTINEZ, A. (2014), Estudio del sector cementero a nivel mundial y nacional, con particularización de una empresa cementera situada en la Comunidad Valenciana. Valencia. España.
- RIGUEIRAVÍCTOR, J, W. (2007), Estudio de la Sensibilidad e Influencia de la Composición en las Propiedades Reológicas y Mecánicas de los Hormigones Autocompactantes. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- RIVERA VILLAREAL, R & RIVERA TORRES, J.M. (2005), Concreto de Alta Resistencia, muy Económico, Durable y Sustentable. Artículo científico. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. México.
- RIVVA LÓPEZ, E. (2007), Diseño de Mezclas. Lima (Perú). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- VILCA ARANDA, P.A. (2008), Obtención del Concreto de Alta Resistencia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
- ZEMENT AND BETON. (1973), Control Estadístico de la Calidad en la Técnica del Hormigón. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España.

## APÉNDICES

### A. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

**Tabla 68:** Peso específico y absorción ASTM C127 (NTP 400.022-021).

<b>Agregado fino</b>				
Ensayo	1°	2°	3°	Promedio
Wo (gr)	479.80	473.40	474.20	-
V (cm <sup>3</sup> )	500.00	500.00	500.00	-
Va (cm <sup>3</sup> )	304.96	308.34	305.00	-
Pe=Wo/(V-Va)	2.46	2.47	2.43	2.45
Pesss=500/(V-Va)	2.56	2.61	2.56	2.58
Pea=Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]	2.74	2.87	2.80	2.80
Abs=[(500-Wo)/100]/Wo	4.21	5.62	5.44	5.09
<b>Agregado grueso</b>				
A (gr)	5150.00	4600.00	4810.00	-
B (gr)	5190.00	4630.00	4850.00	-
C (gr)	3180.00	2830.00	2970.00	-
Pe=A/(B-C)	2.56	2.56	2.56	2.56
Pesss=B/(B-C)	2.58	2.57	2.58	2.58
Pea=A/(A-C)	2.61	2.60	2.61	2.61
Abs=[(B-A)/100]/A	0.78	0.65	0.83	0.71

**Tabla 69:** Peso unitario ASTM C-29 (NTP400.017)

<b>Agregado fino</b>			
Ensayo	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	21620	21716	21814
Wm (gr)	10342	10438	10536
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1859.4	1876.7	1894.3
PU Comp. Prom. (Kg/m <sup>3</sup> )	1876.8		
<b>Agregado grueso</b>			
Ensayo	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	20164	20300	20474
Wm (gr)	8886	9022	9196
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1597.6	1622.1	1653.4
PU Comp. Prom. (Kg/m <sup>3</sup> )	1624.4		

<b>Agregado fino</b>			
Ensayo	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	20385	20418	20450
Wm (gr)	9107	9140	9172
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> )	1637.4	1643.3	1649.0
PU SS Promedio(Kg/m <sup>3</sup> )	1643.2		

<b>Agregado grueso</b>			
Ensayo	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	19184	19200	19288
Wm (gr)	7906	7922	8010
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> )	1421.4	1424.3	1440.1
PU SS Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	1428.6		

<b>Cálculo del factor (f):</b>		
Vol. De agua en recipiente (V) =	5301	cm <sup>3</sup>
Wa en recipiente a 16.7 °C =	5.562	Kg
f = (1000 Kg/m <sup>3</sup> ) / Wa	179.791	1/m <sup>3</sup>

**Tabla 70:** Contenido de humedad (NTP 339.185-02), ASTM C-70

<b>Agregado fino</b>			
Característica	1°	2°	3°
Wt (gr)	20	24	18
Wt+mh (gr)	299.1	300	289.5
Wt+ms (gr)	288.2	289.3	279
Ww (gr)	10.9	10.7	10.5
Wms (gr)	268.2	265.3	261
W(%)	4.06	4.03	4.02
W(%) Promedio	4.04		

<b>Agregado grueso</b>			
Característica	1°	2°	3°
Wt (gr)	44	40	35
Wt+mh (gr)	535	507	496
Wt+ms (gr)	530	502	493
Ww (gr)	5	5	3
Wms (gr)	486	462	458
W(%)	1.03	1.08	0.66
W(%) Promedio	0.92		



**Tabla 71:** Análisis granulométrico ASTM C136 (NTP 400.012).

<b>Agregado fino</b>					
Primer ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	41.00	13.67	13.67	86.33
8	2.400	51.10	17.03	30.70	69.30
16	1.200	39.40	13.13	43.83	56.17
30	0.600	40.30	13.43	57.27	42.73
50	0.300	55.00	18.33	75.60	24.40
100	0.150	52.90	17.63	93.23	6.77
200	0.075	14.90	4.97	98.20	1.80
Cazoleta		5.40	1.80	100.00	0.00
Módulo de finura		3.1			

<b>Agregado fino</b>					
Segundo ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	49.10	16.37	16.37	83.63
8	2.400	61.20	20.40	36.77	63.23
16	1.200	38.70	12.90	49.67	50.33
30	0.600	33.80	11.27	60.93	39.07
50	0.300	49.50	16.50	77.43	22.57
100	0.150	47.60	15.87	93.30	6.70
200	0.075	15.10	5.03	98.33	1.67
Cazoleta		5.40	5.00	1.67	00.00
Módulo de finura		3.2			

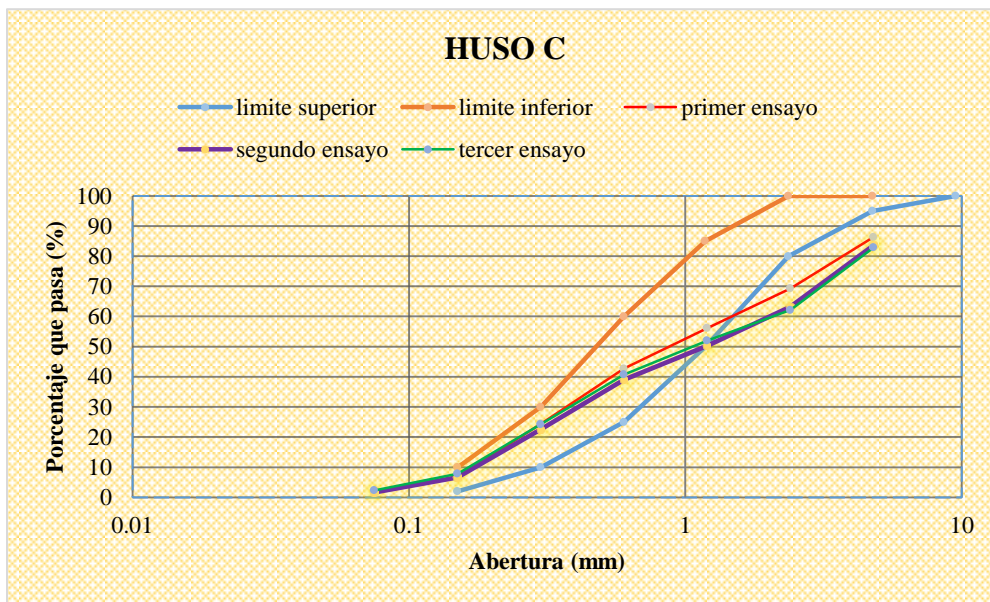
<b>Agregado fino</b>					
Tercer ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	51.40	17.13	17.13	82.87
8	2.400	62.20	20.73	37.87	62.13
16	1.200	30.30	10.10	47.97	52.03
30	0.600	33.80	11.27	59.23	40.77
50	0.300	49.50	16.50	75.73	24.27
100	0.150	49.20	16.40	92.13	7.87
200	0.075	16.60	5.53	97.67	2.33
Cazoleta		7.00	2.33	100.00	0.00
Módulo de finura		3.3			

<b>Agregado grueso</b>					
Primer ensayo			Peso de la muestra (gr)		4567.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	965.00	21.13	21.13	78.87
3/4"	19.00	1205.00	26.38	47.51	52.49
1/2"	12.70	1380.00	30.22	77.73	22.27
3/8"	9.51	550.00	12.04	89.77	10.23
4	4.76	465.00	10.18	99.96	0.04
Cazoleta		2.00	0.04	100.00	0.00
Módulo de finura		7.4			

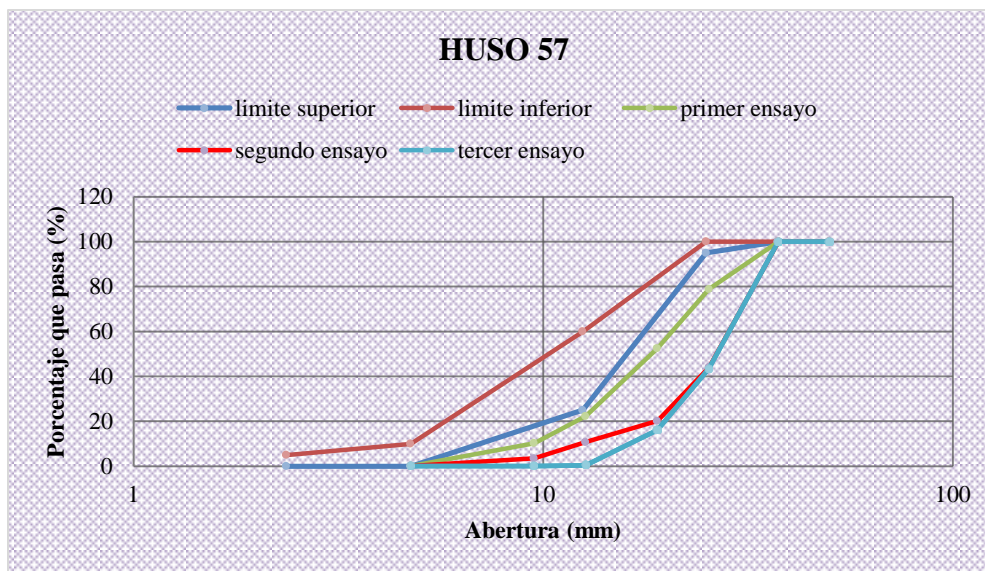
<b>Agregado grueso</b>					
Segundo ensayo			Peso de la muestra (gr)		5000.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	2800.00	56.00	56.00	44.00
3/4"	19.00	1190.20	23.80	79.80	20.20
1/2"	12.70	472.90	9.46	89.26	10.74
3/8"	9.51	363.00	7.26	96.52	3.48
4	4.76	171.50	3.43	99.95	0.05
Cazoleta		2.40	0.05	100.00	0.00
Módulo de finura		7.8			

<b>Agregado grueso</b>					
Tercer ensayo			Peso de la muestra (gr)		4315.00
Malla		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	2442.9	56.61	56.61	43.39
3/4"	19.00	1178.7	27.32	83.93	16.07
1/2"	12.70	675	15.64	99.57	0.43
3/8"	9.51	12.4	0.29	99.86	0.14
4	4.76	3	0.07	99.93	0.07
Cazoleta		3	0.07	100.00	0.00
Módulo de finura		7.8			

**Figura 29:** Distribución granulométrica agregado fino



**Figura 29:** Distribución granulométrica agregado fino



**Figura 30:** Distribución granulométrica agregado fino

**Tabla 72:** Material más fino que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018)

<b>Agregado fino</b>			
Ensayo	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	550.2	539.8	1.89
2°	566.4	555.85	1.86
3°	569.4		1.87
PROMEDIO (%)	1.87		

<b>Agregado grueso</b>			
ENSAYO	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	502.6	498.5	0.81
2°	508.12	504.2	0.77
3°	512.1	507.9	0.82
PROMEDIO (%)	0.80		

**Tabla 73:** Resistencia mecánica de los agregados abrasión (Método de Los Ángeles NTP 400.019).

<b>Agregado grueso</b>			
Ensayo	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	5000.00	3894.30	22.114
2°	5000.00	3898.12	22.030
3°	5000.00	3902.2	21.956
PROMEDIO (%)	22.03		

## B. DISEÑOS DE MEZCLA DE LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTALES.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - GRUPOS DE CONTROL							
FECHA :		22/11/2016					
CEMENTO :	ANDINO I	PESO ESPECIFICO =				3.12 gr/cm3	
PROCEDENCIA DE AGREGADOS :		F'c =	280	Kg/cm2			
AGREG. FINO :		RIO CHONTA	F'cr =	322.0	Kg/cm2		
AGREG. GRUESO :		RIO CHONTA					
CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS							
		AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL					3/4"		
P. E MASA		2.45	g/cm3	2.56		g/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO		1643.2	Kg/m3	1428.6		Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3	1624		Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06			0.92		
ABSORCION (%)		5.09			0.71		
MODULO DE FINURA		3.20			7.66		
ABRASION (%)					22.00		
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87			0.80		
ASENTAMIENTO =		3" - 4"					
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =		205 Lt/m3					
AIRE TOTAL (%) =		2.0					
RELACION A/Mc =		0.51					
CEMENTO =		401.33	Kg/m3	9.44		Bolsas/m3	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :							
CEMENTO =	0.128632	m3			MODULO DE COMBINACION :	5.23	
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m3			% AGREGADO FINO =	54.59	
AIRE (%) =	0.02	m3			% AGREGADO GRUESO =	45.41	
SUMA =	0.353632	m3					
VOLUMEN DE AGREGADOS =		0.646368	m3	PORTE HUMEDAD AGREGADO			
				APORTE AF = -8.91			
AGREGADO FINO SECO =		865.00	Kg/m3	APORTE AG = 1.58			
AGREGADO GRUESO SECO =		751.00	Kg/m3	TOTAL = -7.33			
MATERIALES DE DISEÑO				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	401.33	Kg	CEMENTO		401.33	Kg	
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt	AGUA EFECTIVA		212.33	Lt	
AGREGADO FINO SECO	865.00	Kg	AGREGADO FINO HUMEDO		900.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	751.00	Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO		758.00	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%	AIRE TOTAL		2.00	%	
PROPORCION EN PESO				PROPORCION EN VOLUMEN			
CEMENTO =	1		CEMENTO =		1		
A. FINO =	2.24		A. FINO =		1.970		
A. GRUESO =	1.89		A. GRUESO =		1.970		
AGUA =	22.5	(Lt / Bolsa)	AGUA =		22.500	(Lt / Bolsa)	

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO SIKAPLAST 1000**

FECHA :	22/11/2016
CEMENTO :	PACASMAYO TIPO I
PESO ESPECIFICO =	3.12 gr/cm3

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :		Fc =	280	Kg/cm2
AGREG. FINO :	RIO CHONTA	Fcr =	322.0	Kg/cm2
AGREG. GRUESO	RIO CHONTA			

CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS					
		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				3/4"	
P. E.MASA		2.45	g/cm3	2.56	g/cm3
PESO UNITARIO SUELTO		1643.2	Kg/m3	1428.6	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3	1624	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06		0.92	
ABSORCION (%)		5.09		0.71	
MODULO DE FINURA		3.20		7.66	
ABRASION (%)				22.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87		0.80	

ADITIVO :			
	(NOMBRE ADITIVO, MARCA)	%	P.E. g/cm3
ADITIVO :	SIKA PLAST 1000	1.00	1.06

ASENTAMIENTO =	3"- 4"
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	144 Lt/m3
AIRE TOTAL (%) =	2.0
RELACION A/Mc =	0.51

CEMENTO =	280.93	Kg/m3	6.61	Bolsas/m3
-----------	--------	-------	------	-----------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :			
ADITIVO 1 =	0.002663	m3	
CEMENTO =	0.090042	m3	
AGUA DE MEZCLADO =	0.1435	m3	
AIRE (%) =	0.02	m3	
SUMA =	0.256205	m3	

MODULO DE COMBINACION :	5.01
% AGREGADO FINO =	59.44
% AGREGADO GRUESO =	40.56

VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.743795	m3
------------------------	----------	----

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	-11.15
APORTE AG =	1.62
TOTAL =	-9.53

AGREGADO FINO SECO =	1083.00	Kg/m3
AGREGADO GRUESO SECO =	772.00	Kg/m3

MATERIALES DE DISEÑO				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	280.93	Kg		CEMENTO	280.93	Kg	
AGUA DE DISEÑO	143.50	Lt		AGUA EFECTIVA	153.03	Lt	
AGREGADO FINO SECO	1083.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	1127.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	772.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	779.00	Kg	
AIRE TOTAL	2.00	%		AIRE TOTAL	2.00	%	
SIKA PLAST 1000	2.663	Lt		SIKA PLAST 1000	2.663	Lt	

PROPORCION EN PESO	
CEMENTO =	1
A. FINO =	4.01
A. GRUESO =	2.77
AGUA =	23.2 (Lt / Bolsa)
SIKAPLAST =	403 cm3/Bolsa

PROPORCION EN VOLUMEN	
CEMENTO =	1
A. FINO =	3.520
A. GRUESO =	2.880
AGUA =	23.200 (Lt / Bolsa)
ADITIVO 1 =	403 cm3/Bolsa

**C. DATOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTALES.**

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC1: CEMENTO ANDINO A LOS 07 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	24/11/16	01/12/16	7	12775	37750	280	30.48	15.24	206.95	73.91	2.000	5560.000	2.298	CONO	Frágil
2	24/11/16	01/12/16	7	12872	38500	280	30.37	15.19	212.45	75.87	1.999	5503.643	2.339	CORTE	Frágil
3	24/11/16	01/12/16	7	12796	37000	280	30.40	15.2	203.90	72.82	2.000	5516.335	2.320	COLUMNAR	Dúctil
4	24/11/16	01/12/16	7	12870	37500	280	30.44	15.22	206.12	73.61	2.000	5538.139	2.324	CONO	Frágil
5	24/11/16	01/12/16	7	12873	38000	280	30.42	15.21	209.14	74.69	2.000	5527.230	2.329	COLUMNAR	Frágil
6	24/11/16	01/12/16	7	12775	37000	280	30.44	15.22	203.37	72.63	2.000	5538.139	2.307	CORTE	Frágil
7	24/11/16	01/12/16	7	12708	37750	280	30.37	15.19	208.31	74.40	1.999	5503.643	2.309	CORTE	Frágil
8	24/11/16	01/12/16	7	12744	38000	280	30.45	15.23	208.59	74.50	1.999	5547.240	2.297	CORTE	Frágil

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC2: CEMENTO PACASMAYO A LOS 07 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	22/11/16	29/11/16	7	12677	41500	280	30.38	15.18	229.31	81.89	2.00132	5498.208	2.306	COLUMNAR	Dúctil
2	22/11/16	29/11/16	7	12895	41000	280	30.41	15.21	225.65	80.59	1.99934	5525.413	2.334	CORTE	Frágil
3	22/11/16	29/11/16	7	12755	40750	280	30.30	15.15	226.05	80.73	2	5462.076	2.335	CORTE	Frágil
4	22/11/16	29/11/16	7	12655	42000	280	30.33	15.17	232.37	82.99	1.99934	5481.930	2.308	CORTE	Frágil
5	22/11/16	29/11/16	7	12698	42250	280	30.40	15.2	232.84	83.16	2	5516.335	2.302	COLUMNAR	Frágil
6	22/11/16	29/11/16	7	12766	41750	280	30.40	15.2	230.08	82.17	2	5516.335	2.314	CORTE	Frágil
7	22/11/16	29/11/16	7	12738	41500	280	30.35	15.18	229.31	81.89	1.99934	5492.779	2.319	CORTE	Frágil
8	22/11/16	29/11/16	7	12741	42000	280	30.34	15.18	232.07	82.88	1.99868	5490.969	2.320	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC3: CEMENTO SOL A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	30/11/16	7	12825	39500	280	30.40	15.2	217.68	77.74	2.00	5516.34	2.32	CORTE	Frágil
2	23/11/16	30/11/16	7	12846	39500	280	30.42	15.18	218.25	77.95	2.00	5505.45	2.33	CORTE	Frágil
3	23/11/16	30/11/16	7	12812	39000	280	30.33	15.21	214.64	76.66	1.99	5510.88	2.32	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	30/11/16	7	12743	38750	280	30.36	15.2	213.55	76.27	2.00	5509.08	2.31	CORTE	Frágil
5	23/11/16	30/11/16	7	12891	38500	280	30.42	15.2	212.17	75.77	2.00	5519.96	2.34	CORTE	Frágil
6	23/11/16	30/11/16	7	12777	39000	280	30.38	15.19	215.21	76.86	2.00	5505.45	2.32	CORTE	Frágil
7	23/11/16	30/11/16	7	12764	39750	280	30.38	15.22	218.48	78.03	2.00	5527.22	2.31	CORTE	Frágil
8	23/11/16	30/11/16	7	12753	39000	280	30.39	15.17	215.78	77.06	2.00	5492.77	2.32	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC1: CEMENTO ANDINO A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	24/11/16	08/12/16	14	12888	45750	280	30.48	15.25	250.47	89.45	2.00	5567.30	2.315	CONO	Frágil
2	24/11/16	08/12/16	14	12798	46000	280	30.48	15.28	250.85	89.59	1.99	5589.22	2.290		Frágil
3	24/11/16	08/12/16	14	12714	45750	280	30.44	15.22	251.46	89.81	2.00	5538.14	2.296	COLUMNAR	Frágil
4	24/11/16	08/12/16	14	12790	45250	280	30.42	15.24	248.06	88.59	2.00	5549.05	2.305	CONO	Frágil
5	24/11/16	08/12/16	14	12799	45750	280	30.40	15.20	252.12	90.04	2.00	5516.34	2.320	CORTE	Frágil
6	24/11/16	08/12/16	14	12766	45000	280	30.44	15.22	247.34	88.34	2.00	5538.14	2.305	CORTE	Frágil
7	24/11/16	08/12/16	14	12755	46000	280	30.37	15.21	253.17	90.42	2.00	5518.14	2.311	COLUMNAR	Dúctil
8	24/11/16	08/12/16	14	12741	46250	280	30.48	15.24	253.54	90.55	2.00	5560.00	2.292	CORTE	Frágil



RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC2: CEMENTO PACASMAYO A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	22/11/16	06/12/16	14	12844	49500	280	30.40	15.2	272.79	97.42	2.00	5516.34	2.328	CORTE	Frágil
2	22/11/16	06/12/16	14	12801	49000	280	30.37	15.18	270.75	96.69	2.00	5496.40	2.329	CORTE	Frágil
3	22/11/16	06/12/16	14	12755	49000	280	30.33	15.17	271.10	96.82	2.00	5481.93	2.327	COLUMNAR	Dúctil
4	22/11/16	06/12/16	14	12774	49750	280	30.41	15.22	273.45	97.66	2.00	5532.68	2.309	CONO	Frágil
5	22/11/16	06/12/16	14	12723	49000	280	30.41	15.23	268.97	96.06	2.00	5539.95	2.297	COLUMNAR	Frágil
6	22/11/16	06/12/16	14	12766	49250	280	30.46	15.24	269.99	96.42	2.00	5556.35	2.298	CORTE	Frágil
7	22/11/16	06/12/16	14	12788	49250	280	30.43	15.22	270.70	96.68	2.00	5536.32	2.310	CORTE	Frágil
8	22/11/16	06/12/16	14	12739	48750	280	30.40	15.2	268.66	95.95	2.00	5516.34	2.309	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC3: CEMENTO SOL A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	07/12/16	14	12822	47500	280	30.42	15.22	261.08	93.24	2.00	5534.50	2.317	CONO	Frágil
2	23/11/16	07/12/16	14	12855	47500	280	30.45	15.24	260.40	93.00	2.00	5554.53	2.314	CORTE	Frágil
3	23/11/16	07/12/16	14	12834	47000	280	30.36	15.19	259.35	92.63	2.00	5501.83	2.333	CORTE	Frágil
4	23/11/16	07/12/16	14	12844	47750	280	30.36	15.18	263.84	94.23	2.00	5494.59	2.338	CONO	Frágil
5	23/11/16	07/12/16	14	12825	47000	280	30.40	15.2	259.01	92.50	2.00	5516.34	2.325	CORTE	Frágil
6	23/11/16	07/12/16	14	12811	47750	280	30.40	15.21	262.80	93.86	2.00	5523.60	2.319	CORTE	Frágil
7	23/11/16	07/12/16	14	12839	47000	280	30.40	15.2	259.01	92.50	2.00	5516.34	2.327	CORTE	Frágil
8	23/11/16	07/12/16	14	12745	47500	280	30.37	15.19	262.11	93.61	2.00	5503.64	2.316	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL G C1: CEMENTO ANDINO A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	24/11/16	22/12/16	28	12430	54000	280	30.10	15.05	303.55	108.41	2.00	5354.63	2.321	CONO	Frágil
2	24/11/16	22/12/16	28	12672	55500	280	30.20	15.2	305.85	109.23	1.99	5480.04	2.312	CORTE	Frágil
3	24/11/16	22/12/16	28	12704	54300	280	30.38	15.2	299.24	106.87	2.00	5512.71	2.304	COLUMNAR	Dúctil
4	24/11/16	22/12/16	28	12577	53750	280	30.28	15.15	298.17	106.49	2.00	5458.47	2.304	CONO	Frágil
5	24/11/16	22/12/16	28	12544	54000	280	30.20	15.1	301.54	107.69	2.00	5408.17	2.319	COLUMNAR	Frágil
6	24/11/16	22/12/16	28	12707	55000	280	30.40	15.2	303.10	108.25	2.00	5516.34	2.304	CORTE	Frágil
7	24/11/16	22/12/16	28	12718	55500	280	30.40	15.2	305.85	109.23	2.00	5516.34	2.306	CORTE	Frágil
8	24/11/16	22/12/16	28	12705	55000	280	30.38	15.2	303.10	108.25	2.00	5512.71	2.305	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL G C2: CEMENTO PACASMAYO A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	22/11/16	20/12/16	28	12522	58000	280	30.20	15.1	323.88	115.67	2.00	5408.17	2.32	CONO	Frágil
2	22/11/16	20/12/16	28	12827	59500	280	30.30	15.16	329.63	117.73	2.00	5469.29	2.345	CORTE	Frágil
3	22/11/16	20/12/16	28	12871	60000	280	30.40	15.2	330.65	118.09	2.00	5516.34	2.333	COLUMNAR	Dúctil
4	22/11/16	20/12/16	28	12744	60500	280	30.40	15.2	333.41	119.07	2.00	5516.34	2.310	CONO	Frágil
5	22/11/16	20/12/16	28	12785	59750	280	30.35	15.18	330.14	117.91	2.00	5492.78	2.328	COLUMNAR	Frágil
6	22/11/16	20/12/16	28	12744	60500	280	30.33	15.17	334.73	119.55	2.00	5481.93	2.325	CORTE	Frágil
7	22/11/16	20/12/16	28	12726	61000	280	30.28	15.14	338.83	121.01	2.00	5451.27	2.335	CORTE	Frágil
8	22/11/16	20/12/16	28	12731	59550	280	30.38	15.19	328.61	117.36	2.00	5505.45	2.312	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GC3: CEMENTO SOL A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	21/12/16	28	12833	56000	280	30.42	15.24	306.99	109.64	2.00	5549.05	2.313	CONO	Frágil
2	23/11/16	21/12/16	28	12766	57500	280	30.45	15.23	315.63	112.72	2.00	5547.24	2.301	CORTE	Frágil
3	23/11/16	21/12/16	28	12744	57000	280	30.36	15.19	314.53	112.33	2.00	5501.83	2.316	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	21/12/16	28	12788	57500	280	30.36	15.28	313.57	111.99	1.99	5567.22	2.297	CONO	Frágil
5	23/11/16	21/12/16	28	12805	57250	280	30.40	15.21	315.08	112.53	2.00	5523.60	2.318	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	21/12/16	28	12817	57750	280	30.40	15.2	318.25	113.66	2.00	5516.34	2.323	CORTE	Frágil
7	23/11/16	21/12/16	28	12744	57500	280	30.40	15.17	318.13	113.62	2.00	5494.58	2.319	CORTE	Frágil
8	23/11/16	21/12/16	28	12755	57000	280	30.37	15.15	316.20	112.93	2.00	5474.70	2.330	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE1: CEMENTO ANDINO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	30/11/16	07/12/16	7	12722	38750	280	30.34	15.17	214.39	76.57	2.00	5483.74	2.320	CONO	Frágil
2	30/11/16	07/12/16	7	12774	38500	280	30.42	15.21	211.89	75.68	2.00	5527.23	2.311	CORTE	Frágil
3	30/11/16	07/12/16	7	12744	39000	280	30.41	15.21	214.64	76.66	2.00	5525.41	2.306	COLUMNAR	Dúctil
4	30/11/16	07/12/16	7	12770	38500	280	30.45	15.23	211.33	75.48	2.00	5547.24	2.302	CONO	Frágil
5	30/11/16	07/12/16	7	12773	39000	280	30.36	15.18	215.49	76.96	2.00	5494.59	2.325	COLUMNAR	Frágil
6	30/11/16	07/12/16	7	12675	38000	280	30.30	15.15	210.80	75.29	2.00	5462.08	2.321	CORTE	Frágil
7	30/11/16	07/12/16	7	12608	38750	280	30.32	15.16	214.68	76.67	2.00	5472.90	2.304	CORTE	Frágil
8	30/11/16	07/12/16	7	12705	38500	280	30.28	15.14	213.85	76.38	2.00	5451.27	2.331	CORTE	Frágil

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE2: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 07 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	25/11/16	02/12/16	7	12751	43500	280	30.43	15.22	239.09	85.39	2.00	5536.32	2.303	CONO	Frágil
2	25/11/16	02/12/16	7	12766	43000	280	30.45	15.23	236.04	84.30	2.00	5547.24	2.301	CORTE	Frágil
3	25/11/16	02/12/16	7	12743	43750	280	30.40	15.20	241.10	86.11	2.00	5516.34	2.310	COLUMNAR	Dúctil
4	25/11/16	02/12/16	7	12738	43000	280	30.41	15.21	236.66	84.52	2.00	5525.41	2.305	COLUMNAR	Frágil
5	25/11/16	02/12/16	7	12744	43500	280	30.40	15.20	239.72	85.62	2.00	5516.34	2.310	CONO	Frágil
6	25/11/16	02/12/16	7	12722	43500	280	30.40	15.20	239.72	85.62	2.00	5516.34	2.306	COLUMNAR	Frágil
7	25/11/16	02/12/16	7	12755	43000	280	30.35	15.18	237.59	84.85	2.00	5492.78	2.322	CORTE	Frágil
8	25/11/16	02/12/16	7	12733	43250	280	30.31	15.16	239.61	85.57	2.00	5471.09	2.327	CORTE	Frágil

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE3: CEMENTO SOL + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 07 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	30/11/16	7	12801	41000	280	30.40	15.20	225.95	80.70	2.00	5516.34	2.321	CONO	Frágil
2	23/11/16	30/11/16	7	12731	41500	280	30.35	15.18	229.31	81.89	2.00	5492.78	2.318	CONO	Frágil
3	23/11/16	30/11/16	7	12775	41000	280	30.40	15.20	225.95	80.70	2.00	5516.34	2.316	CORTE	Dúctil
4	23/11/16	30/11/16	7	12874	41250	280	30.41	15.22	226.73	80.97	2.00	5532.68	2.327	CONO	Dúctil
5	23/11/16	30/11/16	7	12762	40750	280	30.44	15.23	223.69	79.89	2.00	5545.42	2.301	CORTE	Frágil
6	23/11/16	30/11/16	7	12733	41500	280	30.35	15.18	229.31	81.89	2.00	5492.78	2.318	CORTE	Frágil
7	23/11/16	30/11/16	7	12744	41750	280	30.41	15.21	229.78	82.06	2.00	5525.41	2.306	CORTE	Frágil
8	23/11/16	30/11/16	7	12768	41000	280	30.40	15.20	225.95	80.70	2.00	5516.34	2.315	CORTE	Frágil

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE1: CEMENTO ANDINO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 14 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltz	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	24/11/16	08/12/16	14	12804	46750	280	30.48	15.24	256.28	91.53	2.00	5560.00	2.303	CONO	Frágil
2	24/11/16	08/12/16	14	12866	47250	280	30.48	15.27	258.01	92.15	2.00	5581.91	2.305	CORTE	Frágil
3	24/11/16	08/12/16	14	12811	47500	280	30.42	15.22	261.08	93.24	2.00	5534.50	2.315	COLUMNAR	Dúctil
4	24/11/16	08/12/16	14	12826	47500	280	30.47	15.24	260.40	93.00	2.00	5558.18	2.308	CONO	Frágil
5	24/11/16	08/12/16	14	12810	47000	280	30.39	15.20	259.01	92.50	2.00	5514.52	2.323	COLUMNAR	Frágil
6	24/11/16	08/12/16	14	12833	47250	280	30.42	15.22	259.71	92.75	2.00	5534.50	2.319	CORTE	Frágil
7	24/11/16	08/12/16	14	12817	47000	280	30.40	15.21	258.67	92.38	2.00	5523.60	2.320	CORTE	Frágil
8	24/11/16	08/12/16	14	12804	48000	280	30.47	15.24	263.14	93.98	2.00	5558.18	2.304	CORTE	Frágil

<b>RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE2: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 14 DIAS</b>															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltz	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	22/11/16	06/12/16	14	12755	51500	280	30.40	15.20	283.81	101.36	2.00	5516.34	2.312	CONO	Frágil
2	22/11/16	06/12/16	14	12703	52000	280	30.37	15.18	287.32	102.62	2.00	5496.40	2.311	CORTE	Frágil
3	22/11/16	06/12/16	14	12706	51750	280	30.33	15.17	286.32	102.26	2.00	5481.93	2.318	COLUMNAR	Dúctil
4	22/11/16	06/12/16	14	12848	51000	280	30.41	15.22	280.32	100.11	2.00	5532.68	2.322	CONO	Frágil
5	22/11/16	06/12/16	14	12751	51500	280	30.41	15.23	282.69	100.96	2.00	5539.95	2.302	COLUMNAR	Frágil
6	22/11/16	06/12/16	14	12855	51750	280	30.46	15.24	283.69	101.32	2.00	5556.35	2.314	CORTE	Frágil
7	22/11/16	06/12/16	14	12746	52000	280	30.43	15.22	285.81	102.08	2.00	5536.32	2.302	CORTE	Frágil
8	22/11/16	06/12/16	14	12743	51500	280	30.40	15.20	283.81	101.36	2.00	5516.34	2.310	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE3: CEMENTO SOL + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	07/12/16	14	12733	49000	280	30.29	15.15	271.82	97.08	2.00	5460.27	2.332	CONO	Frágil
2	23/11/16	07/12/16	14	12744	49750	280	30.43	15.22	273.45	97.66	2.00	5536.32	2.302	CORTE	Frágil
3	23/11/16	07/12/16	14	12754	49500	280	30.33	15.17	273.87	97.81	2.00	5481.93	2.327	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	07/12/16	14	12733	49750	280	30.36	15.19	274.53	98.05	2.00	5501.83	2.314	CONO	Frágil
5	23/11/16	07/12/16	14	12655	49000	280	30.30	15.15	271.82	97.08	2.00	5462.08	2.317	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	07/12/16	14	12788	49750	280	30.40	15.21	273.81	97.79	2.00	5523.60	2.315	CORTE	Frágil
7	23/11/16	07/12/16	14	12844	49000	280	30.40	15.20	270.03	96.44	2.00	5516.34	2.328	CORTE	Frágil
8	23/11/16	07/12/16	14	12774	49500	280	30.35	15.20	272.79	97.42	2.00	5507.26	2.319	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE1: CEMENTO ANDINO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	%	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima	obtenido		Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	24/11/16	22/12/16	28	12803	56000	280	30.40	15.20	308.61	110.22	2.00	5516.34	2.321	CORTE	Frágil
2	24/11/16	22/12/16	28	12815	56250	280	30.40	15.20	309.99	110.71	2.00	5516.34	2.323	CORTE	Frágil
3	24/11/16	22/12/16	28	12811	56000	280	30.41	15.21	308.20	110.07	2.00	5525.41	2.319	CORTE	Dúctil
4	24/11/16	22/12/16	28	12819	56000	280	30.35	15.18	309.42	110.51	2.00	5492.78	2.334	CORTE	Frágil
5	24/11/16	22/12/16	28	12795	56000	280	30.36	15.18	309.42	110.51	2.00	5494.59	2.329	COLUMNAR	Frágil
6	24/11/16	22/12/16	28	12711	55000	280	30.38	15.19	303.50	108.39	2.00	5505.45	2.309	CORTE	Frágil
7	24/11/16	22/12/16	28	12688	54500	280	30.29	15.15	302.33	107.97	2.00	5460.27	2.324	CORTE	Frágil
8	24/11/16	22/12/16	28	12745	56000	280	30.29	15.17	309.83	110.65	2.00	5474.70	2.328	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE2: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	25/11/16	23/12/16	28	12656	58250	280	30.30	15.15	323.13	115.40	2.00	5462.08	2.317	CONO	Frágil
2	25/11/16	23/12/16	28	12755	59000	280	30.42	15.21	324.72	115.97	2.00	5527.23	2.308	CORTE	Frágil
3	25/11/16	23/12/16	28	12575	59000	280	30.45	15.10	329.46	117.67	2.02	5452.94	2.306	CORTE	Dúctil
4	25/11/16	23/12/16	28	12658	59000	280	30.30	15.15	327.29	116.89	2.00	5462.08	2.317	CORTE	Frágil
5	25/11/16	23/12/16	28	12801	59750	280	30.40	15.20	329.28	117.60	2.00	5516.34	2.321	COLUMNAR	Frágil
6	25/11/16	23/12/16	28	12777	59500	280	30.38	15.21	327.47	116.95	2.00	5519.96	2.315	CORTE	Frágil
7	25/11/16	23/12/16	28	12695	59000	280	30.39	15.20	325.14	116.12	2.00	5514.52	2.302	CORTE	Frágil
8	25/11/16	23/12/16	28	12725	59250	280	30.40	15.20	326.52	116.61	2.00	5516.34	2.307	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE3: CEMENTO SOL + ADITIVO CHEMA SUPERPLAST A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	21/12/16	28	12866	57250	280	30.46	15.24	313.84	112.09	2.00	5556.35	2.316	CONO	Frágil
2	23/11/16	21/12/16	28	12785	57500	280	30.45	15.23	315.63	112.72	2.00	5547.24	2.305	CORTE	Frágil
3	23/11/16	21/12/16	28	12793	57000	280	30.43	15.22	313.30	111.89	2.00	5536.32	2.311	CORTE	Frágil
4	23/11/16	21/12/16	28	12791	57000	280	30.48	15.24	312.47	111.60	2.00	5560.00	2.301	CORTE	Frágil
5	23/11/16	21/12/16	28	12875	57250	280	30.46	15.23	314.26	112.23	2.00	5549.06	2.320	CORTE	Frágil
6	23/11/16	21/12/16	28	12837	57750	280	30.48	15.24	316.59	113.07	2.00	5560.00	2.309	CORTE	Frágil
7	23/11/16	21/12/16	28	12849	57000	280	30.44	15.23	312.88	111.74	2.00	5545.42	2.317	CORTE	Frágil
8	23/11/16	21/12/16	28	12751	57250	280	30.47	15.24	313.84	112.09	2.00	5558.18	2.294	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE4: CEMENTO ANDINO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	27/11/16	04/12/16	7	12755	37000	280	30.40	15.20	203.90	72.82	2.00	5516.34	2.312	COLUMNAR	Dúctil
2	27/11/16	04/12/16	7	12776	37750	280	30.40	15.20	208.04	74.30	2.00	5516.34	2.316	COLUMNAR	Dúctil
3	27/11/16	04/12/16	7	12649	37500	280	30.40	15.20	206.66	73.81	2.00	5516.34	2.293	COLUMNAR	Dúctil
4	27/11/16	04/12/16	7	12700	37750	280	30.36	15.18	208.58	74.49	2.00	5494.59	2.311	CONO	Frágil
5	27/11/16	04/12/16	7	12717	38000	280	30.38	15.20	209.41	74.79	2.00	5512.71	2.307	COLUMNAR	Frágil
6	27/11/16	04/12/16	7	12704	37500	280	30.39	15.20	206.66	73.81	2.00	5514.52	2.304	CORTE	Frágil
7	27/11/16	04/12/16	7	12721	38000	280	30.30	15.15	210.80	75.29	2.00	5462.08	2.329	CORTE	Frágil
8	27/11/16	04/12/16	7	12714	38000	280	30.30	15.17	210.24	75.09	2.00	5476.51	2.322	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE5: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	25/11/16	02/12/16	7	12751	42750	280	30.43	15.22	234.97	83.92	2.00	5536.32	2.303	COLUMNAR	Dúctil
2	25/11/16	02/12/16	7	12766	42500	280	30.45	15.23	233.29	83.32	2.00	5547.24	2.301	COLUMNAR	Dúctil
3	25/11/16	02/12/16	7	12743	42000	280	30.40	15.20	231.46	82.66	2.00	5516.34	2.310	CORTE	Frágil
4	25/11/16	02/12/16	7	12738	42500	280	30.41	15.21	233.91	83.54	2.00	5525.41	2.305	COLUMNAR	Dúctil
5	25/11/16	02/12/16	7	12744	42000	280	30.40	15.20	231.46	82.66	2.00	5516.34	2.310	COLUMNAR	Dúctil
6	25/11/16	02/12/16	7	12722	42000	280	30.40	15.20	231.46	82.66	2.00	5516.34	2.306	CONO	Frágil
7	25/11/16	02/12/16	7	12755	42250	280	30.35	15.18	233.45	83.37	2.00	5492.78	2.322	COLUMNAR	Frágil
8	25/11/16	02/12/16	7	12733	42250	280	30.31	15.16	234.07	83.59	2.00	5471.09	2.327	CORTE	Frágil



RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE6: CEMENTO SOL + ADITIVO EUCO 37 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	30/11/16	7	12855	40000	280	30.40	15.20	220.44	78.73	2.00	5516.34	2.330	COLUMNAR	Dúctil
2	23/11/16	30/11/16	7	12844	39500	280	30.42	15.18	218.25	77.95	2.00	5505.45	2.333	CONO	Frágil
3	23/11/16	30/11/16	7	12855	40000	280	30.33	15.21	220.15	78.62	1.99	5510.88	2.333	COLUMNAR	Frágil
4	23/11/16	30/11/16	7	12818	40250	280	30.36	15.20	221.81	79.22	2.00	5509.08	2.327	CONO	Frágil
5	23/11/16	30/11/16	7	12856	39750	280	30.42	15.20	219.06	78.23	2.00	5519.96	2.329	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	30/11/16	7	12744	39500	280	30.38	15.19	217.97	77.85	2.00	5505.45	2.315	CORTE	Frágil
7	23/11/16	30/11/16	7	12733	39750	280	30.38	15.22	218.48	78.03	2.00	5527.22	2.304	CORTE	Frágil
8	23/11/16	30/11/16	7	12755	39000	280	30.39	15.17	215.78	77.06	2.00	5492.77	2.322	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE4: CEMENTO ANDINO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	27/11/16	11/12/16	14	12788	45000	280	30.44	15.22	247.34	88.34	2.00	5538.14	2.309	COLUMNAR	Frágil
2	27/11/16	11/12/16	14	12825	45500	280	30.43	15.21	250.42	89.43	2.00	5529.05	2.320	CORTE	Frágil
3	27/11/16	11/12/16	14	12785	45250	280	30.35	15.17	250.36	89.41	2.00	5485.54	2.331	CORTE	Frágil
4	27/11/16	11/12/16	14	12825	45000	280	30.40	15.20	247.99	88.57	2.00	5516.34	2.325	CORTE	Frágil
5	27/11/16	11/12/16	14	12856	45500	280	30.37	15.18	251.41	89.79	2.00	5496.40	2.339	COLUMNAR	Frágil
6	27/11/16	11/12/16	14	12825	45250	280	30.40	15.20	249.37	89.06	2.00	5516.34	2.325	CORTE	Frágil
7	27/11/16	11/12/16	14	12805	45250	280	30.31	15.15	251.02	89.65	2.00	5463.88	2.344	CORTE	Frágil
8	27/11/16	11/12/16	14	12755	44750	280	30.34	15.17	247.59	88.42	2.00	5483.74	2.326	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE5: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbitez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	22/11/16	06/12/16	14	12755	49500	280	30.40	15.20	272.79	97.42	2.00	5516.34	2.312	CONO	Frágil
2	22/11/16	06/12/16	14	12703	49000	280	30.37	15.18	270.75	96.69	2.00	5496.40	2.311	COLUMNAR	Frágil
3	22/11/16	06/12/16	14	12706	49000	280	30.33	15.17	271.10	96.82	2.00	5481.93	2.318	CORTE	Frágil
4	22/11/16	06/12/16	14	12848	49750	280	30.41	15.22	273.45	97.66	2.00	5532.68	2.322	CORTE	Frágil
5	22/11/16	06/12/16	14	12751	49000	280	30.41	15.23	268.97	96.06	2.00	5539.95	2.302	CORTE	Frágil
6	22/11/16	06/12/16	14	12855	49250	280	30.46	15.24	269.99	96.42	2.00	5556.35	2.314	CORTE	Frágil
7	22/11/16	06/12/16	14	12746	49250	280	30.43	15.22	270.70	96.68	2.00	5536.32	2.302	CORTE	Frágil
8	22/11/16	06/12/16	14	12743	49750	280	30.40	15.20	274.17	97.92	2.00	5516.34	2.310	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE6: CEMENTO SOL + ADITIVO EUCO 37 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbitez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	07/12/16	14	12755	48500	280	30.40	15.20	267.28	95.46	2.00	5516.34	2.312	CONO	Frágil
2	23/11/16	07/12/16	14	12764	48500	280	30.40	15.20	267.28	95.46	2.00	5516.34	2.314	CORTE	Frágil
3	23/11/16	07/12/16	14	12785	48000	280	30.35	15.18	265.22	94.72	2.00	5492.78	2.328	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	07/12/16	14	12722	47750	280	30.30	15.15	264.88	94.60	2.00	5462.08	2.329	CONO	Frágil
5	23/11/16	07/12/16	14	12531	48000	280	30.19	15.10	268.04	95.73	2.00	5406.38	2.318	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	07/12/16	14	12678	48750	280	30.43	15.22	267.95	95.70	2.00	5536.32	2.290	CORTE	Frágil
7	23/11/16	07/12/16	14	12788	48000	280	30.44	15.23	263.48	94.10	2.00	5545.42	2.306	CORTE	Frágil
8	23/11/16	07/12/16	14	12755	48500	280	30.35	15.18	267.98	95.71	2.00	5492.78	2.322	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE4: CEMENTO ANDINO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	27/11/16	26/12/16	29	12814	54000	280	30.38	15.20	297.59	106.28	2.00	5512.71	2.324	CONO	Frágil
2	27/11/16	26/12/16	29	12762	54750	280	30.33	15.17	302.92	108.18	2.00	5481.93	2.328	CORTE	Frágil
3	27/11/16	26/12/16	29	12785	54000	280	30.30	15.15	299.56	106.98	2.00	5462.08	2.341	COLUMNAR	Dúctil
4	27/11/16	26/12/16	29	12780	54000	280	30.42	15.21	297.20	106.14	2.00	5527.23	2.312	CONO	Frágil
5	27/11/16	26/12/16	29	12614	53500	280	30.30	15.15	296.78	105.99	2.00	5462.08	2.309	COLUMNAR	Frágil
6	27/11/16	26/12/16	29	12822	54500	280	30.47	15.24	298.77	106.70	2.00	5558.18	2.307	CORTE	Frágil
7	27/11/16	26/12/16	29	12888	54250	280	30.40	15.20	298.97	106.77	2.00	5516.34	2.336	CORTE	Frágil
8	27/11/16	26/12/16	29	12795	54500	280	30.31	15.16	301.93	107.83	2.00	5471.09	2.339	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE5: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO EUCO 37 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	25/11/16	23/12/16	28	12656	55250	280	30.30	15.15	306.49	109.46	2.00	5462.08	2.317	CONO	Frágil
2	25/11/16	23/12/16	28	12755	56000	280	30.42	15.21	308.20	110.07	2.00	5527.23	2.308	CORTE	Frágil
3	25/11/16	23/12/16	28	12575	55000	280	30.45	15.10	307.13	109.69	2.02	5452.94	2.306	COLUMNAR	Dúctil
4	25/11/16	23/12/16	28	12658	54000	280	30.30	15.15	299.56	106.98	2.00	5462.08	2.317	CONO	Frágil
5	25/11/16	23/12/16	28	12801	56000	280	30.40	15.20	308.61	110.22	2.00	5516.34	2.321	COLUMNAR	Frágil
6	25/11/16	23/12/16	28	12777	56250	280	30.38	15.21	309.58	110.56	2.00	5519.96	2.315	CORTE	Frágil
7	25/11/16	23/12/16	28	12695	55000	280	30.39	15.20	303.10	108.25	2.00	5514.52	2.302	CORTE	Frágil
8	25/11/16	23/12/16	28	12725	54500	280	30.40	15.20	300.34	107.27	2.00	5516.34	2.307	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE6: CEMENTO SOL + ADITIVO EUCO 37 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	23/11/16	21/12/16	28	12866	55000	280	30.46	15.24	301.51	107.68	2.00	5556.35	2.316	CONO	Frágil
2	23/11/16	21/12/16	28	12785	55500	280	30.45	15.23	304.65	108.80	2.00	5547.24	2.305	CORTE	Frágil
3	23/11/16	21/12/16	28	12793	55000	280	30.43	15.22	302.30	107.97	2.00	5536.32	2.311	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	21/12/16	28	12791	55500	280	30.48	15.24	304.25	108.66	2.00	5560.00	2.301	CONO	Frágil
5	23/11/16	21/12/16	28	12875	55250	280	30.46	15.23	303.28	108.31	2.00	5549.06	2.320	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	21/12/16	28	12837	55750	280	30.48	15.24	305.62	109.15	2.00	5560.00	2.309	CORTE	Frágil
7	23/11/16	21/12/16	28	12749	55500	280	30.44	15.23	304.65	108.80	2.00	5545.42	2.299	CORTE	Frágil
8	23/11/16	21/12/16	28	12751	55000	280	30.47	15.24	301.51	107.68	2.00	5558.18	2.294	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE7: CEMENTO ANDINO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2				g/cm3		
1	03/12/16	10/12/16	7	12755	42000	280	30.40	15.2	231.45748	82.66	2.000	5516.335	<b>2.312</b>	CONO	Frágil
2	03/12/16	10/12/16	7	12715	41500	280	30.36	15.19	229.00325	81.79	1.999	5501.830	<b>2.311</b>	CONO	Frágil
3	03/12/16	10/12/16	7	12728	41000	280	30.35	15.18	226.54236	80.91	1.999	5492.779	<b>2.317</b>	COLUMNAR	Frágil
4	03/12/16	10/12/16	7	12644	42250	280	30.30	15.15	234.3746	83.71	2.000	5462.076	<b>2.315</b>	CORTE	Frágil
5	03/12/16	10/12/16	7	12714	42500	280	30.34	15.17	235.14019	83.98	2.000	5483.737	<b>2.318</b>	COLUMNAR	Frágil
6	03/12/16	10/12/16	7	12725	42750	280	30.35	15.18	236.21185	84.36	1.999	5492.779	<b>2.317</b>	CORTE	Frágil
7	03/12/16	10/12/16	7	12739	42000	280	30.38	15.2	231.45748	82.66	1.999	5512.706	<b>2.311</b>	CORTE	Frágil
8	03/12/16	10/12/16	7	12633	41000	280	30.27	15.14	227.74099	81.34	1.999	5449.467	<b>2.318</b>	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE8: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	25/11/16	02/12/16	7	12751	44500	280	30.43	15.22	244.59063	87.35	1.999	5536.319	2.303	CONO	Frágil
2	25/11/16	02/12/16	7	12766	44000	280	30.45	15.23	241.52493	86.26	1.999	5547.240	2.301	COLUMNAR	Frágil
3	25/11/16	02/12/16	7	12743	44750	280	30.40	15.2	246.61243	88.08	2.000	5516.335	2.310	CORTE	Frágil
4	25/11/16	02/12/16	7	12738	45000	280	30.41	15.21	247.66417	88.45	1.999	5525.413	2.305	CONO	Frágil
5	25/11/16	02/12/16	7	12744	45500	280	30.40	15.2	250.7456	89.55	2.000	5516.335	2.310	COLUMNAR	Frágil
6	25/11/16	02/12/16	7	12722	45500	280	30.40	15.2	250.7456	89.55	2.000	5516.335	2.306	CORTE	Frágil
7	25/11/16	02/12/16	7	12755	45000	280	30.35	15.2	247.99016	88.57	1.997	5507.262	2.316	CORTE	Frágil
8	25/11/16	02/12/16	7	12733	45250	280	30.31	15.2	249.36788	89.06	1.994	5500.004	2.315	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE9: CEMENTO SOL + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 07 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	23/11/16	30/11/16	7	12801	42000	280	30.40	15.20	231.46	82.66	2.00	5516.34	2.321	CONO	Frágil
2	23/11/16	30/11/16	7	12731	42500	280	30.35	15.18	234.83	83.87	2.00	5492.78	2.318	CONO	Frágil
3	23/11/16	30/11/16	7	12775	42750	280	30.40	15.20	235.59	84.14	2.00	5516.34	2.316	COLUMNAR	Frágil
4	23/11/16	30/11/16	7	12874	42000	280	30.41	15.22	230.85	82.45	2.00	5532.68	2.327	CORTE	Frágil
5	23/11/16	30/11/16	7	12762	41750	280	30.44	15.23	229.17	81.85	2.00	5545.42	2.301	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	30/11/16	7	12733	42500	280	30.35	15.18	234.83	83.87	2.00	5492.78	2.318	CORTE	Frágil
7	23/11/16	30/11/16	7	12744	42750	280	30.41	15.21	235.28	84.03	2.00	5525.41	2.306	CORTE	Frágil
8	23/11/16	30/11/16	7	12768	42000	280	30.40	15.20	231.46	82.66	2.00	5516.34	2.315	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE7: CEMENTO ANDINO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	03/12/16	17/12/16	14	12844	49000	280	30.44	15.23	268.97	96.06	2.00	5545.42	2.316	CONO	Frágil
2	03/12/16	17/12/16	14	12795	48750	280	30.40	15.20	268.66	95.95	2.00	5516.34	2.319	CORTE	Frágil
3	03/12/16	17/12/16	14	12805	48250	280	30.38	15.19	266.25	95.09	2.00	5505.45	2.326	COLUMNAR	Dúctil
4	03/12/16	17/12/16	14	12750	49500	280	30.42	15.22	272.07	97.17	2.00	5534.50	2.304	CONO	Frágil
5	03/12/16	17/12/16	14	12733	49500	280	30.41	15.21	272.43	97.30	2.00	5525.41	2.304	COLUMNAR	Frágil
6	03/12/16	17/12/16	14	12766	49000	280	30.40	15.20	270.03	96.44	2.00	5516.34	2.314	CORTE	Frágil
7	03/12/16	17/12/16	14	12809	48500	280	30.41	15.21	266.93	95.33	2.00	5525.41	2.318	CORTE	Frágil
8	03/12/16	17/12/16	14	12711	48750	280	30.46	15.23	267.60	95.57	2.00	5549.06	2.291	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE8: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	22/11/16	06/12/16	14	12755	53500	280	30.40	15.20	294.83	105.30	2.00	5516.34	2.312	CONO	Frágil
2	22/11/16	06/12/16	14	12703	53000	280	30.37	15.18	292.85	104.59	2.00	5496.40	2.311	CORTE	Frágil
3	22/11/16	06/12/16	14	12706	51750	280	30.33	15.17	286.32	102.26	2.00	5481.93	2.318	COLUMNAR	Dúctil
4	22/11/16	06/12/16	14	12848	53000	280	30.41	15.22	291.31	104.04	2.00	5532.68	2.322	CONO	Frágil
5	22/11/16	06/12/16	14	12751	53500	280	30.41	15.23	293.67	104.88	2.00	5539.95	2.302	COLUMNAR	Frágil
6	22/11/16	06/12/16	14	12855	53750	280	30.46	15.24	294.66	105.23	2.00	5556.35	2.314	CORTE	Frágil
7	22/11/16	06/12/16	14	12746	54000	280	30.43	15.22	296.81	106.00	2.00	5536.32	2.302	CORTE	Frágil
8	22/11/16	06/12/16	14	12743	54500	280	30.40	15.20	300.34	107.27	2.00	5516.34	2.310	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE9: CEMENTO SOL + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 14 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	23/11/16	07/12/16	14	12733	50000	280	30.29	15.15	277.37	99.06	2.00	5460.27	2.332	CONO	Frágil
2	23/11/16	07/12/16	14	12744	50500	280	30.43	15.22	277.57	99.13	2.00	5536.32	2.302	CORTE	Frágil
3	23/11/16	07/12/16	14	12754	50750	280	30.33	15.17	280.79	100.28	2.00	5481.93	2.327	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	07/12/16	14	12733	51000	280	30.36	15.20	281.06	100.38	2.00	5509.08	2.311	CONO	Frágil
5	23/11/16	07/12/16	14	12655	50750	280	30.30	15.15	281.53	100.55	2.00	5462.08	2.317	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	07/12/16	14	12788	50500	280	30.40	15.21	277.93	99.26	2.00	5523.60	2.315	CORTE	Frágil
7	23/11/16	07/12/16	14	12844	50250	280	30.40	15.20	276.92	98.90	2.00	5516.34	2.328	CORTE	Frágil
8	23/11/16	07/12/16	14	12774	51000	280	30.35	15.20	281.06	100.38	2.00	5507.26	2.319	CORTE	Frágil

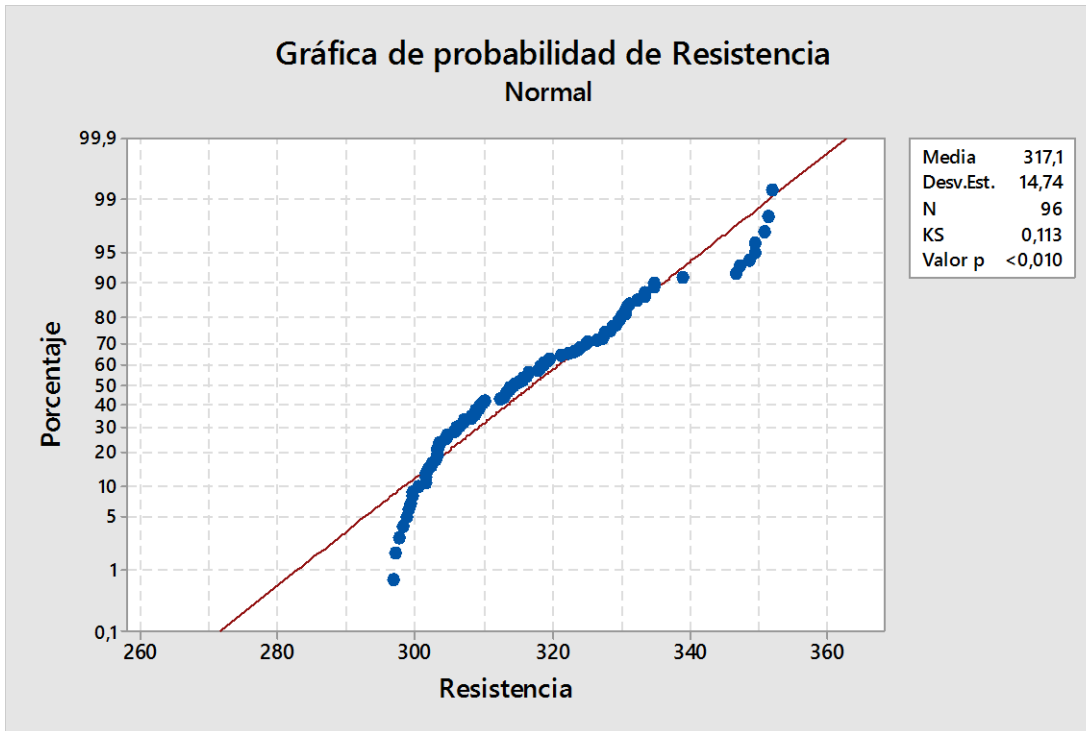
RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE7: CEMENTO ANDINO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltez	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	03/12/16	17/12/16	28	12755	58500	280	30.39	15.20	322.39	115.14	2.00	5514.52	2.31	CONO	Frágil
2	03/12/16	17/12/16	28	12811	58000	280	30.38	15.20	319.63	114.15	2.00	5512.71	2.32	CORTE	Frágil
3	03/12/16	17/12/16	28	12855	58000	280	30.41	15.21	319.21	114.00	2.00	5525.41	2.33	COLUMNAR	Dúctil
4	03/12/16	17/12/16	28	12763	58500	280	30.28	15.17	323.66	115.59	2.00	5472.89	2.33	CONO	Frágil
5	03/12/16	17/12/16	28	12711	58000	280	30.20	15.22	318.79	113.85	1.98	5494.47	2.31	COLUMNAR	Frágil
6	03/12/16	17/12/16	28	12714	58500	280	30.20	15.23	321.12	114.69	1.98	5501.70	2.31	CORTE	Frágil
7	03/12/16	17/12/16	28	12755	58000	280	30.48	15.24	317.96	113.56	2.00	5560.00	2.29	CORTE	Frágil
8	03/12/16	17/12/16	28	12769	58000	280	30.44	15.22	318.79	113.85	2.00	5538.14	2.31	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE8: CEMENTO PACASMAYO + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltz	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	25/11/16	23/12/16	28	12656	63250	280	30.30	15.15	350.87	125.31	2.00	5462.08	2.317	CONO	Frágil
2	25/11/16	23/12/16	28	12755	63000	280	30.42	15.21	346.73	123.83	2.00	5527.23	2.308	CORTE	Frágil
3	25/11/16	23/12/16	28	12575	63000	280	30.45	15.10	351.80	125.64	2.02	5452.94	2.306	COLUMNAR	Dúctil
4	25/11/16	23/12/16	28	12658	63000	280	30.30	15.15	349.48	124.81	2.00	5462.08	2.317	CONO	Frágil
5	25/11/16	23/12/16	28	12801	63750	280	30.40	15.20	351.32	125.47	2.00	5516.34	2.321	COLUMNAR	Frágil
6	25/11/16	23/12/16	28	12777	63500	280	30.41	15.21	349.48	124.81	2.00	5525.41	2.312	CORTE	Frágil
7	25/11/16	23/12/16	28	12695	63000	280	30.39	15.20	347.19	124.00	2.00	5514.52	2.302	CORTE	Frágil
8	25/11/16	23/12/16	28	12725	63250	280	30.40	15.20	348.56	124.49	2.00	5516.34	2.307	CORTE	Frágil

RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECIMENES DEL GE9: CEMENTO SOL + ADITIVO SIKAPLAST 1000 A LOS 28 DIAS															
Ensayo	Fecha	Fecha	Edad	PESO	Carga	f'c	altura	Diametro	Resistencia	% obtenido	Esbeltz	Volumen	Peso	Tipo	Modo
N°	Fabricación	de Ensayo	(días)	(g)	Rotura	kg/cm2	cm	cm	Máxima			Cm3	Unitario	Falla	Falla
					Kg				kg./cm2			g/cm3			
1	23/11/16	21/12/16	28	12866	60500	280	30.42	15.23	332.10	118.61	2.00	5541.78	2.322	CONO	Frágil
2	23/11/16	21/12/16	28	12785	60000	280	30.36	15.19	331.09	118.25	2.00	5501.83	2.324	CORTE	Frágil
3	23/11/16	21/12/16	28	12793	60500	280	30.32	15.17	334.73	119.55	2.00	5480.12	2.334	COLUMNAR	Dúctil
4	23/11/16	21/12/16	28	12791	60250	280	30.45	15.23	330.72	118.12	2.00	5547.24	2.306	CONO	Frágil
5	23/11/16	21/12/16	28	12875	59750	280	30.42	15.22	328.41	117.29	2.00	5534.50	2.326	COLUMNAR	Frágil
6	23/11/16	21/12/16	28	12837	60500	280	30.40	15.20	333.41	119.07	2.00	5516.34	2.327	CORTE	Frágil
7	23/11/16	21/12/16	28	12849	60000	280	30.39	15.20	330.65	118.09	2.00	5514.52	2.330	CORTE	Frágil
8	23/11/16	21/12/16	28	12751	59500	280	30.41	15.21	327.47	116.95	2.00	5525.41	2.308	CORTE	Frágil



## D. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE RESULTADOS.



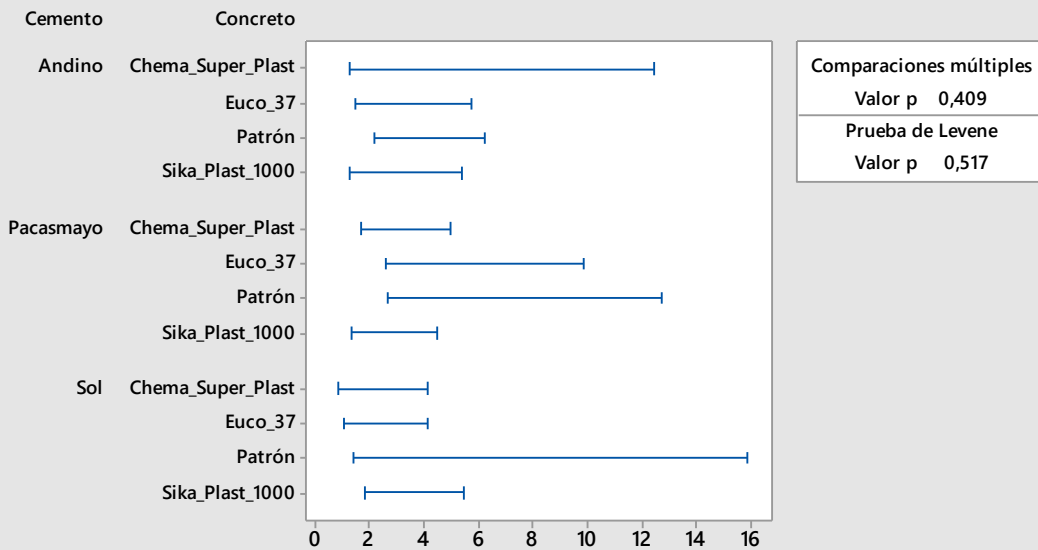
La gráfica no indica distribución Normal.

Se usa Box y Cox

( $\lambda = -2.60$ ;  $g = 224,983$  es la media geométrica de Resistencia)

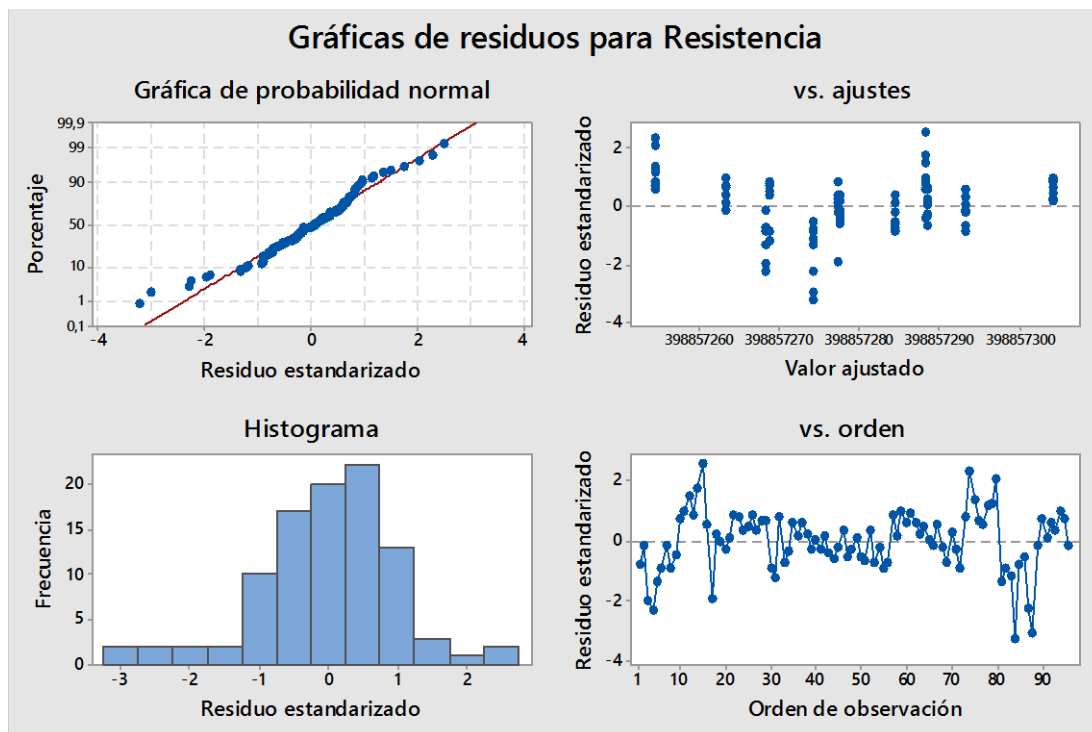
## Prueba de varianzas iguales: Resistencia vs. Cemento; Concreto

### Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$



*Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.*

**La gráfica indica varianzas iguales al 5% de significación iguales**



## 2. CASO DE DATOS NO NORMALES. TRANSFORMACIONES

La técnica de normalización de datos más eficaz es la transformación de Box-Cox. Esta transformación es la siguiente:

$$x^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{(x+m)^\lambda - 1}{\lambda} & (\lambda \neq 0) \quad (\forall x \quad x > -m) \\ \ln(x+m) & (\lambda = 0) \quad (m > 0) \end{cases}$$

Es continua en  $\lambda$ , puesto que:

$$\lim_{\lambda \rightarrow 0} x^{(\lambda)} = \ln(x+m)$$

La función de verosimilitud de los datos normalizados es:

$$L(\lambda) = -\frac{1}{n} \ln(\hat{\sigma}^2(\lambda)) + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$$

Donde:

$$\hat{\sigma}^2(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x^{(\lambda)} - \bar{x}^{(\lambda)})^2$$

## E. PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTO N°01:** Visita y análisis de la cantera del Rio Chonta – Baños del Inca, de donde se obtuvo los agregados para la realización de los ensayos de laboratorio de la tesis.



**FOTO N°02:** Ingreso de agregados al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC.





**FOTO N°03:**Cementos Portland Tipo I, utilizados como componentes del concreto en la investigación.



**FOTO N°04:**Determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados: Peso específico y absorción.



**FOTO N°05:** Especímenes de concreto con 24 horas de elaborado, previo a su desencofrado, codificación y curado respectivo.



**FOTO N°06:** Desencofrado, traslado, codificación e ingreso de especímenes a la poza de curado del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNC.





**FOTO N°07:** Medición del Slump, ensayo para determinar la consistencia de las mezclas de concreto.



**FOTO N°08:** Probetas normadas para el vaciado de concreto en el Laboratorio.





**FOTO N°09:** Recopilación de información previa a la realización del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto.



**FOTO N°10:** Pesaje de especímenes de concreto previo a la realización del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto.





**FOTO N°11:** Realización de ensayo a compresión se puede apreciar la máquina de compresión axial, deformímetro de carga, en la fotografía de la derecha se observa el espécimen roto experimentando una falla tipo corte, de modo frágil.



**FOTO N°12:** Análisis del tipo y modo de falla.

## ANEXOS

### A. CONSTANCIA DE REALIZACION DE ENSAYO EN EL LABORATORIO “CARLOS ESPARZA DIAZ” FACULTAD DE INGENIERIA – UNC.



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería*



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

#### CONSTANCIA:

Que el señor **DANIEL BERNAL DIAZ**, alumno de la Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencias, Mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis de Maestría Titulada: “OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO, ELABORADO CON CEMENTOS TIPO I Y ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES”. Dichos ensayos se realizaron durante los meses de Agosto a Diciembre de 2016.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.


Cajamarca, 14 de Agosto de 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería

M.Cs. Ing. **MARCO ANTONIO VARGAS**  
DIRECTOR

## B. HOJAS TÉCNICAS.

		Hoja Técnica
		<b>CHEMA SÚPER PLAST</b> Aditivo plastificante de alto rango y reductor de agua
		V.012016
<b>DESCRIPCIÓN</b>	CHEMA SÚPER PLAST es un aditivo líquido, color marrón oscuro, compuesto por resinas sintéticas, reductor de agua y fluidificante de alto rango. Permite reducir hasta 35% de agua del diseño de mezcla normal. Producto adecuado a la norma ASTM C – 494 TIPO A.	
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- CHEMA SÚPER PLAST puede ser utilizado como reductor de agua o superfluidificante.</li><li>- Permite mantener por un tiempo prolongado la trabajabilidad.</li><li>- Alta reducción de la proporción agua cemento sin alterar la trabajabilidad del concreto.</li><li>- Reduce la exudación.</li><li>- Aumento de las resistencias mecánicas y la durabilidad.</li><li>- CHEMA SÚPER PLAST le confiere al concreto un acabado de muy buena calidad y permite llenar formas complicadas con mucha armadura de acero.</li><li>- Mejora las características del concreto bombeado, reduciendo las presiones de bombeo.</li></ul>	
<b>USOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Concretos bombeados.</li><li>- Concretos de pavimentos.</li><li>- Concretos estructurales.</li><li>- Concretos pre y post-tensado.</li><li>- Concretos de alta resistencia.</li><li>- Concreto proyectado húmedo.</li></ul>	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	pH:	9.0
	Pe:	1.20 kg/L
	% Sólidos:	40
<b>PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO</b>	1.	<b>COMO SUPERFLUIDIFICANTE:</b> Para obtener un óptimo resultado agregue CHEMA SÚPER PLAST en el remezclado. El concreto debe tener inicialmente agua suficiente para obtener un descenso del cono de 3 a 4".
	2.	<b>A IGUAL CONSISTENCIA:</b> Para efectos de la trabajabilidad, se debe considerar en el diseño del concreto una reducción hasta 35% del agua de amasado. El grado de humedad de los áridos debe ser como mínimo el correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
	3.	Se recomienda mezclar los áridos con el cemento, agregar 60% del agua, para finalmente agregar diluido CHEMA SÚPER PLAST con el 40% restante y revolver durante 2 minutos. En caso de atraso en la colocación del concreto, se puede redosificar y remezclar para prolongar el efecto.



*Calidad que Construye*

# CHEMA SÚPER PLAST

Aditivo plastificante de alto rango y reductor de agua

V.012016

**RENDIMIENTO** La dosis óptima es de 1% peso de cemento, siendo el rango de 0.4% - 2% peso de cemento.

**PRESENTACIÓN** Envase de 1 gal. (Código:05003616)  
 Envase de 5 gal. (Código:05003617)  
 Envase de 55 gal. (Código:08001055)

**ALMACENAMIENTO** De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 1 año.

**PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES** Si el material se congela debe mantenerse a temperaturas de más de 10°C y reconstituirse con agitación moderada.

Es compatible con todos los cementos portland, puzolánicos y siderúrgicos. Con otros tipos de cemento se deberán hacer pruebas de comportamiento.

Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto.

Lavarse las manos luego de manipular el producto.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua.

Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.





# HOJA TÉCNICA

## SikaPlast® -1000

Aditivo Súper Plastificante de Alto Rango

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaPlast®-1000 es un aditivo líquido súper plastificante, reductor de agua de alto rango con fragua controlada, utilizando la tecnología Sika Viscocrete en base a poliacrilatos. No contiene cloruros y cumple con la norma ASTM C 494 Tipo A y Tipo F.

#### USOS

SikaPlast®-1000 se utiliza en la elaboración de concretos para todo tipo de estructuras como concretos de plantas de premezclado. Especialmente diseñado para emplearse como reductor de agua, plastificante o súper plastificante.

Como reductor de agua de alto rango, se usa para concretos bombeados y aplicaciones donde se requieran acabados de mejor calidad y fragua controlada. SikaPlast®-1000 es ideal para trabajar con mezclas de concretos normales, ásperas.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Altas resistencias tempranas para un desmoldado rápido en concretos estructurales.
- Altas resistencias finales, permitiendo flexibilidad en el plan mayor de ingeniería.
- Reducciones de la relación agua cemento producen concretos más durables, más densos y menos permeables.
- La alta efectividad plastificante, hace que reduzca los defectos de la superficie en elementos de concreto y mejore la apariencia estética.
- SikaPlast®-1000 no contiene cloruros ni ningún otro compuesto que produzca la corrosión del acero de refuerzo. Se puede redosificar en obra para facilitar la colocación y/o bombeo del concreto en climas cálidos.

### DATOS BÁSICOS

#### FORMA

#### ASPECTO


Líquido

#### COLOR

Transparente

#### PRESENTACIÓN

- Tambor x 200 litros.
- Dispenser x 1,000 litros.

<b>ALMACENAMIENTO</b>	Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1,055 ± 0,01 kg/L <b>BASE QUÍMICA</b> Policarboxilatos modificados <b>NORMA</b> Cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C 494, Tipo D y Tipo G ASTM C 107 Tipo II, Plastificante y Retardante
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> Como plastificante y reductor de agua 0.5 al 1% del peso del cemento Como súper plastificante y reductor de agua 1% al 2.5% del peso del Cemento
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>Como plastificante y superplastificante:</b> Adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero si tiene dosificador de aditivos durante el carguío de cemento y en conjunto con el agua, si no se cuenta con dosificadores mecánicos, adicionar toda la dosis del aditivo antes del carguío con el 40% del agua. Posteriormente, independientemente al tipo de dosaje de aditivo remezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida. <b>IMPORTANTE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En la elaboración de concretos o morteros fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido.</li> <li>▪ En caso de deficiencia de finos, dosificar SikaAer® para incorporar el aire en forma controlada a la mezcla.</li> <li>▪ El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento.</li> <li>▪ La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra.</li> <li>▪ Cuando se presenten dificultades en el proceso de bombeo y altas presiones, debido a las características de la mezcla (granulometría discontinua, carencia de finos, mezcla áspera) o cuando las condiciones del bombeo lo dificulten (longitud, altura, cambio de dirección), es aconsejable usar un aditivo que ayude al bombeo. Dosifique SikaAer® entre el 0.015% al 0.12% del peso del cemento.</li> </ul>
<b>INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD</b>	
<b>PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
<p>Hoja Técnica  SikaPlast® -1000  28.11.14, Edición 2</p>	
2/3	 <b>BUILDING TRUST</b>

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

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

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

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 1**

**la misma que deberá ser destruida”**

**PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaPlast® -1000 :**

1.- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro industrial "Las Praderas  
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,  
Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
SikaPlast® -1000  
28.11.14, Edición 2

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.



## EUCO 37®

REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO - SUPERPLASTIFICANTE

### DESCRIPCION

**EUCO 37** es un aditivo reductor de agua de alto rango, súper plastificante y optimizador de mezclas de cemento (reducciones altas de cemento/m<sup>3</sup>).

### APLICACIONES PRINCIPALES

#### Como Súper plastificante

Proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua, facilitando la colocación del mismo haciéndolo apto para el bombeo.

#### Como Reductor de Agua de Alto Rango

Permite reducir hasta aproximadamente un 30% de agua logrando obtener un concreto con trabajabilidad, impermeabilidad y con altas resistencias en todas las edades (Resistencia a la compresión, flexión y tracción).

#### Como Ahorrador de Cemento

Al disminuir la cantidad de agua - Relación a/c se consigue un incremento en las resistencias. Al reducir cemento manteniendo la relación a/c inicial se consiguen iguales o superiores resistencias a las diseñadas según patrón reduciendo el costo por metro cúbico de concreto.

### CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

#### Como Súper plastificante

Proporciona manejabilidad para bombear las mezclas a largas distancias.

Se puede redosificar hasta 3 veces el aditivo en la mezcla, sin exceder la dosis máxima. Estas dosificaciones se pueden añadir a pie de obra ante la pérdida de fluidez de la mezcla.

Adicionado en la planta, permite que el concreto sea transportado a largas distancias.

Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejeras. Incrementa la cohesividad del concreto fluido así también disminuye la segregación.

#### Como Reductor de Agua de Alto Rango

Reduce la permeabilidad del concreto.

Incrementa la resistencia a la compresión.

Mejora el acabado del concreto (textura).

### INFORMACION TECNICA

Apariencia	: Líquido
Color	: Marrón oscuro
Densidad	: 1.19 kg/l
Solubilidad	: Soluble en agua

### DOSIFICACION

**EUCO 37** se dosifica del 0.5 al 2.0% del peso del cemento, de acuerdo a las características deseadas.

Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a las dosificaciones recomendadas.

Los resultados varían debido a las diversas condiciones de cada obra y tipo de materiales empleados.

Cualquier consulta contacte al departamento de Construcción Química Suiza.

### RESULTADOS TÍPICOS DE INGENIERIA

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

The Euclid Chemical Company ISO 9001 - Certificado PE 09/00076

La mejor solución para Concretar sus Obras





Resistencia		Compresión
3 días		140-160%
7 días		130-150%
28 días		125-135%
Tiempo de Fraguado		
Fraguado Inicial		+30 min.
Fraguado Final		+30 min.

Resultados comparado con la mezcla de concreto de referencia.

#### PRESENTACION

Cilindro 250kg 55.5 galones.\*  
 Balde 20kg 4.4 galones.\*  
 \*galones americanos aproximados.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

1 año. **EUCO 37** debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

#### ESPECIFICACIONES/NORMAS

**EUCO 37** se clasifica según norma ASTM C-494, como tipo A y F.

#### DIRECCIONES PARA SU USO

- **EUCO 37** se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra mojada dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra.
- **EUCO 37** no se utiliza cloruros en su formulación.
- Agregue **EUCO 37** al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.
- Se deben hacer ensayos previos en el laboratorio con el fin de establecer la dosis que alcanza los efectos de fluidez o reducción de agua deseados.

#### Concreto de Alta Resistencia

- Dosificación - Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora con aproximadamente un 70% de agua de mezclado y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones. Agregue cuidadosamente el agua adicional para obtener el revenimiento necesario y mezcle por otros tres (3) minutos.
- Dosifique **EUCO 37** a razón de 0,9% al 2,0% del peso del cemento.
- Estas mezclas de baja relación agua/cemento pueden ser colocadas a asentamientos entre 6 a 9 pulgadas (152-229mm).

#### Concreto Convencional

- Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla homogénea. Agregue y mezcle por un (1) minuto adicional.
- Dosificación - Utilícelo a razón de 0.5%-0.7%.
- El asentamiento inicial generalmente estará entre 3 a 4 pulgadas (76-102mm). Estas mezclas, con una relación agua/cemento de 0.45 - 0.50 con frecuencia se utilizan para pisos y losas, en las que se requiere minimizar el contenido de agua, retracción y agrietamiento.

#### CONCRETO FLUIDO

- Colocar todos los materiales para la elaboración del concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de asentamiento de 3 pulgadas (76 mm). Agregue **EUCO 37** y mezcle por otros tres (3) minutos.
- Dosificación - para un asentamiento de 3 pulgadas (76 mm) se recomienda utilizar la **EUCO 37** a razón de 0.70% al 0.90% del peso del cemento para lograr una mezcla fluida. Las proporciones del diseño de mezcla deben basarse en la temperatura, tipo de cemento y la pérdida de asentamiento requerida.

The Euclid Chemical Company ISO 9001 - Certificado PE 09/00076

La mejor solución para Concretar sus Obras



- A continuación se presenta las cantidades recomendadas para obtener concreto de excelente fluidez:

Slump Inicial	Dosis %
4" (102mm)	0.50 a 0.70
3" (76mm)	0.70 a 0.90
2 ½" (63mm)	0.90 a 1.00
2" (51mm)	1.00 a 1.20
1 ½" (38mm)	1.40 a 1.50

#### Pérdida de Asentamiento

- El concreto tratado con **EUCO 37** retiene su consistencia de 30 a 60 minutos después de ser dosificado, dependiendo del asentamiento, las dosificaciones, temperatura de la mezcla y temperatura ambiente. Se puede agregar **EUCO 37** manualmente o con dosificadores en la planta de concreto premezclado o en la obra.
- Utilice **EUCO 537** para reemplazar a **EUCO 37** cuando coloque concreto en climas cálidos (>32 °C).

#### Pérdida de Asentamiento Típica a 21 °C

Slump Inicial	Slump a 30 min.
8 ½" (216mm)	7" (178mm)
9 ½" (241mm)	8" (203mm)

- **EUCO 37** es también incompatible con agentes aditivos, sin embargo cada material debe ser agregado al concreto por separado.
- Cuando diseñe mezclas para usarlas con **EUCO 37** siga las recomendaciones del ACI 211.1 y 211.2. Ajuste la proporción de los agregados para mantener la homogeneidad.
- Colocación - El concreto tratado con **EUCO 37** puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.
- Los encofrados para las paredes o secciones angostas deben ser a prueba de agua, fuertes y estar bien afianzados. Durante el "periodo de fluidez", cuando el concreto tiene un revenimiento de 7 a 9 pulgadas (178-229mm), éste va a ejercer una mayor presión en la base del encofrado que con concreto convencional. Los encofrados para losas son las mismas que para el concreto convencional.
- Curado y Sellado - Es muy importante seguir los procedimientos correctos para asegurar la durabilidad y calidad del concreto. Para prevenir fisuras de superficie, cure las losas con un compuesto de altos sólidos.

#### PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **EUCO 37** contra el congelamiento.
- Se recomienda hacer diseños de mezcla, mezclas de prueba y losas de prueba dadas las variaciones en el cemento y agregados de cada lugar.
- No permita que el concreto se congele hasta que haya al carzado una resistencia mínima de 72 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se utiliza **EUCO 37** en muchos y diferentes diseños de mezcla. Se debe consultar con nuestro departamento técnico cada vez que se tengan dudas respecto a su uso o compatibilidad con otros aditivos.
- Se agrega a la mezcla independientemente de otros aditivos.
- No utilice aire para su agitación.
- No lo dosifique directamente sobre el cemento seco.

#### LIMPIEZA

Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.

#### INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado. Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

Las directivas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y sustratos así como el gran número de posibles aplicaciones que escapan de nuestro control, nosotros no aceptamos responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador pudiera obtener. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactarse con el departamento técnico de QUÍMICA SUIZA - EUCO.

Edición N° 1, Junio 2010

The Euclid Chemical Company ISO 9001 - Certificado PE 09/00076

La mejor solución para Concretar sus Obras





## CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

# Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

#### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

#### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016

(\*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

# CEMENTO ANDINO TIPO I / PORTLAND TIPO I



## CARACTERÍSTICAS:

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
- Producto obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.
- Bajo contenido de álcalis (\*)

## VENTAJAS:

Proporciona una mayor resistencia a la compresión a mayor edad del concreto, reportándose en ensayos de mortero que a 90 días superan las 5,900 libras/pulg<sup>2</sup>.

## USOS Y APLICACIONES:

Se recomienda para estructuras y acabados de edificaciones en general, estructuras industriales, conjuntos habitacionales, puentes, y todas aquellas obras que se construyan sobre terrenos con contenido menor de 150 ppm de sulfato soluble en agua.

(\*) Los cementos con bajo contenido de álcalis (BA), protegen los concretos preparados con agregados que, por acción del álcalis, pueden tener una reacción destructiva. Todos nuestros cementos cumplen ampliamente con los requisitos físicos y químicos, generales y opcionales de las Normas Técnicas ASTM y NTP de Indecopi.

## RECOMENDACIONES:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.
- Como todo concreto, se recomienda realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento, se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación.

## PRESENTACIÓN:

Bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en Camiones Bombonas).

 **UNACEM**  
CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES



# CEMENTO SOL / TIPO I



## CARACTERÍSTICAS:

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334. 009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
- Producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso. Cuenta con la fecha y hora de envasado impresa en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

## VENTAJAS:

- Es usado en concretos de muchas aplicaciones y preferido por el buen desarrollo de resistencias a la comprensión a temprana edad.
- Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado, requerido por los maestros constructores en las diferentes aplicaciones requeridas del cemento.
- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.

## USOS Y APLICACIONES:

- Para las construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Utilizado ampliamente para fabricar concretos de mediana y alta resistencia a la comprensión (superiores a 300 Kg/cm<sup>2</sup>).
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos

- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Producción de concretos pre-tensado y post-tensado.
- Fabricación de concretos permeables.
- Compatible con todos los aditivos empleados en el concreto, presentes en el mercado nacional.

## RECOMENDACIONES:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.
- Como todo concreto es recomendable siempre realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación.

## PRESENTACIÓN:

Bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en Camiones Bombonas y en Big Bags).

