

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA ESTRUCT EN  
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON  
CEMENTO PACASMAYO Y CEMENTO INKA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**YZQUIERDO VILLANUEVA, Joaquín**

**ASESOR:**

**ING. JOSÉ LAZARO LEZAMA LEIVA**

**CAJAMARCA - PERÚ - 2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme brindado la oportunidad de formarme moralmente y científicamente con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos a la sociedad.

A los profesores, compañeros y amigos que me apoyaron continuamente durante el curso de mi carrera y en la elaboración de la presente investigación.

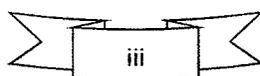
Debo agradecer de manera especial y sincera a mi asesor Ing. José Lázaro Lezama Leiva por aceptarme para realizar esta tesis de pre grado bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

A todos quienes de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por ser los más importantes en vida por brindarme cariño, amor y valores. A mis hermanos por darme soporte en todo momento. Al amor de vida por ser la persona que siempre apoya en las buenas y malas.

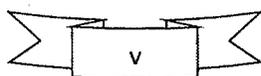
Papa, mama, hermanos y enamorada.



## CONTENIDO

Agradecimiento .....	i
Dedicatoria.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xv
<b>CÁPITULO I</b> .....	16
1.1 Introducción.....	17
1.2 Problema.....	17
1.3 Justificación .....	18
1.4 Objetivo .....	18
1.5 Hipótesis .....	19
1.6 Contenido .....	19
<b>CÁPITULO II</b> .....	21
2.1 Marco Teórico .....	22
2.1.1 Antecedentes Teóricos de la Investigación .....	22
2.1.2 Antecedentes Internacionales .....	22
2.1.3 Antecedentes Nacionales.....	23
2.1.2 Antecedentes Locales .....	23
2.2 Bases Teóricas .....	24
2.2.1 Teoría del Concreto.....	24
2.2.1.1 Componentes del concreto.....	25
2.2.1.2 Cementantes en General. ....	26
2.2.1.3 Efectos en el Concreto Fresco. ....	26
2.2.1.3.1 Cohesión y Manejabilidad.....	26
2.2.1.3.2 Pérdida de Revenimiento.....	27
2.2.1.3.3 Asentamiento y Sangrado.....	27
2.2.1.4 Efectos en el Concreto Endurecido .....	27

2.2.1.4.1 Adquisición de Resistencia Mecánica .....	27
2.2.1.4.2 Generación de Calor .....	28
2.2.1.4.3 Resistencia al Ataque de los Sulfatos .....	28
2.2.1.4.4 Estabilidad Volumétrica .....	28
2.2.1.4.5 Estabilidad Química .....	28
2.2.1.5 Características y Comportamiento del Concreto .....	29
2.2.1.5.1 Características Mecánicas del Concreto.....	29
2.2.1.5.2 Características Físicas del Concreto.....	30
2.2.1.5.3 Fraguado y Endurecimiento .....	30
2.2.1.5.3.1 Factores que Afectan el Tiempo de Fraguado .....	31
2.2.1.5.4 Resistencia.....	32
2.2.1.5.5 Consistencia del Hormigón Fresco.....	32
2.2.1.5.6 Durabilidad .....	33
2.2.1.5.7 Tipos de Concreto.....	33
2.2.2 Teoría de los Aditivos .....	34
2.2.2.1 Definición .....	34
2.2.2.2 Razones de Empleo .....	35
2.2.2.3 Uso de Aditivos .....	36
2.2.2.4 Clasificación de los Aditivos.....	36
2.2.2.4.1 Según el ACI .....	36
2.2.2.4.2 Según la Norma Francesa AFNOR P 18 – 123 “Betons: Définitions et Marquage Adjuvants du Betons” .....	37
2.2.3 Teoría del Cemento .....	39
2.2.3.1 Cemento Portland (ASTM C-150, NTP 334.009).....	40
2.2.3.2 Fases de Fabricación del Cemento Portland.....	40
2.2.3.3 Componentes y Compuestos Principales del Cemento .....	41
2.2.3.3.1 Componentes Principales .....	41
2.2.3.4 Propiedades Físicas.....	42
2.2.3.4.1 Peso Específico (NTP 334.005 - 2001). .....	42
2.2.3.4.2 Fineza y Superficie Especifica (NTP 334.0072 – 2001, ASTM C-430). .....	42
2.2.3.4.3 Contenido de Aire (NTP 334.048 - 2003) .....	43
2.2.3.4.4 Fraguado .....	43
2.2.3.4.5 Resistencia Mecánica .....	43
2.2.3.4.6 Estabilidad de Volumen.....	44



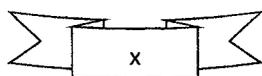
2.2.3.4.7 Calor de Hidratación.....	44
2.2.3.5 Tipos de Cemento Portland .....	44
2.2.3.6 Cementos Portland Adicionados .....	45
2.2.4 Teoría de los Agregados .....	46
2.2.4.1 Clasificación .....	46
2.2.4.2 Función .....	47
2.2.4.3 Características de los Agregados para Concreto .....	47
2.2.4.3.1 Agregado Fino .....	47
2.2.4.3.2 Agregado Grueso.....	49
2.2.4.3.3 Arena .....	52
2.2.4.3.4 Grava .....	52
2.2.4.3.5 Piedra Triturada o Chancada .....	52
2.2.4.3.6 Hormigón.....	52
2.2.4.3.7 Forma y Textura Superficial.....	53
2.2.4.3.7.1 Forma.....	53
2.2.4.3.7.2 Textura.....	54
2.2.5 Características Físicas y Mecánicas de los Agregados para Concreto .....	54
2.2.5.1 Peso Específico y Absorción .....	54
2.2.5.1.1 Peso Específico (P.e.) .....	54
2.2.5.1.2 Peso Específico Aparente (P.e.a.).....	54
2.2.5.1.3 Peso Específico de Masa (P.e.m.).....	54
2.2.5.1.4 Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca (P.e.s.s.s).....	54
2.2.5.1.5 Absorción .....	55
2.2.5.2 Análisis Granulométrico.....	55
2.2.5.2.1 Módulo de Finura .....	55
2.2.5.2.1.1 Especificadores Técnicas.....	56
2.2.5.2.2 Tamaño Máximo y Tamaño Máximo nominal del Agregado .....	56
2.2.5.2.2.1 Tamaño Máximo .....	56
2.2.5.2.2.2 Tamaño Máximo Nominal .....	56
2.2.5.2.2.3 Especificaciones Técnicas.....	57
2.2.5.3 Peso Unitario .....	57
2.2.5.3.1 Especificaciones Técnicas .....	57
2.2.5.4 Contenido de Humedad .....	57
2.2.5.4.1 Seco .....	58

2.2.5.4.2 Seco al Aire .....	58
2.2.5.4.3 Saturado y Superficialmente Seco .....	58
2.2.5.4.4 Húmedo .....	58
2.2.5.4.5 Especificaciones Técnicas .....	58
2.2.5.5 Resistencia a la Abrasión.....	58
2.2.5.5.1 Especificaciones Técnicas .....	58
2.2.5.5.2 Carga Abrasiva .....	59
2.2.5.6 Material más Fino que el Tamiz N°200 .....	60
2.2.5.7 Sustancias Perjudiciales en el Agregado Fino.....	60
2.2.6 Teoría del Agua para el Concreto.....	61
2.2.6.1 Agua de Mezclado.....	61
2.2.6.2 Agua de Curado .....	62
2.2.6.3 Agua de Lavado.....	62
2.2.6.4 Funciones del agua en la Mezcla.....	62
2.2.6.5 Usos del Agua.....	63
2.2.6.6 Requisitos de Calidad .....	63
2.2.6.7 Verificación de Calidad .....	63
2.2.7 Teoría del Diseño de Mezclas .....	63
2.2.7.1 Elección de la Resistencia Promedio.....	64
2.2.7.1.1 Calculo del Desviación Estándar .....	64
2.2.7.2 Calculo de la Resistencia promedio Requerida .....	65
2.2.7.3 Elección del Asentamiento .....	66
2.2.7.4 Selección de Tamaño Máximo del Agregado.....	67
2.2.7.5 Elección de la Relación de Agua Cemento (A/C).....	70
2.2.7.5.1 Por Resistencia .....	70
2.2.7.5.2 Por Durabilidad .....	71
2.2.7.6 Calculo del Contenido de Cemento .....	71
2.2.7.7 Estimación del Contenido de Agregado Grueso y Fino .....	72
2.2.7.7.1 Método del Módulo de la Combinación de Agregados.....	72
2.2.7.8 Ajuste por Humedad y Absorción .....	73
2.2.7.9 Calculo de las Proporciones en Peso .....	73
2.2.7.10 Calculo de las Proporciones en Volumen.....	73
2.2.8 Pruebas de Ensayos .....	74

2.2.8.1 Descripción de los Materiales Utilizados .....	74
2.2.8.2 Curado .....	75
2.2.8.2.1 Almacenamiento .....	75
2.2.8.2.2 Curado Inicial .....	75
2.2.8.3 Prueba de Especímenes a Compresión (NTP 339.034).....	75
2.3 Definición de Términos Básicos.....	77
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>81</b>
3.1 Materiales y Métodos .....	81
3.1.1 Ubicación Geográfica .....	81
3.2.2 Componentes, Materiales, Equipos y Herramientas.....	83
3.2.2.1 Componentes Utilizados en la Investigación .....	83
3.2.2.2 Materiales Utilizados en la Investigación.....	83
3.2.2.3 Equipos Utilizados en la Investigación .....	85
3.2.2.4 Herramientas Utilizadas en la Investigación .....	85
3.2.3 Obtención de Agregados .....	86
3.2.4 obtención de las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados .....	86
3.2.4.1 Peso Específico y Absorción .....	86
3.2.4.2 Peso unitario .....	89
3.2.4.3 Contenido de Humedad .....	91
3.2.4.4 Análisis Granulométrico.....	92
3.2.4.5 Material más Fino que el Tamiz N°200 .....	93
3.2.4.6 Resistencia a la Abrasión.....	94
3.2.5 Diseño de Mezclas.....	95
3.2.6 Elaboración de Especímenes de Concreto.....	99
3.2.6.1 Utilización de Materiales.....	99
3.2.6.2 Procedimiento.....	100
3.2.6.2.1 Mezclado .....	100
3.2.6.2.2 Medición de Asentamiento.....	100
3.2.6.2.3 Llenado de Moldes .....	101
3.2.6.2.4 Curado de Especímenes.....	101
3.2.7 Prueba de Especímenes a la Compresión .....	101

3.2.7.1 Selección de Materiales .....	102
3.2.7.2 Procedimiento .....	102
3.2.7.3 Expresión de Resultados.....	102
3.3 Tratamiento y Análisis de Datos y Presentación de Resultados.....	103
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>105</b>
4.1 Análisis y Discusión de Resultados.....	106
4.1.1 Características de los Materiales .....	106
4.1.1.1 Cemento.....	106
4.1.1.2 Agua .....	106
4.1.1.3 Aditivo .....	106
4.1.1.4 Agregados.....	106
4.1.2. Análisis y Discusión de Características de los Materiales .....	107
4.2 Mezclas para los Grupos de Control y Experimentación de la Investigación .....	110
4.3 Análisis y Discusión de los Resultados de las Mezclas para los Grupos de Control y Experimentación de la Investigación.....	111
4.4 Análisis y Discusión de los Resultados de Peso Unitario del Concreto de Control y Experimentales .....	112
4.5 Análisis de Resistencia a la Compresión.....	113
4.5.1 Resultados de los Ensayos y Discusión.....	113
4.5.1.1 Análisis y Discusión de Resultados de Ensayos a Compresión para Diferentes Proporciones de Aditivo y Determinación de la Proporción Óptima.....	113
4.5.1.2 Análisis y Discusión de Resultados de Ensayos a Compresión para los Grupos de Control (GC <sub>SA</sub> ) y Experimentales (GE <sub>CA</sub> ) .....	116
4.6 Tipo de Fractura.....	130
4.7 Análisis del Módulo de Elasticidad .....	132
4.8 Construcción de la Hipótesis .....	132
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>134</b>
5.1 Conclusiones y Recomendaciones.....	135
5.1.1 Conclusiones.....	135
5.1.2 Recomendaciones .....	136
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>137</b>
Artículos y Tesis.....	138

Libros y Reglamentos.....	138
Normas .....	139
<b>APÉNDICE</b> .....	140
<b>ANEXO I:</b> Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	141
<b>ANEXO II:</b> Diseño de mezclas .....	151
<b>ANEXO III:</b> Fichas técnicas .....	163
<b>ANEXO IV:</b> Panel fotográfico .....	168



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°01:</b> Evolución de la Resistencia a Compresión.....	31
<b>Tabla N°02:</b> Principales componentes del cemento Portland.....	40
<b>Tabla N°03:</b> Componentes químicos del cemento portland .....	42
<b>Tabla N°04:</b> Módulo de finura de diferentes tipos de cementos .....	43
<b>Tabla N°05:</b> Características de los cementos portland ASTM C - 150.....	45
<b>Tabla N°06:</b> Límites granulométricos del agregado fino .....	48
<b>Tabla N°07:</b> Porcentaje de Partículas Inconvenientes en el Agregado Fino .....	49
<b>Tabla N°08:</b> Husos granulométricos del agregado fino .....	49
<b>Tabla N°09:</b> Sustancias perjudiciales en el agregado grueso .....	50
<b>Tabla N°10:</b> Husos granulométricos del agregado gruesos .....	51
<b>Tabla N°11:</b> Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico .....	55
<b>Tabla N°12:</b> Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión.....	59
<b>Tabla N°13:</b> Cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.....	60
<b>Tabla N° 14:</b> Sustancias perjudiciales en el agregado fino .....	60
<b>Tabla N° 15:</b> Sustancias perjudiciales en el agregado fino .....	61
<b>Tabla N°16:</b> Requisitos para agua de mezcla y curado .....	62
<b>Tabla N°17:</b> Factores de corrección. ....	65
<b>Tabla N°18:</b> Grado de control. ....	66
<b>Tabla N°19:</b> Consistencia y Asentamiento.....	66
<b>Tabla N°20.</b> Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción. ....	67
<b>Tabla N°21.</b> Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación del tamaño máximo del agregado grueso.....	67
<b>Tabla N°22:</b> Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados. ....	68
<b>Tabla N°23:</b> Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal .....	69
<b>Tabla N°24.</b> Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal .....	69

<b>Tabla N°25.</b> Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto. ....	70
<b>Tabla N°26.</b> Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto. ....	70
<b>Tabla N°27:</b> Requisitos para condiciones especiales de exposición .....	71
<b>Tabla N°28:</b> Módulo de fineza de la combinación de agregados .....	72
<b>Tabla N°29.</b> Tipos de cementos utilizados en la investigación .....	107
<b>Tabla N°30.</b> Agua potable utilizada .....	107
<b>Tabla N°31.</b> Aditivo utilizado en la investigación .....	107
<b>Tabla N°32.</b> Resumen de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados .....	108
<b>Tabla N°33.</b> Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto .....	109
<b>Tabla N°34.</b> Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto .....	110
<b>Tabla N°35.</b> Cantidad de Materiales por Metro Cúbico de Concreto .....	112
<b>Tabla N°36.</b> Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco .....	113
<b>Tabla N°37.</b> Resultados del ensayo de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo, Proporción Óptima Obtenida.....	114
<b>Tabla N°38.</b> Resultados del ensayo de resistencia a compresión con Cemento Inka, Proporción Óptima Obtenida.....	115
<b>Tabla N°39.</b> Resistencia a la Compresión para diferente proporciones de Aditivo .....	115
<b>Tabla N°40.</b> Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo sin Aditivo (GC <sub>SA</sub> ).....	118
<b>Tabla N°41.</b> Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Inka sin Aditivo (GC <sub>SA</sub> ) .....	119
<b>Tabla N°42.</b> Resultados del ensayos de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo con Aditivo (GE <sub>CA</sub> ). .....	120
<b>Tabla N°43.</b> Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Inka con Aditivo (GE <sub>CA</sub> ). .....	121
<b>Tabla N°44.</b> Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes. ....	122
<b>Tabla N°45.</b> Análisis de resistencia a la compresión de los grupos de control (GC <sub>SA</sub> , GC <sub>SA</sub> ) y experimentales (GE <sub>CA</sub> , GE <sub>CA</sub> ).....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°01:</b> Componentes del Concreto .....	25
<b>Figura N°02:</b> Componentes del Concreto .....	25
<b>Figura N°03:</b> Componentes del Concreto .....	26
<b>Figura N°04:</b> Calidad del Concreto .....	26
<b>Figura N°05:</b> Características Mecánicas del Concreto.....	29
<b>Figura N°06:</b> Medición de Slump .....	32
<b>Figura N°07:</b> Alternativas para Modificar la Resistencia y Trabajabilidad del Concreto con Aditivos .....	35
<b>Figura N°08:</b> Proceso de fabricación del cemento portland.....	41
<b>Figura N°09:</b> Desarrollo de la resistencia en compresión en % de la resistencia a 28 días	45
<b>Figura N°10:</b> Estados de saturación del agregado.....	57
<b>Figura N°11.</b> Plano de ubicación de la cantera .....	84
<b>Figura N°12.</b> Cuadro comparativo de peso unitario de concreto fresco y seco .....	113
<b>Figura N°13.</b> Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Pacasmayo.....	116
<b>Figura N°14.</b> Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Inka.....	117
<b>Figura N°15.</b> Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo sin Aditivo (GC <sub>SA</sub> )....	123
<b>Figura N°16.</b> Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo sin Aditivo (GC <sub>SA</sub> )....	123
<b>Figura N°17.</b> Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo con Aditivo (GC <sub>CA</sub> ). .	124
<b>Figura N°18.</b> Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo con Aditivo (GC <sub>CA</sub> ). .	124
<b>Figura N°19.</b> Cuadro comparativo para los grupos de control y experimentales (GC <sub>SA</sub> , GE <sub>CA</sub> ).....	126
<b>Figura N°20.</b> Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GC <sub>SA</sub> ) .....	127
<b>Figura N°21.</b> Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GE <sub>CA</sub> ) .....	128
<b>Figura N°22.</b> Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GC <sub>SA</sub> ) .....	129
<b>Figura N°23.</b> Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GE <sub>CA</sub> ) .....	130
<b>Figura N°24.</b> Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura.....	132
<b>Figura N°25.</b> Control de calidad de concreto Endurecido.....	133

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación, fue determinar la influencia del Aditivo Chema Estruct en la resistencia a la compresión del concreto usando Cemento Pacasmayo Tipo I y Cemento Inka Tipo I Co. El tipo de investigación es experimental con el diseño de un grupo de control sin aditivo y un grupo experimental con aditivo de solo pos-prueba para cada uno de los cementos utilizados. Para la contrastación de la hipótesis se elaboraron 120 especímenes en total, 30 especímenes por cada grupo de control (GC<sub>SA</sub>, GC<sub>SA</sub>) y por cada grupo experimental (GE<sub>CA</sub>, GE<sub>CA</sub>). El diseño de mezclas se realizó para una resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ ) de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, con el método del módulo de finura de la combinación de agregados. De los ensayos previos de mezclas, considerando los valores de proporciones del aditivo Chema Estruct: 250, 375, 425 y 500 ml/bolsa de cemento, la proporción óptima fue de 425 ml/bolsa de cemento, la cual se utilizó en el diseño de mezcla de los grupos experimentales. Del análisis y discusión de los resultados, la hipótesis general fue falsa porque la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con Cemento Pacasmayo Tipo I (290.375 kg/cm<sup>2</sup>) fue mayor 5.20% que con Cemento Inka Tipo I Co (275.283 k/cm<sup>2</sup>), por la influencia del aditivo Chema Estruct, en la proporción de 425 ml/bolsa de cemento, en la hipótesis específica se llegó a una conclusión que una es real ya que el grupo de experimentación (GE<sub>CA</sub>) con Cemento Pacasmayo alcanzó una resistencia mayor al 10% en comparación con el grupo de control (GC<sub>SA</sub>) con el mismo cemento, y la otra falsa ya que la resistencia del grupo de experimentación (GE<sub>CA</sub>) resistió solamente el 9.55% más que el grupo de control (GC<sub>SA</sub>) ambas con cemento Inka Tipo I Co.

**Palabras claves:** Cemento Pacasmayo Tipo I, Cemento Inka Tipo I Co, Aditivo Acelerante de Fragua, Chema Estruct.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of additive Chema Struct in the compressive strength of concrete using Pacasmayo Cement Type I and Type I Cement Co Inka. The research is experimental design with a control group with no additive and additive experimental group post-test only for each of the cements used. For the testing of the hypothesis 120 total specimens, 30 specimens for each control group (GCSA, GCSA) and for each experimental group (GECA, GECA) were developed. The mix design was performed to a specified compressive strength ( $f_c$ ) of 210 kg / cm<sup>2</sup> at 28 days, with the method of fineness modulus combining aggregates. In mixing the preliminary tests, considering the proportions of the additive values Chema Struct: 250, 375, 425 and 500 ml / bag of cement, the optimal ratio was 425 ml / bag of cement, which was used in the design of mixture of the experimental groups. Analysis and discussion of the results, the general assumption was false because the compressive strength of concrete mixtures with Pacasmayo Cement Type I ( 290 375 kg / cm<sup>2</sup>) was 5.20% higher than Type I Cement Co Inka ( 275,283 kg / cm<sup>2</sup> ), the influence of the additive Chema Struct in the proportion of 425 ml / bag of cement , assuming specifies it came to a conclusion that one is real and the experimental group ( GECA ) with cement Pacasmayo reached greater resistance 10% compared with the control group ( GCSA ) with the same cement and the other false because the resistance of the experimental group ( GECA ) withstood only 9.55 % more than the control group ( GCSA ) both cement Type I Inka Co.

**Keywords:** Pacasmayo Cement Type I, Inka Type I cement Co, accelerator additive Fragua Chema Struct.

# ***CAPÍTULO I***

***(INTRODUCCIÓN)***

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

En el ámbito mundial, nacional y local, el concreto es uno de los materiales de mayor uso en la construcción de obras relevantes como: puentes, rascacielos, edificaciones y presas, debido a sus propiedades y características que lo hacen diferente al resto de materiales, el concreto se puede preparar in situ manualmente y en planta de premezclado, teniendo la dosificación apropiada de la cantidad de componentes a mezclar para obtener un concreto apropiado. Además el concreto debe de cumplir con los requisitos ya sea en estado fresco como en estado endurecido; en el primero básicamente la consistencia y cohesión y en el segundo la durabilidad y resistencia.

Los concretos actualmente requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y durabilidad. En esta investigación tiene por finalidad la incorporación de un acelerante de fragua a la mezcla de concreto para obtener un menor tiempo de fraguado.

El interés de conocer las propiedades como: la resistencia, relación agua / cemento, contenido de aire, etc. del concreto in situ ha aumentado desde los últimos años y grandes progresos se han realizado con respecto a las técnicas, métodos y equipos de ensayos.

En la región de Cajamarca actualmente se utilizan diferentes tipos de cementos para la elaboración de concreto como son Cemento Pacasmayo Tipo I NTP 334.009 – ASTM C – 150, el cual se ha posicionado en el mercado debido a sus propiedades y características que presenta como uso general en la construcción. Sin embargo, ahora en el mercado cajamarquino existe otro tipo de cemento que tiene la misma composición y la cual está teniendo acogida por las empresas constructoras dicho cemento tiene la siguiente norma técnica cemento INKA NTP 334.090 – ASTM C – 595.

## **1.2 PROBLEMA**

¿Cómo influye el aditivo Chema Estruct en la resistencia a la compresión del concreto y en el tiempo de fraguado usando cemento Pacasmayo Tipo I y cemento Inka Tipo I Co?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente tesis tiene como justificación, que al incorporar el aditivo Chema Estruct la resistencia a la compresión a los tres es mayor en 40% con cemento Pacasmayo Tipo I que con cemento Inka Tipo I Co.

En consecuencia el aditivo Chema Estruct beneficia reduciendo el tiempo de fraguado, alta resistencia, mayor trabajabilidad, mayor resistencia en menor tiempo, poner en funcionamiento en el menor tiempo posible una estructura de concreto pero cumpliendo con los estándares de diseño.

Se realizó el diseño de mezclas para una resistencia a la compresión especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, con y sin aditivo Chema Estruct con cada uno de los dos tipos de cemento, los especímenes elaborados fueron ensayados solo a la compresión.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- ✦ Determinar la influencia del aditivo Chema Estruct en la resistencia a la compresión del concreto usando Cemento Pacasmayo Tipo I y Cemento Inka Tipo I Co.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Determinar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo Chema Estruct, con cemento Pacasmayo Tipo I y cemento Inka Tipo I Co.
- ❖ Determinar la proporción optima del aditivo Chema Estruct.
- ❖ Analizar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación del aditivo Chema Estruct, a los tres días.
- ❖ Analizar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación del aditivo Chema Estruct, a los siete días.

- ❖ Analizar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación del aditivo Chema Estruct, a los veinte y ocho días.
- ❖ Comparar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo con cemento Pacasmayo Tipo I y cemento Inka Tipo I Co.
- ❖ Comparar la resistencia a la compresión del concreto con aditivo utilizando cemento Pacasmayo Tipo I y cemento Inka Tipo I Co.

## **1.5 HIPOTESIS**

### **1.5.1 HIPOTESIS GENERAL**

- El aditivo Chema Estruct en la proporción entre 250 y 500 ml por bolsa de cemento, incrementa la resistencia a la compresión del concreto con Cemento Pacasmayo Tipo I en 10% respecto al Cemento Inka Tipo I Co.

### **1.5.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

- La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, con aditivo Chema Estruct incrementa en 10% utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I.
- La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, con aditivo Chema Estruct incrementa en 15% utilizando Cemento Inka Tipo I Co.

## **1.6 CONTENIDO**

Los contenidos de esta tesis se estructuraron en cinco capítulos los cuales se lo indicamos a continuación:

- ❖ **EL CAPÍTULO I:** El cual se refiere a la parte introductoria que contiene los siguientes temas:
  - El problema.
  - La justificación.
  - Los Objetivos.
  - La Hipótesis.

- ❖ **EL CAPÍTULO II:** Que está constituido por el marco teórico el cual se divide en cinco partes :
  - Antecedentes de la Investigación.
  - Teoría del concreto.
  - Teoría de los aditivos.
  - Teoría del Cemento.
  - Teoría de los Agregados.
  - Teoría de Diseño de Mezclas.
  - Definiciones de términos básicos referidos a los elementos principales incluidos en el trabajo de tesis.
  
- ❖ **EL CAPÍTULO III:** Este capítulo está compuesto por los siguientes temas :
  - Los Materiales.
  - Métodos y Procedimientos para el diseño de Mezcla.
  - Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto.
  - Prueba de Especímenes a la Compresión.
  
- ❖ **EL CAPÍTULO IV:** Este capítulo está referenciado al procesamiento y análisis y tiene los siguientes temas:
  - Análisis de datos.
  - Discusión de Resultados.
  
- ❖ **EL CAPÍTULO V:** Este capítulo está establecido por las conclusiones de la investigación realizada :
  - Conclusiones.
  - Recomendaciones.

# **CAPÍTULO II**

**(MARCO TEÓRICO)**

## **2.1 MARCO TEÓRICO**

### **2.1.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El 21 de octubre de 1824, Joseph Apsdin patenta el primer cemento portland. Llamado así por su color grisáceo, similar al color de las rocas explotadas en la bahía de Portland en Inglaterra. La primera fábrica de cemento se instaló dos años después en Wakefield (Inglaterra).

Posteriormente, Isaac Johnson mejora el proceso de producción incrementando la temperatura de calcinación, por lo que se le conoce como el padre moderno del cemento portland.

En la década de 1960 se inició el uso masivo de aditivos plastificantes, que ahora en la actualidad son los más utilizados debido a su capacidad de reducción del agua de mezclado y por lo tanto obtener concretos más resistentes económicos y durables.

En la década de 1970 se introdujeron en Perú los primeros aditivos plastificantes revolucionando la tecnología del concreto, debido a sus beneficios en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de los concretos

### **2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

La utilización de aditivos plastificantes ayuda a reducir la cantidad de agua de mezclado, variando de esta manera la relación agua cemento (a/c), reduciendo el contenido de cemento y disminuyendo los costos de una obra, incrementando la resistencia a la compresión y mejorando la calidad final del concreto. Se demostró experimentalmente que para un concreto de 21Mpa la utilización de aditivo plastificante incrementó la resistencia en 5%, utilizando una dosificación de aditivo al 0.7% del peso del cemento, además se observó resultados satisfactorios en la trabajabilidad. (Mena, 2004)

Hernández, C. (2005) en su tesis “Plastificantes 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 plastificantes otorga mayor resistencia al concreto, llegando a más del 50% a una edad de 28 días.

Oliva, C. (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 días llegando a su máximo valor a los 28 días; que, el aditivo Superplastificante produce un aumento en la densidad en los hormigones; y, que este aditivo tiene un efecto importante en la trabajabilidad.

Alvarado, L. (2010) en su tesis “Evaluación del concreto armado utilizando aditivos plastificantes del alto rango expuesto en ambiente marino”, simuló el ambiente marino en concreto armado adicionándole aditivos plastificantes. Los resultados manifestaron menor grado de corrosión en las probetas con mezclas que contenían el aditivo plastificante de alto rango y se comprobó la importancia de mantener una relación a/c baja.

### **2.1.3 ANTECEDENTES NACIONALES**

Joo, E. (2003) en su tesis “Comportamiento del Concreto con aditivo Plastificante – Reductor de agua y retardante de fragua EUCO WR51”, manifestó que el aditivo cumple la función de plastificar la mezcla, influyendo en la trabajabilidad del concreto y reduciendo el contenido de cemento, esto debido a la reducción de la cantidad de agua de mezclado.

Millones, A. (2008) en su tesis “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 plastificantes y que sirven como escudo a la emisión de estos.

Huincho, E. (2011) en su tesis “Concreto de Alta Resistencia usando aditivo Superplastificante, Microsilíce y Nanosilíce con cemento Portland tipo I”, analizó la comparación entre Microsilíce y Nanosilíce 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.

### **2.1.4 ANTECEDENTES LOCALES**

Salazar, F. (2006), en su tesis “Estudio del concreto empleando agregados de la cantera Sangal (carretera Cajamarca – Combayo) y cantera km 41+00 (carretera Cajamarca -

Chilete) para concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  utilizando aditivos euco37, euco wr-91 y polyheed RI”, concluyó que con la utilización de aditivos plastificantes se logra una trabajabilidad y consistencia óptima y concretos de bajo costo.

Basuari, L. (2010), en su tesis “Diseño para obtener concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de aditivo superplastificante (RHEOBUILD 1000), empleando agregados de la cantera Rodolfito (carretera Cajamarca - Ciudad de Dios km 5.00)”, demostró que utilizando agregados de cerro se puede obtener concretos con baja cantidad de cemento y bajo costo siempre y cuando se incorpore un aditivo plastificante, reduce la cantidad agua de mezclado en 17.92% manteniendo adecuadamente la consistencia, trabajabilidad y cohesión.

Araujo, F. (2013), en su tesis “Influencia del aditivo Chema Super Plast en las propiedades del concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  utilizando agregados de las canteras rio Porcón y M3 de Cajamarca”, abordó la influencia del aditivo Chema Superplast en las propiedades del concreto, concluyendo que mejoran las propiedades de resistencia y trabajabilidad del concreto utilizando mayor cantidad de aditivo. En consecuencia, indicó que con una dosificación de aditivo de 0.4% del peso del cemento se obtiene un incremento de la resistencia a la compresión de 8%; y, para una dosificación de 1.2% un incremento de 18% y para una dosificación de 2% un incremento en la resistencia a la compresión de 30%

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 TEORÍA DEL CONCRETO**

Según Abanto, F. (2003), el concreto es un material durable y resistente pero, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción muy popular. El concreto es de uso común o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo y/o acelerante de fragua. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto componente que es el aire.

### 2.2.1.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

Según Giraldo, B.O. (2003), el concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso), agua y aditivos. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. Cuando se mezcla, se hace el vaciado y se cura de manera apropiada, el concreto forma estructuras sólidas capaces de soportar las temperaturas extremas del invierno y del verano sin requerir de mucho mantenimiento.

Figura N°01: Componentes del Concreto

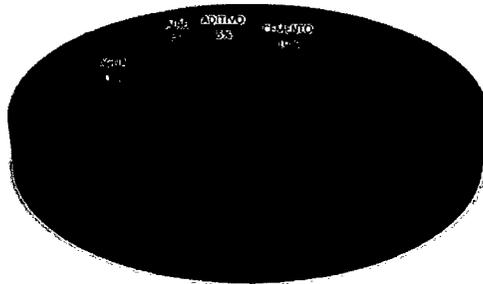
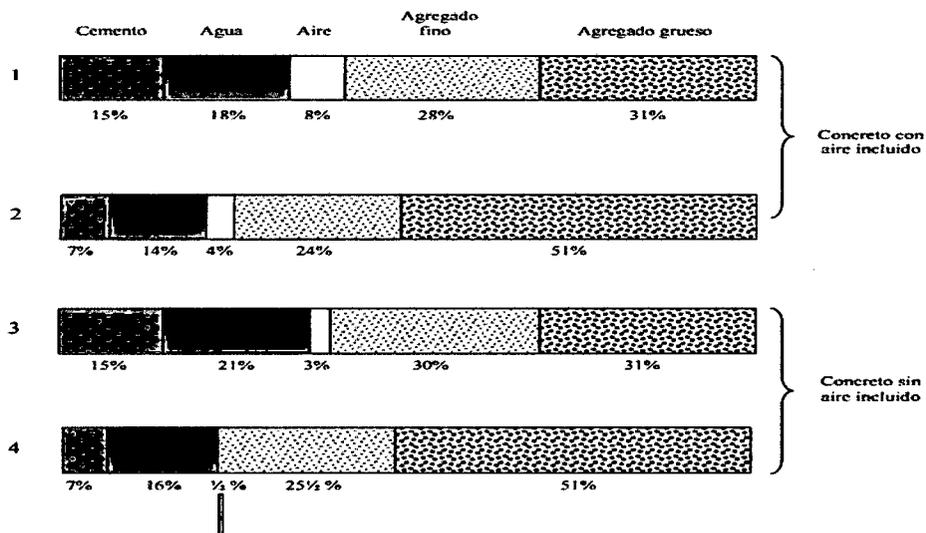
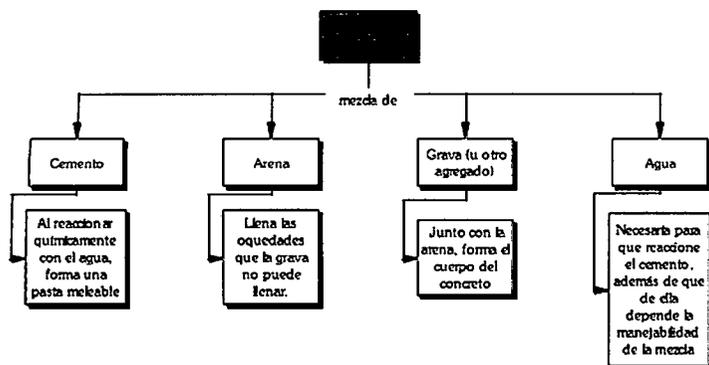


Figura N°02: Componentes del Concreto.

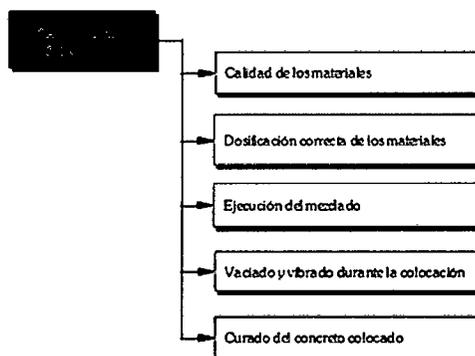


Fuente: Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto –Abrahán Polanco (2012).

**Figura N°03: Componentes del Concreto**



**Figura N°04: Calidad del Concreto**



### 2.2.1.2 CEMENTANTES EN GENERAL

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aun estando inmersos en ella, característica que los distingue de los cementantes aéreos que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire. Los principales cementantes hidráulicos son las cales y cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. (Giraldo, O.2003).

### 2.2.1.3 EFECTOS EN EL CONCRETO FRESCO

#### 2.2.1.3.1 COHESIÓN Y MANEJABILIDAD

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la separación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las cimbras. Prácticamente, la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto (Gómez, G.2011).

#### 2.2.1.3.2 PERDIDA DE REVENIMIENTO

Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual

cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra (Laura, S.2006).

#### **2.2.1.3.3 ASENTAMIENTO Y SANGRADO**

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del espacio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua (Laura, S.2006).

#### **2.2.1.4 EFECTOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

##### **2.2.1.4.1 ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA MECÁNICA**

La velocidad de hidratación y adquisición de resistencia de los diversos tipos de cemento Portland depende básicamente de la composición química del Clinker y de la finura de molienda. De esta manera, un cemento con alto contenido de silicato tricálcico ( $C_3S$ ) y elevada finura puede producir mayor resistencia a corto plazo. En el extremo opuesto, un cemento con alto contenido de silicato dicálcico ( $C_2S$ ) y finura moderada debe hacer más lenta la adquisición inicial de resistencia y consecuente generación de calor en el concreto. De acuerdo con las tendencias mostradas puede considerarse que para obtener el beneficio adecuado de resistencia de cada tipo y clase de cemento en función de sus características, lo conveniente es especificar la resistencia de proyecto del concreto a edades que sean congruentes con dichas características: 14, 28 o 90 días. Generalmente se establece como parámetro de resistencia, el esfuerzo a la compresión de un cilindro normado por la ASTM C-39 a los 28 días de edad (Guzmán, V.E. 2003).

#### **2.2.1.4.2 GENERACIÓN DE CALOR**

En el curso de la reacción del cemento con el agua o hidratación del cemento, se produce desprendimiento de calor porque se trata de una reacción de carácter exotérmico. El calentamiento del concreto lo expande, de manera que posteriormente al enfriarse sufre una contracción, normalmente restringida, que genera esfuerzos de tensión capaces de agrietarlo. La posibilidad de que esto ocurra tiende a ser mayor a medida que aumenta la cantidad y velocidad de generación de calor y que disminuyen las facilidades para su pronta disipación. Es decir, el riesgo de agrietamiento de origen térmico se incrementa cuando se emplea un cemento de alta y rápida hidratación, como el tipo III, y las estructuras tienen gran espesor. Obviamente, la simultaneidad de ambos factores representa las condiciones pésimas en este aspecto (Laura, S.2006).

#### **2.2.1.4.3 RESISTENCIA AL ATAQUE DE LOS SULFATOS**

El concreto de cemento portland es susceptible de sufrir daños en distinto grado al prestar servicio en contacto con diversas sustancias químicas de carácter ácido o alcalino. (Gutiérrez, L.2003).

#### **2.2.1.4.4 ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA**

Una característica indeseable del concreto hidráulico es su predisposición a manifestar cambios volumétricos, particularmente contracciones, que suelen causar agrietamientos en las estructuras. Para corregir este inconveniente, en casos que lo ameritan, se han desarrollado los cementos expansivos que se utilizan en los concretos de contracción (Gutiérrez, L.2003).

#### **2.2.1.4.5 ESTABILIDAD QUÍMICA**

De tiempo atrás se reconoce que ningún arqueado es completamente inerte al permanecer en contacto con la pasta de cemento, debido a los diversos procesos y reacciones químicas que en distinto grado suelen producirse entre ambos.

Las principales reacciones químicas que ocurren en el concreto tienen un participante común representado por los álcalis, óxidos de sodio y de potasio, que normalmente proceden del cemento pero eventualmente pueden provenir también de algunos agregados.

Por tal motivo, estas reacciones se designan genéricamente como álcali – agregado, y a la fecha se le conocen tres modalidades que se distinguen por la naturaleza de las rocas y minerales que comparten el fenómeno:

**Reacciones Deletéreas:**

- Álcali – sílice.
- Álcali – agregado, álcali – silicato.
- Álcali – carbonato.

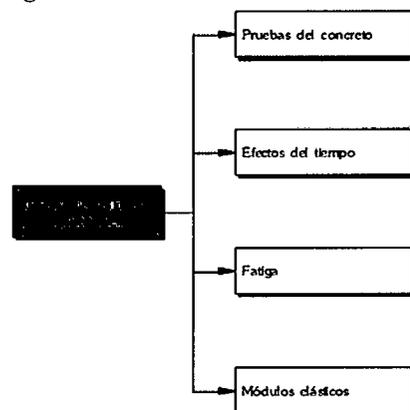
**2.2.1.5 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO**

Una característica importante del concreto es poder adoptar formas distintas, al colocarse en obra es una masa plástica que permite rellenar un molde, previamente construido con una forma establecida, que recibe el nombre de encofrado (Rivva, E. 2000).

**2.2.1.5.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO**

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto (Laura, S.2006).

**Figura N°05:** Características Mecánicas del Concreto



### 2.2.1.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO

Según, Laura, S. (2006), las principales características físicas del concreto, en valores aproximados, son:

- ✦ Densidad: en torno a  $2350 \text{ kg/m}^3$
- ✦ Resistencia a compresión: de  $150$  a  $500 \text{ kg/cm}^2$  ( $15$  a  $50 \text{ MPa}$ ) para el concreto ordinario. Existen concretos especiales de alta resistencia que alcanzan hasta  $2000 \text{ kg/cm}^2$  ( $200 \text{ MPa}$ ).
- ✦ Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- ✦ Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- ✦ Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.
- ✦ De  $24$  a  $48$  horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana  $\frac{3}{4}$  partes, y en  $4$  semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.

### 2.2.1.5.3 FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO

Según, Néstor L. S. (2010), el proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del concreto. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provoquen el endurecimiento de la masa y que se caracterice por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas. Una reacción rápida de hidratación y endurecimiento dificultaría su transporte y una cómoda puesta en obra rellenando todos los huecos en los encofrados. Una reacción lenta aplazaría de forma importante el desarrollo de resistencias mecánicas. En condiciones normales un concreto portland normal comienza a fraguar entre  $30$  y  $45$  minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina el fraguado trascurridas sobre  $10$  ó  $12$  horas. Después comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al

primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza. En el cuadro siguiente se observa la evolución de la resistencia a compresión de un concreto tomando como unidad la resistencia a 28 días, siendo cifras orientativas:

**Tabla N°01:** Evolución de la Resistencia a Compresión

EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN HORMIGON PORTLAND NORMAL					
EDAD DEL HORMIGON EN DIAS	3	7	28	90	360
RESISTENCIA A COMPRESIÓN	0.4	0.65	1	1.2	1.35

Fuente: Néstor Luis Sánchez (2013).

#### 2.2.1.5.3.1 FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE FRAGUADO

Según, María G. (2008), los factores que afectan el tiempo de fraguado son:

- ✓ **Temperatura/ clima.** El aumento de la temperatura reduce el tiempo de fraguado. La disminución de la temperatura aumenta el tiempo de fraguado. La exposición a la luz del sol y las condiciones ventosas también influyen en el fraguado, especialmente en la superficie, en gran parte debido a los efectos de calor y refrigeración por evaporación.
- ✓ **Relación agua - materiales cementicios (a/mc).** Una relación a/c más baja reduce el tiempo de fraguado.
- ✓ **Contenido de cemento/adiciones.** El aumento del contenido de cemento reduce el tiempo de fraguado.
- ✓ **Tipo de cemento.** La química del cemento afectará fuertemente el tiempo de fraguado.
- ✓ **Aditivos químicos.** Los aditivos aceleradores y retardadores se utilizan deliberadamente para controlar el tiempo de fraguado. La sobredosis de algunos reductores de agua puede dar lugar al retraso del fraguado.
- ✓ **Tiempo de adición de los aditivos.** La adición retrasada de algunos reductores de agua puede evitar la rigidización temprana o el retraso.
- ✓ **Mezclado.** La mejora del mezclado influye en la hidratación mejorando la homogeneidad y la dispersión de los reactivos y, así, también acelera el fraguado.

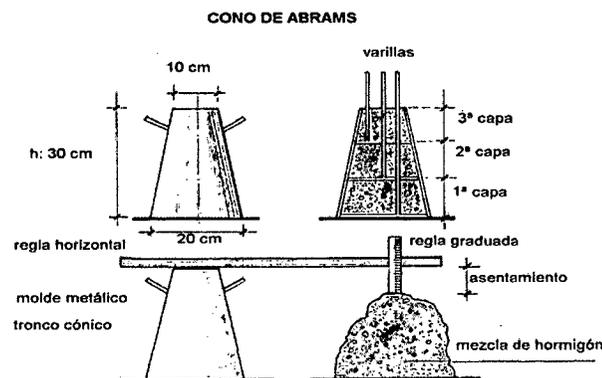
#### 2.2.1.5.4 RESISTENCIA

Según, Luis Enrique Colmenarez R. (2014), desde el momento en que los gramos del cemento inician su proceso de hidratación comienzan las reacciones de endurecimiento, que se manifiestan inicialmente con el “atiesamiento” del fraguado y continúan luego con una evidente ganancia de resistencias, al principio de forma rápida y disminuyendo la velocidad a medida que transcurre el tiempo. En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es a los 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo a los de 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos.

#### 2.2.1.5.5 CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado. Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del árido, la forma de los áridos y su granulometría. La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación. Se trata de un parámetro fundamental en el concreto fresco (Sánchez, D. 2001).

Figura N°06: Medición de Slump



Fuente: Empresa Construmatica – Monylit (2012).

#### 2.2.1.5.6 DURABILIDAD

Según el ACI 201, lo define a la durabilidad del concreto hidráulico como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos o biológicos, de la abrasión y/o de cualquier otro proceso de deterioro. Y determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a este ambiente.

#### 2.2.1.5.7 TIPOS DE CONCRETO

Según (Gutiérrez, L.2003).

- **Concreto ordinario.-** También se suele referir a él denominándolo simplemente concreto. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena.
- **Concreto en masa.-** Es el concreto que no contiene en su interior armaduras de acero. Este concreto solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.
- **Concreto armado.-** Es el concreto que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción.
- **Concreto pretensado.-** Es el concreto que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. Puede ser pre-tensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el concreto fresco o post-tensado si la armadura se tensa cuando el concreto ha adquirido su resistencia.
- **Mortero.-** Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un concreto normal sin árido grueso.
- **Concreto ciclópeo.-** Es el concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras o bloques; y q no contiene armadura.
- **Concreto sin finos.-** Es aquel que sólo tiene árido grueso, es decir, no tiene arena (árido menor de 5 mm).
- **Concreto aireado o celular.-** Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un concreto baja densidad.

- **Concreto de alta densidad.**- Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita). El concreto pesado se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación.

## **2.2.2 TEORÍA DE LOS ADITIVOS**

### **2.2.2.1 DEFINICIÓN**

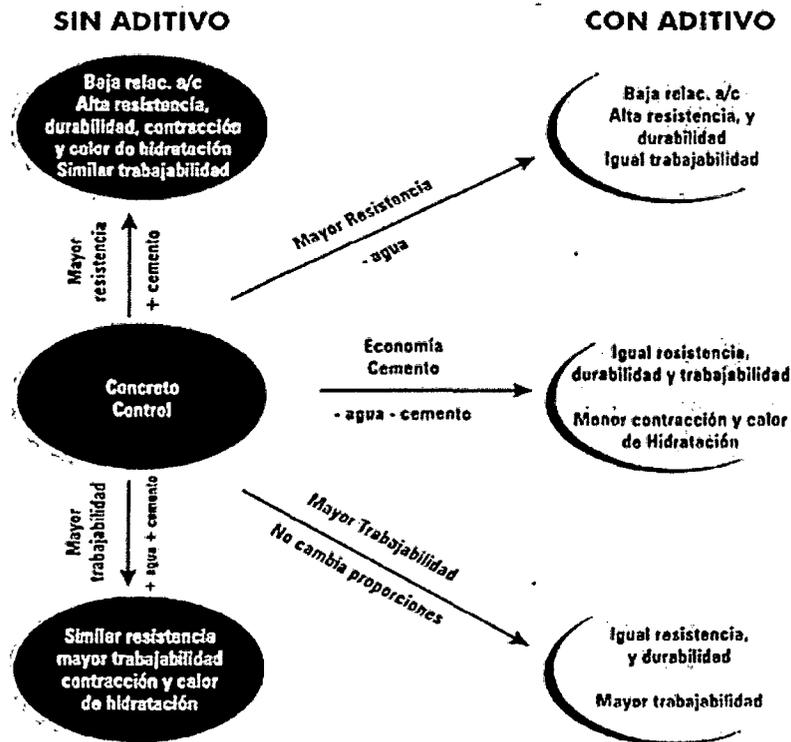
Un aditivo es definido, tanto por el American Concrete Institute, como por la Norma ASTM C 125, como: “Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo en una forma susceptible de ser prevista y controlada. Esta definición excluye, por ejemplo, a las fibras metálicas, las puzolanas y otros. En la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características diferentes a los tradicionales, han dado un creciente impulso a la construcción y se consideran como un nuevo ingrediente, conjuntamente con el cemento, el agua y los agregados.

El uso de aditivos está condicionado por:

- a) Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- b) Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.
- c) Que un análisis de costo justifique su empleo.

**Figura N°07: Alternativas para Modificar la Resistencia y Trabajabilidad del Concreto con Aditivos**



#### 2.2.2.2 RAZONES DE EMPLEO

Sánchez, D. (2001) indica que para modificar las propiedades del concreto no endurecido o fresco se puede mencionar:

- a. Reducción en el contenido de agua de la mezcla.
- b. Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- c. Reducción, incremento o control del asentamiento.
- d. Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- e. Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- f. Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- g. Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.

**Para modificar las propiedades de los concretos endurecidos se pueden mencionar.**

- a. Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- b. Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- c. Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- d. Disminución de la permeabilidad del concreto.
- e. Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- f. Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- g. Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.
- h. Control de la corrosión de los elementos metálicos embebidos en el concreto.
- i. Producción de concretos o morteros celulares.
- j. Producción de concretos o morteros coloreados.

### **2.2.2.3 USO DE ADITIVOS**

El comportamiento y las propiedades del concreto hidráulico, en sus estados fresco y endurecido, suelen ser influidos y modificados por diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos se relacionan esencialmente con las características los componentes y las cantidades en que éstos se proporcionan para laborar el concreto. En cuanto a los extrínsecos, pueden citarse principalmente las condiciones ambientales que prevalecen durante la elaboración y colocación del concreto, las prácticas constructivas que se emplean en todo el proceso desde su elaboración hasta el curado, y las condiciones de exposición y servicio a que permanece sujeta la estructura durante su vida útil.

### **2.2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS**

#### **2.2.2.4.1 SEGÚN EL ACI**

**LA NORMA ASTM C 494 “CHEMICAL ADMIXTURES FOR CONCRETE”,  
DISTINGUE SIETE TIPOS:**

- ❖ TIPO A: Reductor de Agua.
- ❖ TIPO B: Retardador de Fraguado.

- ❖ TIPO C: Acelerador de Fraguado.
- ❖ TIPO D: Reductor de agua y Retardador.
- ❖ TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador.
- ❖ TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto.
- ❖ TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador.

Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 “Especificaciones for Air Entraining Admixtures for Concrete”.

#### **2.2.2.4.2 SEGÚN LA NORMA FRANCESA AFNOR P 18 – 123 “BETONS: DEFINITIONS ET MARQUAGE ADJUVANTS DU BETONS”**

Según Estela Santiago, P. (2011), establece una clasificación más amplia:

##### **a) ADITIVOS QUE MODIFICAN LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DEL CONCRETO FRESCO**

- ❖ Plastificantes
- ❖ Reductores de agua.
- ❖ Incorporadores de aire.
- ❖ Polvos minerales Plastificantes.
- ❖ Estabilizadores.

##### **b) ADITIVOS QUE MODIFICAN EL FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO**

- ❖ Aceleradores de fraguado y/o Endurecimiento.
- ❖ Retardadores de Fraguado.

##### **c) ADITIVOS QUE MODIFICAN EL CONTENIDO DE AIRE**

- ❖ Incorporadores de Aire.
- ❖ Antiespumantes.
- ❖ Agentes formadores de Gas.
- ❖ Agentes formadores de Espuma.

##### **d) ADITIVOS QUE MODIFICAN LA RESISTENCIA A LAS ACCIONES FÍSICAS**

- ❖ Incorporadores de Aire.
- ❖ Anticongelantes.
- ❖ Impermeabilizantes

#### e) **ADITIVOS MISCELÁNEOS**

- ❖ Aditivos de cohesión.
- ❖ Emulsiones.
- ❖ Aditivos Combinados.
- ❖ Colorantes.
- ❖ Agentes formadores de espuma.

### **CHEMA ESTRUCT**

#### **DEFINICIÓN**

Es una sustancia química que al ser adicionado a la mezcla de concreto acelera el proceso de endurecimiento y produce importantes ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, contiene agentes plastificantes y en climas de bajas temperaturas trabaja como anticongelante. Su efecto es sobre toda mezcla de concreto, tanto con cementos portland como también puzolanicos, muy resistente a las sales y sulfatos.

Puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados, no contiene cloruros, más bien trabaja como inhibidor de corrosión. Producto adecuado a la norma ASTM C – 494; este aditivo protege el concreto en su estado fresco, evitando la cristalización o congelamiento en especial para concreto armado.

#### **USOS**

Para vaciados de elementos estructurales en cualquier clima, donde desee obtener en 3 días la fuerza a la compresión (fc) que se obtendría con el diseño de mezcla a los 7 días sin el CHEMA ESTRUCT.

Para vaciados en climas fríos o donde se espera una helada; hará que el concreto fragüe en la mitad de tiempo a pesar de la baja temperatura.

- ✚ En obras de concreto donde se necesite poner en servicio en menos tiempo.
- ✚ Para construir en climas a bajas temperaturas.
- ✚ En terrenos con nivel freático superficial.
- ✚ Cuando se espera una helada para evitar cristalización o congelamiento.

- ✦ Para deseconcofrar en menor tiempo y acortar tiempos de entrega.

## **MODO DE EMPLEO**

Emplee una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y necesidad:

- ❖ REDUCIDA: 250 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado).
- ❖ NORMAL: 375 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado).
- ❖ SUPERIOR: 500 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado)

Incorpore la dosificación requerida de CHEMA ESTRUCT en el agua de amasado al momento en que se va a usar y remover bien. La relación a/c recomienda máxima dese ser 0.45 o reduzca hasta 10% la cantidad de agua. La trabajabilidad del concreto no disminuye debido a que el CHEMA ESTRUCT contiene plastificantes.

## **CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS**

- ✓ Color: Amarillo verdoso.
- ✓ Apariencia: liquido.
- ✓ PH: 9.0 – 11.0
- ✓ Densidad: 1.300 – 1.340 Kg/L

### **2.2.3 TEORÍA DEL CEMENTO**

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. Se define como una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice y alúmina, estos materiales son mezclados en un horno de secar y pulverizados hasta convertirlo en un polvo muy fino llamado cemento. (Rivva, E. 2000).

**Tabla N°02: Principales componentes del cemento Portland.**

<b>Óxido Componente</b>	<b>Porcentaje Típico</b>	<b>Abreviatura</b>
CaO	61% - 67%	(cal)
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	(sílice)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	(alúmina)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	(óxido de fierro)
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	(anhídrido sulfúrico)
MgO	1% - 5%	(óxido de magnesio)
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% - 1.5%	(álcalis)

Fuente: A.M Neville y J.J. Brooks (1998).

### **2.2.3.1 CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150, NTP 334.009)**

El nombre proviene de la similitud en apariencia y el efecto publicitario que pretendió darle en el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, al patentar un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Pórtland cerca del puerto de Dorset. Es un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicato de calcio hidráulico y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio. (Sánchez, D.2001. 5ed).

### **2.2.3.2 FASES DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND**

Según Sánchez, D. (2001).

- a. Extracción de la materia prima
- b. Trituración y pre homogenización
- c. Molienda de harina cruda
- d. Clinkerización
- e. Molienda de cemento
- f. Empaque y despacho

Figura N°08: Proceso de fabricación del cemento portland.



Fuente: A.M Neville y J.J. Brooks (1998).

### 2.2.3.3 COMPONENTES Y COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO

#### 2.2.3.3.1 COMPONENTES PRINCIPALES

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son: óxido de calcio, óxido de sílice, óxido de aluminio, óxido de fierro, etc.

**Tabla N°03: Componentes químicos del cemento portland**

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

Fuente: A.M Neville y J.J. Brooks (1998).

#### **2.2.3.4 PROPIEDADES FÍSICAS**

##### **2.2.3.4.1 PESO ESPECÍFICO (NTP 334.005)**

El peso específico del cemento corresponde al material al estado compacto, su valor suele variar para los cementos portland normales, entre 3.00 gr/cm<sup>3</sup> y 3.20 gr/cm<sup>3</sup>, las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 gr/cm<sup>3</sup> y las normas alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12 gr/cm<sup>3</sup>, su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y diseño de las mezclas de concreto.

##### **2.2.3.4.2 FINEZA Y SUPERFICIE ESPECÍFICA (NTP 334.072, ASTM C-430)**

La fineza de un cemento está en función del grado de molienda del mismo y se expresa por su superficie específica, la cual es definida como el área superficial total, expresada en centímetros cuadrados, de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Se asume que todas las partículas tienen un perfil esférico.

Los aparatos utilizados para medir fineza de cemento de acuerdo a la norma ASTM son el Turbidímetro Wagner (NTP 334.072-2001) y el aparato Blaine.

**Tabla N°04: Módulo de finura de diferentes tipos de Cementos.**

<b>Tipo de cemento</b>	<b>Finura de Blaine(m<sup>2</sup>/kg)</b>
<b>I</b>	370
<b>II</b>	370
<b>III</b>	540
<b>IV</b>	380
<b>V</b>	380

Fuente: Comisión Federal De Electricidad (1994).

#### **2.2.3.4.3 CONTENIDO DE AIRE (NTP 334.048)**

La presencia de cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuya a la disminución de la resistencia de los concretos preparados con este. El ensayo de contenido de aire da un índice indirecto de la fineza y grado de molienda del cemento.

#### **2.2.3.4.4 FRAGUADO**

El término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento. Aunque durante el fraguado la pasta requiere de alguna resistencia para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al aumento de la resistencia de una pasta de cemento fraguada.

El tiempo de fragua de las pastas de cemento, a las que se ha dado consistencia normal se mide por la capacidad que tenga la pasta de soportar el peso de una varilla o aguja determinada, para determinar el tiempo de fraguado se sigue las normas siguientes:

- ✓ Fraguado Vicat, de acuerdo a la NTP 334.006-2003
- ✓ Fraguado Gilmore, de acuerdo a la NTP 334.056-2002

#### **2.2.3.4.5 RESISTENCIA MECÁNICA (NTP 334.051).**

La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulta más obvia en cuanto a los requisitos para usos estructurales. Por lo

tanto, no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén especificadas en todas las especificaciones del cemento. El valor de la resistencia a los 28 días se considera como la resistencia del cemento.

#### **2.2.3.4.6 ESTABILIDAD DE VOLUMEN (NTP 334.004)**

Es la capacidad de este para mantener un volumen constante una vez fraguado. Se considera que un cemento es poco estable cuando tiende a sufrir un proceso de expansión lentamente y por un largo periodo de tiempo, el efecto de un cemento poco estable no puede ser apreciado durante meses pero a la larga es capaz de originar fuertes agrietamientos en el concreto y fallas eventuales.

#### **2.2.3.4.7 CALOR DE HIDRATACIÓN (NTP 334.064)**

Es el calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto, el contacto se puede llevar a cabo aun si el agua está en forma de vapor, por lo que es muy importante que el cemento este protegido de medio ambiente hasta el momento que se le mezcle con el agua el calor de hidratación que se produce en un cemento normal es de 85 a 100cal/g.

#### **2.2.3.5 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND**

En el mundo existe una gran variedad de tipos de cemento, la norma ASTM especifica:

- ❖ 8 tipos de cemento Portland, ASTM C150: I, IA, II, IIA, III, IIIA, IV, V.
- ❖ 6 tipos de cemento hidráulico mezclado, ASTM C595: IS, IP, P, I (PM), I(SM), S.
- ❖ Tipo IS.- Cemento Portland con escoria de alto horno.
- ❖ Tipo IP.- Cemento Portland con adición Puzolanica.
- ❖ Tipo P.- Cemento Portland con puzolana para usos cuando no se requiere alta resistencia inicial.
- ❖ Tipo I (PM).- Cemento Portland con Puzolana modificado.
- ❖ Tipo I (SM).- Cemento portland con escoria, modificado.

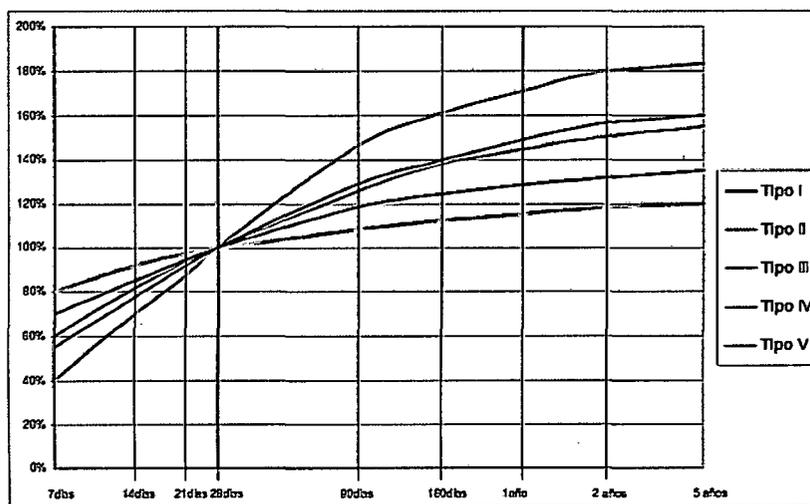
- ❖ Tipo S.- Cemento con escoria para la combinación con cemento Portland en la fabricación de concreto y en combinación con cal hidratada en la fabricación del mortero de albañilería.
- ❖ tipos de cemento para mampostería, ASTM C91: N, M, S

**Tabla N°05:** Características de los cementos portland ASTM C - 150.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS OPCIONALES
I	Uso General.	1, 5
II	Uso general; calor de hidratación moderado y resistencia a los sulfatos.	1, 4, 5
III	Alta resistencia inicial.	1, 2, 3, 5
IV	Bajo calor de Hidratación	5
V	Alta resistencia a los sulfatos.	5, 6

Fuente: Pasquel, E. (2011)

**Figura 09.** Desarrollo de la resistencia en compresión en % de la resistencia a 28 días



Fuente: Pasquel, E. (2011).

### 2.2.3.6 CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS (NTP 334.082; ASTM C - 1157)

Un cemento Portland adicionado consistente de dos o más constituyentes inorgánicos, los cuales contribuyen a mejorar las propiedades del cemento con o sin otros constituyentes como aditivos de procesamiento o aditivos funcionales (Clinker + Yeso + Adición Mineral).

**a. Tipos de cemento Portland Adicionados por desempeño**

- ✓ Tipo GU: Cemento Portland adicionado para construcciones generales.
- ✓ Tipo HE: De alta resistencia inicial.
- ✓ Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- ✓ Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- ✓ Tipo MH: De moderado calor de hidratación.
- ✓ Tipo LH: De bajo calor de hidratación

**b. Tipos de cemento Portland Adicionados ASTM C-595**

- ✓ Tipo IP: Uso general, hasta 15 % a 40% puzolana, menor calor, f'c después 28 días
- ✓ Tipo IPM: Uso general, hasta 15% puzolana. Menor calor, f'c después 28 días
- ✓ Tipo MS: Mediana resistencia a sulfatos, hasta 25% escoria, menor calor, f'c después 28 días
- ✓ Tipo ICo: Uso general, hasta 30% filler calizo, menor calor.

## **2.2.4 TEORÍA DE LOS AGREGADOS**

Según Lezama, J.L. (1996), la importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor de un 60% a un 80% en volumen de una mezcla típica de concreto. Cuyas finalidades específicas son abaratar los costos de la mezcla y dotarla de ciertas características favorables dependiendo de la obra que se quiera ejecutar.

### **2.2.4.1 CLASIFICACIÓN**

Los agregados naturales se clasifican en:

**A. AGREGADOS FINOS.**

- Arena fina
- Arena gruesa

**B. AGREGADOS GRUESOS**

- Grava
- Piedra triturada o chancada

**C. HORMIGÓN**

- Agregado integral.

### 2.2.4.2 FUNCIÓN

Las funciones principales de los agregados en el concreto son:

- a) Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y por tanto reduciendo el costo de la unidad cubica de concreto.
- b) Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo que puedan actuar sobre el concreto.
- c) Reducir los cambios de volumen resaltantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

**Los agregados para concreto deberán de cumplir con los siguientes requerimientos:**

Según Lezama, J.L. (1996), se debe cumplir los siguientes requisitos:

- Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m<sup>3</sup>) deberán de cumplir con los requerimientos de la NTP 400.037 o de la norma ASTM C-33, así como los de las especificaciones del proyecto.
- Los agregados finos y gruesos deberán de ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del proyectista, el agregado integral denominado hormigón deberá de cumplir con la norma E-060.
- Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, almacenados y dosificados de tal manera que garanticen: que la pérdida de finos sea mínima, mantener la uniformidad, no producirse contaminación con sustancias extrañas.
- Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán si es necesario enfriarse antes de ser utilizados en la mezcladora.

### 2.2.4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO

#### 2.2.4.3.1 AGREGADO FINO (NTP 400.037 - 2013)

La norma técnica (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 (Nº200); 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 N°06:** Límites granulométricos del agregado fino (NTP 400.037 – ASTM C 33)

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

- ⚡ El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y a 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kilogramos de cemento por metro cúbico o si se emplea un aditivo mineral.
- ⚡ El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.
- ⚡ El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.
- ⚡ El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá de exceder los siguientes límites:

**Tabla N° 07:** Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES		PORCENTAJE (%)
Lentes de arcillas y partículas desmenuzables		3.0%
Partículas más finas que el tamiz N° 200	Concretos sujetos a abrasión	3.0%
	Otros concretos	0.5%
Carbón	Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
	Otros concretos	1.0%

La granulometría deberá corresponder a la gradación C.

**Tabla N°08:** Husos granulométricos del agregado fino (NTP 400.037 – ASTM C 33).

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO QUE PASA			
	LIMITES 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

Nota:\* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

#### 2.2.4.3.2 AGREGADO GRUESO (NTP 400.037 - 2013)

La norma técnica 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 o la norma ASTM C-33.
  - La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
  - La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

El agregado grueso deberá de estar graduado dentro de los límites específicos de la NTP 400.037 tal como se muestra. Las normas de diseño estructural recomiendan el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menos dimensión entre las caras encofradas.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.

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

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá de exceder los siguientes valores de la siguiente tabla N° 09.

**Tabla N° 09:** Sustancias perjudiciales en el agregado grueso

SUSTANCIAS PERJUDICIALES		PORCENTAJE (%)
Arcilla		0.25%
Lentes de arcillas o partículas desmenuzables		5.00%
Partículas más fino que pasa la malla N° 200		1.00%
Carbón y Lignito	Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia	0.50%
	Otros concretos	1.00%

**Tabla N°10: Husos granulométricos del agregado gruesos (NTP 400.037 – ASTM C - 33)**

N° A.S.T.M	TAMAÑO	% QUE PASA LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm (4")	90 mm (3.5")	75 mm (3")	63 mm (2.5")	50 mm (2")	37.5 mm (1.5")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90		25		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				
357	2" a N°4				100	95		35		10		0		
						100		70		30		5		
4	1 1/2" a 3/4"				100		90	20	0		0			
							100	55	15		5			
467	1 1/2" a N°4				100		95		35		10	0		
							100		70		30	5		
5	1" a 1/2"						100	90	20	0	0			
								100	55	10	5			
56	1" a 3/8"						100	90	40	10	0	0		
								100	85	40	15	5		
57	1" a N°4						100	95		25		0	0	
								100		60		10	5	
6	3/4" a 3/8"						100		90	20	0	0		
									10	55	15	5		
67	3/4" a N°4							100	90		20	0	0	
									100		55	10	5	
7	1/2" a N°4								100	90	40	0	0	
										100	70	15	5	
9	3/8" a N°8									100		85	10	0
											100	30	10	5

#### **2.2.4.3.3 ARENA (NTP 400.011 - 2013)**

La norma técnica define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define a la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidos por fenómenos mecánicos naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales o médanos o que se forma in situ por descomposición.

Se clasifican según el “comité de normalización” de la Sociedad de Ingenieros del Perú:

- Arena fina..... 0.05 a 0.5mm.
- Arena media..... 0.50 a 2.0mm.
- Arena gruesa.....2.00 a 5.0 mm

#### **2.2.4.3.4 GRAVA (NTP 400.011)**

La norma técnica define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoles en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

#### **2.2.4.3.5 PIEDRA TRITURADA O CHANCADA (NTP 400.011)**

La norma técnica lo define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

#### **2.2.4.3.6 HORMIGÓN**

La norma técnica (NTP 400.011) define al hormigón como el material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

En lo que sea aplicable, se seguirá para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso. Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

La granulometría deberá de estar comprendida entre la malla de 2” como máximo y la malla N°100 como mínimo.

El hormigón deberá de ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar negativamente con el concreto.

#### **2.2.4.3.7 FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL (NTP 400.010 - 2013)**

La forma y textura de las partículas del agregado influyen considerablemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Existiendo un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas, también se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados condicionados por estos factores; que contribuyen en el comportamiento de la resistencia y durabilidad del concreto.

#### **FORMA**

La forma de las partículas está controlada por la redondez o angularidad y la esfericidad; dos parámetros relativamente independientes. Por naturaleza los agregados tienen una forma irregularmente geométrica, compuesta por combinaciones aleatorias de caras redondeadas y angulosidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados se define en:

- ✓ **Angular:** poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- ✓ **Subangular:** evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- ✓ **Subredondeada:** bordes casi eliminados.
- ✓ **Muy redondeados:** sin caras ni bordes.

La esfericidad resultante de agregados procesados depende mucho del tipo de chancado y la manera como se opera. La redondez está más en función de la dureza y resistencia al desgaste de la abrasión.

Los agregados con forma equidimensional produce un mejor acomodo entre partículas dentro del concreto, que los que tienen forma plana y alargada y requieren menos agua, pasta de cemento o mortero para un determinado grado de trabajabilidad del concreto.

#### **2.2.4.3.7.1 TEXTURA**

Representa que tan lisa o rugosa es la superficie del agregado. Es una característica ligada a la absorción, pues los agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos; además que producen concretos menos plásticos pues incrementan la fricción entre partículas dificultando el desplazamiento de la masa.

### **2.2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO (NTP 400.037 - 2013)**

#### **2.2.5.1 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021 – NTP 400.022)**

##### **2.2.5.1.1 PESO ESPECÍFICO (P.e.)**

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. Según el sistema internacional de unidades (ISD el término correcto es densidad).

##### **2.2.5.1.2 PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.e.a)**

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.

##### **2.2.5.1.3 PESO ESPECÍFICO DE MASA (P.e.m)**

Es la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material), en la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen de agua destilada libre de gas y a una temperatura especificada.

##### **2.2.5.1.4 PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (P.e.s.s.s.)**

Tiene la misma definición que el peso específico de masa con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables. El peso específico que más se utiliza, por su fácil determinación para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesario de agregado

para un volumen dado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado con superficie seca del agregado.

#### 2.2.5.1.5 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.

#### 2.2.5.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012 - 2013)

La NTP 400.012 define como: 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.

**Tabla N°11:** Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico (NTP 400.012 - 2013)

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

#### 2.2.5.2.1 MÓDULO DE FINURA

Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams, que dijo que a partir de las granulometrías del material se puede intuir una finesa promedio. Se puede definir como 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 está 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.

#### **2.2.5.2.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1 o un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media, y más de 3 una arena gruesa.

Además se estima que con agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.2 y 2.8 se obtiene concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación y aquellos que están comprendidos entre 2.8 y 3.2 son las más indicas para producir concretos de alta resistencia.

#### **2.2.5.2.2 TAMAÑO MÁXIMO Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (NTP 400.037 - 2013)**

##### **2.2.5.2.2.1 TAMAÑO MÁXIMO (NTP 400.037)**

Esta dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15 %, o más del agregado tamizado. Aquedado comprobado que cuando se extiende la granulometría del agregado a un tamaño máximo mayor, hasta de una pulgada y media, las necesidades de agua de mezcla se pueden reducir, tales que, para una trabajabilidad se puede conseguir mayor resistencia, reduciendo la relación agua- cemento. Cuando se sobrepasa el tamaño máximo de 1 ½" los incrementos en resistencia debido a la reducción de agua se compensan por los efectos de la menor área de adherencia y las discontinuidades producidas por los agregados muy grandes.

##### **2.2.5.2.2.2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido.

### 2.2.5.2.2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Según el reglamento nacional de construcciones, el tamaño máximo de agregado para el concreto.

- Será el pasante por tamiz de 2 ½".
- No será mayor de 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado; 1/3 del peralte de la losa; 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de refuerzo.

### 2.2.5.3 PESO UNITARIO (NTP 400.017 – 2013 ; ASTM C - 29)

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

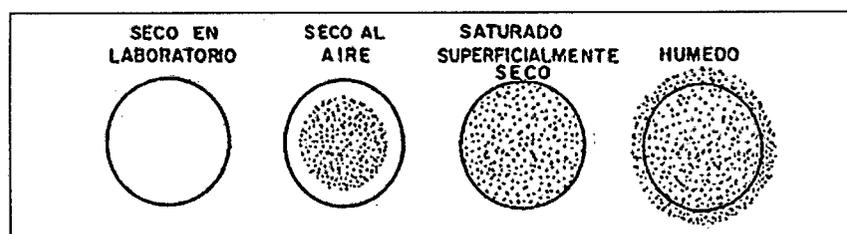
El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compacto).

### 2.2.5.4 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - 2013)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad de agua se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Los estados de saturación del agregado son como se muestra en la figura:

**Figura 10:** Estados de saturación del agregado (NTP 400.012 - 2013)



#### **2.2.5.4.1 SECO**

No existe humedad alguna en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.2.5.4.2 SECO AL AIRE**

Cuando existe algo de humedad en el interior del agregado. Es característica en los agregados, que se han dejado secar al medio ambiente. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

#### **2.2.5.4.3 SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO**

Estado en el cual, todo los poros del agregado se encuentran llenos de agua, condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.

#### **2.2.5.4.4 HUMEDO**

En este estado existe una película de agua que rodea al agregado llamada agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado.

#### **2.2.5.5 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (NTP 400.019 - 2013; ASTM C - 131)**

Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. 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.

##### **2.2.5.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

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

agregado grueso que tenga una pérdida mayor, siempre que experimentalmente se demuestre obtener concretos de resistencias adecuadas.

Se recomienda que los agregados a usarse en pavimentos rígidos y construcciones sujetas a ciertos fraccionamientos, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40%, cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa. El procedimiento para determinar los ensayos; se toma en cuenta la norma técnica ASTM C – 131(método de prueba para resistencia a la abrasión de agregado grueso de pequeño tamaño, con el uso de la máquina de los ángeles).

La máquina de los ángeles está compuesta de un cilindro hueco de acero cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 71.1cm y un largo interior de 50.8cm. El cilindro va montando sobre puntas de eje adosadas a sus extremos, pero sin penetrarlo y de tal forma que pueda rotar con el eje, en posición horizontal. Dicho cilindro tiene una abertura para introducir la muestra de ensayo y para cubrirla lleva una tapa adecuada a prueba de polvo, con medios propicios para atornillara en su sitio.

- Tamices que cumplan con las especificaciones NTP 350.001.
- Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.2.5.5.2 CARGA ABRASIVA

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada uno con un peso entre 390 y 445gr.

De acuerdo con la gradación de la muestra de ensayo, como se describe en la siguiente tabla, la carga abrasiva será:

**Tabla N°12:** Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión (NTP 400.019 - 2013)

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

### 2.2.5.6 MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200 (NTP 400.018 - 2013)

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°13:** Cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200 (NTP 400.018 - 2013)

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

### 2.2.5.7 SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL AGREGADO FINO

El porcentaje de partículas provenientes del agregado fino no deberá exceder los siguientes límites establecido en la siguiente tabla N° 14:

**Tabla N° 14:** Sustancias perjudiciales en el agregado fino (NTP 400.018)

SUSTANCIAS PERJUDICIALES		PORCENTAJE (%)
Lentes de arcillas o partículas desmenuzables		3.0%
Partículas menores que el tamiz N° 200	Concretos sujetos a evaluación	3.0%
	Otros concretos	5.0%
Carbón y Lignito	Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
	Otros concretos	1.0%

**Tabla N° 15: Sustancias perjudiciales en el agregado fino (NTP 400.018)**

<b>SUSTANCIA PERJUDICIAL</b>	<b>EFEECTO SOBRE EL CONCRETO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA</b>
<b>Impurezas orgánicas</b>	Afectan el fraguado y endurecimiento y pueden producir deterioro	A.S.T.M. C 40-087 NTP 400.013
<b>Material más fino que #200</b>	Afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria	A.S.T.M. C 117 NTP 400.018
<b>Carbón de piedra, licnito y otros materiales ligeros</b>	Afectan la durabilidad y pueden producir manchas y reventones	A.S.T.M. C 123
<b>Partículas blandas</b>	Afectan la durabilidad	A.S.T.M. C 235 NTP 400.05
<b>Partículas frágiles</b>	Afectan la manejabilidad y pueden producir deterioro	A.S.T.M. C 142 NTP 400.023

### **2.2.6 TEORÍA DEL AGUA PARA EL CONCRETO (NTP 339.088 - 2013)**

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. El uso de mucha agua de mezclado para elaborar el concreto diluya la pasta, debilitando las características del cemento por tal razón es importante que el cemento y el agua sean usados en las proporciones adecuadas para obtener buenos resultados (NTP 339.088 – RNE E 060).

#### **2.2.6.1 AGUA DE MEZCLADO (NTP 339.088 - 2013)**

Funciones:

- ✓ 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.
- ✓ Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia

mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

#### 2.2.6.2 AGUA DE CURADO (NTP 339.088 - 2013)

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.

**Tabla N°16:** Requisitos para agua de mezcla y curado (NTP 339.088).

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NAHCO <sub>3</sub> )	1000ppm máximo
Sulfatos(Ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 ppm máximo
PH	Entre 5.5 y 8.00

#### 2.2.6.3 AGUA DE LAVADO (NTP 339.088 - 2013)

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de agregados.

#### 2.2.6.4 FUNCIONES DEL AGUA EN LA MEZCLA

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante, para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

#### **2.2.6.5 USOS DEL AGUA**

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas.

#### **2.2.6.6 REQUISITOS DE CALIDAD**

Los requisitos de la calidad del agua de mezclado para concreto no tiene ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refiere a sus características físico – químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

#### **2.2.6.7 VERIFICACIÓN DE CALIDAD**

La verificación de calidad de agua de uso previsto para elaborar el concreto, debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes, sin embargo, puede permitirse que esta verificación se omita en las siguientes condiciones:

El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color ni sabor; no obstante que no posea antecedentes de uso en la fabricación del concreto.

El agua procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación del concreto con buenos resultados y no se le aprecia olor, color ni sabor.

#### **2.2.7 TEORÍA DEL DISEÑO DE MEZCLAS**

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:

- ✦ Las propiedades que debe de tener el concreto no endurecido.
- ✦ Las propiedades que debe de tener el concreto endurecido.
- ✦ El costo de la unidad cúbica de concreto.

## 2.2.7.1 ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

### 2.2.7.1.1 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

#### i. PRIMER MÉTODO

Si se cuenta con un registro de ensayos de obras anteriores, deberá calcularse la desviación estándar, el registro deberá:

- ❖ Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra a ejecutar.
  - ❖ Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'c$  que este dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> de la especificada para el trabajo a realizar.
- a) Si se posee un registro de 03 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculara haciendo uso de la siguiente formula:
- b)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Ec. ... 01})$$

Dónde:

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

$X_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/cm<sup>2</sup>.

$\bar{x}$  = Resistencia promedio de n probetas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

n = Numero de ensayos consecutivos de resistencia.

- c) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos de resistencia

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculara con la siguiente formula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad \text{Ec. .... 02}$$

Dónde:

$\bar{s}$  = Desviación estándar promedio en Kg/cm<sup>2</sup>.

$S_1, S_2$  = Desviación estándar calculada por los grupos 1 y 2 respectivamente en Kg/cm<sup>2</sup>.

$n_1, n_2$  = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

## ii. SEGUNDO MÉTODO

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla N°17 para obtener el nuevo valor de “s”.

**Tabla N°17: Factores de corrección.**

Muestras	Factor de corrección
Menores de 15	Usar tabla N°17
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente: Laura, S. (2006).

### 2.2.7.2 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida  $f'_{cr}$ . Se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (3) y (4).

- a. Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'c + 1.34s \quad \text{Ec. .... 03}$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33s - 35 \quad \text{Ec. .... 04}$$

**Dónde:**

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

- b. Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la (Tabla N° 16) para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**Tabla N°18: Grado de control.**

<b>Excelente en obra</b>	<b>10% - 12%</b>
<b>Bueno</b>	15%
<b>Regular</b>	18%
<b>Inferior</b>	20%
<b>Malo</b>	25%

Fuente: Rivva, E (2007)

### 2.2.7.3 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 N°19: Consistencia y Asentamiento.**

<b>CONSISTENCIA</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>	<b>TRABAJABILIDAD</b>
<b>Seca</b>	0”(0mm) a 2” (50mm)	Poco trabajable
<b>Plástica</b>	3” (75mm) a 4” (100mm)	Trabajable
<b>húmeda</b>	≥5 “ (125mm)	Muy trabajable

Fuente: Rivva, E. (2007).

- ✚ Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requerido para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N°18. 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°20.** 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

#### 2.2.7.4 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 N°21.** Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación del tamaño máximo del agregado grueso.

Tamaño máximo nominal	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 ½"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
¾"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.10	0.5
½"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.10	0.5
3/8"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0.10

Fuente: Laura, S. (2006).

**Tabla N°22:** 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°19. No toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Se debe tener en cuenta que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de dichos valores. Se puede usar la siguiente tabla 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°23: Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	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, E. (2007).

Los valores de la tabla N°19 corresponden a mezclas sin aire incorporado, para la elección del aire atrapado se tomará de la Tabla N°21.

**Tabla N°24. Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.**

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

Fuente: Rivva, E. (2007).

### 2.2.7.5 ELECCIÓN DE LA RELACIÓN DE 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.

#### 2.2.7.5.1 POR RESISTENCIA

Para concretos preparados con Cemento Portland, puede tomarse la relación a/c de la tabla N°25 o 26.

Tabla N°25. Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS $f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
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: Fuente: Rivva, E. (2007).

Tabla N°26. Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RELACIÓN AGUA / CEMENTO	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS ( $f'_{cr}$ )	
	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: Fuente: Rivva, E. (2007).

### 2.2.7.5.2 POR DURABILIDAD

El Reglamento Nacional de Edificaciones, manifiesta de que si se requiere un concreto de baja permeabilidad o el concreto ha de estar sometidos a congelación o deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla N°25.

**Tabla N°27: Requisitos para condiciones especiales de exposición.**

CONDICIÓN DE LA EXPOSICIÓN	Relación máxima agua-material cementante (en peso) para concreto de peso normal	f'c mínimo(Mpa) para concretos de peso normal o con agregados ligeros
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.5	28
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos des congelantes.	0.45	31
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.4	35

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

### 2.2.7.6 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.

$$\text{contenido de cemento} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua de mezcla} \left( \frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}{\text{relacion} \frac{a}{c} \text{ (para } f'_{cr} \text{)}} \quad (\text{Ec. ... 05})$$

$$\text{volumen de cemento}(\text{m}^3) = \frac{\text{contenido de cemento}(\text{kg})}{\text{peso específico del cemento} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \quad (\text{Ec. ... 06})$$

## 2.2.7.7 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO

### 2.2.7.7.1 MÉTODO DEL MÓDULO 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°26.

**Tabla N°28: Módulo de fineza de la combinación de agregados.**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	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: Universidad de Maryland, Rivva, E. (2007).

De la tabla N°26 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 formula:

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} * 100 \quad (Ec. \dots 07)$$

Dónde:

- 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.

### 2.2.7.8 AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

El contenido de agua añadida para formar parte de la pasta será afectada 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. El aporte de humedad de los agregados se calcula con la siguiente fórmula:

$$AF = \text{Peso Agregado Fino Seco} * (\text{Contenido de Humedad} - \text{Absorción})$$

$$AG = \text{Peso Agregado Grueso Seco} * (\text{Contenido de Humedad} - \text{Absorción})$$

### 2.2.7.9 CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO

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

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

### 2.2.7.10 CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

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

## **2.2.8 PRUEBAS DE ENSAYOS**

### **2.2.8.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS**

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.

#### **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.**

Tenemos a la máquina de compresión, para realizar el ensayo a compresión.

#### **2.2.8.2 CURADO**

##### **2.2.8.2.1 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.

##### **2.2.8.2.2 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.

##### **2.2.8.2.3 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.

##### **2.2.8.3 PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN ( NTP339.034)**

La resistencia a compresión del concreto se puede diseñar de tal manera que tenga una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión, en tanto 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 resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usa fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'_c$  del proyecto.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines del control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción.

Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

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 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 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.
- ✓ **Aditivo Chema Estruct:** Es una sustancia química líquida que al ser adicionado a la mezcla de concreto acelera el proceso de endurecimiento y produce importantes ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, contiene agentes plastificantes y en climas de bajas temperaturas trabaja como anticongelante. Su efecto es sobre toda mezcla de concreto, tanto con cementos Portland como también Puzolánicos, muy resistente a las sales y sulfatos.
- ✓ **Aditivo plastificante:** También llamados plastificadores son aditivos que suavizan los materiales de las mezclas de 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.
- ✓ **Agua de curado:** El agua no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras
- ✓ **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.
- ✓ **Cementos portland:** proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Pórtland.
- ✓ **Cemento Pacasmayo:** Cemento común, para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren de las propiedades especiales.
- ✓ **Cemento Inka:** es un cemento de uso general y compatible con agregados convencionales y con aditivos dosificados adecuadamente.
- ✓ **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.
- ✓ **Dosificación:** implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos.
- ✓ **Especímenes de concreto:** Son las probetas de concreto elaboradas con el fin de investigación.

- ✓ **Estabilidad de volumen:** Se define como la estabilidad de volumen de un cemento a la capacidad de este para mantener un volumen constante una vez fraguado.
- ✓ **Fraguado:** El término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento.
- ✓ **Granulometría:** Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136).
- ✓ **Investigación experimental:** Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada.
- ✓ **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.
- ✓ **Módulo de Finura de la Combinación de Agregados:** Método de diseño de mezcla empleado para determinar las proporciones de los componentes del concreto.
- ✓ **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.
- ✓ **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.
- ✓ **Revenimiento:** Asentamiento del concreto cuando se ensaya en el cono de Abrams.
- ✓ **Sanidad:** Se define como la capacidad de los agregados para resistir variaciones excesivas de volumen debido a las condiciones físicas cambiantes.

- ✓ **Sangrado:** Relación entre la cantidad de agua que aparece en la superficie de una muestra y la cantidad total contenida en el concreto colocado.
- ✓ **Segregación:** Separación en mortero y agregado grueso, causada por el asentamiento de dicho agregado.
- ✓ **Tamaño máximo nominal.** Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido.
- ✓ **Variables:** Es una 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.
- ✓ **Viscosidad:** Propiedad del concreto para adherirse sus agregados entre sí.

**CAPÍTULO III**  
**(MATERIALES Y MÉTODOS)**

### 3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales “Carlos esparza Díaz”, en el edificio 1 C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N° 1050, entre los meses de Marzo a Julio de 2015, durante cinco (05) meses consecutivos

### 3.2 PROCEDIMIENTO

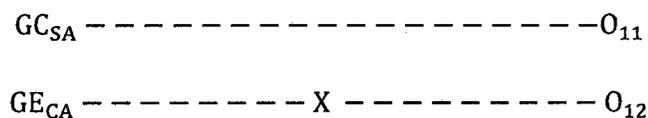
#### 3.2.1 ASPECTOS PREVIOS

El **tipo** de investigación de esta tesis fue aplicada, con un nivel descriptivo en su primera parte, luego explicativo y finalmente comparativo. Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental.

La **unidad de análisis** es denominada “espécimen de concreto”. La **población** de estudio fue el conjunto de especímenes de concreto, la **muestra** es de 120 especímenes en total los cuales serán experimentadas a la compresión a los 28 días. De los cuales se dividen en 4 grupos: 30 especímenes para ser experimentada a la compresión del concreto sin aditivo utilizando cemento Pacasmayo Tipo I; 30 especímenes para ser experimentada a la compresión del concreto sin aditivo utilizando cemento Inka Tipo I Co; 30 especímenes para ser experimentada a la compresión del concreto con aditivo Chema Estruct utilizando cemento Pacasmayo Tipo I; 30 especímenes para ser experimentada a la compresión del concreto con aditivo Chema Estruct utilizando cemento Inka Tipo I Co.

El **diseño** de la investigación se realizó en dos partes: diseño 1 y diseño 2.

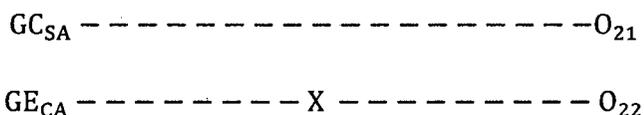
#### Esquema de diseño I:



Donde las siglas GC<sub>SA</sub> es denominado “Grupo de Control sin Aditivo”, que se refiere a la resistencia a compresión utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I, sin aditivo. Las siglas GE<sub>CA</sub> es denominado “Grupo Experimental con Aditivo” que refiere a la resistencia a la

compresión utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I, con aditivo Chema Estruct representado por la letra “X”. La sigla O<sub>11</sub>, indicada observación realizada al grupo de control sin aditivo (GC<sub>SA</sub>), que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo. La sigla O<sub>12</sub> indica la observación realizada al grupo experimental con aditivo (GE<sub>CA</sub>) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I con aditivo.

**Esquema de diseño II:**



Donde las siglas GC<sub>SA</sub> es denominado “Grupo de Control sin Aditivo”, que se refiere a la resistencia a compresión utilizando Cemento Inka Tipo I Co, sin aditivo. Las siglas GE<sub>CA</sub> es denominado “Grupo Experimental con Aditivo” que refiere a la resistencia a la compresión utilizando Cemento Inka Tipo I Co, con aditivo Chema Estruct representado por la letra “X”. La sigla O<sub>21</sub>, indicada observación realizada al grupo de control sin aditivo (GC<sub>SA</sub>), que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Inka Tipo I Co sin aditivo. La sigla O<sub>22</sub> indica la observación realizada al grupo experimental con aditivo (GE<sub>CA</sub>) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Inka Tipo I Co con aditivo.

**3.2.2 COMPONENTES, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

**3.2.2.1 COMPONENTES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

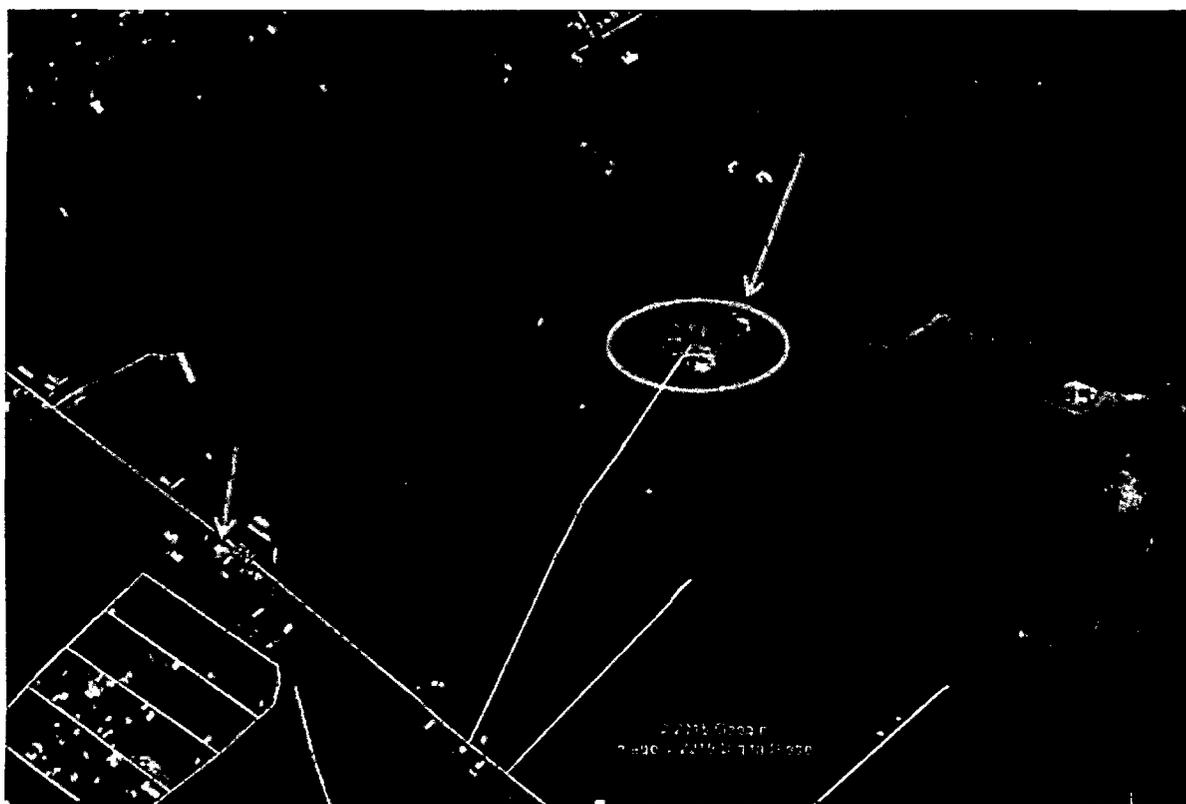
- Laboratorio de Ensayos de Materiales.

**3.2.2.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

- Cemento Pacasmayo Tipo I, norma ASTM C-150, NTP334.009, con peso específico 3.12 g/cm<sup>3</sup>.
- Cemento Inka tipo I Co, norma ASTM C-595, NTP334.090, con peso específico 3.05 g/cm<sup>3</sup>.

- Agregados: Fino (arena) y grueso (piedra chancada), procedentes de la cantera “La Victoria”, ubicada en el rio Chonta.
- Los agregados de estudio se obtuvieron de la Planta de Chancado “La Victoria”, propiedad del señor Ciro Banda Culqui, los agregados son extraídos de las márgenes del rio Chonta, ubicado en la provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datun WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 0779892.11 Este y 9205018.95 Norte, a una altitud de 2637 m.s.n.m.

**Figura N°11: Plano de ubicación de la cantera “La Victoria”.**



- Agua potable, proveniente de la red pública de servicio de agua en Cajamarca.
- Aditivo Chema Estruct, norma ASTM C - 494, tipo C.
- Aire, que se encuentra en forma natural en los ambientes del laboratorio.

### **3.2.2.3 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

- ❖ Estufa para secar las muestras de agregado.
- ❖ Balanza para medir el peso de los agregados y cemento.
- ❖ Prensa hidráulica para aplicar carga a compresión axial a los especímenes.
- ❖ Deformímetro para medir la deformación de los especímenes según el incremento de carga.
- ❖ Cronómetro para medir el tiempo de duración del ensayo a compresión desde el inicio de aplicación de carga hasta la rotura.
- ❖ Vernier para medir las dimensiones de los especímenes antes del ensayo a compresión.
- ❖ Cono de Abrams, plancha metálica y varilla, para medir el Slump o Asentamiento del concreto.
- ❖ Máquina de los Ángeles para medir el porcentaje de desgaste del agregado grueso.
- ❖ Equipo (probeta, varilla), para determinar el peso unitario de los agregados y del concreto.
- ❖ Mezcladora de concreto.
- ❖ Juego de Tamices para granulometría de agregados fino y grueso.
- ❖ Probeta de vidrio graduada para medir agua en cantidades pequeñas.
- ❖ Molde cónico para determinar si el agregado fino si alcanza el estado superficialmente seco.
- ❖ Fiola de 500 cm<sup>3</sup> graduada para medir el peso específico del agregado fino.

### **3.2.2.4 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN**

- ❖ Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.
- ❖ Marcador de concreto para codificar los especímenes.
- ❖ Badilejo grande y pequeño para remezclar el concreto en la bandeja.
- ❖ Bandeja para llevar el concreto.
- ❖ Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la máquina de compresión.
- ❖ Alicates.

- ❖ Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- ❖ Palana para llenar los recipientes con agregado para su posterior pesado.
- ❖ Balde para trasladar los agregados hacia el trompo.
- ❖ Cucharón para llenar los moldes de los especímenes.

### **3.2.3 OBTENCIÓN DE AGREGADOS**

Los agregados materia de estudio, se encuentran de forma dispersa a lo largo del Río Chonta, en un área de explotación de la cantera de aproximadamente de seis mil novecientos setenta y ocho (6978 m<sup>2</sup>), aproximadamente la potencia de explotación de la cantera llega en su punto más profundo a un metro con cincuenta centímetros (1.50 m). Los materiales son extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada que consta de cargadores frontales de tres metros cúbicos de capacidad de pala (3 m<sup>3</sup>), y transportado por volquetes de quince metros cúbicos de capacidad de tolva (15 m<sup>3</sup>), estos últimos transportan el material a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta. El material es triturado y separado mecánicamente a través de la máquina aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2" y 3/4", para su posterior despacho.

### **3.2.4 PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS**

#### **3.2.4.1 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN**

- ❖ Norma técnica para el Agregado Fino: NTP 400.022 Y ASTM C 128.
- ❖ Norma técnica para el Agregado Grueso: NTP 400.021 Y ASTM C 127.

### **AGREGADO GRUESO**

#### **a. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES**

Balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5 kg, cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm, depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua, estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C±5°C, termómetro con aproximación de 0.5°C.

**b. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 110°C, y luego se sumergió en agua durante 24 horas, se sacó la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño absorbente.

**c. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO**

Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca, después de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre, y se determinó su peso en agua, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 110°C, se dejó enfriar y se determinó su peso.

**d. EXPRESIÓN DE RESULTADOS (Ver anexos A)**

Formulas a emplear:

$$\text{Peso Especifico de Masa} = \frac{A}{B - C} \quad (\text{Ec. ... 08})$$

$$\text{Peso Especifico Saturado Superficialmente Seco} = \frac{B}{B - C} \quad (\text{Ec. ... 09})$$

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{A}{A - C} \quad (\text{Ec. ... 10})$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - C}{A} * 100 \quad (\text{Ec. ... 11})$$

Dónde:

A: Peso en aire de la muestra seca al horno (gr).

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficie seca (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

## AGREGADO FINO

### a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad no menor de 1 kg, frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm<sup>3</sup>, calibrado gasta 0.10 cm<sup>3</sup> a 20°C, molde cónico metálico de diámetro menor 4 cm de diámetro mayor 9 cm y altura 1.5 cm, varilla de metal con un extremo redondeado, de (25±3) mm de diámetro y (340±15) gr de peso.

### b) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se seleccionó por cuarteo 1000g, se colocó en un envase y se puso a secar en la estufa a una temperatura de 110°C, se retiró la muestra y se cubrió con agua y se dejó en reposo por 24 horas, se extendió en una superficie plana de aire tibio y se removió con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continuó esta operación hasta que los granos de agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levantando verticalmente el molde, hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado de superficie seca.

### c) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se introdujo 500g del material preparado, y se llenó de agua hasta alcanzar casi la marca de 500, se eliminó las burbujas de aire, se llenó con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco, se sacó el agregado fino del frasco, se secó hasta una temperatura de 110°C y se determinó su peso. Finalmente se llenó el picnómetro hasta la marca de calibración con agua y se determinó su peso.

### d) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)

Formulas a emplear:

$$\text{Peso Especifico de Masa} = \frac{W_o}{V - V_a} \quad (\text{Ec. ... 12})$$

$$\text{Peso Especifico Saturado Superficialmente Seco} = \frac{500}{V - V_a} \quad (\text{Ec. ... 13})$$

$$\text{Peso Especifico Aparente} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \quad (\text{Ec. ... 14})$$

$$\text{Absorción} = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100 \quad (\text{Ec. ... 15})$$

Dónde:

W<sub>o</sub>: Peso en aire de la muestra secada al horno (gr).

V: Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

V<sub>a</sub>: Peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida al frasco.

### 3.2.4.2 PESO UNITARIO

❖ Norma técnica: NTP 400.017 y ASTM C - 29 / C - 29M.

#### a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1 % del peso de la muestra, barra compactadora de acero liso circular recta de 5/8" de diámetro y 60 cm de largo, recipiente cilíndrico y de metal suficiente rígido para condiciones duras de trabajo.

#### b) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Para la determinación del peso unitario la muestra deberá de estar completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

#### c) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

##### ➤ PARA EL PESO UNITARIO SUELTO

Se llenó el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5cm, por encima del borde superior del recipiente, se eliminó el excedente del agregado con una espátula para equilibrar los vacíos, se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío con una exactitud de 5g.

➤ **PESO UNITARIO COMPACTADO**

Se llenó el recipiente hasta la tercera parte y se niveló la superficie con los dedos, se apisonó la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, se llenó hasta las 2/3 partes del recipiente y se niveló y apisonó con 25 golpes como la manera anterior. Luego se llenó completamente el recipiente hasta rebosar, se golpeó 25 veces con la barra compactadora (varilla de hacer de 16mm de diámetro y 60cm de longitud), se enrasó el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y con los dedos para equilibrar los vacíos. En el apisonado de la primera capa se buscó no tocar el fondo del recipiente con la fuerza de la varilla, en la segunda y tercera capa se evitó traspasar la varilla a la capa anterior, se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío.

**d) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)**

El recipiente se calibró determinado con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7°C, el factor (F), se obtuvo dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (1000 kg/m<sup>3</sup>) por el peso del agua a 16.7°C necesario para llenar la medida.

Formula emplear:

$$F = \frac{1000 \text{ kg/cm}^3}{W_a (16.7^\circ\text{C})} \quad (\text{Ec. ... 16})$$

$$P.U. = \frac{W_s}{V} \quad \text{ó} \quad P.U. = W_s * F \quad (\text{Ec. ... 17})$$

Dónde:

W<sub>a</sub>: Peso del agua para llenar el recipiente a 16.7°C.

W<sub>s</sub>: Peso neto del agregado (kg).

V: Volumen del molde cilíndrico (m<sup>3</sup>).

F: Factor para el recipiente (L/m<sup>3</sup>).

### 3.2.4.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

❖ Norma técnica: NTP 339.185.

#### a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Balanza con sensibilidad de 0.1g y cuya capacidad no sea menor de 1kg, recipiente adecuado para colocar la muestra de ensayo, estufa a temperatura de 105°C – 110°C.

#### b) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda), se llevó el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110°C, se pesó el recipiente con la muestra seca (peso recipiente más muestra seca) y se determinó la cantidad de agua evaporada.

Ww: Peso del recipiente más mezcla húmeda – peso del recipiente más muestra seca.

Ws: Peso del recipiente + muestra seca – peso del recipiente.

#### c) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)

Formula a emplear:

$$W_{\%} = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (Ec. \dots 18)$$

Dónde:

Ww: Peso del agua evaporada.

Ws: Peso de la muestra seca.

W%: Porcentaje de humedad.

### 3.2.4.4 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El procedimiento que se utilizó fue el mecánico o granulometría por tamizado para el agregado fino y grueso encontrando su distribución granulométrica y módulo de finura.

Según las normas NTP 400.012, ASTM C - 136, AASHTO T - 27.

#### a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Balanza con sensibilidad de 1g, juego de tamices conformado por: Para el agregado fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100. Para el agregado grueso 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", una estufa capaz de mantener una temperatura de 110°C, taras y recipientes.

#### b) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas. (Ver Tabla N° 10), para el agregado fino será según lo establecido en los husos granulométricos del agregado fino de la Norma Técnica Peruana (NTP 400.37), (Ver tabla N°08).

#### c) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Para el agregado grueso y para el agregado fino: Se colocó el agregado en la estufa a una temperatura de 110°C, hasta conseguir peso constante, se colocó la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según la abertura, se realizó el tamizado en forma manual con movimientos de vaivén hasta observar que no pase de un tamiz a otro. Con esta distribución granulométrica se verificó los requerimientos de la NTP 400.037(husos granulométricos).

Luego se determinó el **módulo de finura**, que es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz N°100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido entre 100.

**d) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)**

**MÓDULO DE FINURA PARA EL AGREGADO FINO.**

$$M.F. = \frac{\sum \% Ret. Acum(N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}5 + N^{\circ}100)}{100} \quad (Ec. \dots 19)$$

**MÓDULO DE FINURA PARA EL AGREGADO GRUESO.**

$$M.F. = \frac{\sum \% Ret. Acum(N^{\circ}4 + 3/8 + 3/4" + 1 1/2" )}{100} \quad (Ec. \dots 20)$$

El análisis granulométrico se determinó de acuerdo a la NTP 400.011 el tamaño máximo nominal del agregado grueso (Ver anexos A).

**3.2.4.5 MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N°200**

❖ Norma técnica: NTP 400.018.

**a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES**

El ensayo consistió en lavar la muestra de agregado y pasar el agua del lavado por el tamiz # 200 (74 micrones), la pérdida de masa resultante de lavado se calculó como el porcentaje de la muestra original y fue expresada como la cantidad de material que pasa el tamiz # 200.

**b) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)**

Formula a emplear:

$$F = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad (Ec. \dots 21)$$

Dónde:

F: % de material que pasa el tamiz N°200.

Wo: Peso de la muestra original (gr).

W%: Peso de la muestra después del lavado (gr).

### 3.2.4.6 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

❖ Norma técnica: NTP 400.019.

#### a) SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

La máquina de los ángeles, balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo, estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada uno con un peso entre 390 y 445gr.

#### b) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra de ensayo estuvo constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar y secada en una estufa a 110°C, hasta un peso aproximadamente constante.

#### c) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se colocó la muestra de ensayo de acuerdo al peso establecido por la NTP 400.019 seleccionada de acuerdo a los pesos retenidos en las mallas como lo especifica la norma, haciendo un total de 5000g y la carga abrasiva para una gradación A, en la máquina de los ángeles que gira a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones. Cuando terminó las revoluciones se descargó el material y se lavó por el tamiz N°12, luego se secó este retenido lavado en el horno a una temperatura de 110 °C por un espacio de 24 horas. Secada la muestra se procedió a pesarla, obteniéndose así un valor que será remplazado en la fórmula para obtener el resultado de la abrasión.

#### d) EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS (Ver anexos A)

Formula a emplear:

$$\% \text{ de Abrasión} = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad (\text{Ec. ... 22})$$

Dónde:

W<sub>a</sub>: % de abrasión.

W<sub>o</sub>: Peso original de la muestra (gr).

W<sub>f</sub>: Peso final de la muestra (gr).

Una vez concluida con la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados, resumidos en la tabla N° 26, se procedió al diseño de mezclas.

### 3.2.5 DISEÑO DE MEZCLAS

Se obtuvo las mezclas, para  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando los dos tipos de cemento: Pacasmayo Tipo I e Inka Tipo I Co. Primeramente se obtuvo las mezclas de control sin aditivo, posteriormente se obtuvo las mezclas de experimentación con diferentes proporciones de aditivo Chema Estruct, según las especificaciones indicadas en la hoja técnica, con el fin de tener la proporción óptima.

Luego, la proporción óptima de aditivo se utilizó en las mezclas de los grupos de experimentación (GES<sub>A</sub>, GECA), con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera "La Victoria", agua potable de la ciudad universitaria (UNC) y los Cementos Pacasmayo Tipo I e Inka Tipo I Co independientemente. La obtención de las proporciones de estas mezclas con el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados. (Ver anexos A).

#### 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 o slump.
- ❖ 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.
- ❖ Recipiente para determinar el Peso Unitario del Concreto Fresco.
- ❖ Especímenes metálicos.

## b) PROCEDIMIENTO

Para el diseño de mezcla se siguió el siguiente procedimiento:

Se realizó el diseño de mezclas, para un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando los dos tipos de cemento mencionados. Primeramente se procedió a realizar la mezcla de control, sin aditivo, posteriormente se diseñó mezclas de prueba con diferentes proporciones de aditivo Chema Estruct especificadas en la hoja técnica, con el fin de determinar la proporción óptima.

Una vez determinada dicha proporción se lo utilizó en el diseño de mezcla de experimentación, con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera La Victoria del Rio Chonta, agua potable de la ciudad universitaria (UNC), y los Cementos Pacasmayo e Inka independientemente. Este diseño se realizó por el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados; y estos fueron los pasos se siguieron para obtener las dosificaciones.

### ❖ SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO ( $f'cr$ )

Requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada ( $f'c$ ), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable en obra se utilizó la tabla N°16.

### ❖ SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

Se escogió (TMN = 3/4"), porque este permite colar elementos medianamente reforzados.

❖ **ELECCIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA**

Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica tomando como referencia la tabla N°17.

❖ **DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA DE MEZCLADO**

Se utilizó la tabla N°21, ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (concreto sin aire incorporado).

❖ **DETERMINAR EL PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO**

Se utilizó la tabla N°22, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

❖ **SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA – CEMENTO**

Requerida para obtener la resistencia deseada. Se tuvo en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad, se ingresó a la tabla N° 24, con  $f'_{cr}$  y para un concreto sin aire incorporado se determinó (a/c).

❖ **DETERMINACIÓN DEL FACTOR CEMENTO**

Por unidad cubica de concreto en función de la relación agua - cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Relación } A/C} \quad (\text{Ec. ... 23})$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO**

El volumen absoluto está en función del factor cemento y del peso específico del cemento, los dos cementos utilizados difieren en pesos específicos por lo que variaron las proporciones. El factor cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico del cemento

❖ **DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PASTA**

El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado dividida entre su peso específico más el porcentaje de aire atrapado.

❖ **DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS AGREGADOS**

El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cúbica de concreto el volumen de las pasta.

❖ **CÁLCULO DE LA INCIDENCIA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO RESPECTO DEL AGREGADO GLOBAL**

En este paso es donde interviene el método del módulo de finura de la combinación de agregados, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$rf = \frac{(mg - mc)}{(mg - mf)} * 100 \quad (Ec. \dots 24)$$

De las propiedades de los agregados disponemos de los datos de mg y mf, que vienen a ser el módulo de finura del agregado grueso y fino respectivamente, para encontrar el valor de mc, que representa el módulo de la combinación de agregados, ingresamos a la tabla N° 26, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado y encontramos mc, rf representa el porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje respectivo por el volumen absoluto de los agregados.

❖ **CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS**

Se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

❖ **CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGRAGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO**

Se partió encontrando los pesos húmedos de los agregados, multiplicando su peso por su respectivo contenido de humedad, luego se encontró la humedad superficial de los agregados sumando algebraicamente su contenido de humedad más su absorción, luego se determinó el aporte de humedad de los agregados multiplicando su peso seco por el porcentaje de humedad superficial de los agregados, se encontró el aporte total de los agregados sumando algebraicamente los aportes independientes de los mismos, finalmente se encontró el agua efectiva, para ello se toma en cuenta el aporte de los agregados si es negativo significa que hay que sumarle agua de no ser así se hace lo contrario.

❖ **PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES YA CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

Se determinó el peso de los demás componentes con respecto al peso de una bolsa de cemento.

### **3.2.6 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO**

Se realizó según la Norma NTP 339.183

#### **3.2.6.1 PROCEDIMIENTO**

##### **3.2.6.1.1 MEZCLADO**

Una vez encontrada las proporciones para una tanda de diseño de 0.02m<sup>3</sup>, que permita colar 3 tres probetas estándar de ensayo, se procedió a su elaboración. Primeramente se pesó y midió adecuadamente cada uno de los componentes los agregados y cemento haciendo uso de la balanza, la cantidad requerida de agua, así como el aditivo utilizado en las mezclas de experimentación se lo midió haciendo uso de las probetas graduadas de vidrio, una vez medidos los componentes se los puso a mezclar a la mezcladora de concreto, introduciendo primeramente el agregado grueso con una parte del agua de mezcla, se puso en funcionamiento la mezcladora y se agregó el agregado fino y el

cemento, se mezcló aproximadamente 03 minutos, luego se reposo aproximadamente 03 minutos cubriendo la parte superior de la mezcladora, finalmente se mezcló 02 minutos, se vació la mezcla en una bandeja limpia con la mezcladora en funcionamiento. Cuando se utilizó aditivo en la mezcla el aditivo fue mezclado completamente con el agua y se siguió el mismo procedimiento de mezcla.

#### **3.2.6.1.2 MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO**

Con la mezcla en la bandeja se procedió inmediatamente a la medición del asentamiento (Slump) a través del cono de Abrams de acuerdo a la NTP 339.035, con el siguiente procedimiento: Se humedeció primeramente el cono y la placa de base, se lo colocó en un lugar adecuado y se lo fijó (ver figura N°09), luego con la ayuda de un cucharón se llenó la tercera parte, se lo compactó con la varilla metálica con 25 golpes distribuidos uniformemente, se llenó las 2/3 partes y compactó como en el paso anterior, se lo llenó completamente hasta el rebose y compactó con 25 golpes, luego se lo enrasó con la varilla compactadora, con cuidado se lo retiró verticalmente el cono y se lo colocó de madera invertida sobre de la placa metálica a lado de la mezcla, se colocó horizontalmente la varilla compactadora y con la ayuda de una regla graduada se midió el asentamiento (ver figura N°09).

#### **3.2.6.1.3 LLENADO DE MOLDES**

Inmediatamente después de medido el asentamiento se regresó la mezcla a la bandeja y se remezcló, con un cucharón y se procedió inmediatamente al llenado del molde cilíndrico previamente acondicionado (ajustado y aceitado para evitar adherencia del concreto a las paredes del molde al momento del desencofrado), con el cucharón se introdujo la mezcla hasta la tercera parte del molde, con la varilla compactadora se golpeó 25 veces uniformemente en la superficie del concreto, con el martillo de goma se golpeó 12 veces las paredes exteriores del molde en su tercera parte, luego se llenó las 2/3 partes y se repitió el paso anterior, finalmente se llenó la última capa hasta el rebose y se compactó con la varilla metálica y golpeándose con el martillo de goma 12 veces en las paredes exteriores del molde, se enrasó con la varilla y se alisó con una plancha, se quitó el material excedente y

se pesó la probeta con concreto fresco para la determinación de peso unitario del concreto, se lo cubrió con una bolsa plástica y trasladó y acondicionó en un lugar adecuado para luego ser desmoldado a las 24 horas.

#### **3.2.6.1.4 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 los 28 días de elaborado.

#### **3.2.7 PRUEBA DE ESPECÍMINES A LA COMPRESIÓN**

El ensayo de resistencia a la compresión se llevó a cabo a la edad de 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, las deformaciones, el tiempo que duró el ensayo, la carga última de rotura y el tipo de falla. Los datos antes descritos se registraron de acuerdo a la norma NTP 339.034.

##### **3.2.7.1 PROCEDIMIENTO**

Luego que los especímenes fueron curados durante 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 la siguiente manera:

Con la maquina encendida, se colocó el espécimen en la máquina de ensayo a compresión, se ubicó primeramente la placa circular inferior de refrentado con almohadilla de neopreno adecuadamente centrada, luego se colocó el espécimen alineado su eje con el centro de la placa, luego se colocó la placa superior correctamente centrada, posteriormente se bajó cuidadosamente la prensa hasta superponerse al espécimen.

Se ubicó el deformímetro en el lugar adecuado y se procedió a aplicar carga axial uniforme y continua hasta la rotura del espécimen, teniendo en cuenta el rango de velocidad de carga

normado (0.20 a 0.30 Mpa/s), verificando y anotando las deformaciones por cada tonelada de carga aplicada.

Se controló el tiempo de duración de la prueba contabilizado desde el primer incremento de carga hasta la rotura.

Una vez rota la probeta se registró la carga de rotura y analizó el tipo de fractura.

### 3.2.7.2 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 se encuentra los siguientes resultados:

#### # **ÁREA**

Se calculó el área encontrando el diámetro promedio en cm y aplicando la fórmula de área de la sección circular:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (Ec. \dots 25)$$

Dónde:

A= Área del espécimen.

D= Diámetro del espécimen.

#### # **ESFUERZO**

Representa la resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>), se calculó dividiendo la carga de rotura en kilogramos entre el área en cm<sup>2</sup>.

#### # **PESO UNITARIO DE CONCRETO**

Con el dato de altura y diámetro promedio del espécimen, se calculó su volumen en m<sup>3</sup> y con el dato de peso del espécimen se encontró el peso unitario del concreto en (kg/m<sup>3</sup>), aplicando la siguiente fórmula:

$$PUC^{\circ} = \frac{P}{V} \quad (Ec. \dots 26)$$

Dónde:

P= Peso del espécimen (kg).

V= Volumen del espécimen (m<sup>3</sup>).

PUC°= Peso Unitario del Concreto (kg/m<sup>3</sup>).

El tiempo que demora la rotura sirvió para tener una idea de cuánto puede soportar una estructura de concreto antes de llegar al colapso para una sollicitación de carga determinada.

El registro del tipo de fractura sirvió para analizar la falla de la pasta o de los agregados, como también tener conocimiento de la correcta elaboración de especímenes.

Se realizó las curvas esfuerzo deformación unitaria y se calculó gráficamente el módulo de elasticidad para cada espécimen.

### **3.3 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<sub>SA</sub>, GC<sub>SA</sub>) como en los grupos de experimentación (GE<sub>CA</sub>, GE<sub>CA</sub>).

Los resultados del tratamiento y análisis de los datos de las características de los materiales fueron del cemento, agua, de los agregados y del aditivo. Se presentaron las siguientes características de los agregados: 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, características de los ensayos en resumen, y los requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto. Estos resultados de las características de los materiales se presentaron en los anexos A. El resultado de las características del Huso granulométrico C, y el Huso granulométrico 57 se presentó en un gráfico de dispersión para los tres ensayos de la caracterización de los materiales.

Los datos se trataron y analizaron de acuerdo a los dos diseños de la investigación y se presentaron los resultados según las observaciones O11, O12, O21 y O22. La presentación

de estos datos se dio en tablas y gráficos. En las tablas se consideraron diez columnas: el número de orden, la codificación, la altura, el diámetro, el área, el peso, la carga, el esfuerzo, tipo de falla y el modo de falla de cada uno de los especímenes tanto del grupo de control como del grupo experimental. En los gráficos de barras y de dispersión sólo se consideró el esfuerzo (resistencia a la compresión) que es la variable dependiente donde se midió la influencia del aditivo (variable independiente) para cada tipo de cemento.

El análisis de datos de las observaciones de los diseños uno y dos de la investigación se realizó teniendo en cuenta el promedio de la resistencia a la compresión de los 30 especímenes por cada grupo: GC<sub>SA</sub>, GC<sub>SA</sub>, GE<sub>CA</sub>, GE<sub>CA</sub>, que coincide con el logro de los cuatro primeros objetivos planteados en la investigación, con la presentación de sus resultados en una tabla de resumen.

Utilizando el método de la comparación, se analizaron los datos tanto del primer grupo de control (GC<sub>SA</sub>), sin aditivo, con el primer grupo experimental (GE<sub>CA</sub>), con aditivo, para determinar el nivel de variación entre la resistencia a la compresión, ambos, con el cemento Pacasmayo Tipo I, que es coherente con el logro del quinto objetivo.

Con el mismo método de la comparación, se analizaron los datos tanto del segundo grupo de control (GC<sub>SA</sub>), sin aditivo, con el segundo grupo experimental (GE<sub>CA</sub>), con aditivo, para determinar el nivel de variación entre la resistencia a la compresión, ambos, con el cemento Inka, que es coherente con el logro del sexto objetivo.

Finalmente, se compararon tanto el resultado promedio de la resistencia a la compresión del primer grupo experimental (GE<sub>CA</sub>), con aditivo y cemento Pacasmayo Tipo I, con el resultado promedio de la resistencia a la compresión del segundo grupo experimental (GE<sub>CA</sub>), con aditivo y cemento Inka, que es coherente con el logro del séptimo objetivo.

Con el análisis de los resultados promedios anteriores se realizó la prueba de hipótesis indicando la contrastación de la hipótesis general.

# **CAPÍTULO IV**

**(ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE  
RESULTADOS)**

#### 4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

###### 4.1.1.1 CEMENTO

Tabla N°29. Tipos de Cementos utilizados en la Investigación.

CEMENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN		
TIPO DE CEMENTO	PESO ESPECIFICO	NORMA TÉCNICA
PACASMAYO TIPO I	3.12 g/cm <sup>3</sup>	ASTM C - 150
INKA TIPO I Co	3.05 g/cm <sup>3</sup>	ASTM C - 595

###### 4.1.1.2 AGUA

Tabla N°30. Agua Potable utilizada.

AGUA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN		
DESCRIPCIÓN	PESO ESPECIFICO	NORMA TÉCNICA
AGUA	1.00 gr/cm <sup>3</sup>	NTP 339.088

###### 4.1.1.3 ADITIVO

Tabla N°31. Aditivo Utilizado en la Investigación.

ADITIVO UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN				
ADITIVO	PESO ESPECIFICO	NORMA TÉCNICA	DOSIFICACIÓN	
CHEMA ESTRUCT	1.32 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM C - 494	250 ml	375 ml 500 ml

###### 4.1.1.4 AGREGADOS

❖ Agregados Fino y Grueso.

Los agregados cumplen con la siguiente norma técnica:

- Norma Técnica: NTP 400.037 y ASTM C 33.

**Tabla N°32.** Resumen de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados.

<b>PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b>		
<b>PROPIEDAD FÍSICA</b>	<b>AGREGADO</b>	
	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>
PERFIL	-	Angular
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	3/4"
PESO ESPÉCIFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595 gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPÉCIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.708 gr/cm <sup>3</sup>	2.617 gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPÉCIFICO APARENTE	2.806 gr/cm <sup>3</sup>	2.617 gr/cm <sup>3</sup>
ABSORCIÓN	5.094 %	0.849 %
PESO UNITARIO SUELTO SECO	1439.435 kg/m <sup>3</sup>	1559.036 kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO	1587.006 kg/m <sup>3</sup>	1610.843 kg/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.401 %	1.421 %
PARTICULAS MENORES A LA MALLA N° 200	3.131	0.707
ABRASIÓN	-	23.600 %
MÓDULO DE FINURA	3.570	7.182

#### **4.1.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Para la determinación de las características necesarias para el diseño de mezcla de los dos tipos de **cementos** utilizados en la investigación no se realizó ensayos, fueron tomados de las hojas técnicas de dichos cementos.

Respecto 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** "La Victoria", se obtuvieron del promedio de los datos obtenidos de tres ensayos consecutivos por cada propiedad necesaria, como se indica en la tabla N°32.

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

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037), establece los siguientes requerimientos que debe cumplir los agregados para concreto, el cual esta expresados en la siguiente tabla N° 33.

**Tabla N°33.** Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.

<b>AGREGADO FINO</b>			
<b>ENSAYO</b>		<b>REQUISITO - NTP 400.037</b>	<b>OTRAS ESPECIFICACIONES</b>
Muestreo		Muestra Mínima $\geq$ 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 menor que pasa el Tamiz N° 200	Agregado Fino	Máximo 3% ( Concreto sujeto a Abrasión)	-
	Agregado Fino Chancado	Máximo 5% ( Otros Concretos)	-
Partículas Deleznables		Máximo 3%	-
Peso Especifico (gr/cm <sup>3</sup> )		-	2.3 - 2.9
Absorción (%)		-	0.2- 3.5
Contenido de Humedad (%)		-	8 aproximado
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Compactado	-	1550 - 1750
	Suelto	-	1240 - 1400

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

**Tabla N°34.** Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.

AGREGADO GRUESO			
ENSAYO		REQUISITO - NTP 400.037	OTRAS ESPECIFICACIONES
Muestreo		Medida: Tabla N°1, NTP 400.010	-
Forma y Textura Superficial		Las que generen > durabilidad y resistencia al concreto.	
Análisis Granulométrico		Huso Granulométricos	-
Tamaño Máximo		En el concreto no se encontraran partículas más grandes. Sera el pasante por el tamiz de 2 1/2" (según RNE).	
Material menor que pasa el Tamiz N° 200		Máximo 1%	-
Partículas Deleznables		Máximo 5%	-
Resistencia a Abrasión		Máximo Perdida 50%	-
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )		-	2.3 - 2.9
Absorción (%)		-	0.2- 3.5
Contenido de Humedad (%)		-	4 aproximado
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Compactado	-	1620 - 2016
	Suelto	-	1350 - 1680

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

- ⚡ La **granulometría** del agregado fino no se ajustó adecuadamente a los husos granulométricos establecidos por la norma NTP 400.037, lo que indicó que el agregado no estuvo bien gradado, aproximándose cercanamente al huso C (Ver anexos A).
- ⚡ La **granulometría** del agregado grueso se ajustó aproximadamente al huso granulométrico 57 (Ver anexos A), indicado en la norma ASTM C-33.
- ⚡ El **módulo de fineza** del agregado fino y grueso cumplió con los requerimientos establecidos sobre pasando el límite superior. (Ver Tabla N°34).
- ⚡ El **peso específico** tanto del agregado fino como del grueso cumplió adecuadamente con los requerimientos establecidos por la norma. (Ver Tabla N°34).

- ✦ La **absorción** del agregado grueso cumplió con los requerimientos, mientras que del agregado fino se encontró ligeramente alta.
- ✦ El **peso unitario** tanto suelto como compactado del agregado fino y grueso cumplen adecuadamente con lo establecido en la norma técnica NTP 400.037. (Ver Tabla N°34).
- ✦ 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 (Fue el pasante por el tamiz de 2 ½”).
- ✦ La resistencia a la **abrasión** del agregado grueso cumple los requerimientos de la NTP 400.037. (Ver Tabla N°34).
- ✦ El porcentaje de **partículas menores que el tamiz N° 200** cumplió con lo especificado en la norma técnica NTP 400.037, tanto para el agregado fino como para el grueso.
- ✦ El **contenido de humedad** estuvo dentro de los requerimientos especificados en la norma.

#### 4.2 MEZCLAS PARA LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se obtuvo las mezclas, para  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando los dos tipos de cemento: Pacasmayo Tipo I e Inka Tipo I Co. Primeramente se obtuvo las mezclas de control sin aditivo, posteriormente se obtuvo las mezclas de experimentación con diferentes proporciones de aditivo Chema Estruct, según las especificaciones indicadas en la hoja técnica, con el fin de tener la proporción óptima.

Luego, la proporción óptima de aditivo se utilizó en las mezclas de los grupos de experimentación (GESa, GECA), con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera “La Victoria”, agua potable de la ciudad universitaria (UNC) y los Cementos Pacasmayo Tipo I e Inka Tipo I Co independientemente. La obtención de la proporciones de estas mezclas con el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados. (Ver anexos A).

### 4.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEZCLAS PARA LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla N°35. Cantidad de Materiales por Metro Cúbico de Concreto.

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO			
		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CEMENTO INKA TIPO I Co	SIN ADITIVO	CEMENTO	300.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	207.20 L
		AGREGADO FINO	1015.00 kg
		AGREGADO GRUESO	798.00 kg
		AIRE TOTAL	2.00%
	CON ADITIVO	CEMENTO	270.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	186.80 L
		AGREGADO FINO	1060.00 kg
		AGREGADO GRUESO	835.00 kg
		AIRE TOTAL	2.00%
	ADITIVO	3.00 L	
CEMENTO PACASMAYO TIPO I	SIN ADITIVO	CEMENTO	300.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	207.20 L
		AGREGADO FINO	1012.00 kg
		AGREGADO GRUESO	806.00 kg
		AIRE TOTAL	2.00%
	CON ADITIVO	CEMENTO	270.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	186.80 L
		AGREGADO FINO	1057.00 kg
		AGREGADO GRUESO	843.00 kg
		AIRE TOTAL	2.00%
	ADITIVO	3.00 L	

De la tabla se observó ligeras variaciones en las proporciones de los componentes de mezclas de los grupos de control (GC<sub>SA</sub>) y experimentales (GE<sub>CA</sub>), esto debido a la mínima diferencia que existió entre los pesos específicos de los cementos utilizados en la investigación.

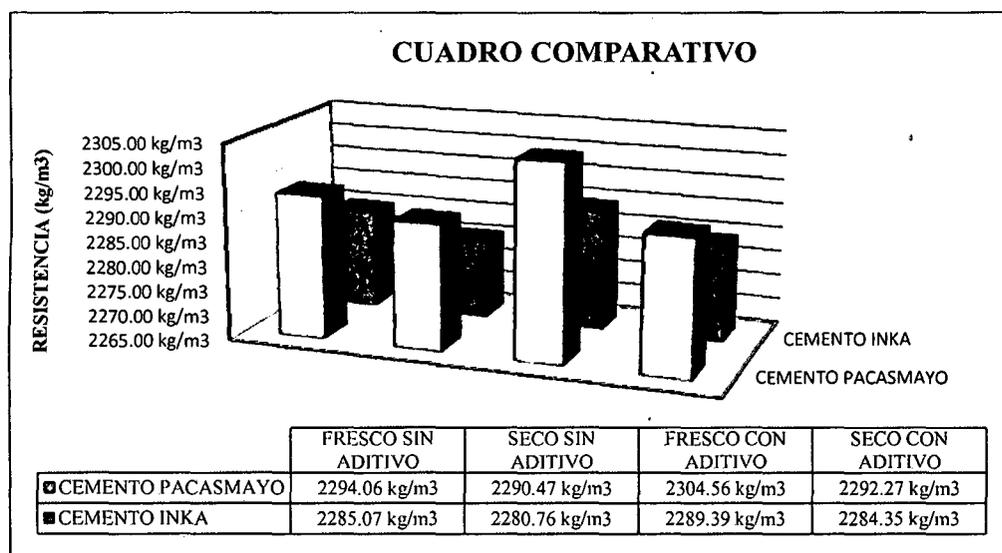
#### 4.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA LOS GRUPOS DE CONTROL EXPERIMENTALES

Tabla N°36. Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco.

PESO UNITARIO	CEMENTO PACASMAYO		CEMENTO INKA	
	SIN ADITIVO	CON ADITIVO	SIN ADITIVO	CON ADITIVO
PUC° FRESCO (kg /m3)	2294.06 kg/m3	2304.56 kg/m3	2285.07 kg/m3	2289.39 kg/m3
PUC° SECO (kg /m3)	2290.47 kg/m3	2292.27 kg/m3	2280.76 kg/m3	2284.35 kg/m3

El peso unitario del concreto fresco, para las mezclas de los grupos de control sin aditivo (GCsA), se aprecia una ligera variación mayor de 0.39% con cemento Pacasmayo Tipo I, como se muestra en la Figura N°12; y para la mezcla de los grupos experimentación con aditivo (GECA), también se aprecia ligeramente variaciones mayores de 0.66% con cemento Pacasmayo Tipo I. El peso unitario del concreto seco experimental tiene una variación de 0.35% mayor con el cemento Pacasmayo Tipo I, siendo mayor el peso unitario del concreto fresco como se visualiza en la Figura N°12.

Figura N°12. Cuadro comparativo de peso unitario del concreto fresco y seco.



## 4.5 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 4.5.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN

#### 4.5.1.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PROPORCIONES DE ADITIVO Y DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN ÓPTIMA

Tabla N°37. Resultados del ensayo de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I, Proporción Óptima Obtenida.

ADITIVO	PROBETA	RESISTENCIA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA	
250 ml/bolsa	PCP - CA - 01	28500	159.359	161.236	II	FRAGIL
	PCP - CA - 02	29000	158.147		II	FRAGIL
	PCP - CA - 03	30000	166.201		II	DUCTIL
375 ml/bolsa	PCP - CA - 01	30000	167.746	171.360	III	FRAGIL
	PCP - CA - 02	31000	169.054		III	DUCTIL
	PCP - CA - 03	32000	177.281		I	FRAGIL
425 ml/bolsa	PCP - CA - 01	40000	215.868	231.295	IV	DUCTIL
	PCP - CA - 02	44500	246.857		IV	DUCTIL
	PCP - CA - 03	42500	231.162		IV	FRAGIL
500 ml/bolsa	PCP - CA - 01	32000	175.655	169.551	I	FRAGIL
	PCP - CA - 02	31000	168.612		I	FRAGIL
	PCP - CA - 03	30500	164.385		I	FRAGIL

De la tabla N° 37 se observó que las mezcla de concreto elaborada cemento Pacasmayo tipo I y una proporción de aditivo Chema Estruct de 250 ml/bolsa de cemento resistió 161.236 kg/cm<sup>2</sup>, con una proporción de 375 ml/bolsa 171.360 kg/cm<sup>2</sup>, con una proporción de 425 ml/bolsa 231.295 kg/cm<sup>2</sup> y con una proporción de 500 ml/bolsa 169.551 kg/cm<sup>2</sup>, resultando 425 ml/bolsa de cemento la proporción óptima.

**Tabla N°38.** Resultados del ensayo de resistencia a compresión con Cemento Inka Tipo I Co, Proporción Óptima Obtenida.

ADITIVO	PROBETA	RESISTENCIA (kg)	ESFUERZO (kg/cm2)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA	
250 ml/bolsa	PCP - CA - 01	27500	151.351	149.532	I	FRAGIL
	PCP - CA - 02	26000	142.532		I	FRAGIL
	PCP - CA - 03	28000	154.712		I	FRAGIL
375 ml/bolsa	PCP - CA - 01	28500	153.207	159.089	II	FRAGIL
	PCP - CA - 02	30000	164.245		II	FRAGIL
	PCP - CA - 03	29000	159.816		I	FRAGIL
425 ml/bolsa	PCP - CA - 01	33000	178.091	189.388	III	FRAGIL
	PCP - CA - 02	36000	199.704		III	FRAGIL
	PCP - CA - 03	35000	190.369		I	FRAGIL
500 ml/bolsa	PCP - CA - 01	32000	174.965	165.284	III	FRAGIL
	PCP - CA - 02	30000	161.061		I	FRAGIL
	PCP - CA - 03	29500	159.826		I	FRAGIL

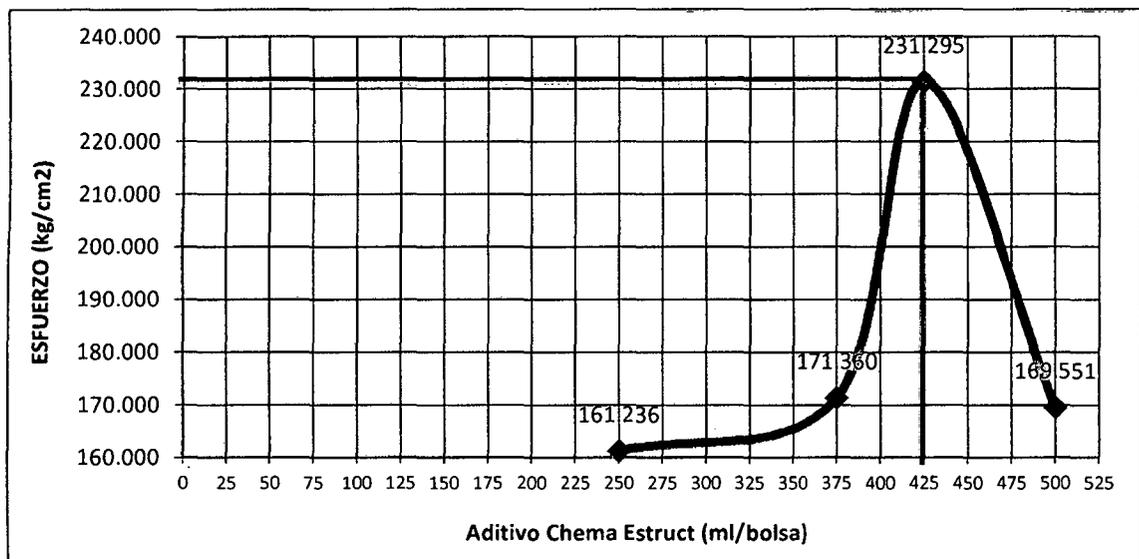
De la tabla N° 38 se observó que las mezcla de concreto elaborada cemento Pacasmayo tipo I y una proporción de aditivo Chema Estruct de 250 ml/bolsa de cemento resistió 149.532 kg/cm<sup>2</sup>, con una proporción de 375 ml/bolsa 159.089 kg/cm<sup>2</sup>, con una proporción de 425 ml/bolsa 189.388 kg/cm<sup>2</sup> y con una proporción de 500 ml/bolsa 165.284 kg/cm<sup>2</sup>, resultando 425 ml/bolsa de cemento la proporción óptima.

**Tabla N°39.** Resistencia a la Compresión para diferente proporciones de Aditivo.

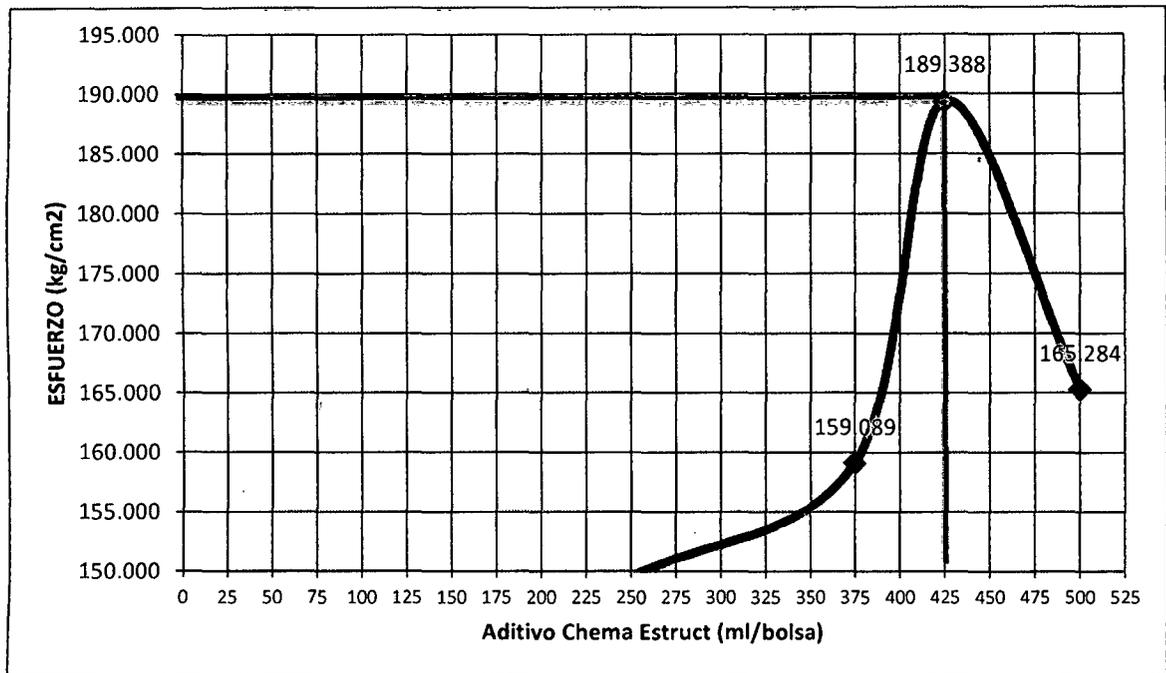
PROBETA	ADITIVO 250 ml/bolsa		ADITIVO 375 ml/bolsa		ADITIVO 425 ml/bolsa		ADITIVO 500 ml/bolsa	
	CEMENTO PACASMAYO	CEMENTO INKA						
ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	161.236	149.532	171.360	159.089	231.295	189.388	169.551	165.284

Como se observó en el cuadro resumen de resistencia a la compresión promedio de especímenes de concreto elaborados con los dos tipos de cemento para diferentes proporciones del aditivo Chema Estruct, para una proporción de 425 ml/bolsa de cemento la resistencia fue más elevada con ambos tipos de cemento, dicha proporción es óptima para la elaboración de las mezclas de experimentación (GESA).

**Figura N°13.** Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Pacasmayo Tipo I a los 7 días.



**Figura N°14.** Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Inka Tipo I Co a los 7 días.



**4.5.1.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA LOS GRUPOS DE CONTROL (GC<sub>SA</sub>) Y EXPERIMENTALES (GE<sub>CA</sub>).**

**Tabla N°40.** Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I sin Aditivo (GC<sub>SA</sub>) a los 28 días.

N°	PROBETA	PESO (kg)	CARGA MÁXIMA (Tn)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCP - SA - 01	12.90	38.00	219.402	5	DUCTIL
2	PCP - SA - 02	12.85	35.00	203.449	5	DUCTIL
3	PCP - SA - 03	12.75	37.00	206.613	5	DUCTIL
4	PCP - SA - 04	13.25	38.50	212.170	3	FRAGIL
5	PCP - SA - 05	12.60	39.00	217.781	5	DUCTIL
6	PCP - SA - 06	12.50	38.50	220.800	5	DUCTIL
7	PCP - SA - 07	13.10	40.50	223.192	5	DUCTIL
8	PCP - SA - 08	13.20	41.50	231.742	5	DUCTIL
9	PCP - SA - 09	13.35	40.50	232.270	4	FRAGIL
10	PCP - SA - 10	12.86	39.50	223.524	3	FRAGIL
11	PCP - SA - 11	12.85	38.50	217.865	3	FRAGIL
12	PCP - SA - 12	12.84	39.50	225.022	5	DUCTIL
13	PCP - SA - 13	12.67	42.00	244.138	5	DUCTIL
14	PCP - SA - 14	13.18	44.00	242.480	3	FRAGIL
15	PCP - SA - 15	12.47	46.00	256.870	5	DUCTIL
16	PCP - SA - 16	12.66	45.50	257.477	5	DUCTIL
17	PCP - SA - 17	12.63	43.00	240.118	4	FRAGIL
18	PCP - SA - 18	12.79	42.50	237.326	4	FRAGIL
19	PCP - SA - 19	13.21	41.00	228.950	4	FRAGIL
20	PCP - SA - 20	12.84	39.00	216.346	4	FRAGIL
21	PCP - SA - 21	12.92	40.00	223.366	5	DUCTIL
22	PCP - SA - 22	12.74	42.00	231.458	4	FRAGIL
23	PCP - SA - 23	12.93	43.00	240.118	5	DUCTIL
24	PCP - SA - 24	13.24	43.00	244.961	5	DUCTIL
25	PCP - SA - 25	13.32	42.50	252.130	2	FRAGIL
26	PCP - SA - 26	13.48	44.00	250.657	3	FRAGIL
27	PCP - SA - 27	13.57	40.50	237.018	3	FRAGIL
28	PCP - SA - 28	13.61	42.00	231.458	3	FRAGIL
29	PCP - SA - 29	12.69	43.00	243.330	3	FRAGIL
30	PCP - SA - 30	12.78	45.00	247.991	3	FRAGIL

**Tabla N°41. Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Inka Tipo I Co sin Aditivo (GCsA) a los 28 días.**

Nº	PROBETA	PESO (kg)	CARGA MÁXIMA (Tn)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCI - SA - 01	12.63	37.00	212.197	3	FRAGIL
2	PCI - SA - 02	12.76	36.00	209.261	4	FRAGIL
3	PCI - SA - 03	12.93	38.00	215.036	4	FRAGIL
4	PCI - SA - 04	12.94	35.50	195.637	4	FRAGIL
5	PCI - SA - 05	12.96	42.00	231.458	5	DUCTIL
6	PCI - SA - 06	12.91	42.50	234.213	5	DUCTIL
7	PCI - SA - 07	12.90	43.50	244.527	5	DUCTIL
8	PCI - SA - 08	12.69	39.00	217.781	5	DUCTIL
9	PCI - SA - 09	12.95	40.50	226.158	5	DUCTIL
10	PCI - SA - 10	12.87	38.50	214.989	4	FRAGIL
11	PCI - SA - 11	12.73	37.50	206.659	4	FRAGIL
12	PCI - SA - 12	12.77	39.00	212.125	3	FRAGIL
13	PCI - SA - 13	12.74	40.00	226.354	3	FRAGIL
14	PCI - SA - 14	12.48	41.00	225.947	4	FRAGIL
15	PCI - SA - 15	12.74	41.50	228.703	4	FRAGIL
16	PCI - SA - 16	13.10	43.00	243.330	5	DUCTIL
17	PCI - SA - 17	12.76	40.50	223.192	3	FRAGIL
18	PCI - SA - 18	12.92	41.00	228.950	3	FRAGIL
19	PCI - SA - 19	12.44	40.50	226.158	3	FRAGIL
20	PCI - SA - 20	12.65	39.00	214.925	3	FRAGIL
21	PCI - SA - 21	12.68	39.50	223.524	5	DUCTIL
22	PCI - SA - 22	13.05	40.00	226.354	3	FRAGIL
23	PCI - SA - 23	12.79	42.50	234.213	4	FRAGIL
24	PCI - SA - 24	12.85	42.50	234.213	5	DUCTIL
25	PCI - SA - 25	12.86	44.00	248.989	3	FRAGIL
26	PCI - SA - 26	13.14	39.00	220.695	3	FRAGIL
27	PCI - SA - 27	12.86	40.50	232.270	3	DUCTIL
28	PCI - SA - 28	12.56	41.50	228.703	3	FRAGIL
29	PCI - SA - 29	12.84	42.00	237.671	4	FRAGIL
30	PCI - SA - 30	12.62	43.50	246.160	4	FRAGIL

**Tabla N°42. Resultados del ensayos de resistencia a compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I con Aditivo Chema Estruct 425 ml/ bolsa (GECA) a los 28 días.**

N°	PROBETA	PESO (kg)	CARGA MÁXIMA (Tn)	ESFUERZO (kg/cm2)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCP - SA - 01	13.20	43.00	246.607	5	DUCTIL
2	PCP - SA - 02	13.15	42.50	247.045	5	DUCTIL
3	PCP - SA - 03	13.08	43.00	243.330	5	FRAGIL
4	PCP - SA - 04	13.24	44.00	242.480	5	DUCTIL
5	PCP - SA - 05	12.85	43.00	236.969	5	DUCTIL
6	PCP - SA - 06	13.34	42.50	234.213	4	FRAGIL
7	PCP - SA - 07	12.83	42.00	236.095	3	DUCTIL
8	PCP - SA - 08	13.01	43.00	240.118	5	DUCTIL
9	PCP - SA - 09	13.93	43.50	242.910	5	DUCTIL
10	PCP - SA - 10	13.08	44.00	245.702	5	DUCTIL
11	PCP - SA - 11	12.74	45.00	247.991	4	FRAGIL
12	PCP - SA - 12	13.24	46.00	250.199	5	DUCTIL
13	PCP - SA - 13	13.14	47.00	265.966	5	DUCTIL
14	PCP - SA - 14	12.94	48.00	264.523	5	DUCTIL
15	PCP - SA - 15	13.15	50.00	275.545	5	FRAGIL
16	PCP - SA - 16	13.08	49.00	277.283	5	DUCTIL
17	PCP - SA - 17	13.46	48.00	264.523	5	DUCTIL
18	PCP - SA - 18	13.74	51.00	284.791	5	DUCTIL
19	PCP - SA - 19	13.24	52.00	290.375	5	DUCTIL
20	PCP - SA - 20	12.74	48.00	264.523	4	DUCTIL
21	PCP - SA - 21	13.24	47.00	265.966	3	FRAGIL
22	PCP - SA - 22	12.74	49.00	277.283	3	FRAGIL
23	PCP - SA - 23	12.80	48.00	264.523	4	FRAGIL
24	PCP - SA - 24	13.24	49.00	270.034	2	FRAGIL
25	PCP - SA - 25	13.27	47.00	265.966	3	DUCTIL
26	PCP - SA - 26	13.07	46.00	260.307	4	DUCTIL
27	PCP - SA - 27	13.06	47.00	269.548	5	FRAGIL
28	PCP - SA - 28	13.27	45.00	247.991	5	DUCTIL
29	PCP - SA - 29	12.85	48.00	271.624	5	DUCTIL
30	PCP - SA - 30	12.74	46.50	263.136	5	DUCTIL

**Tabla N°43.** Resultados de ensayos de resistencia a compresión con Cemento Inka Tipo I Co con Aditivo Chema Estruct 425 ml/ bolsa (GECA) a los 28 días.

N°	PROBETA	PESO (kg)	CARGA MÁXIMA (Tn)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCP - CA - 01	12.81	48.00	275.283	5	DUCTIL
2	PCP - CA - 02	13.24	40.00	232.513	5	DUCTIL
3	PCP - CA - 03	13.25	44.00	248.989	5	DUCTIL
4	PCP - CA - 04	13.34	45.00	247.991	5	DUCTIL
5	PCP - CA - 05	13.04	42.00	231.458	3	FRAGIL
6	PCP - CA - 06	13.07	41.00	225.947	3	DUCTIL
7	PCP - CA - 07	12.75	43.00	241.716	3	DUCTIL
8	PCP - CA - 08	12.84	42.00	234.534	5	DUCTIL
9	PCP - CA - 09	13.02	45.00	251.286	5	DUCTIL
10	PCP - CA - 10	12.67	41.50	231.742	5	DUCTIL
11	PCP - CA - 11	12.94	42.50	234.213	4	FRAGIL
12	PCP - CA - 12	12.70	41.50	225.723	5	DUCTIL
13	PCP - CA - 13	12.81	40.50	229.183	5	DUCTIL
14	PCP - CA - 14	12.87	43.00	236.969	4	FRAGIL
15	PCP - CA - 15	12.72	42.00	231.458	5	DUCTIL
16	PCP - CA - 16	13.02	41.50	234.842	4	FRAGIL
17	PCP - CA - 17	13.01	40.50	223.192	4	FRAGIL
18	PCP - CA - 18	13.18	42.00	234.534	5	DUCTIL
19	PCP - CA - 19	13.16	44.50	248.494	5	DUCTIL
20	PCP - CA - 20	12.71	48.50	267.279	5	DUCTIL
21	PCP - CA - 21	12.89	46.50	263.136	5	DUCTIL
22	PCP - CA - 22	12.94	43.00	243.330	5	DUCTIL
23	PCP - CA - 23	12.96	40.50	223.192	5	DUCTIL
24	PCP - CA - 24	12.84	43.50	239.724	5	DUCTIL
25	PCP - CA - 25	12.72	44.00	248.989	5	DUCTIL
26	PCP - CA - 26	12.93	45.50	257.477	5	DUCTIL
27	PCP - CA - 27	12.74	42.50	243.740	5	DUCTIL
28	PCP - CA - 28	12.72	41.00	225.947	4	FRAGIL
29	PCP - CA - 29	12.84	40.00	226.354	5	DUCTIL
30	PCP - CA - 30	12.64	42.50	240.501	5	DUCTIL

**Tabla N°44.** Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes.

<b>RANGOS</b>	<b>ALTURA (cm)</b>	<b>ÁREA (cm)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>CARGA (Tn)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>CPSA (GC<sub>SA</sub>)</b>					
<b>Valor Mínimo</b>	30.1	168.564	12.47	35.00	203.449
<b>Valor Máximo</b>	30.9	181.458	13.61	46.00	257.477
<b>Valor Promedio</b>	30.39	177.32	12.96	41.13	232.00
<b>Variación</b>	0.80	12.89	1.14	11.00	54.03
<b>CISA (GC<sub>SA</sub>)</b>					
<b>Valor Mínimo</b>	30.2	172.034	12.44	35.50	195.637
<b>Valor Máximo</b>	30.8	183.854	13.14	44.00	248.989
<b>Valor Promedio</b>	30.46	178.81	12.80	40.35	225.68
<b>Variación</b>	0.60	11.82	0.70	8.50	53.35
<b>CPCA (GE<sub>CA</sub>)</b>					
<b>Valor Mínimo</b>	30.2	172.034	12.74	42.00	234.213
<b>Valor Máximo</b>	30.8	183.854	13.93	52.00	290.375
<b>Valor Promedio</b>	30.46	178.813	13.12	46.23	258.586
<b>Variación</b>	0.60	11.82	1.19	10.00	56.16
<b>CICA (GE<sub>CA</sub>)</b>					
<b>Valor Mínimo</b>	30.2	172.034	12.64	40.00	223.192
<b>Valor Máximo</b>	30.8	183.854	13.34	48.50	275.283
<b>Valor Promedio</b>	30.46	178.81	12.91	42.90	239.99
<b>Variación</b>	0.60	11.82	0.70	8.50	52.09

**LEYENDA:**

CPSA: Cemento Pacasmayo Tipo I sin Aditivo.

CPCA: Cemento Pacasmayo Tipo I con Aditivo.

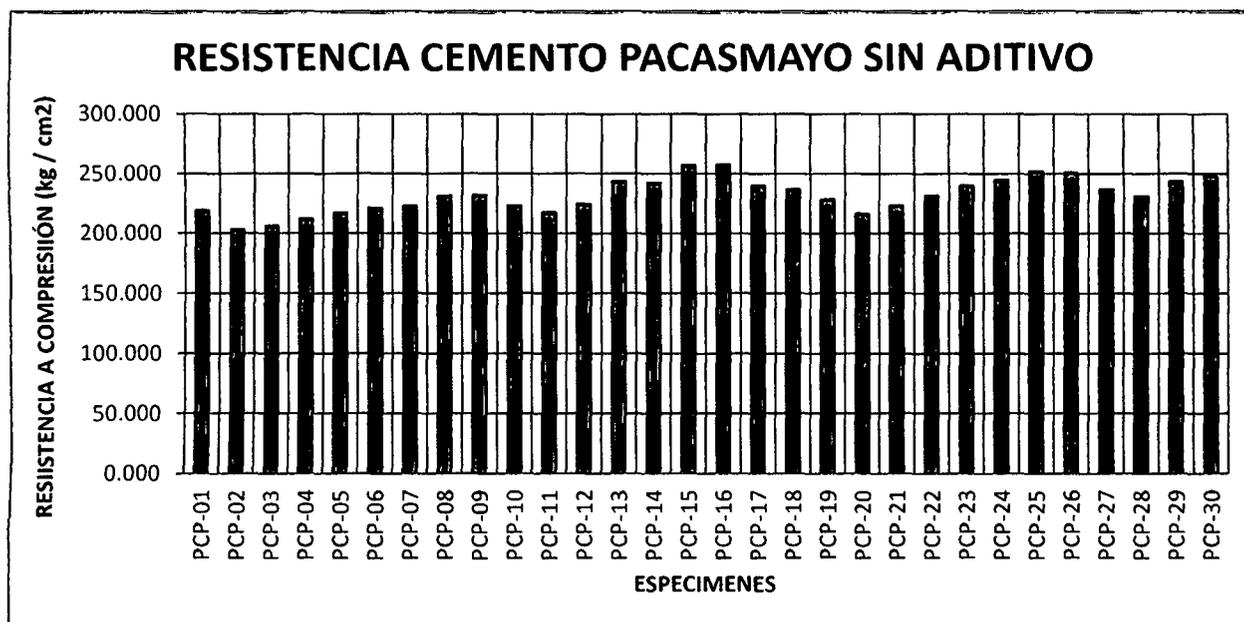
CISA: Cemento Inka Tipo I Co sin Aditivo.

CICA: Cemento Inka Tipo I Co con Aditivo.

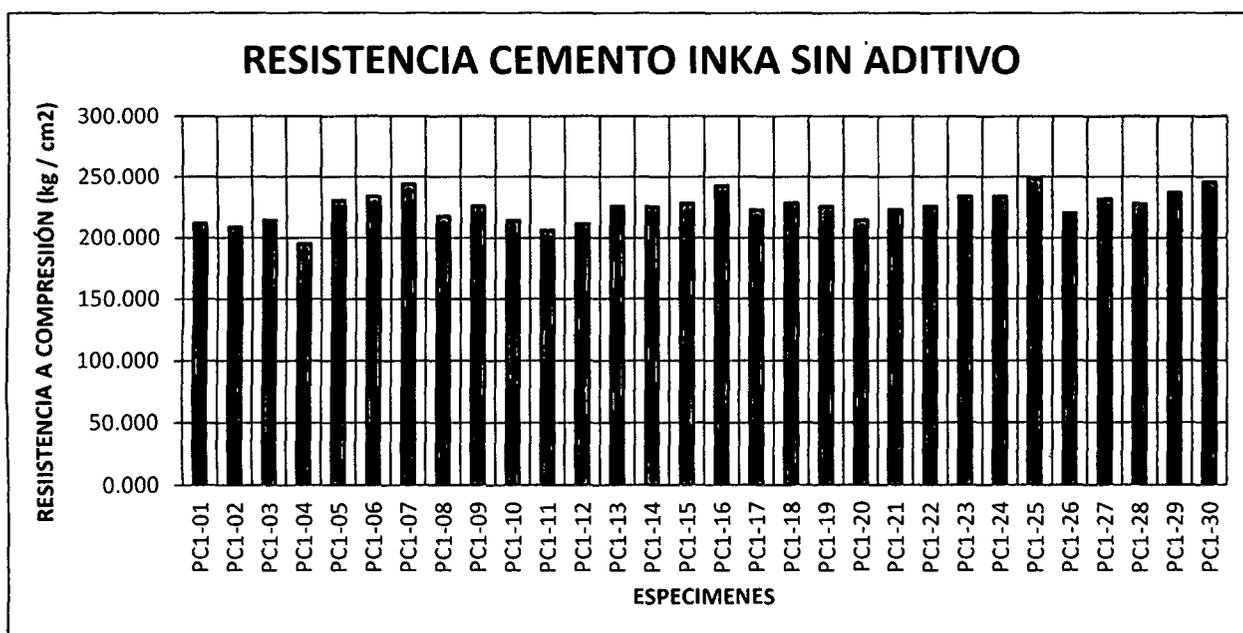
En la Tabla N°44, se observa: el valor mínimo, el valor máximo, valor promedio y el rango de variación existente entre el valor mínimo y máximo de los datos de altura, área, peso, carga máxima, esfuerzo de los grupos de control (GC<sub>SA</sub>, GC<sub>SA</sub>) y de los grupos de experimentación (GE<sub>CA</sub>, GE<sub>CA</sub>). Estas variaciones que presentan en las probetas se deben que no presentan una homogeneidad entre ellas es decir uno tiene mayor altura o mayor diámetro.

Con respecto a la variación de los esfuerzos de deben a la mala compactación, segregación, falta de golpear con el martillo de goma.

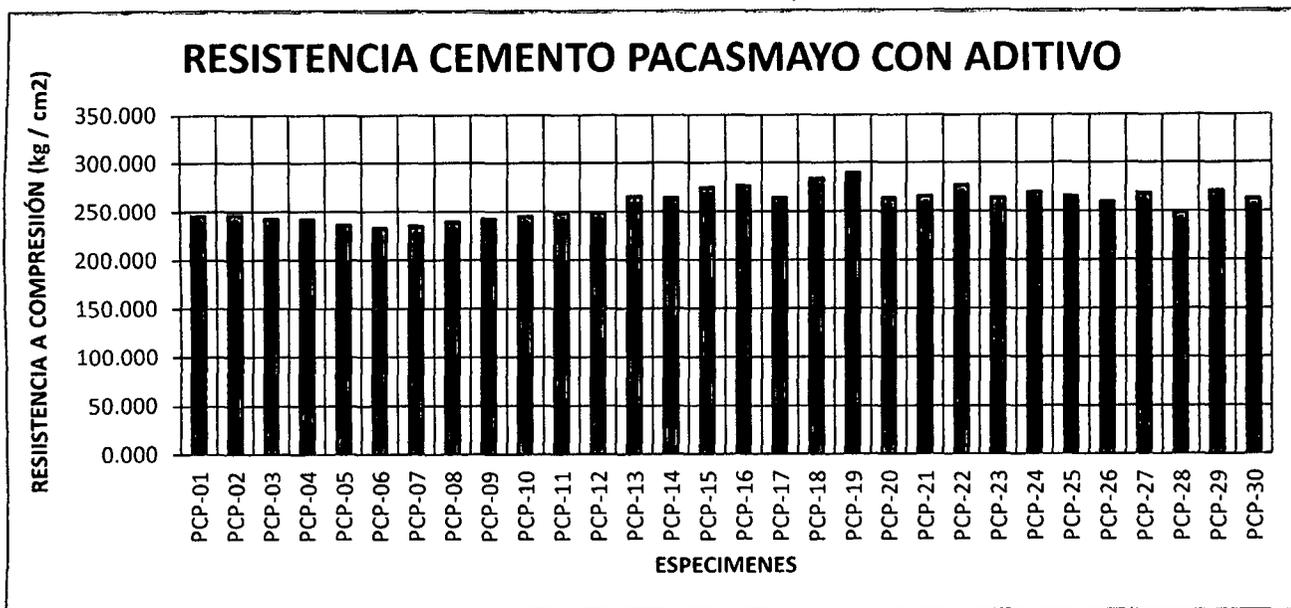
**Figura N°15.** Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo Tipo I sin Aditivo (GCsA) a los 28 días.



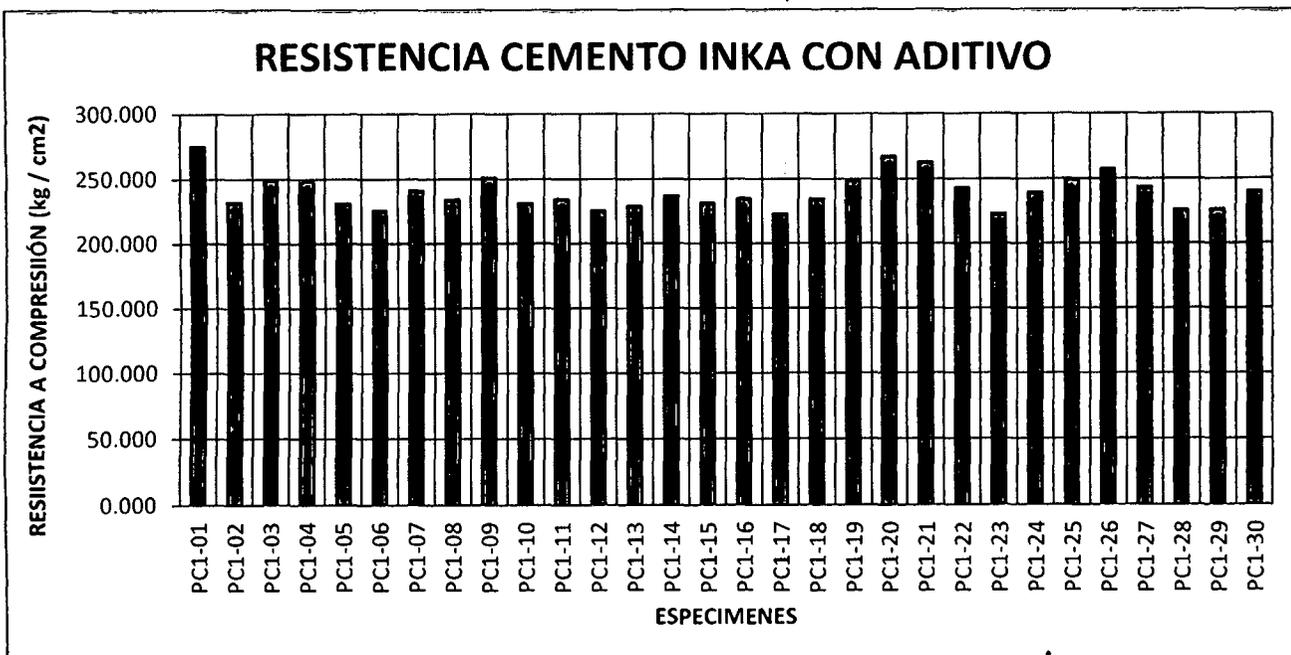
**Figura N°16.** Resistencia a compresión del Cemento Inka Tipo I Co sin Aditivo (GCsA) a los 28 días.



**Figura N°17.** Resistencia a compresión del Cemento Pacasmayo Tipo I con Aditivo (GCCa) a los 28 días.



**Figura N°18.** Resistencia a compresión del Cemento Inka Tipo I Co con Aditivo (GCCa) a los 28 días.



**Tabla N°45.** Análisis de resistencia a la compresión de los grupos de control (GC<sub>SA</sub>, GC<sub>SA</sub>) y experimentales (GE<sub>CA</sub>, GE<sub>CA</sub>).

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	CEMENTO PACASMAYO		CEMENTO INKA	
	SIN ADITIVO	CON ADITIVO	SIN ADITIVO	CON ADITIVO
ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	232.001	258.586	225.680	239.991
ESFUERZO PROMEDIO (%)	100%	111.46%	97.28%	103.44%

Estos valores resultaron del promedio de resistencias a la compresión de 30 especímenes correspondientes a cada grupo de control y cada grupo de experimentación, diseñados para una resistencia a compresión especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

La resistencia a la compresión promedio del primer grupo de control (GC<sub>SA</sub>) fue de 232.001 kg/cm<sup>2</sup>, del primer grupo experimental (GE<sub>CA</sub>) fue de 258.586 kg/cm<sup>2</sup>, del segundo grupo de control (GC<sub>SA</sub>) fue de 225.680 kg/cm<sup>2</sup> y del segundo grupo experimental (GE<sub>CA</sub>) fue de 239.991 kg/cm<sup>2</sup>.

Al incorporar el aditivo Chema Estruct a la mezcla de concreto en la proporción de 425 mililitros por bolsa de cemento se obtuvo una resistencia promedio mayor de 11.46%, con cemento Pacasmayo Tipo I, a los 28 días, lo que se puede concluir la influencia de este aditivo es positiva.

Cuando se incorpora el aditivo Chema Estruct a la mezcla de concreto en la proporción de 425 mililitros por bolsa de cemento se obtuvo una resistencia promedio mayor de 6.34%, con cemento Inka Tipo I, a los 28 días, lo que se puede evidenciar la influencia de este aditivo en la resistencia.

Como se puede ver en la Tabla N° 45, incorporando el aditivo Chema Estruct a los dos tipos de cementos utilizados en la investigación, se obtiene una mayor resistencia promedio de 7.75% con cemento Pacasmayo Tipo I que con cemento Inka Tipo I Co.

**Figura N°19.** Cuadro comparativo para los grupos de control y experimentales (GC<sub>SA</sub>, GE<sub>CA</sub>).

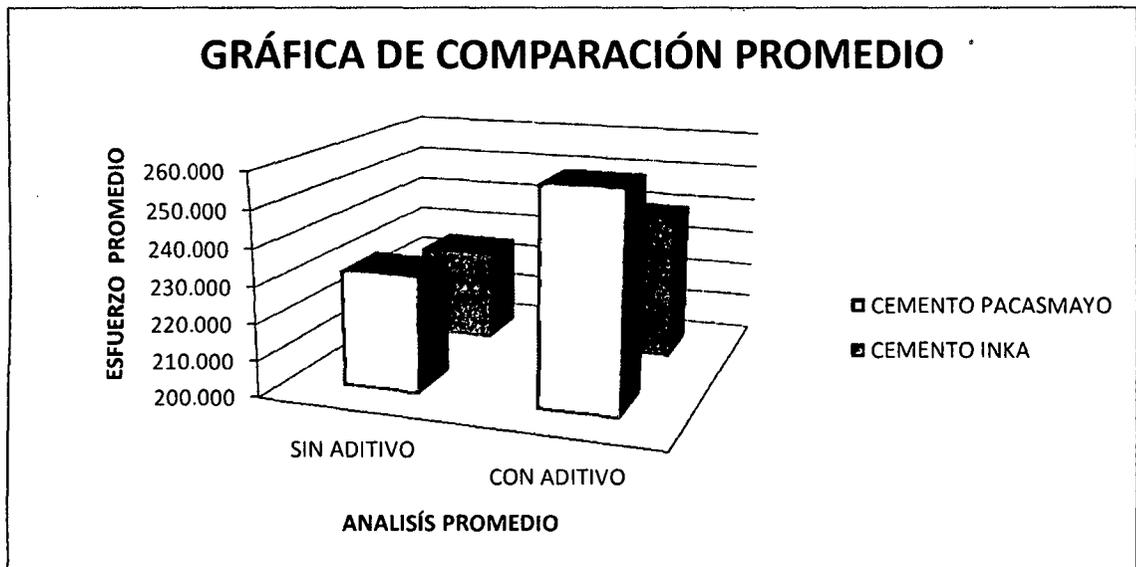


Figura N°20. Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GC<sub>SA</sub>), a los 28 días.

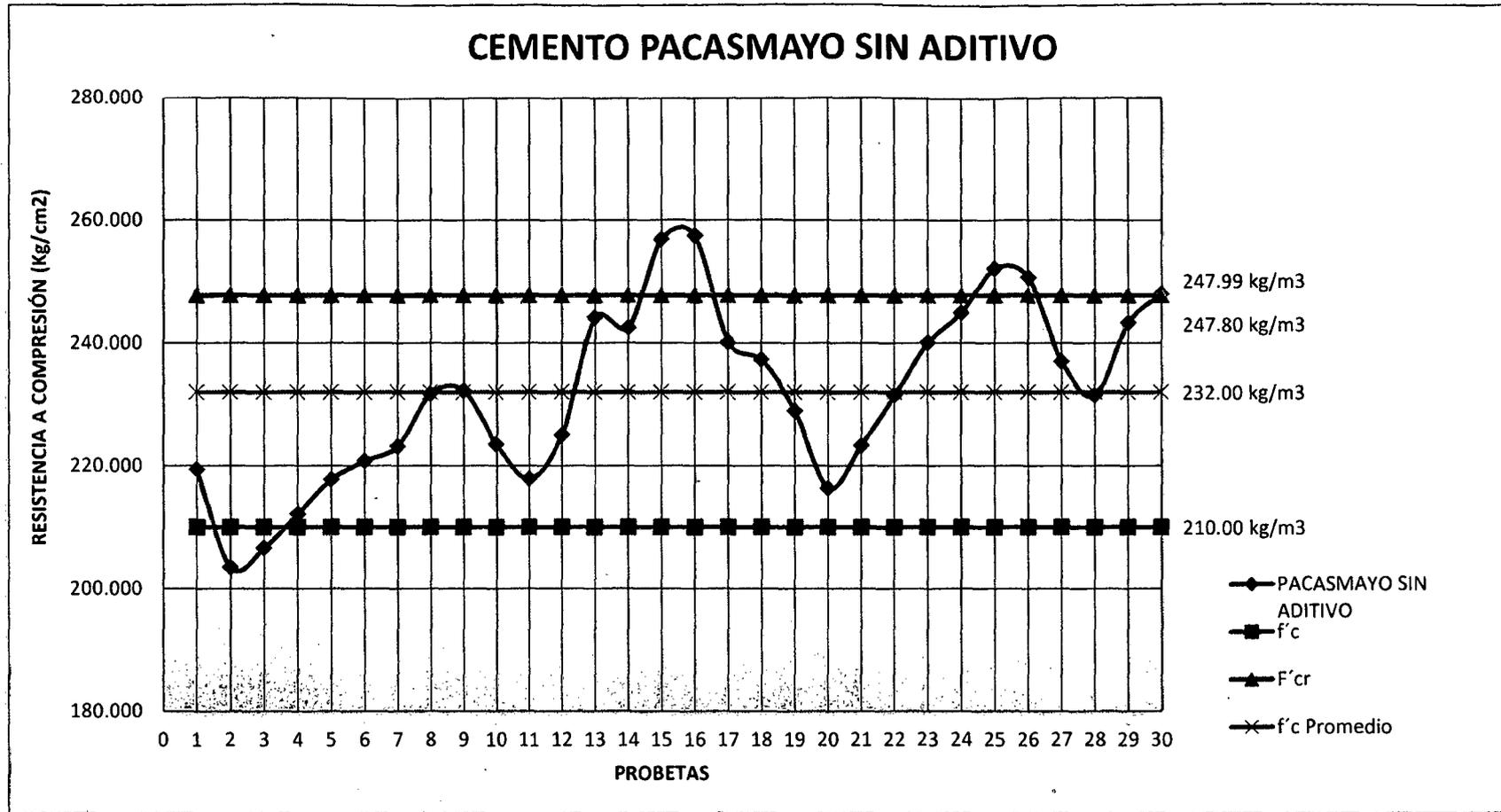


Figura N°21. Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GECA), a los 28 días.

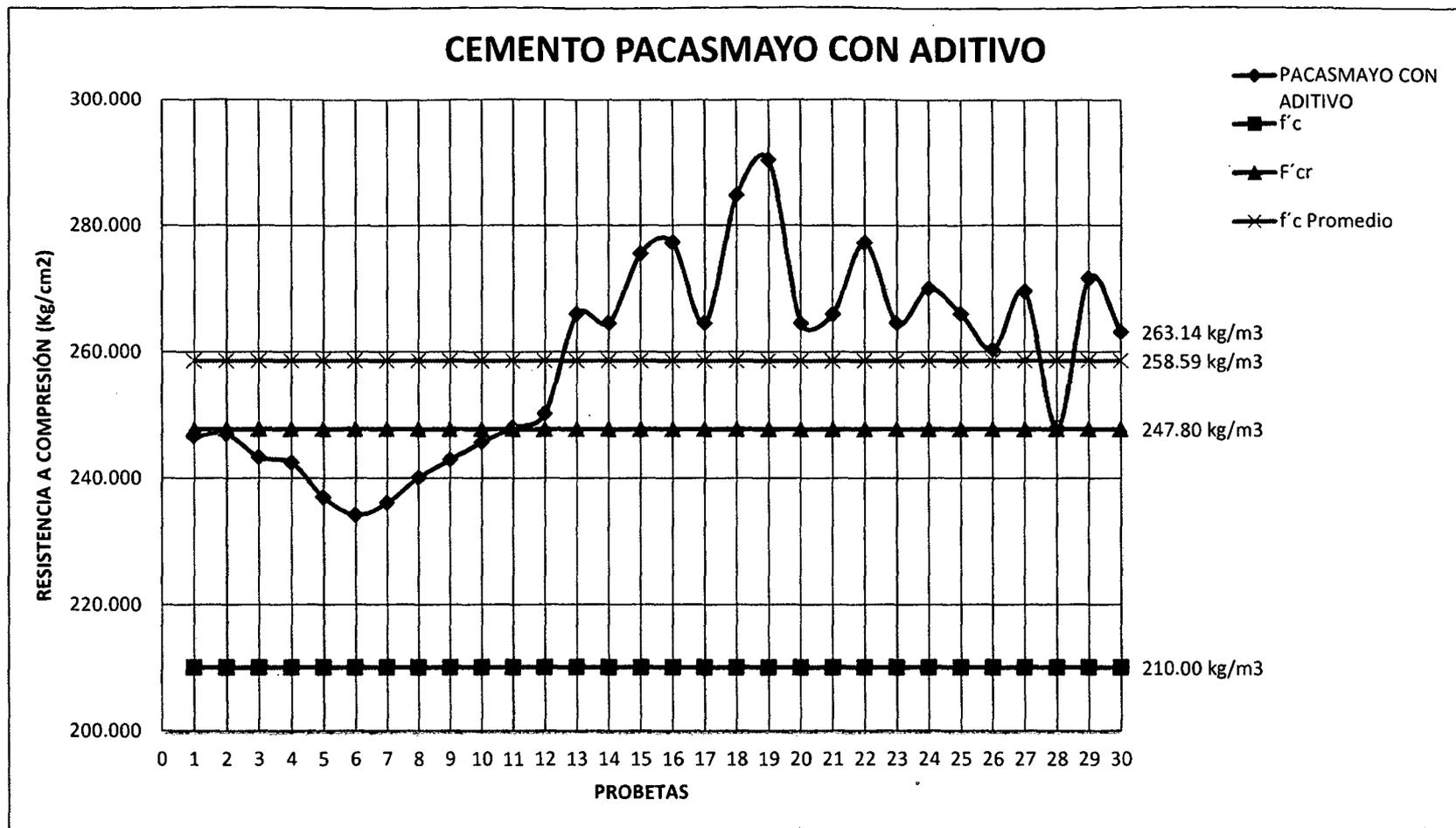


Figura N°22. Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GCsA), a los 28 días.

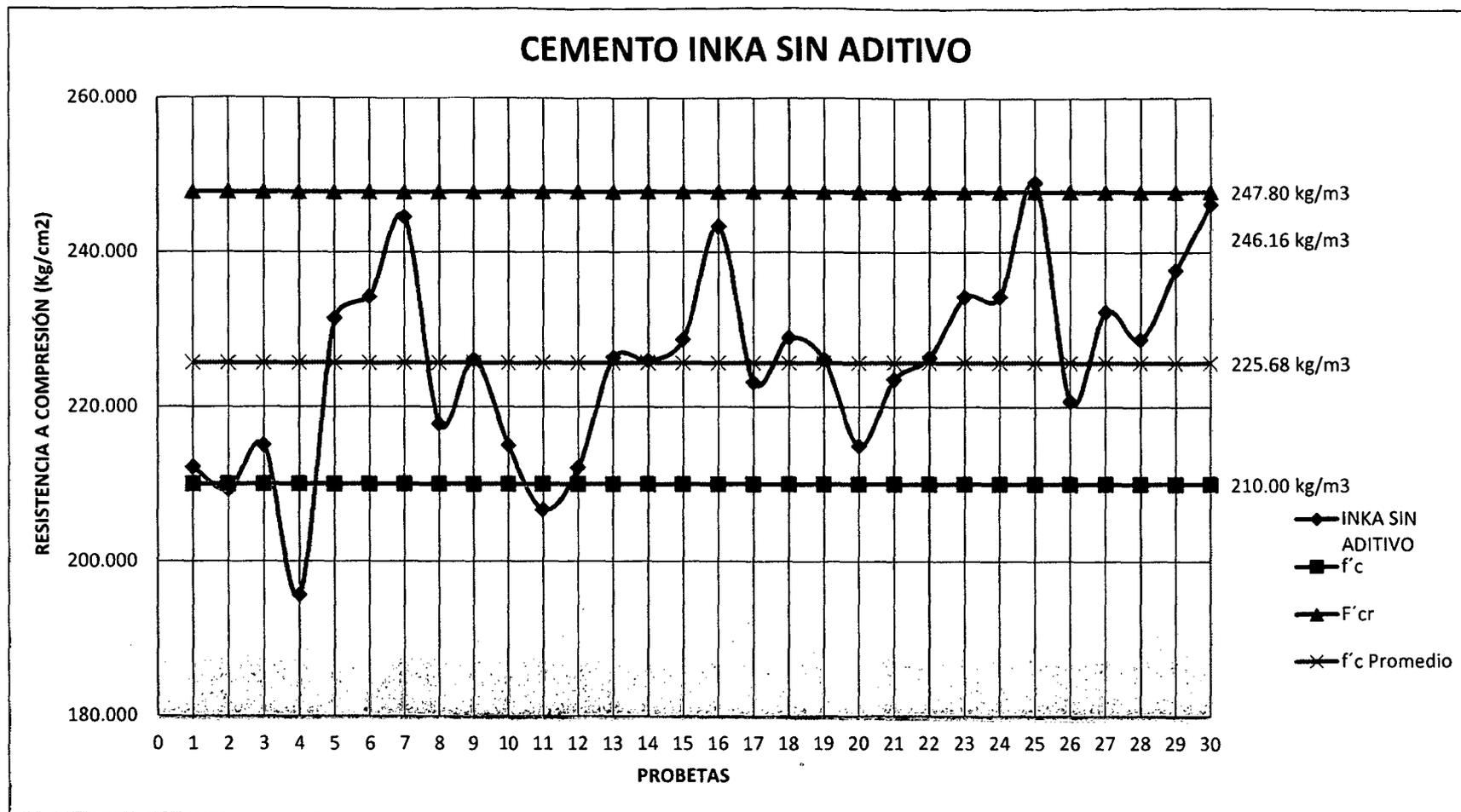
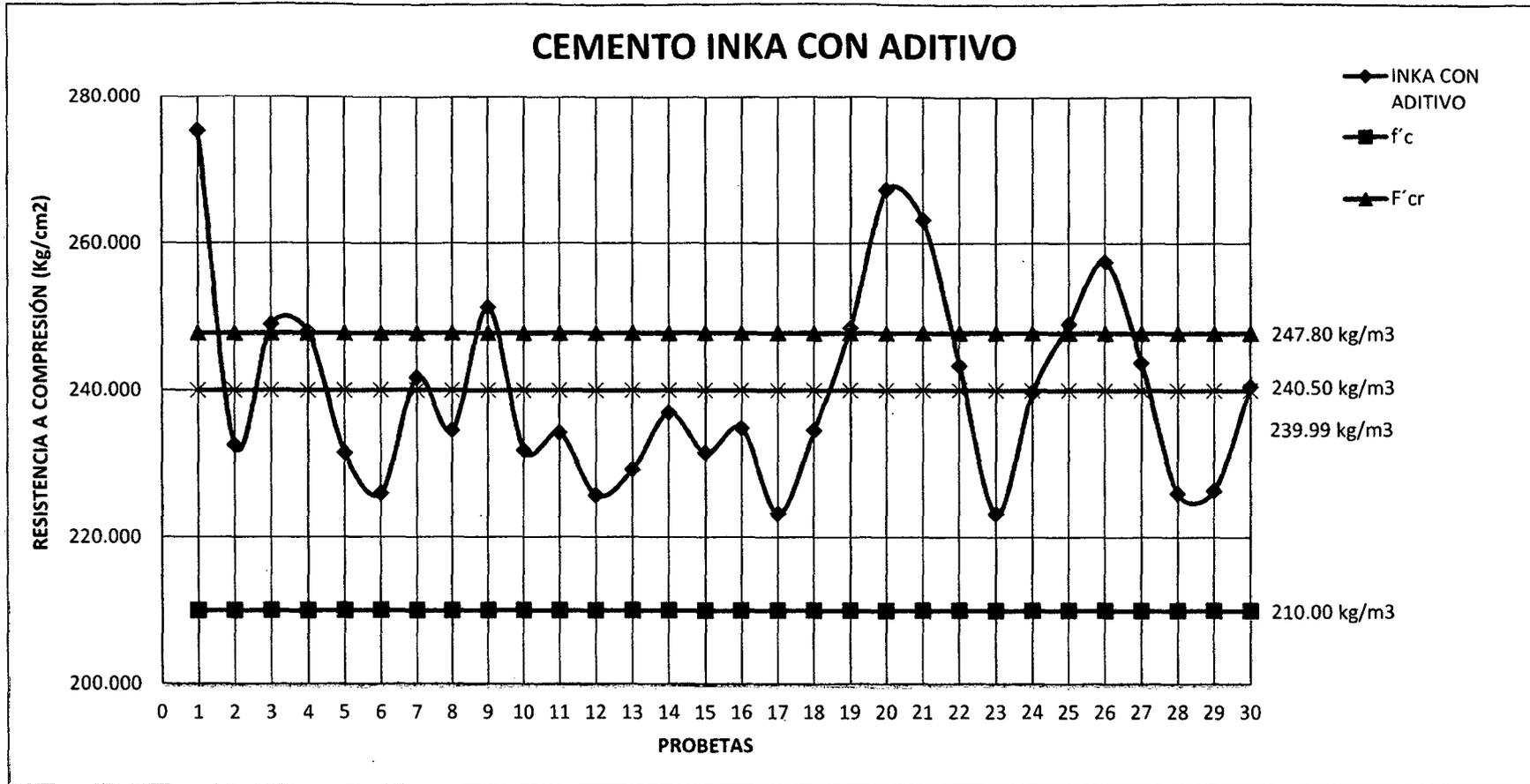


Figura N°23. Numero de probetas vs resistencia a la compresión (GECA), a los 28 días.



**Tabla N°46.** Análisis de estadístico de especímenes a compresión.

DISEÑO	EDAD (días)	N° PROBETAS	ESFUERZO MÁXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO MINIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACIÓN ESTANDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
CP - SA	28	30	257.477	203.449	225.680	14.482	26.56 %
CP - CA	28	30	290.375	234.213	258.586	12.373	23.98 %
CI - SA	28	30	248.989	195.637	225.680	15.332	27.27 %
CI - CA	28	30	275.283	223.192	239.991	13.325	23.34 %

De la Tabla N°40, se puede observar:

- El concreto con cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo se tiene un variación de 26.56% la cual indica que no hay una uniformidad en la resistencia a compresión de las probetas ensayadas eso debe a diferentes factores como: curado, mezcla,
- La mezcla de concreto con cemento Inka Tipo I Co sin aditivo se tiene un variación de 27.27% que es esto se debe a factores importantes como el tiempo de fragua, compactación y curado, eso hace que la resistencia a la compresión no sea homogénea en todas las probetas.

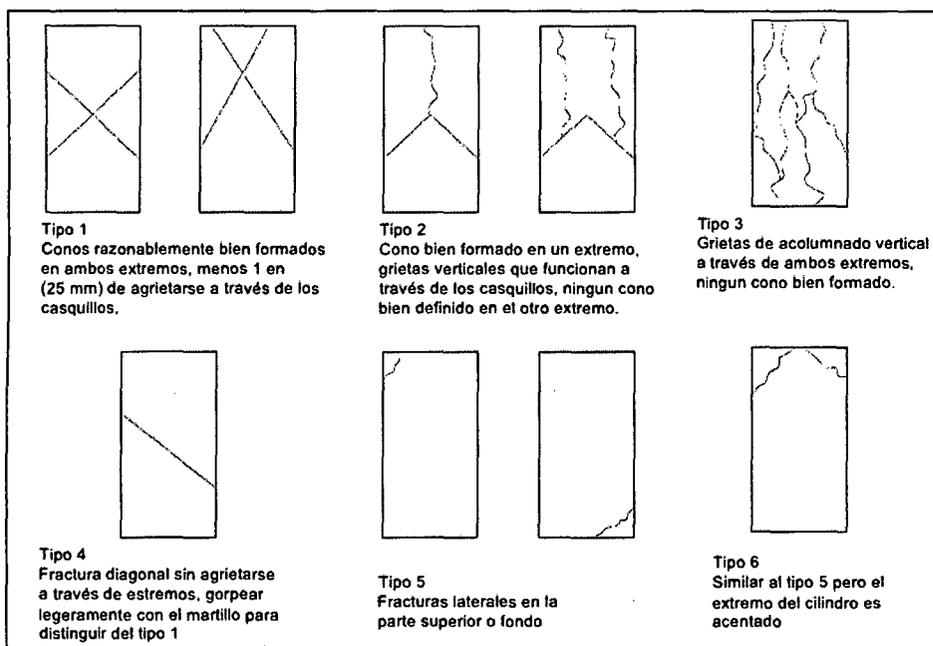
#### 4.6 TIPO DE FRACTURA

Se observó que el tipo de fractura no fue típica en cada uno de los especímenes probados a compresión, sin embargo el tipo de fractura 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 4, que son fisuras diagonales, del mismo modo el tipo 3, que son fisuras verticales columnadas a través de ambos extremos de la probeta, las fracturas que menos se presentaron fueron las del tipo 1,2 y 6 (Ver figura N°24).

Se observó que en las caras fracturadas de los especímenes fallo 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 efecto el concreto adquiriera un comportamiento frágil, que tendrá que tenerse en cuenta en el diseño estructural de elementos vaciados con este tipo de material.

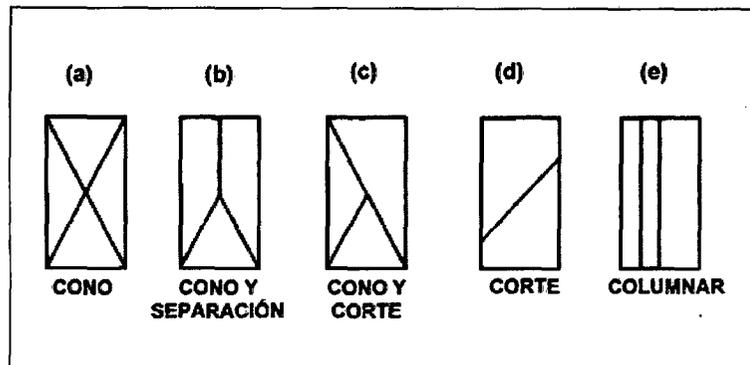
**Figura N°24.** Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura.



Fuente: NTP 339.034 – 2008.

En la figura N° 24: Se tiene los patrones de las diferentes fracturas que se producen cuando se está evaluando a la resistencia a la compresión, en nuestro tema de investigación se obtuvo una variedad de fracturas en las probetas ensayadas como son el Tipo 5 en su mayoría, que tuvieron fracturas laterales tanto superior e inferior, y en menor cantidad se pudo observar el Tipo 3 o grietas en la parte central tipo columna.

**Figura N°25. Tipo de Fallas.**



Fuente: Control de calidad del Concreto- Fernando Gastañadui – 2015.

En la figura N° 25: Se tiene una representación de los principales tipos o modelos de fallas que se presentan cuando se realiza el ensayo a la compresión de las probetas, en nuestro tema de investigación lo más común es fue de falla columnar (e).

#### **4.7 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD**

El módulo de elasticidad fue calculado gráficamente, después de elaborada la curva esfuerzo deformación unitaria y también a través de la fórmula en función de la resistencia a compresión alcanzada, apreciándose que mediante la fórmula se obtiene un mayor valor, esto posiblemente debido a limitaciones en la máquina de ensayo a compresión. (Ver anexos curvas esfuerzo deformación).

#### **4.8 CONSTRACCIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Utilizando una proporción de aditivo de 425 ml/bolsa de cemento la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con cemento Pacasmayo (GECA) es de (258.586 kg/cm<sup>2</sup>), para lo cual se obtiene de 7.75% mayor que las mezclas de concreto elaboradas con cemento Inka (GECA), hipótesis nula.

La resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con Aditivo Chema Estruct (GECA), fue mayor en 11.46%, que la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas sin aditivo (GC<sub>SA</sub>), usando cemento Pacasmayo Tipo I, hipótesis verdadera.

La resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con aditivo Chema Estruct (GECA), fue mayor en sólo 6.3% que la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas sin aditivo usando cemento Inka, hipótesis nula.

# **CAPÍTULO V**

**(CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES)**

## 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.1 CONCLUSIONES

- ❖ La dosis óptima de aditivo encontrada es de 425 mililitros por bolsa de cemento con la cual se obtuvo una resistencia a la compresión de 162.709 kg/cm<sup>2</sup> el cual representa el 77.48% del 100% (210 kg/cm<sup>2</sup>), con cemento Pacasmayo Tipo I y con cemento Inka Tipo I Co, se obtuvo una resistencia de 115.873 kg/cm<sup>2</sup>, que es el 55.18 % del 100 % (210 kg/cm<sup>2</sup>), a los tres días de curado.
- ❖ La incorporación del aditivo Chema Estruct, hace que incremente en 40.42% más la resistencia a la compresión en el cemento Pacasmayo Tipo I que el cemento Inka Tipo I Co, a los tres días.
- ❖ Al incorporar aditivo Chema Estruct a la mezcla de concreto en la proporción de 425 mililitros por bolsa incrementa la resistencia a la compresión en un 20.57% con cemento Pacasmayo Tipo I, a los tres días.
- ❖ Cuando se incorpora aditivo Chema Estruct en la proporción de 425 mililitros por bolsa de cemento a la mezcla de concreto incrementa la resistencia a la compresión en 12.79% con cemento Pacasmayo Tipo I, a los 28 días.
- ❖ Cuando se incorpora aditivo Chema Estruct en la proporción de 425 mililitros por bolsa de cemento a la mezcla de concreto incrementa la resistencia a la compresión en 10.56% con cemento Inka Tipo I Co, a los 28 días.
- ❖ La resistencia promedio a la compresión de especímenes de concreto elaborados sin aditivo Chema Estruct a los 28 días, dio como resultado de 232.00 kg/cm<sup>2</sup> con cemento Pacasmayo Tipo I y con cemento Inka Tipo I Co, fue de 225.680 kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ La resistencia promedio a la compresión de especímenes de concreto elaborados con aditivo Chema Estruct a los 28 días, dio como resultado de 258.586 kg/cm<sup>2</sup> con cemento Pacasmayo Tipo I y con cemento Inka Tipo I Co, fue de 239.990 kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ La desviación estándar de las 30 especímenes con cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo a los 28 días es de 14.482 kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖ La desviación estándar de las 30 especímenes con cemento Pacasmayo Tipo I con aditivo a los 28 días es de 12.373 kg/cm<sup>2</sup>.

- ❖ El coeficiente de variación de las 30 especímenes con cemento Inka Tipo I Co sin aditivo a los 28 días es de 27.27%.
- ❖ El coeficiente de variación de las 30 especímenes con cemento Inka Tipo I Co con aditivo a los 28 días es de 23.34%.
- ❖ La resistencia a flexión a los 7 días con cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo es de 13.509 kg/cm<sup>2</sup> el cual es el 10% de la resistencia a la compresión.
- ❖ La resistencia a tracción directa a los 7 días con cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo es de 16.587 kg/cm<sup>2</sup> el cual es el 14% de la resistencia a la compresión.

### 5.1.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar investigaciones con otros tipos de cemento y otros tipos de aditivos existentes en el mercado de Cajamarca para confirmar cuál de los aditivos tiene mayor influencia en la resistencia a la compresión.
- ❖ Realizar estudios de cómo influye el aditivo Chema Estruct en la resistencia a Flexión y Tracción Directa.
- ❖ Mantener el curado bajo agua a una misma temperatura hasta la fecha de ensayo, los concretos son muy susceptibles a los cambios temperatura esto solo para concreto simple.
- ❖ Realizar investigaciones comparativas de costo/beneficios entre el aditivo Chema Estruct y Sika 3.

# **BIBLIOGRÁFIA**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ARTÍCULOS Y TESIS

- ❖ Abanto, F. (2002) *Tecnología del Concreto*. Editorial “San Marcos”. Lima – Perú.
- ❖ Araujo, F. (2013) *Influencia del aditivo Chema super plast en las propiedades del concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  utilizando agregados de las canteras rio Porcón y M3 de Cajamarca*, Tesis de pregrado Ing. civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- ❖ Basauri L, (2010). *Diseño para obtener concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$  con la incorporación de Aditivo Plastificante (Rheobuild 1000), Empleando agregados de la Cantera Rodolfito (Cantera Cajamarca – ciudad de Dios Km 5.00*. Tesis de pregrado Ing. civil. Cajamarca, PE. Universidad Nacional de Cajamarca.
- ❖ Bernal, D. (2014) *Estudio de la Influencia del Aditivo Chema Plast en Resistencia a la Compresión del Concreto Usando Cemento Pacasmayo Tipo I y Cemento Inka*, Tesis de pregrado Ing. civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

### LIBROS Y REGLAMENTOS

- ❖ Gutiérrez, L. (2003) *El Concreto y otros Materiales para la Construcción 2ed*. Colombia.
- ❖ ACI (American Concrete Institute).2011. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-11). 544p.
- ❖ Pasquel Carbajal, E. 2011. Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima. Perú.
- ❖ Rivva López, E. 2014a. Materiales Para el Concreto. 3 ed. Lima. Perú. ICG. .
- ❖ Rivva López, E. 2014b. Diseño de Mezclas. 2 ed. Lima. Perú. ICG..
- ❖ Vásquez Bustamante, O. 2012. Reglamento Nacional de Edificaciones, Actualizado y Comentado. Lima. Perú. 2 ed.
- ❖ Lezama, J. (1996) *Tecnología del Concreto*. UNC, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú.

- ❖ Sánchez, D. (2004) *Tecnología del concreto y del mortero* “Santafé de Bogotá D.C.- Colombia”.
- ❖ Gutiérrez, L. (2003) *El Concreto y otros Materiales para la Construcción* 2ed.Colombia

## **NORMAS**

- ASTM C 469. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT- INDECOPI.
- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.

# **APENDICE**

## A. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

### a. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN ( NTP 339.021; NTP 339.022 – ASTM C - 127; ASTM C - 128)

Tabla N°47. Propiedades del Agregado Fino.

AGREGADO FINO				
ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
Wo= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).	475.200	476.500	475.600	.....
V= Volumen del Frasco (cm3).	500.000	500.000	500.000	.....
Va= Peso en (gr) o Volumen (cm3) del Agua Añadida al frasco.	317.410	315.820	318.430	.....
a. Peso Especifico de Masa Pe= Wo/(V-Va)	2.603	2.587	2.619	2.603 gr/cm3
b. Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca Pesss= 500/(V-Va)	2.711	2.688	2.726	2.708 gr/cm3
c. Peso Especifico Aparente Pea= Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]	2.832	2.776	2.811	2.806 gr/cm3
d. Absorción Ab= [(500 - Wo)*100]/Wo)	5.219	4.932	5.130	5.094 %

Tabla N°48. Propiedades del Agregado Grueso.

AGREGADO GRUESO				
ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
A= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).	5370.000	4890.000	4820.000	.....
B= Peso en el Aire de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr).	5415.000	4932.000	4861.000	.....
C= Peso en el Agua de la Muestra Saturada (gr).	3195.000	3045.000	2985.000	.....
a. Peso Especifico de Masa Pe= A/(B-C)	2.584	2.566	2.634	2.595 gr/cm3
b. Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca Pesss= B/(B-C)	2.605	2.588	2.657	2.617 gr/cm3
c. Peso Especifico Aparente Pea= A/(A-C)	2.641	2.624	2.695	2.653 gr/cm3
d. Absorción Ab= [(B-A)*100]/A)	0.838	0.859	0.851	0.849 %

b. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017 – ASTM C - 29 )

Tabla N°49. Calibración de Recipiente.

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	
CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f)	
Volumen de Agua en Recipiente (V)=	9922.757 cm <sup>3</sup>
Wa en Recipiente a 16.7 °C=	8.300 kg
f= (1000 kg/m <sup>3</sup> )/ Wa	120.482 l/m <sup>3</sup>
Volumen de Agua en Recipiente (V)=	3301.371 cm <sup>3</sup>
Wa en Recipiente a 16.7 °C=	2.950 kg
f= (1000 kg/m <sup>3</sup> )/ Wa	338.983 l/m <sup>3</sup>

Tabla N°50. Peso Unitario Compactado de los Agregados.

AGREGADO FINO			
ENSAYO	1	2	3
Peso del Recipiente (gr).	3880	3880	3880
Peso del Recipiente + material (gr).	8550	8545	8590
Peso del Material (gr).	4670	4665	4710
Factor (f).	338.983	338.983	338.983
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ).	1583.051 kg/m <sup>3</sup>	1581.356 kg/m <sup>3</sup>	1596.610 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado Promedio</b>	<b>1587.006 kg/m<sup>3</sup></b>		
AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	1	2	3
Peso del Recipiente (gr).	4210	4210	4210
Peso del Recipiente + material (gr).	17600	17580	17560
Peso del Material (gr).	13390	13370	13350
Factor (f).	120.482	120.482	120.482
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ).	1613.253 kg/m <sup>3</sup>	1610.843 kg/m <sup>3</sup>	1608.434 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado Promedio</b>	<b>1610.843 kg/m<sup>3</sup></b>		

**Tabla N°51. Peso Unitario Suelto de los Agregados.**

<b>AGREGADO FINO</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr).	3880	3880	3880
Peso del Recipiente + material (gr).	8140	8105	8134
Peso del Material (gr).	4260	4225	4225
Factor (f).	338.983	338.983	338.983
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m3).	1444.068 kg/m3	1432.203 kg/m3	1442.034 kg/m3
<b>Peso Unitario Suelto Seco Promedio</b>	<b>1439.435 kg/m3</b>		
<b>AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr).	4210	4210	4210
Peso del Recipiente + material (gr).	17160	17150	17140
Peso del Material (gr).	12950	12940	12930
Factor (f).	120.482	120.482	120.482
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m3).	1560.241 kg/m3	1559.036 kg/m3	1557.831 kg/m3
<b>Peso Unitario Suelto Seco Promedio</b>	<b>1559.036 kg/m3</b>		

**c. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)**

Formula a usar:

$$\%W = \frac{H}{M_s} * 100 \quad (\text{Ec. ... 28})$$

Dónde:

- ✓ H= Peso del agua evaporada.
- ✓ Peso de la muestra seca.

**Tabla N°52. Contenido de Humedad de los Agregados.**

<b>AGREGADO FINO</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr).	40	50	40
Peso del Recipiente + Material Húmedo (gr).	485	505	470
Peso del Recipiente + Material Seco (gr).	466	487	451
Peso del Agua (gr).	19	18	19
Peso de la Muestra Seca (gr).	426.000	437.000	411.000
Contenido de Humedad (%).	4.460 %	4.119 %	4.623 %
<b>Contenido de Humedad Promedio (%).</b>	<b>4.401 %</b>		
<b>AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del Recipiente (gr).	40	80	75
Peso del Recipiente + Material Húmedo (gr).	545	945	915
Peso del Recipiente + Material Seco (gr).	538	933	903
Peso del Agua (gr).	7	12	12
Peso de la Muestra Seca (gr).	498.000	853.000	828.000
Contenido de Humedad (%).	1.406 %	1.407 %	1.449 %
<b>Contenido de Humedad Promedio (%).</b>	<b>1.421 %</b>		

d. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.012)

Figura N°26. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

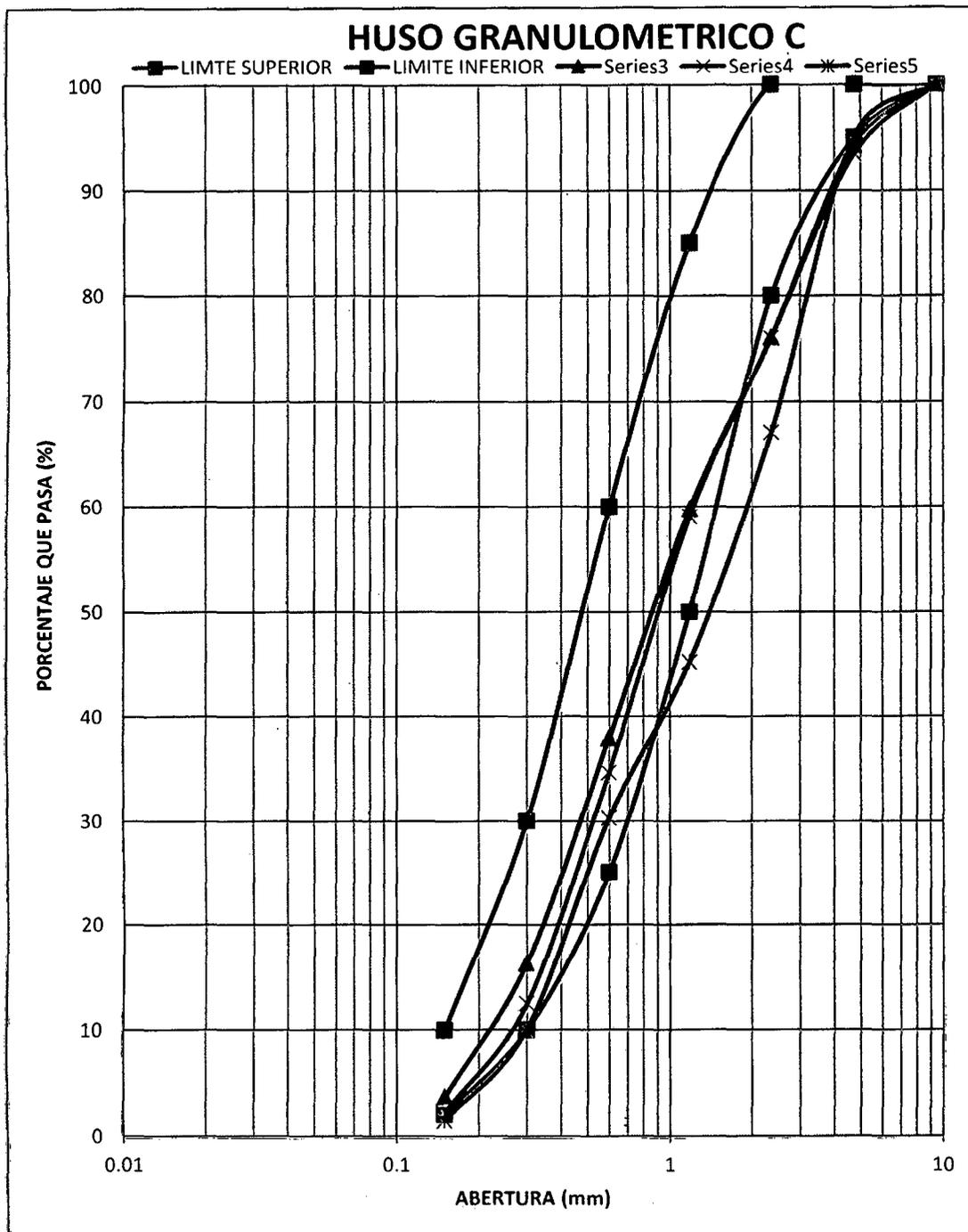
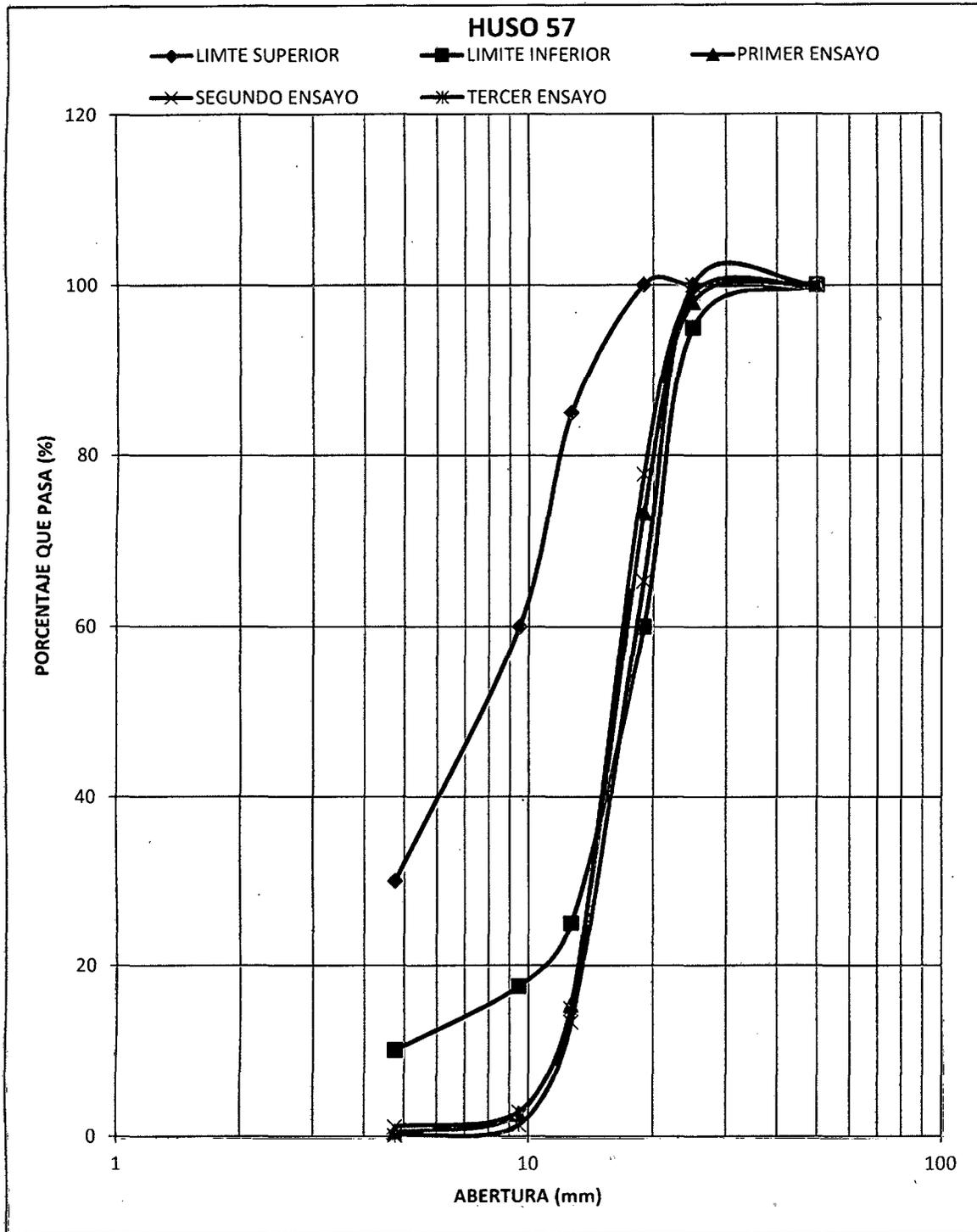


Figura N°27. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.



e. **MÓDULO DE FINEZA DE LOS AGREGADOS**

**AGREGADO FINO**

**EXPRESION DE RESULTADOS**

Formula a usar:

$$M.F = \frac{\%RET. ACUMULADO (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad (Ec. \dots 28)$$

**Tabla N°53. Módulo de Fineza del Agregado Fino.**

MALLA		PESO RETENIDO ACUMULADO
N°	(mm)	(gr)
4	4.76	23.908
8	2.36	40.23
16	1.18	50.805
30	0.6	62.069
50	0.3	83.678
100	0.15	96.322
M.F.		3.570

**AGREGADO GRUESO**

**EXPRESION DE RESULTADOS**

Formula a usar:

$$M.F = \frac{\%RET. ACUMULADO (3", 1\frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4)}{100} \quad (Ec. \dots 29)$$

**Tabla N°54. Módulo de Fineza del Agregado Grueso.**

MALLA		PESO RETENIDO ACUMULADO
N°	(mm)	(gr)
1.5 "	37.5	0
3/4 "	19	22.117
3/8 "	9.51	97.156
N°4	4.76	98.894
M.G.=		7.182

**f. MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (NTP 400.018)**

**Tabla N°55. Material más fino que pasa el Tamiz N°200.**

AGREGADO	% MAXIMO DE MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200	
	CONCRETO EXPUESTO A LA ABRASIÓN	CONCRETO NO EXPUESTO A LA ABRASIÓN
ARENA NATURAL	3	5
ARENA TRITURADA	5	7
GRAVA NATURAL	1	1
GRAVA TRITURADA	1.5	1.5

**EXPRESION DE RESULTADOS**

Formula a usar:

$$F = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad (\text{Ec. ... 30})$$

Dónde:

- ✓ F= Porcentaje de material que pasa el tamiz N°200.
- ✓ Wo=Peso seco de la muestra original (gr.).
- ✓ Wf=Peso seco de la muestra después del lavado (gr.).

**Tabla N°56. Módulo de Fineza del Agregado Grueso**

<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso seco de la muestra original (gr)	505	615	615
Peso seco de la muestra lavada (gr)	495	600	600
Peso de material que pasa tamiz N° 200 (gr)	10	15	15
% de material que pasa tamiz N° 200	1.980 %	2.439 %	2.439 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.286 %</b>		
<b>AGREGADO GRUESO</b>			
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso seco de la muestra original (gr)	2719	4030	3920
Peso seco de la muestra lavada (gr)	2700	3995	3890
Peso de material que pasa tamiz N° 200 (gr)	19	35	40
% de material que pasa tamiz N° 200	0.699 %	0.868 %	1.018 %
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.862 %</b>		

**g. RESISTENCIA MÉCANICA A LA ABRASIÓN AGREGADO GRUESO (MÉTODO DE LOS ÁNGELES) ( NTP 400.019 ó NTP 400.020)**

Formula a usar:

$$D_e = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad (Ec. \dots 30)$$

Dónde:

- ✓ De= Porcentaje de desgaste (%).
- ✓ Wo=Peso original de la muestra (gr).
- ✓ Wf=Peso final de la muestra (gr).

**Tabla N°57. Resistencia Mecánica a la Abrasión.**

<b>PRIMER ENSAYO</b>			
<b>TAMICES</b>		<b>RETENIDO EN</b>	<b>B</b>
<b>ABERTURA</b>	<b>PASA</b>		
1"	25.4 mm	3/4" ( 19.0 mm)	2500.000 gr
3/4"	19.0 mm	1/2" ( 12.7 mm)	2500.000 gr
1/2"	12.7 mm	3/8" ( 09.51 mm)	.....
<b>TOTAL</b>			<b>5000.000 gr</b>
<b>Datos:</b>			
<b>W<sub>o</sub>=</b>	5295.000 gr		<b>W<sub>f</sub>=</b> 3810.000 gr
<b>% de desgaste=</b>			<b>23.800 %</b>
<b>SEGUNDO ENSAYO</b>			
<b>TAMICES</b>		<b>RETENIDO EN</b>	<b>B</b>
<b>ABERTURA</b>	<b>PASA</b>		
1"	25.4 mm	3/4" ( 19.0 mm)	2500.000 gr
3/4"	19.0 mm	1/2" ( 12.7 mm)	2500.000 gr
1/2"	12.7 mm	3/8" ( 09.51 mm)	.....
<b>TOTAL</b>			<b>5000.000 gr</b>
<b>Datos:</b>			
<b>W<sub>o</sub>=</b>	5295.000 gr		<b>W<sub>f</sub>=</b> 3815.000 gr
<b>% de desgaste=</b>			<b>23.700 %</b>
<b>TERCER ENSAYO</b>			
<b>TAMICES</b>		<b>RETENIDO EN</b>	<b>B</b>
<b>ABERTURA</b>	<b>PASA</b>		
1"	25.4 mm	3/4" ( 19.0 mm)	2500.000 gr
3/4"	19.0 mm	1/2" ( 12.7 mm)	2500.000 gr
1/2"	12.7 mm	3/8" ( 09.51 mm)	.....
<b>TOTAL</b>			<b>5000.000 gr</b>
<b>Datos:</b>			
<b>W<sub>o</sub>=</b>	5263.000 gr		<b>W<sub>f</sub>=</b> 3790.000 gr
<b>% de desgaste=</b>			<b>24.200 %</b>
<b>PROMEDIO</b>			<b>23.900%</b>

**B. MEZCLA PARA LOS GRUPOS DE CONTROL SIN ADITIVO**

**a. MEZCLA PARA PRIMER GRUPO DE CONTROL (GC<sub>SA</sub>) CON CEMENTO PACASMAYO TIPO I.**

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO					
1.00	<b>CEMENTO</b>				
	CEMENTO	PACASMAYO TIPO I			
	PESO ESPECÍFICO	3.120 gr/cm <sup>3</sup>			
2.00	<b>AGREGADOS</b>				
	AGREGADOS	PROCEDENCIA			
	AGREGADO FINO	RIO CHONTA			
	AGREGADO GRUESO				
2.00	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS</b>				
	<b>CARACTERÍSTICAS</b>				
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO		
			3/4"		
	PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595 gr/cm <sup>3</sup>		
	PESO UNITARIO SUELTO	1470.06 kg/m <sup>3</sup>	1585.54 kg/m <sup>3</sup>		
	PESO UNITARIO COMPACTADO	1876.00 kg/m <sup>3</sup>	1610.84 kg/m <sup>3</sup>		
	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.40	1.42		
	ABSORCIÓN (%)	5.09	0.85		
	MODULO DE FINURA	3.57	7.18		
	ABRASIÓN (%)		27.83		
	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200	2.29 %	0.86 %		
	3.00	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO</b>			
Resistencia a Compresión de Diseño ( f'c):		210.00 kg/cm <sup>2</sup>			
	Resistencia a Compresión Promedio ( f'cr):	247.80 kg/cm <sup>2</sup>			
	NOTA: Grado de Control Aceptable				
4.00	<b>ASENTAMIENTO</b>				
	ASENTAMIENTO	3" - 4"			
5.00	<b>AGUA DE MEZCLADO</b>				
	CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	205.00 Lt/m <sup>3</sup>			
6.00	<b>AIRE ATRAPADO</b>				
	AIRE ATRAPADO (%)	2.00 %			
7.00	<b>RELACIÓN AGUA - CEMENTO</b>				
	RELACIÓN AGUA - CEMENTO	0.684	Según la tabla N°23		
8.00	<b>CEMENTO</b>				
	CEMENTO	300.00 kg/m <sup>3</sup>			
	CEMENTO	7.06 bolsas/m <sup>3</sup>			
9.00	<b>MÉTODOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>				
	MATERIAL	UNIDAD			
	CEMENTO	0.0961538 m <sup>3</sup>			
	AGUA DE MEZCLADO	0.2050000 m <sup>3</sup>			
	AIRE (%)	0.0200000 m <sup>3</sup>			
	SUMA	0.3211538 m <sup>3</sup>			
10.00	<b>MODULO DE COMBINACIÓN</b>				
	MODULO DE COMBINACIÓN	5.20	Combinación con DIN1045		
	MATERIAL	UNIDAD			
	AGREGADO FINO (%)	54.85			
	AGREGADO GRUESO (%)	45.15			
11.00	<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>				
	VOLUMEN DE AGREGADOS	0.6788462 m <sup>3</sup>			
	MATERIAL	UNIDAD			
	AGREGADO FINO	969.00 kg/m <sup>3</sup>			
	AGREGADO GRUESO	795.00 kg/m <sup>3</sup>			
12.00	<b>APORTE DE AGUA DE AGREGADOS</b>				
	MATERIAL	UNIDADES			
	AGREGADO FINO	-6.72			
	AGREGADO GRUESO	4.55			
	TOTAL	-2.17			
	<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>		
	CEMENTO	300.00 Kg	CEMENTO	300.00 Kg	
	AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt	AGUA DE MEZCLA	207.20 Lt	
	AGREGADO FINO SECO	969.00 Kg	AGREGADO FINO HUMEDO	1012.00 Kg	
	AGREGADO GRUESO SECO	795.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO	806.00 Kg	
	AIRE ATRAPADO	2.00 %	AIRE ATRAPADO	2.00 %	
	13.00	<b>PROPORCIÓN EN PESO - VOLUMEN</b>			
		PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
		CEMENTO	1.00	CEMENTO	1.00
		AGREGADO FINO SECO	3.37	AGREGADO FINO SECO	3.44
AGREGADO GRUESO SECO		2.69	AGREGADO GRUESO SECO	2.50	
AGUA DE DISEÑO		29.4 Lt/Bolsa	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa	

b. MEZCLA PARA PRIMER GRUPO DE CONTROL (GC<sub>S</sub>) CON CEMENTO INKA TIPO I Co.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO				
1.00	<b>CEMENTO</b>			
	CEMENTO	INKA		
	PESO ESPECÍFICO	3.050 gr/cm <sup>3</sup>		
2.00	<b>AGREGADOS</b>			
	AGREGADOS	PROCEDENCIA		
	AGREGADO FINO	RIO CHONTA		
	AGREGADO GRUESO			
2.00	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS</b>			
	CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	
	PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595 gr/cm <sup>3</sup>	
	PESO UNITARIO SUELTO	1470.06 kg/m <sup>3</sup>	1585.54 kg/m <sup>3</sup>	
	PESO UNITARIO COMPACTADO	1876.00 kg/m <sup>3</sup>	1610.84 kg/m <sup>3</sup>	
	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.40 %	1.42 %	
	ABSORCIÓN (%)	5.09 %	0.85 %	
	MÓDULO DE FINURA	3.57	7.18	
	ABRASIÓN (%)	-	27.83 %	
	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°20	2.29 %	0.86 %	
3.00	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO</b>			
	Resistencia a Compresión de Diseño (f'c):	210.00 kg/cm <sup>2</sup>		
	Resistencia a Compresión Promedio (f'cr):	247.80 kg/cm <sup>2</sup>		
	NOTA: Grado de Control Aceptable			
4.00	<b>ASENTAMIENTO</b>			
	ASENTAMIENTO	3" - 4"		
5.00	<b>AGUA DE MEZCLADO</b>			
	CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	205.00 Lt/m <sup>3</sup>		
6.00	<b>AIRE ATRAPADO</b>			
	AIRE ATRAPADO (%)	2.00 %		
7.00	<b>RELACIÓN AGUA - CEMENTO</b>			
	RELACIÓN AGUA - CEMENTO	0.68	Según la tabla N°23	
8.00	<b>CEMENTO</b>			
	CEMENTO	300.00 kg/m <sup>3</sup>		
	CEMENTO	7.06 bolsas/m <sup>3</sup>		
9.00	<b>MÉTODOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>			
	MATERIAL	UNIDAD		
	CEMENTO	0.0983607 m <sup>3</sup>		
	AGUA DE MEZCLADO	0.2050000 m <sup>3</sup>		
	AIRE (%)	0.0200000 m <sup>3</sup>		
	SUMA	0.3233607 m <sup>3</sup>		
10.00	<b>MÓDULO DE COMBINACIÓN</b>			
	MÓDULO DE COMBINACIÓN	5.20	Combinación con DIN1045	
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO (%)	55.16		
	AGREGADO GRUESO (%)	44.84		
11.00	<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>			
	VOLUMEN DE AGREGADOS	0.6766393 m <sup>3</sup>		
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO	972.00 kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO	787.00 kg/m <sup>3</sup>		
12.00	<b>APORTE DE AGUA DE AGREGADOS</b>			
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO	-6.74		
	AGREGADO GRUESO	4.50		
	TOTAL	-2.23		
	MATERIALES DE DISEÑO		MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	
	CEMENTO	300.00 Kg	CEMENTO	300.00 Kg
	AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt	AGUA DE DISEÑO	207.20 Lt
	AGREGADO FINO SECO	972.00 Kg	AGREGADO FINO SECO	1015.00 Kg
	AGREGADO GRUESO SECO	787.00 Kg	AGREGADO GRUESO SECO	798.00 Kg
	AIRE ATRAPADO	2.00 %	AIRE ATRAPADO	2.00 %
13.00	<b>PROPORCIÓN EN PESO - VOLUMEN</b>			
	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	CEMENTO	1.00	CEMENTO	1.00
	AGREGADO FINO SECO	3.38	AGREGADO FINO SECO	3.45
	AGREGADO GRUESO SECO	2.66	AGREGADO GRUESO SECO	2.48
	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa

C. MEZCLA PARA LOS GRUPOS DE CONTROL CON ADITIVO

a. MEZCLA PARA EL PRIMER GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN (GE<sub>CA</sub>)  
USANDO CEMENTO PACASMAYO TIPO I Y ADITIVO CHEMA ESTRUCT  
(425 ml/bolsa)

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO			
1.00	<b>CEMENTO</b>		
	CEMENTO	PACASMAYO TIPO I	
	PESO ESPECÍFICO	3.120 gr/cm <sup>3</sup>	
2.00	<b>AGREGADOS</b>		
	AGREGADOS	PROCEDENCIA	
	AGREGADO FINO	RIO CHONTA	
	AGREGADO GRUESO		
2.00	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS</b>		
	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
	PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595 gr/cm <sup>3</sup>
	PESO UNITARIO SUELTO	1470.06 kg/m <sup>3</sup>	1585.54 kg/m <sup>3</sup>
	PESO UNITARIO COMPACTADO	1876.00 kg/m <sup>3</sup>	1610.84 kg/m <sup>3</sup>
	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.40	1.42
	ABSORCIÓN (%)	5.09	0.85
	MODULO DE FINURA	3.57	7.18
	ABRASIÓN (%)	-	27.83
	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200	2.29 %	0.86 %
3.00	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO</b>		
	Resistencia a Compresión de Diseño (f'c):	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia a Compresión Promedio (f'cr):	247.80 kg/cm <sup>2</sup>	
	NOTA: Grado de Control Aceptable		
4.00	<b>ASENTAMIENTO</b>		
	ASENTAMIENTO	3" - 4"	
5.00	<b>AGUA DE MEZCLADO</b>		
	CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	184.50 Lt/m <sup>3</sup>	
6.00	<b>AIRE ATRAPADO</b>		
	AIRE ATRAPADO (%)	2.00 %	
7.00	<b>RELACIÓN AGUA - CEMENTO</b>		
	RELACIÓN AGUA - CEMENTO	0.684	Según la tabla N°23
8.00	<b>CEMENTO</b>		
	CEMENTO	270.00 kg/m <sup>3</sup>	
	CEMENTO	6.35 bolsas/m <sup>3</sup>	
9.00	<b>MÉTODOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>		
	MATERIAL	UNIDAD	
	CEMENTO	0.0865385 m <sup>3</sup>	
	AGUA DE MEZCLADO	0.1845000 m <sup>3</sup>	
	AIRE (%)	0.0200000 m <sup>3</sup>	
	SUMA	0.2910385 m <sup>3</sup>	
10.00	<b>MÓDULO DE COMBINACIÓN</b>		
	MÓDULO DE COMBINACIÓN	5.20	Combinación con DIN1045
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO (%)	54.85	
	AGREGADO GRUESO (%)	45.15	
11.00	<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>		
	VOLUMEN DE AGREGADOS	0.7089615 m <sup>3</sup>	
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO	1012.00 kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO	831.00 kg/m <sup>3</sup>	
12.00	<b>APORTE DE AGUA DE AGREGADOS</b>		
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO	-7.01	
	AGREGADO GRUESO	4.75	
	TOTAL	-2.26	
	<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>
	CEMENTO	270.00 Kg	CEMENTO 270.00 Kg
	AGUA DE DISEÑO	184.50 Lt	AGUA DE MEZCLA 186.80 Lt
	AGREGADO FINO SECO	1012.00 Kg	AGREGADO FINO HUMEDO 1057.00 Kg
	AGREGADO GRUESO SECO	831.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO 843.00 Kg
	AIRE ATRAPADO	2.00 %	AIRE ATRAPADO 2.00 %
	CHEMA ESTRUCT	425.00 ml/bolsa	CHEMA ESTRUCT 425.00 ml/bolsa
13.00	<b>PROPORCIÓN EN PESO - VOLUMEN</b>		
	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	CEMENTO	1.00	CEMENTO 1.00
	AGREGADO FINO SECO	3.91	AGREGADO FINO SECO 4.00
	AGREGADO GRUESO SECO	3.12	AGREGADO GRUESO SECO 2.91
	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa	AGUA DE DISEÑO 29.4 Lt/Bolsa
	CHEMA ESTRUCT	425.00 ml/bolsa	CHEMA ESTRUCT 425.00 ml/bolsa

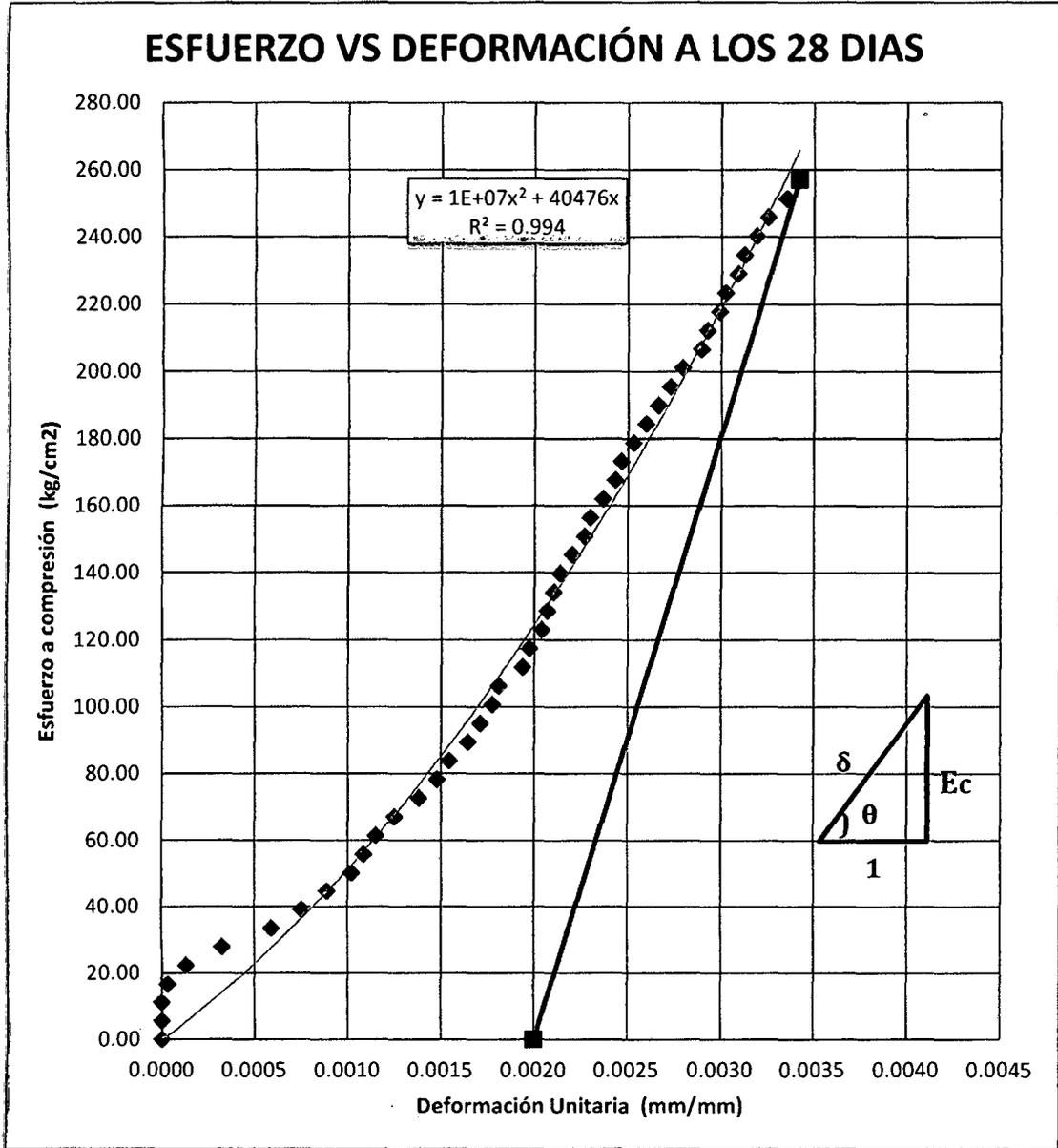
b. MEZCLA PARA EL PRIMER GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN (GE<sub>CA</sub>)  
USANDO CEMENTO INKA TIPO I C<sub>0</sub> Y ADITIVO CHEMA ESTRUCT (425 ml/bolsa)

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO			
1.00	<b>CEMENTO</b>		
	CEMENTO	INKA	
	PESO ESPECÍFICO	3.050 gr/cm <sup>3</sup>	
2.00	<b>AGREGADOS</b>		
	AGREGADOS	PROCEDENCIA	
	AGREGADO FINO	RIO CHONTA	
	AGREGADO GRUESO		
2.00	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS</b>		
	CARACTERÍSTICAS		
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
	PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595
	PESO UNITARIO SUELTO	1470.06 kg/m <sup>3</sup>	1585.542
	PESO UNITARIO COMPACTADO	1876.00 kg/m <sup>3</sup>	1610.843
	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.40	1.42
	ABSORCIÓN (%)	5.09	0.85
	MODULO DE FINURA	3.57	7.18
	ABRASIÓN (%)	-	27.83
	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°	2.29	0.862
3.00	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO</b>		
	Resistencia a Compresión de Diseño (f' <sub>c</sub> ):	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia a Compresión Promedio (f' <sub>cr</sub> ):	247.80 kg/cm <sup>2</sup>	
	NOTA: Grado de Control Aceptable		
4.00	<b>ASENTAMIENTO</b>		
	ASENTAMIENTO	3" - 4"	
5.00	<b>AGUA DE MEZCLADO</b>		
	CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	184.50 L/m <sup>3</sup>	
6.00	<b>AIRE ATRAPADO</b>		
	AIRE ATRAPADO (%)	2.00 %	
7.00	<b>RELACION AGUA - CEMENTO</b>		
	RELACION AGUA - CEMENTO	0.68	Según la tabla N°23
8.00	<b>CEMENTO</b>		
	CEMENTO	270.00 kg/m <sup>3</sup>	
	CEMENTO	6.35 bolsas/m <sup>3</sup>	
9.00	<b>MÉTODOS DE VOLÚMENES ABSOLUTOS</b>		
	MATERIAL	UNIDAD	
	CEMENTO	0.0885246 m <sup>3</sup>	
	AGUA DE MEZCLADO	0.1845000 m <sup>3</sup>	
	AIRE (%)	0.0200000 m <sup>3</sup>	
	SUMA	0.2930246 m <sup>3</sup>	
10.00	<b>MODULO DE COMBINACIÓN</b>		
	MODULO DE COMBINACIÓN	5.20	Combinación con DIN 1045
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO (%)	55.16	
	AGREGADO GRUESO (%)	44.84	
11.00	<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>		
	VOLUMEN DE AGREGADOS	0.7069754 m <sup>3</sup>	
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO	1015.00 kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO	823.00 kg/m <sup>3</sup>	
12.00	<b>APORTE DE AGUA DE AGREGADOS</b>		
	MATERIAL	UNIDAD	
	AGREGADO FINO	-7.03	
	AGREGADO GRUESO	4.71	
	TOTAL	-2.33	
	<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>
	CEMENTO	270.00 Kg	CEMENTO
	AGUA DE DISEÑO	184.50 Lt	AGUA DE MEZCLA
	AGREGADO FINO SECO	1015.00 Kg	AGREGADO FINO HUMED
	AGREGADO GRUESO S	823.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUN
	AIRE ATRAPADO	2.00 %	AIRE ATRAPADO
	CHEMA ESTRUCT	425.00 ml/bolsa	CHEMA ESTRUCT
			425.00 ml/bolsa
13.00	<b>PROPORCIÓN EN PESO - VOLUMEN</b>		
	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	CEMENTO	1.00	CEMENTO
	AGREGADO FINO SECO	3.93	AGREGADO FINO HUMED
	AGREGADO GRUESO S	3.09	AGREGADO GRUESO HUN
	AGUA DE MEZCLA	29.4 Lt/Bolsa	AGUA DE MEZCA
	CHEMA ESTRUCT	425.00 ml/bolsa	CHEMA ESTRUCT
			425.00 ml/bolsa

#### D. CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN

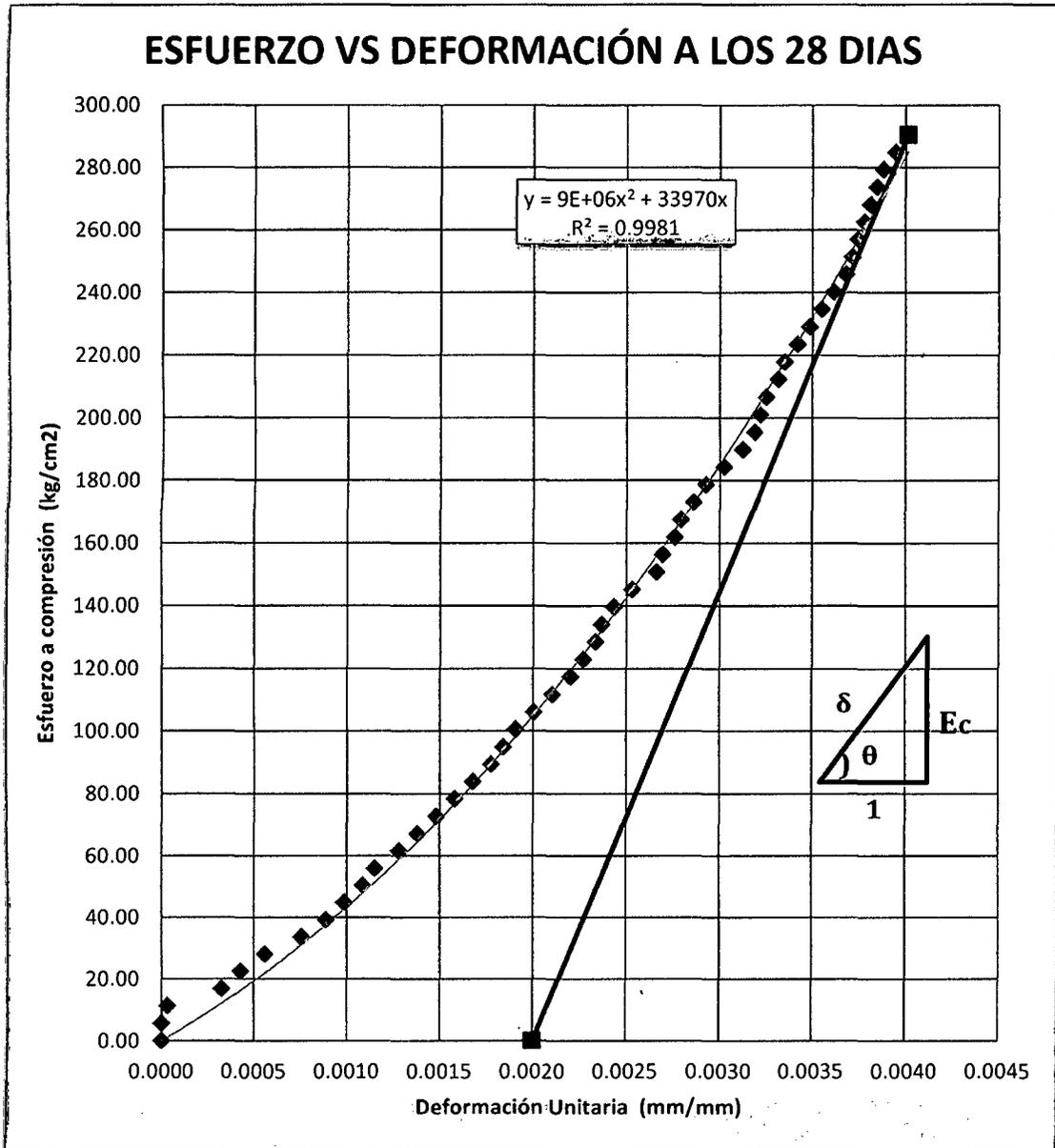
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO SIN ADITIVO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN		14/05/2015	EDAD	28.00 días
FECHA DE ROTURA		11/06/2015	CÓDIGO	PCP - CA - 15
RESISTENCIA f <sub>c</sub>		210.00 kg/cm <sup>2</sup>	FALLA	TIPO 5
PESO		12.47 kg	ALTURA	302.00 mm
DIAMETRO		15.10 cm	ÁREA	179.08 cm <sup>2</sup>
PESO UNITARIO DEL C° END.		2305.77 Kg/m <sup>3</sup>	CARGA ULTIMA	46.00 Tn
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.58	0.000000	0.00
2.00	0.00	11.17	0.000000	0.00
3.00	0.01	16.75	0.000033	1.34
4.00	0.04	22.34	0.000132	5.50
5.00	0.10	27.92	0.000329	14.40
6.00	0.18	33.50	0.000592	27.47
7.00	0.23	39.09	0.000757	36.35
8.00	0.27	44.67	0.000888	43.84
9.00	0.31	50.26	0.001020	51.67
10.00	0.33	55.84	0.001086	55.72
11.00	0.35	61.43	0.001151	59.86
12.00	0.38	67.01	0.001250	66.22
13.00	0.42	72.59	0.001382	75.01
14.00	0.45	78.18	0.001480	81.83
15.00	0.47	83.76	0.001546	86.48
16.00	0.50	89.35	0.001645	93.62
17.00	0.52	94.93	0.001711	98.49
18.00	0.54	100.51	0.001776	103.45
19.00	0.55	106.10	0.001809	105.96
20.00	0.59	111.68	0.001941	116.22
21.00	0.60	117.27	0.001974	118.84
22.00	0.62	122.85	0.002039	124.14
23.00	0.63	128.44	0.002072	126.83
24.00	0.64	134.02	0.002105	129.53
25.00	0.65	139.60	0.002138	132.26
26.00	0.67	145.19	0.002204	137.78
27.00	0.69	150.77	0.002270	143.39
28.00	0.70	156.36	0.002303	146.22
29.00	0.72	161.94	0.002368	151.96
30.00	0.74	167.52	0.002434	157.78
31.00	0.75	173.11	0.002467	160.72
32.00	0.77	178.69	0.002533	166.68
33.00	0.79	184.28	0.002599	172.72
34.00	0.81	189.86	0.002664	178.84
35.00	0.83	195.44	0.002730	185.05
36.00	0.85	201.03	0.002796	191.35
37.00	0.88	206.61	0.002895	200.96
38.00	0.89	212.20	0.002928	204.21
39.00	0.91	217.78	0.002993	210.77
40.00	0.92	223.37	0.003026	214.08
41.00	0.94	228.95	0.003092	220.77
42.00	0.95	234.53	0.003125	224.14
43.00	0.97	240.12	0.003191	230.96
44.00	0.99	245.70	0.003257	237.87
45.00	1.02	251.29	0.003355	248.39
46.00	1.04	256.87	0.003421	255.51
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 10000000X^2 + 40476X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.994$		
ESFUERZO DE ROTURA		256.87		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	240407.65 kg/cm <sup>2</sup>		
	ACI 318 S	243745.41 kg/cm <sup>2</sup>		
	GRÁFICA	180760.65 kg/cm <sup>2</sup>		

Figura N°29. Esfuerzo vs Deformación.



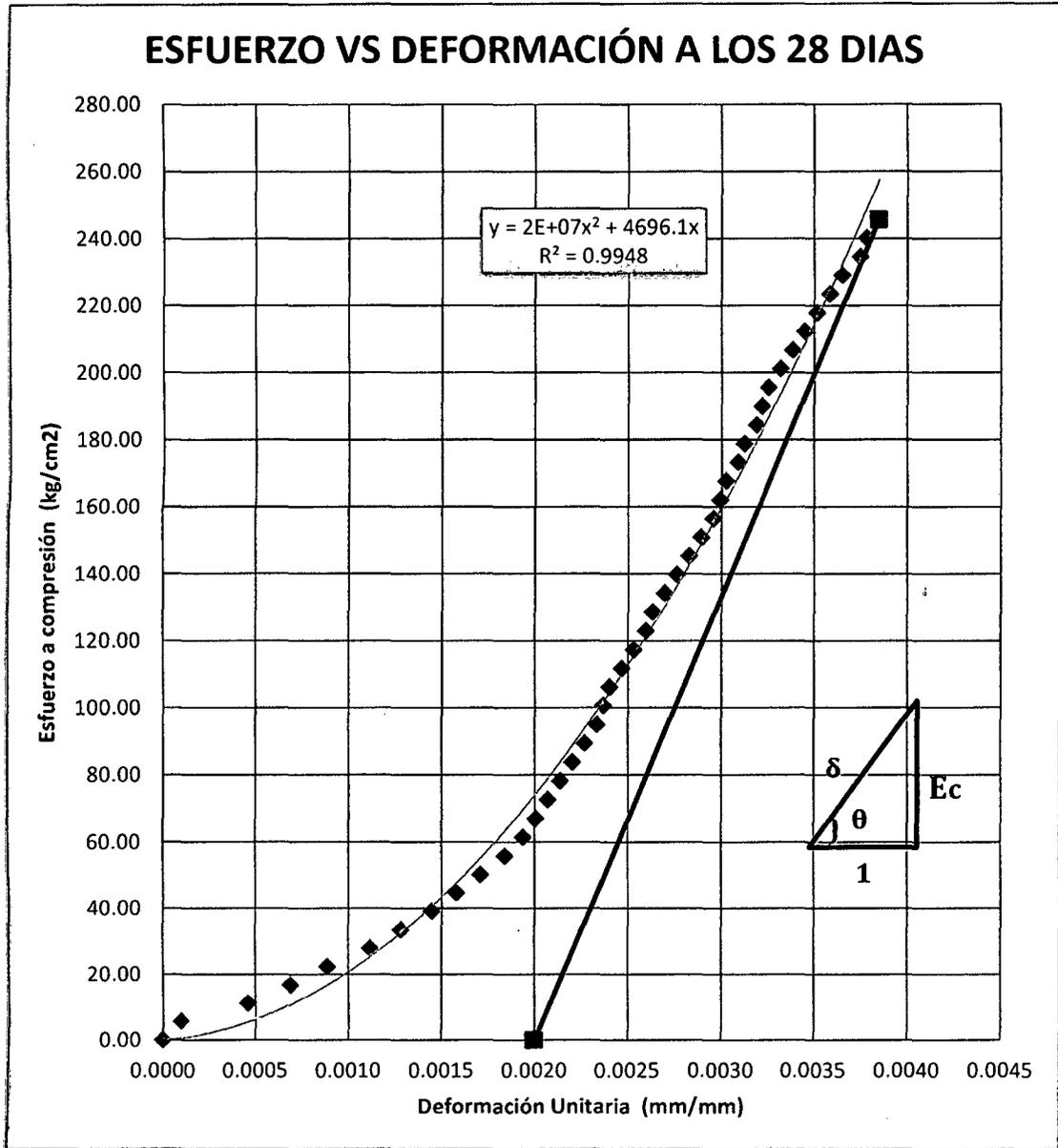
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO CON ADITIVO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN		21/05/2015	EDAD	28.00 días
FECHA DE ROTURA		17/06/2015	CÓDIGO	PCP - SA - 19
RESISTENCIA f <sub>c</sub>		210.00 kg/cm <sup>2</sup>	FALLA	TIPO 5
PESO		13.24 kg	ALTURA	304.00 mm
DIAMETRO		15.10 cm	ÁREA	179.08 cm <sup>2</sup>
PESO UNITARIO DEL C° END.		2432.04 Kg/m <sup>3</sup>	CARGA ULTIMA	52.00 Tn
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.58	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.17	0.000033	1.13
3.00	0.10	16.75	0.000329	12.15
4.00	0.13	22.34	0.000428	16.17
5.00	0.17	27.92	0.000559	21.81
6.00	0.23	33.50	0.000757	30.85
7.00	0.27	39.09	0.000888	37.27
8.00	0.30	44.67	0.000987	42.29
9.00	0.33	50.26	0.001086	47.48
10.00	0.35	55.84	0.001151	51.04
11.00	0.39	61.43	0.001283	58.39
12.00	0.42	67.01	0.001382	64.11
13.00	0.45	72.59	0.001480	70.01
14.00	0.48	78.18	0.001579	76.07
15.00	0.51	83.76	0.001678	82.32
16.00	0.54	89.35	0.001776	88.74
17.00	0.56	94.93	0.001842	93.12
18.00	0.58	100.51	0.001908	97.57
19.00	0.61	106.10	0.002007	104.40
20.00	0.64	111.68	0.002105	111.40
21.00	0.67	117.27	0.002204	118.58
22.00	0.69	122.85	0.002270	123.47
23.00	0.71	128.44	0.002336	128.43
24.00	0.72	134.02	0.002368	130.94
25.00	0.74	139.60	0.002434	136.02
26.00	0.77	145.19	0.002533	143.78
27.00	0.81	150.77	0.002664	154.41
28.00	0.82	156.36	0.002697	157.11
29.00	0.84	161.94	0.002763	162.58
30.00	0.85	167.52	0.002796	165.34
31.00	0.87	173.11	0.002862	170.93
32.00	0.89	178.69	0.002928	176.59
33.00	0.92	184.28	0.003026	185.23
34.00	0.95	189.86	0.003125	194.05
35.00	0.97	195.44	0.003191	200.02
36.00	0.98	201.03	0.003224	203.04
37.00	0.99	206.61	0.003257	206.07
38.00	1.01	212.20	0.003322	212.20
39.00	1.02	217.78	0.003355	215.30
40.00	1.04	223.37	0.003421	221.55
41.00	1.06	228.95	0.003487	227.87
42.00	1.08	234.53	0.003553	234.27
43.00	1.10	240.12	0.003618	240.75
44.00	1.12	245.70	0.003684	247.31
45.00	1.13	251.29	0.003717	250.62
46.00	1.14	256.87	0.003750	253.95
47.00	1.15	262.45	0.003783	257.30
48.00	1.16	268.04	0.003816	260.66
49.00	1.17	273.62	0.003849	264.05
50.00	1.18	279.21	0.003882	267.46
51.00	1.20	284.79	0.003947	274.33
52.00	1.22	290.38	0.004013	281.28
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 9000000X^2 + 33970X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9981$		
ESFUERZO DE ROTURA		290.38 kg/cm <sup>2</sup>		
MÓDULO DE ELASTICIDAD		NORMA E0.60	255606.00 kg/cm <sup>2</sup>	
		ACI 318 S	280731.75 kg/cm <sup>2</sup>	
		GRÁFICA	144238.68 kg/cm <sup>2</sup>	

Figura N°30. Esfuerzo vs Deformación.



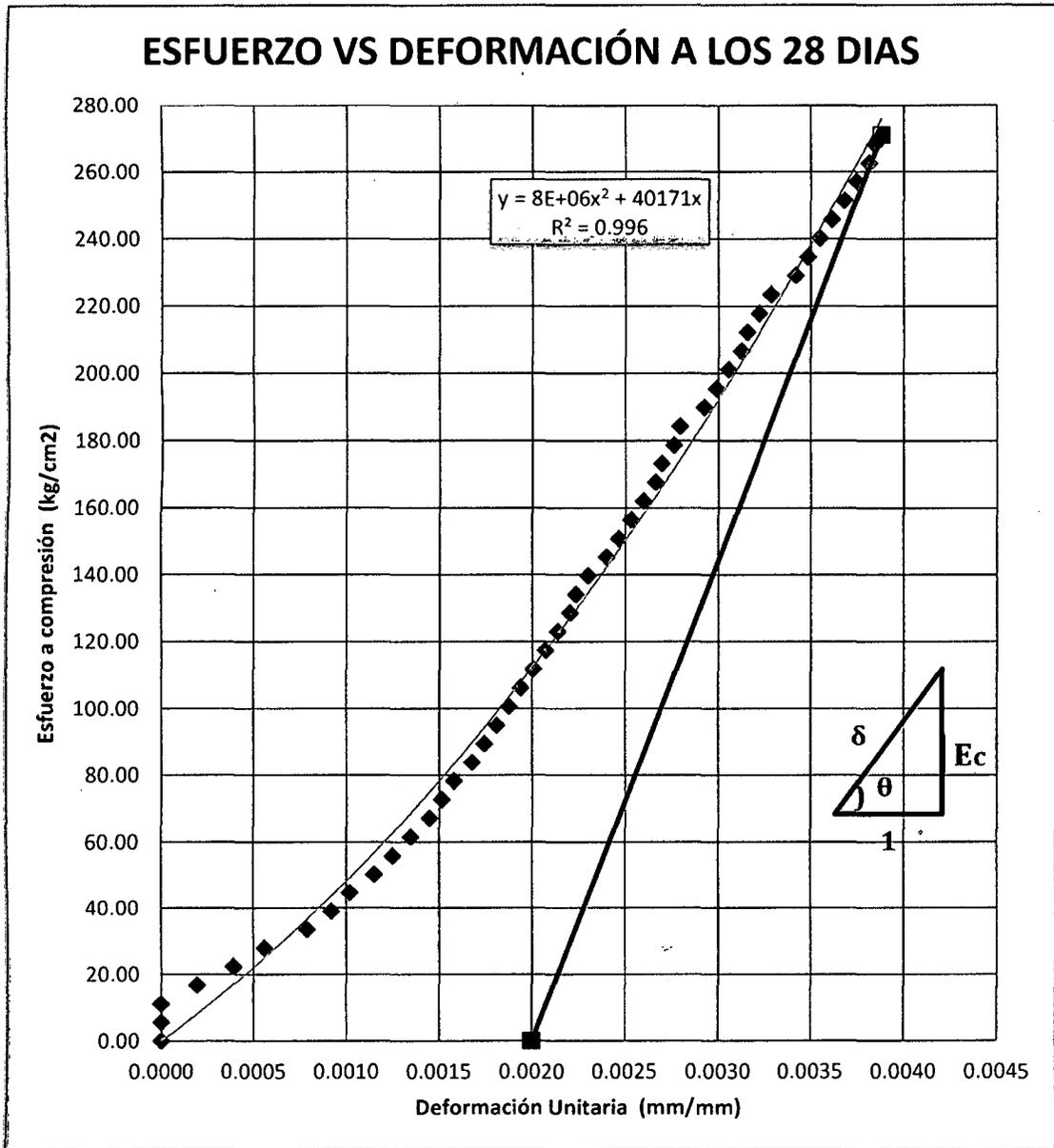
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO SIN ADITIVO					
CEMENTO		INKA TIPO Ico ( ASTM C - 595)			
FECHA DE ELABORACIÓN		18/05/2015	EDAD		28.00 días
FECHA DE ROTURA		15/06/2015	CÓDIGO		PCP - CA - 15
RESISTENCIA f <sub>c</sub>		210.00 kg/cm <sup>2</sup>	FALLA		TIPO 5
PESO		12.86 kg	ALTURA		302.00 mm
DIAMETRO		15.00 cm	ÁREA		176.71 cm <sup>2</sup>
PESO UNITARIO DEL C° END.		2409.69 Kg/m <sup>3</sup>	CARGA ULTIMA		44.00 Tn
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO CORREGIDO	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.00	0.03	5.58	0.000099	0.66	
2.00	0.14	11.17	0.000461	6.40	
3.00	0.21	16.75	0.000691	12.79	
4.00	0.27	22.34	0.000888	19.95	
5.00	0.34	27.92	0.001118	30.27	
6.00	0.39	33.50	0.001283	38.94	
7.00	0.44	39.09	0.001447	48.69	
8.00	0.48	44.67	0.001579	57.28	
9.00	0.52	50.26	0.001711	66.55	
10.00	0.56	55.84	0.001842	76.52	
11.00	0.59	61.43	0.001941	84.45	
12.00	0.61	67.01	0.002007	89.95	
13.00	0.63	72.59	0.002072	95.63	
14.00	0.65	78.18	0.002138	101.48	
15.00	0.67	83.76	0.002204	107.50	
16.00	0.69	89.35	0.002270	113.69	
17.00	0.71	94.93	0.002336	120.06	
18.00	0.72	100.51	0.002368	123.31	
19.00	0.73	106.10	0.002401	126.60	
20.00	0.75	111.68	0.002467	133.32	
21.00	0.77	117.27	0.002533	140.21	
22.00	0.79	122.85	0.002599	147.27	
23.00	0.80	128.44	0.002632	150.86	
24.00	0.82	134.02	0.002697	158.18	
25.00	0.84	139.60	0.002763	165.68	
26.00	0.86	145.19	0.002829	173.34	
27.00	0.88	150.77	0.002895	181.18	
28.00	0.90	156.36	0.002961	189.20	
29.00	0.91	161.94	0.002993	193.27	
30.00	0.92	167.52	0.003026	197.38	
31.00	0.94	173.11	0.003092	205.74	
32.00	0.95	178.69	0.003125	209.99	
33.00	0.97	184.28	0.003191	218.61	
34.00	0.98	189.86	0.003224	222.98	
35.00	0.99	195.44	0.003257	227.40	
36.00	1.01	201.03	0.003322	236.36	
37.00	1.03	206.61	0.003388	245.50	
38.00	1.05	212.20	0.003454	254.82	
39.00	1.07	217.78	0.003520	264.30	
40.00	1.09	223.37	0.003586	273.96	
41.00	1.11	228.95	0.003651	283.79	
42.00	1.14	234.53	0.003750	298.86	
43.00	1.15	240.12	0.003783	303.97	
44.00	1.17	245.70	0.003849	314.32	
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 20000000X^2 + 4696.1X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9948$			
ESFUERZO DE ROTURA		245.70			
MÓDULO DE ELASTICIDAD		NORMA E0.60	235123.32 kg/cm <sup>2</sup>		
		ACI 318 S	254684.61 kg/cm <sup>2</sup>		
		GRÁFICA	132906.48 kg/cm <sup>2</sup>		

Figura N°31. Esfuerzo vs Deformación.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO CON ADITIVO				
CEMENTO		INKA TIPO Ico ( ASTM C - 595)		
FECHA DE ELABORACIÓN		20/05/2015	EDAD	28.00 días
FECHA DE ROTURA		16/06/2015	CÓDIGO	PCI - CA - 20
RESISTENCIA f <sub>c</sub>		210.00 kg/cm <sup>2</sup>	FALLA	TIPO 5
PESO		12.71 kg	ALTURA	304.00 mm
DIAMETRO		15.20 cm	ÁREA	181.46 cm <sup>2</sup>
PESO UNITARIO DEL C° END.		2304.07 Kg/m <sup>3</sup>	CARGA ULTIMA	48.50 Tn
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00
1.00	0.00	5.58	0.000000	0.00
2.00	0.00	11.17	0.000000	0.00
3.00	0.06	16.75	0.000197	8.24
4.00	0.12	22.34	0.000395	17.10
5.00	0.17	27.92	0.000559	24.97
6.00	0.24	33.50	0.000789	36.70
7.00	0.28	39.09	0.000921	43.79
8.00	0.31	44.67	0.001020	49.28
9.00	0.35	50.26	0.001151	56.85
10.00	0.38	55.84	0.001250	62.71
11.00	0.41	61.43	0.001349	68.73
12.00	0.44	67.01	0.001447	74.90
13.00	0.46	72.59	0.001513	79.10
14.00	0.48	78.18	0.001579	83.37
15.00	0.51	83.76	0.001678	89.91
16.00	0.53	89.35	0.001743	94.35
17.00	0.55	94.93	0.001809	98.86
18.00	0.57	100.51	0.001875	103.45
19.00	0.59	106.10	0.001941	108.10
20.00	0.61	111.68	0.002007	112.82
21.00	0.63	117.27	0.002072	117.61
22.00	0.65	122.85	0.002138	122.47
23.00	0.67	128.44	0.002204	127.39
24.00	0.68	134.02	0.002237	129.88
25.00	0.70	139.60	0.002303	134.92
26.00	0.73	145.19	0.002401	142.59
27.00	0.75	150.77	0.002467	147.80
28.00	0.77	156.36	0.002533	153.07
29.00	0.79	161.94	0.002599	158.42
30.00	0.81	167.52	0.002664	163.83
31.00	0.82	173.11	0.002697	166.56
32.00	0.84	178.69	0.002763	172.08
33.00	0.85	184.28	0.002796	174.86
34.00	0.89	189.86	0.002928	186.17
35.00	0.91	195.44	0.002993	191.93
36.00	0.93	201.03	0.003059	197.76
37.00	0.95	206.61	0.003125	203.66
38.00	0.96	212.20	0.003158	206.63
39.00	0.98	217.78	0.003224	212.64
40.00	1.00	223.37	0.003289	218.71
41.00	1.04	228.95	0.003421	231.06
42.00	1.06	234.53	0.003487	237.33
43.00	1.08	240.12	0.003553	243.68
44.00	1.10	245.70	0.003618	250.10
45.00	1.12	251.29	0.003684	256.59
46.00	1.14	256.87	0.003750	263.14
47.00	1.16	262.45	0.003816	269.77
48.00	1.17	268.04	0.003849	273.10
48.50	1.18	270.83	0.003882	276.46
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 8000000X^2 + 40171X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.996$		
ESFUERZO DE ROTURA		270.83		
MÓDULO DE ELASTICIDAD		NORMA E0.60	246854.04 kg/cm <sup>2</sup>	
		ACI 318 S	250004.11 kg/cm <sup>2</sup>	
		GRÁFICA	143938.02 kg/cm <sup>2</sup>	

Figura N°32. Esfuerzo vs Deformación.



## E. FICHAS TÉCNICAS

### a. ADITIVO UTILIZADO

	<b>CHEM MASTERS DEL PERU S.A.</b> <b>Chema Estruct</b> Acelerante de fragua para concreto armado, sin cloruros.
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Es una sustancia química líquida que al ser adicionada a la mezcla de concreto acelera el proceso de endurecimiento y produce importantes ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, contiene agentes plastificantes y en climas de bajas temperaturas trabaja como anticongelante. Su efecto es sobre toda mezcla de concreto, tanto con cementos Portland como también Pozolánicos, muy resistente a los sales y sulfatos. Puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados, no contiene cloruros, mas bien trabaja como un inhibidor de corrosión. Producido de acuerdo a la norma ASTM C-494; este aditivo protege el concreto en su estado fresco, evitando la cristalización o congelamiento en especial para concreto armado.	
<b>USOS:</b> Para vaciados de elementos estructurales en cualquier clima, donde se desea obtener en 3 días la fuerza a la compresión (F <sub>c</sub> ) que se obtendría con el diseño de mezcla a los 7 días sin el CHEMA ESTRUCT. Para vaciados en climas fríos o donde se espera una helada; hará que el concreto fragüe en la mitad de tiempo a pesar de la baja temperatura. 1. En obras de concreto donde se necesite poner en servicio en menos tiempo. 2. Para construir en climas o bajas temperaturas. 3. En ferrocarriles con nivel freático superficial. 4. Cuando se espere una helada para evitar la cristalización o congelamiento. 5. Para descongelar en menor tiempo y acortar tiempos de entrega.	
<b>MODO DE EMPLEO</b> Utilice una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y necesidad: <b>REDUCIDA</b> 250 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado) <b>NORMAL</b> 375 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado) <b>SUPERIOR</b> 500 cc x bolsa de cemento (en el agua de amasado) Agregue la dosificación requerida de CHEMA ESTRUCT en el agua de amasado al momento en que se va a usar y bájelo bien. La relación a/c recomendada máxima debe ser 0.45 o reduce hasta 10% la cantidad de agua. La trabajabilidad del concreto no disminuye debido a que el CHEMA ESTRUCT contiene plastificantes.	
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS</b> Color : Amarillo verdoso Apariencia : Líquida PH : 9.0 - 11.0 Densidad : 1.330 - 1.340 Kg./L.	
<b>PRESENTACIÓN:</b> Envases de 1 gal., 5 gal., y 55 gal.	
<b>EFFECTOS FISIOLÓGICOS:</b> <input type="checkbox"/> En caso de salpicaduras lavar con abundante agua y jabón. <input type="checkbox"/> Si se produjere contacto con los ojos, consultar al médico. <input type="checkbox"/> En caso de ingestión accidental, lavar la boca con abundante agua, atención médica inmediata (lavado gástrico). <input type="checkbox"/> Solicite nuestra hoja de seguridad.	
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 los propios ensayos previos que estimen convenientes para determinar el uso apropiado para un uso particular. El uso, aplicación y manejo de los productos, queda fuera de nuestra control y a de entuziasmo mejor calidad del usuario.	
	<b>IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.</b> Av. Incahuasi 785, Lima 1, Perú. (511) 338-8407 - Fax (511) 338-8405 e-mail:chema@itcsa.com web: www.itcsa.com
	

**PRECAUCIONES EN EL USO Y MANIPULACIÓN:**

Utilice guantes de jebe, lentes de seguridad, mandil y botas de jebe.

**PRECAUCIONES EN EL USO Y MANIPULACIÓN:**

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

No comeri ni beber mientras manipula el producto.

Lavarse las manos luego de manipular el producto.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

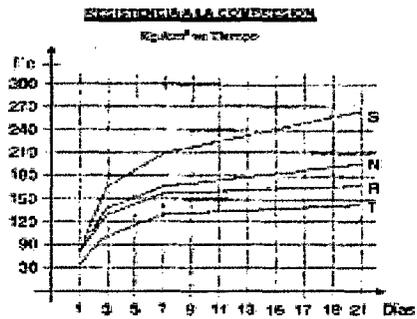
Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

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

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

Utilice guantes de jebe, lentes de seguridad, mandil y botas de jebe.

EFECTOS	TESTIGO	SUPERIOR	NORMAL	REDUCCION	
Tempo fragua	25°C.	5.30 Hrs.	4.20 Hrs.	4.30 Hrs.	5 Hrs.
CMR F c. kg/cm <sup>2</sup>	1d	44 (100%)	74 (168%)	72 (164%)	50 (114%)
CMR F c. kg/cm <sup>2</sup>	3d	68 (100%)	125 (184%)	125 (184%)	113 (166%)
CMR F c. kg/cm <sup>2</sup>	7d	83 (100%)	163 (195%)	158 (190%)	150 (181%)
CMR F c. kg/cm <sup>2</sup>	28d	140 (100%)	228 (163%)	193 (138%)	184 (132%)
Relación R/M	—	0.5	0.45	0.47	0.3
Tempo fragua	0°C.	12 Hrs.	0.30 Hrs.	—	—

**PRECAUCIONES:**

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

No comeri ni beba mientras manipula el producto.

Lávate las manos luego de manipular el producto.

Utilice guantes de seguridad, gafas y ropa protectoras de trabajo.

Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

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

Si es ingerido, no provocar vómitos, procure buscar ayuda médica inmediata.

**b. CEMENTO PACASMAYO TIPO I****FICHA TÉCNICA****CEMENTO PORTLAND TIPO I**

De uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales.

**DESCRIPCIÓN**

El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molinda conjunta de clinker Tipo I y yeso que le brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

**PROPIEDADES****Mayor resistencia inicial**

Debido a su óptima formulación el cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado.

En el cuadro adjunto se indican las propiedades específicas del cemento portland Tipo I.



**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, 13 de febrero 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.9	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.39	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.11	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3520	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	28.4 (290)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	35.0 (356)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	41.9 (427)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	166	Mínimo 45
Fraguado Final	min	318	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

(\*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff Rojas  
 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.

c. CEMENTO INKA

IN  
KA

CEMENTO INKA

---

**ES UN CEMENTO DE USO GENERAL:**

Brinda ventajas y propiedades únicas para su utilización en obras de concreto estructural, edificios, industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas y cualquier uso o elemento de concreto.

Es compatible con agregados convencionales y aditivos que dosificados apropiadamente proporciona a la mezcla fresca la fluidez plasticidad que su obra requiere.

**CARACTERÍSTICAS:**

El Cemento Inka posee moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, además de baja reactividad con agregados alcalisactivos, cumpliendo las normas técnicas NTP334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad en la construcción.

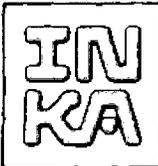
Su adición del microfiller calizo complementado con una molienda ultrafina, mejoran las propiedades físicas del cemento, obteniendo una mezcla con menos porosidades, más compacta y una masa más adherible, es un cemento que se acondiciona a todos los climas del Perú.



Alta resistencia a la compresión	Cemento ecológico	Moderado calor de hidratación	De moderada resistencia a los sulfatos	Mayor trabajabilidad e impermeabilidad
Es compatible con agregados convencionales y aditivos que dosificados apropiadamente proporciona a la mezcla fresca la fluidez <u>plasticidad</u> que su obra requiere.	Es compatible con agregados convencionales y aditivos que dosificados apropiadamente proporciona a la mezcla fresca la fluidez <u>plasticidad</u> que su obra requiere.	El Cemento Inka posee moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, además de baja reactividad con agregados alcalisactivos, cumpliendo las normas técnicas NTP334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad en la construcción.	El Cemento Inka posee moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, además de baja reactividad con agregados alcalisactivos, cumpliendo las normas técnicas NTP334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad en la construcción.	Su adición del microfiller calizo complementado con una molienda ultrafina, mejoran las propiedades físicas del cemento, obteniendo una mezcla con menos porosidades, más compacta y una masa más adherible, es un cemento que se acondiciona a todos los climas del Perú.

**PRODUCTO PERUANO  
CON CALIDAD Y GARANTÍA**

---



# CEMENTO INKA ULTRA RESISTENTE

PROPIEDADES FISICAS	UNIDADES	CEMENTO INKA	REQUISITOS ASTM C595
---------------------	----------	--------------	----------------------

Resistencia a la Compresión a 28 días	MPa	> 4.000	NO ESPECÍFICA
Contenido de Clinker	%	6.02	MÍNIMO 70
Resistencia al Agua	MPa	3.05	NO ESPECÍFICA



### Resistencia a la

3 días	MPa	112	NO ESPECÍFICA
7 días	MPa	212	MÍNIMO 63
14 días	MPa	277	MÍNIMO 63
28 días	MPa	336	MÍNIMO 63

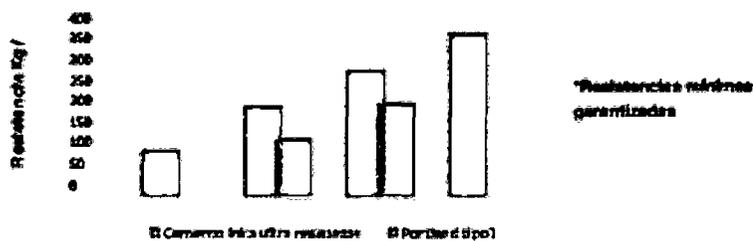
### Tiempo de Fraguado

Requisito (max)	Min	110	Máximo 45
Requisito (min)	Min	334	MÍNIMO 420

### Calor de Hidratación:

7 días	cal/g	66	Máximo 70
28 días	cal/g	78	Máximo 80

Los resultados mostrados corresponden al promedio del cemento despachado durante el año 2012



**PRODUCTO PERUANO  
CON CALIDAD Y GARANTÍA**

Para mayor información Telf: 356-8581 / 256 - 2367 Anexo 20 / KEKTEL (09) 142\*0012  
Sub Lote 2C Cajamarquilla Lurigancho - Chosica - Lima - [www.cementosinka.com.pe](http://www.cementosinka.com.pe)

## F. PANEL FOTOGRÁFICO



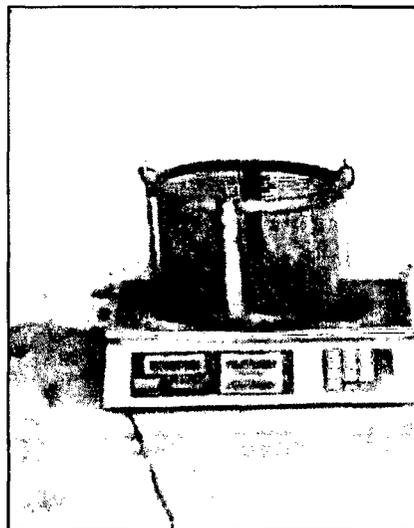
**IMAGEN N°01:** Elección de la cantera y agregados para investigación, Rio Chonta, La Victoria.



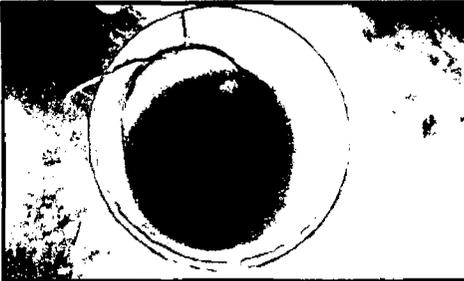
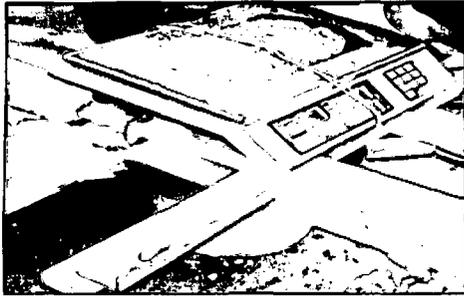
**IMAGEN N°02:** Ubicación de los agregados en el laboratorio de ensayos de materiales – Universidad Nacional de Cajamarca.



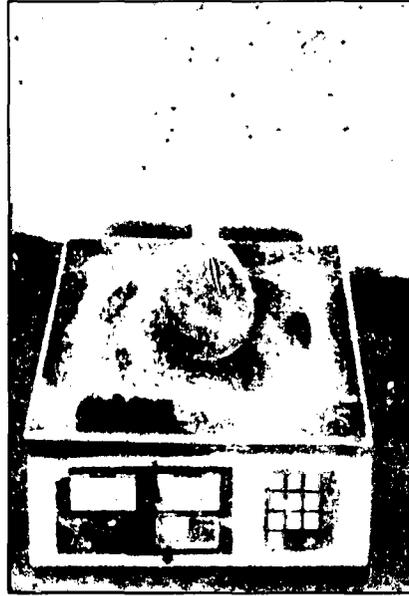
**IMAGEN N°03:** Selección del agregado grueso y fino para determinar el peso específico.



**IMAGEN N°04:** Determinación del peso de la canastilla metálica para el ensayo de peso específico del agregado grueso.



**IMAGEN N°05:** Ensayo para la determinación del peso específico del agregado grueso.



**IMAGEN N°06:** Material usado para la determinación del peso específico del agregado fino.



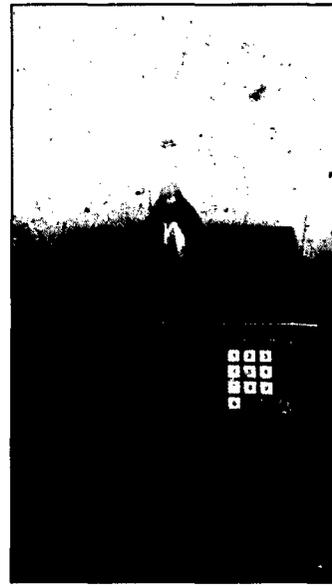
**IMAGEN N°07:** Se observa la introducción de agua a la fiola con la muestra.



**IMAGEN N°08:** Se observa las burbujas después de agitarlo y removerlo el agua con el material.



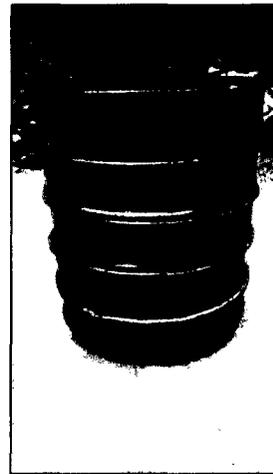
**IMAGEN N°09:** En la imagen se puede observar después de la eliminación de todas las burbujas.



**IMAGEN N°10:** En la imagen se puede ver el peso del agua agregado para llegar a los 500 mililitros.



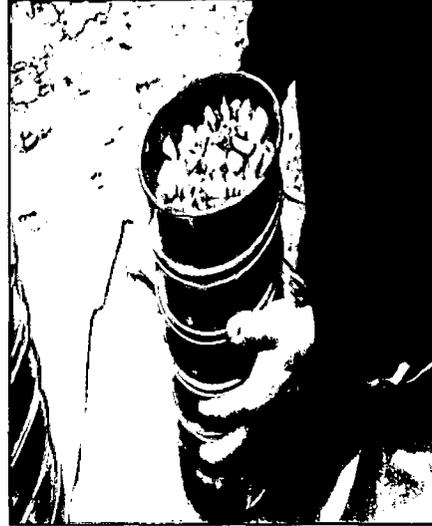
**IMAGEN N°11:** En la imagen se puede observar el juego de tamices para la granulometría del agregado fino.



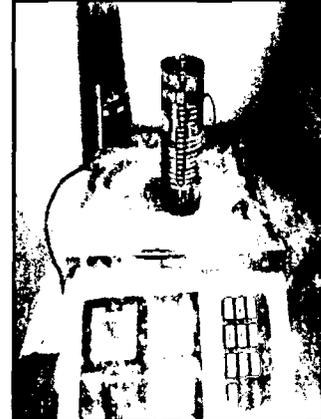
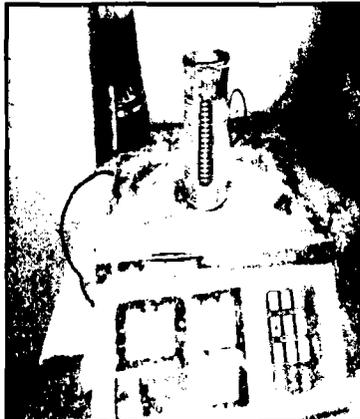
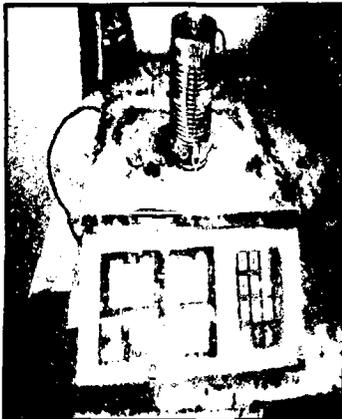
**IMAGEN N°12:** En la imagen se puede observar el juego de tamices para la granulometría del agregado grueso.



**IMAGEN N°13:** En la imagen se puede observar el peso de la muestra para la granulometría.



**IMAGEN N°14:** En la imagen se puede observar la movida que se da para que pase las partículas pequeñas en todo el juego de tamices.



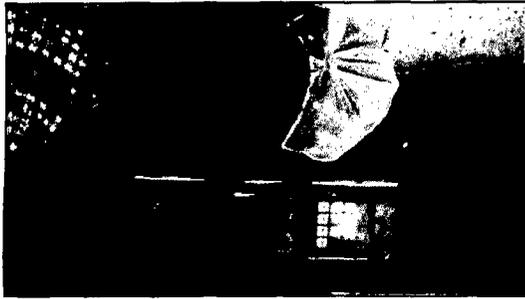
**IMAGEN N°15:** En imagen se observa el pesado de muestras para determinar el contenido de humedad del agregado fino.



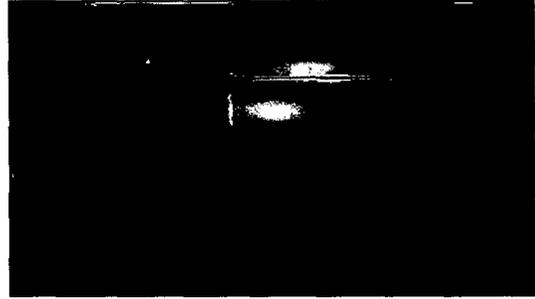
**IMAGEN N°16:** En imagen se observa el pesado de muestras para determinar el contenido de humedad del agregado grueso.



**IMAGEN N°17:** Determinación del peso unitario de los agregados.



**IMAGEN N°18:** Materiales para determinar la abrasión del agregado grueso



**IMAGEN N°19:** Maquina de los ángeles y muestra después de las 500 revoluciones.



**IMAGEN N°20:** Determinación de las impurezas en los agregados.



**IMAGEN N°21:** Lavado de agregado para determinar las impurezas presente en el agregado.



**IMAGEN N°22:** Cemento Pacasmayo Tipo I utilizado en la mezcla de concreto.



**IMAGEN N°23:** Cemento Inka Tipo Ico utilizado en la mezcla de concreto.



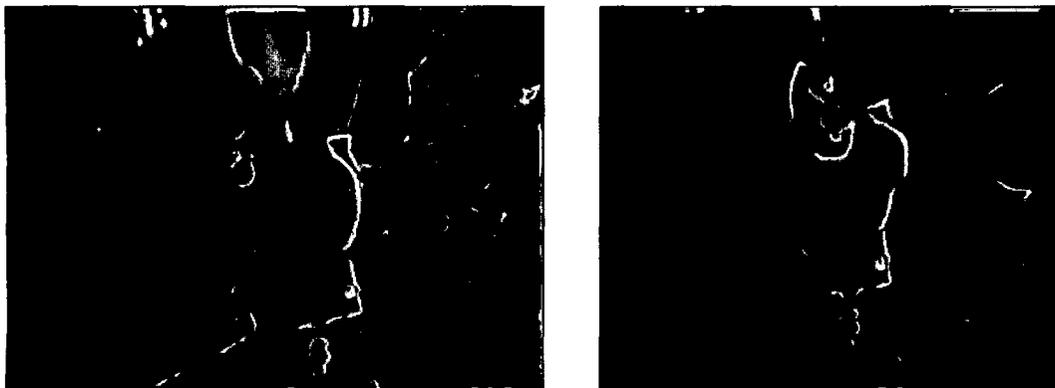
**IMAGEN N°24:** Pesado de los agregados para la mezcla.



**IMAGEN N°25:** Pesado de cemento y medición de agua para mezcla.



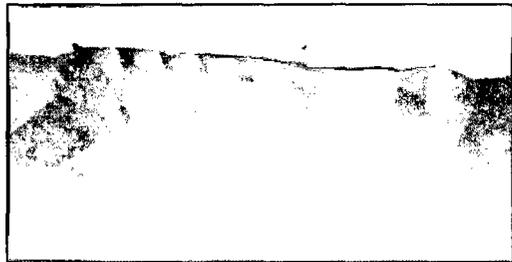
**IMAGEN N°26:** Medición del Asentamiento o Slump.



**IMAGEN N°27:** Llenado de probetas en tres capas compactado con la varilla con 25 golpes por cada capa y golpeada con la comba de goma para asegurar una distribución adecuada de los componentes del concreto.



**IMAGEN N°28:** Pesado de probeta llena de concreto para la determinación del peso unitario del concreto fresco.



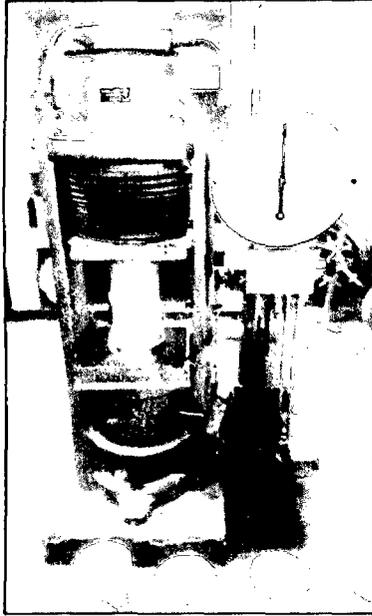
**IMAGEN N°29:** Encofrado de probetas.



**IMAGEN N°30:** Sacando las probetas después de un curado de 28 días de curado.



**IMAGEN N°31:** Medición del diámetro y altura de las probetas.



**IMAGEN N°32:** Maquina de ensayo a compresión.



**IMAGEN N°33:** Rotura de especímenes, el tipo de fractura es columnar.



**IMAGEN N°34:** Se observa una fractura del tipo 5 (fractura en parte superior).



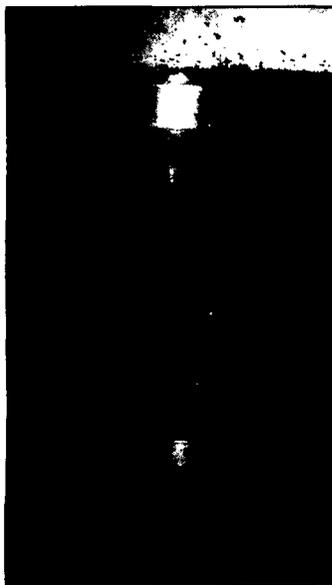
**IMAGEN N°35:** Se observa una fractura del tipo 5 (fractura en parte superior).



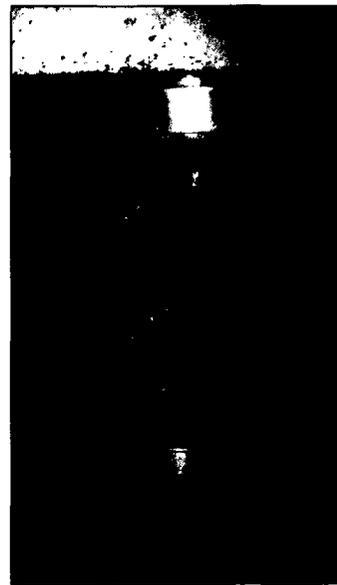
**IMAGEN N°36:** Se observa una fractura del tipo 5 (fractura en parte superior).



**IMAGEN N°37:** Se observa una fractura del tipo 5 (fractura en parte inferior).



**IMAGEN N°38:** Se observó fractura del tipo columnar.



**IMAGEN N°39:** Se observó fractura del tipo columnar.

**G. DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO CHEMA ESTRUCT Y SIKA 3**

<b>DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>			
<b>1.00</b>	<b>CEMENTO</b>		
	CEMENTO	PACASMAYO TIPO I	
	PESO ESPECÍFICO	3.120 gr/cm <sup>3</sup>	
<b>2.00</b>	<b>AGREGADOS</b>		
	AGREGADOS	PROCEDENCIA	
	AGREGADO FINO	RIO CHONTA	
	AGREGADO GRUESO		
<b>2.00</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS</b>		
	CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
	PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.603 gr/cm <sup>3</sup>	2.595 gr/cm <sup>3</sup>
	PESO UNITARIO SUELTO	1470.06 kg/m <sup>3</sup>	1585.54 kg/m <sup>3</sup>
	PESO UNITARIO COMPACTADO	1876.00 kg/m <sup>3</sup>	1610.84 kg/m <sup>3</sup>
	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.40	1.42
	ABSORCIÓN (%)	5.09	0.85
	MODULO DE FINURA	3.57	7.18
	ABRASIÓN (%)	-	27.83
	PORCENTAJE QUE PASA MALLA N°200	2.29 %	0.86 %
<b>3.00</b>	<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO</b>		
	Resistencia a Compresión de Diseño ( f'c):	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia a Compresión Promedio ( f'cr):	247.80 kg/cm <sup>2</sup>	
	NOTA: Grado de Control Aceptable		
<b>4.00</b>	<b>ASENTAMIENTO</b>		
	ASENTAMIENTO	3" - 4"	
<b>5.00</b>	<b>AGUA DE MEZCLADO</b>		
	CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO	184.50 Lt/m <sup>3</sup>	
<b>6.00</b>	<b>AIRE ATRAPADO</b>		
	AIRE ATRAPADO (%)	2.00 %	
<b>7.00</b>	<b>RELACIÓN AGUA - CEMENTO</b>		
	RELACIÓN AGUA - CEMENTO	0.684	Según la tabla N°23

<b>8.00</b>	<b>CEMENTO</b>			
	CEMENTO	270.00 kg/m3		
	CEMENTO	6.35 bolsas/m3		
<b>9.00</b>	<b>METODOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>			
	MATERIAL	UNIDAD		
	CEMENTO	0.0865385 m3		
	AGUA DE MEZCLADO	0.1845000 m3		
	AIRE ( % )	0.0200000 m3		
	<b>SUMA</b>	<b>0.2910385 m3</b>		
<b>10.00</b>	<b>MODULO DE COMBINACIÓN</b>			
	MODULO DE COMBINACIÓN	5.20	Combinación con DIN1045	
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO ( % )	54.85		
	AGREGADO GRUESO ( % )	45.15		
<b>11.00</b>	<b>VOLUMEN DE AGREGADOS</b>			
	VOLUMEN DE AGREGADOS	0.7089615 m3		
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO	1012.00 kg/m3		
	AGREGADO GRUESO	831.00 kg/m3		
<b>12.00</b>	<b>APORTE DE AGUA DE AGREGADOS</b>			
	MATERIAL	UNIDAD		
	AGREGADO FINO	-7.01		
	AGREGADO GRUESO	4.75		
	<b>TOTAL</b>	<b>-2.26</b>		
	<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>	
	CEMENTO	270.00 Kg	CEMENTO	270.00 Kg
	AGUA DE DISEÑO	184.50 Lt	AGUA DE MEZCLA	186.80 Lt
	AGREGADO FINO SECO	1012.00 Kg	AGREGADO FINO HUMEDO	1057.00 Kg
	AGREGADO GRUESO SECO	831.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO	843.00 Kg
	AIRE ATRAPADO	2.00 %	AIRE ATRAPADO	2.00 %
	SIKA 3	425.00 ml/bolsa	SIKA 3	425.00 ml/bolsa
<b>13.00</b>	<b>PROPORCIÓN EN PESO - VOLUMEN</b>			
	<b>PROPORCIÓN EN PESO</b>		<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>	
	CEMENTO	1.00	CEMENTO	1.00
	AGREGADO FINO SECO	3.91	AGREGADO FINO SECO	4.00
	AGREGADO GRUESO SECO	3.12	AGREGADO GRUESO SECO	2.91
	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa	AGUA DE DISEÑO	29.4 Lt/Bolsa
	SIKA 3	425.00 ml/bolsa	SIKA 3	425.00 ml/bolsa

**a. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES ELABORADOS**

Los especímenes fueron elaborados para una resistencia a la compresión especificada a los 28 días de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, siguiendo el método del módulo de finura de la combinación de agregados, se utilizó las mismas proporciones de aditivo tanto para Chema Estruct como Sika 3, los especímenes fueron ensayados a los 3 días con aditivo y sin aditivo a los 7 días respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla N°58. Probetas ensayadas a los 7 días.**

<b>PROBETAS DE ENSAYO SIN ADITIVO</b>									
<b>PROBETA</b>	<b>CEMENTO PACASMAYO EXTRA FORTE</b>			<b>CEMENTO PACASMAYO TIPO I</b>			<b>CEMENTO INKA</b>		
	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03
<b>DIAMETRO (cm)</b>	15.10	15.25	15.10	15.20	14.95	15.15	14.98	15.24	15.18
<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>	179.08	182.65	179.08	181.46	175.54	180.27	176.24	182.41	180.98
<b>CARGA MÁXIMA (Tn)</b>	12.00	13.00	13.50	25.00	24.00	23.50	18.00	19.00	14.50
<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	67.01	71.17	75.39	137.77	136.72	130.36	102.13	104.16	80.12
<b>ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	71.189 kg/cm <sup>2</sup>			134.952 kg/cm <sup>2</sup>			95.469 kg/cm <sup>2</sup>		

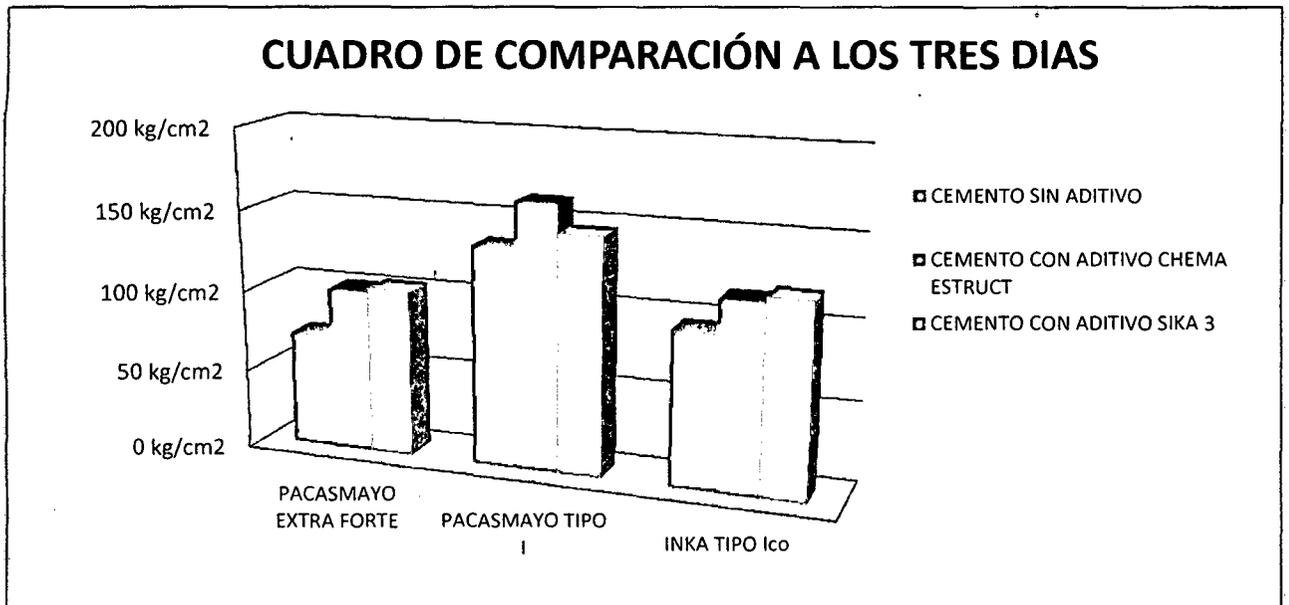
**Tabla N°59. Probetas ensayadas a los 3 días.**

<b>PROBETAS DE ENSAYO CON ADITIVO CHEMA ESTRUCT</b>									
<b>PROBETA</b>	<b>CEMENTO PACASMAYO EXTRA FORTE</b>			<b>CEMENTO PACASMAYO TIPO I</b>			<b>CEMENTO INKA</b>		
	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03
<b>DIAMETRO (cm)</b>	15.15	15.34	15.12	15.23	15.08	15.02	15.12	15.16	15.30
<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>	180.27	184.82	179.55	182.18	178.60	177.19	179.55	180.50	183.85
<b>CARGA MÁXIMA (Tn)</b>	18.500	18.500	18.000	28.500	29.000	30.000	21.000	22.000	20.000
<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	102.63	100.10	100.25	156.44	162.37	169.31	116.96	121.88	108.78
<b>ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	100.991 kg/cm <sup>2</sup>			162.709 kg/cm <sup>2</sup>			115.873 kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla N°60. Probetas ensayadas a los 3 días.

PROBETAS DE ENSAYO CON ADITIVO SIKA 3									
PROBETA	CEMENTO PACASMAYO EXTRA FORTE			CEMENTO PACASMAYO TIPO I			CEMENTO INKA		
	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03
DIAMETRO (cm)	15.04	14.96	15.04	15.10	15.15	15.20	15.08	15.24	15.30
ÁREA (cm <sup>2</sup> )	177.66	175.77	177.66	179.08	180.27	181.46	178.60	182.41	183.85
CARGA MÁXIMA (Tn)	18.00	18.00	19.00	24.50	27.50	27.00	22.00	22.00	21.00
ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	101.32	102.41	106.93	136.81	152.55	148.79	123.18	120.60	114.22
ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	103.557 kg/cm <sup>2</sup>			146.053 kg/cm <sup>2</sup>			119.334 kg/cm <sup>2</sup>		

Figura N°33. Cuadro Comparativo.



Se puede apreciar que a la edad de 3 días los especímenes con aditivo Chema Estruct alcanzaron un 110.69% de la resistencia especificada, lo que nos da la idea de la gran influencia del aditivo utilizado, se observó que el aditivo que ofrece una mejor influencia en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto fue el aditivo Chema Estruct (162.709 kg/cm<sup>2</sup>) y el Sika 3 (146.053 kg/cm<sup>2</sup>), la desventaja de este

aditivo es su costo en el mercado de Cajamarca el Chema Estruct S/. 7.13 más que el Sika 3, es decir S/. 21.23 más por cada metro cubico de concreto.

**b. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ESPECÍMENES ELABORADOS.**

➤ **CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

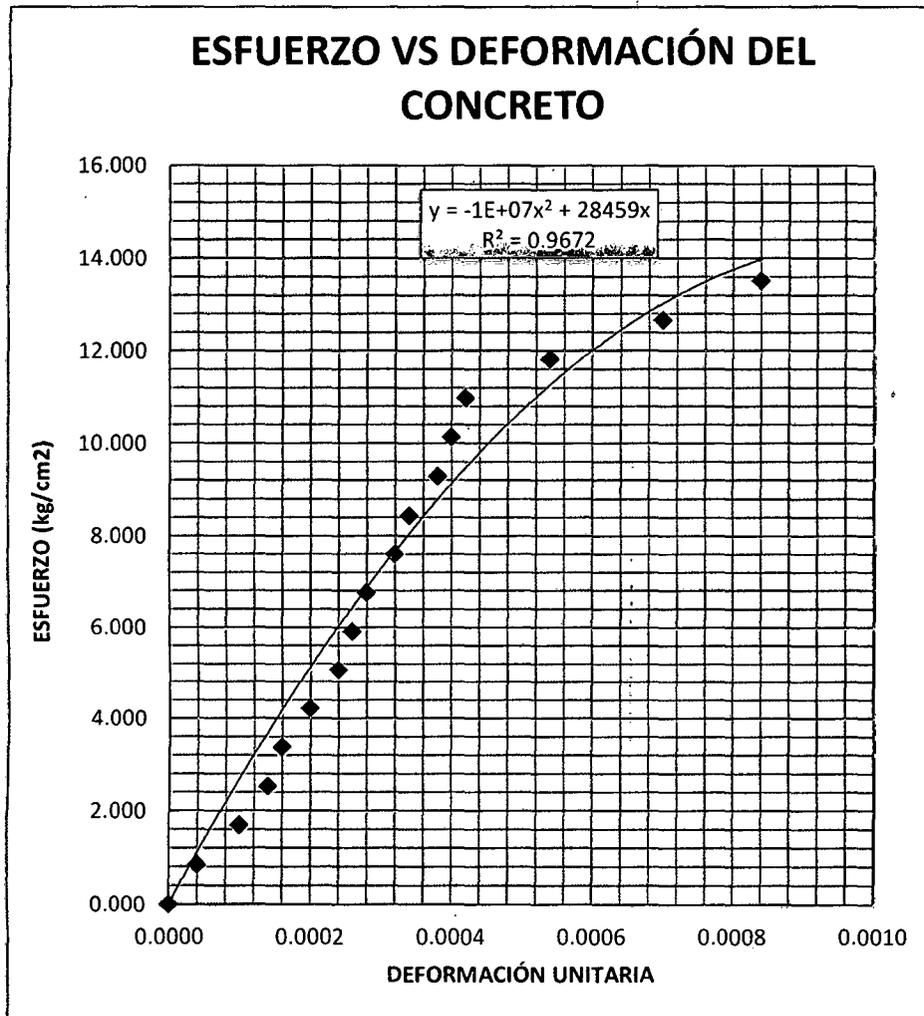
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>FLEXIÓN</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	<b>500.02 mm</b>
<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.08 cm</b>
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	<b>227.41 cm<sup>2</sup></b>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>26.51 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>2331.76 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>1600.00 kg</b>

**Tabla N°61. Esfuerzo a Flexión.**

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A FLEXIÓN</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0</b>	0.0000	0.000000	0.000	0.000
<b>100</b>	0.0200	0.000040	0.844	1.130
<b>200</b>	0.0500	0.000100	1.689	2.825
<b>300</b>	0.0700	0.000140	2.533	3.955
<b>400</b>	0.0800	0.000160	3.377	4.520
<b>500</b>	0.1000	0.000200	4.221	5.650
<b>600</b>	0.1200	0.000240	5.066	6.780

700	0.1300	0.000260	5.910	7.345
800	0.1400	0.000280	6.754	7.911
900	0.1600	0.000320	7.599	9.041
1000	0.1700	0.000340	8.443	9.606
1100	0.1900	0.000380	9.287	10.736
1200	0.2000	0.000400	10.131	11.301
1300	0.2100	0.000420	10.976	11.866
1400	0.2700	0.000540	11.820	15.256
1500	0.3500	0.000700	12.664	19.776
1600	0.4200	0.000840	13.509	23.732

Figura N°34. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



➤ CEMENTO PACASMAYO TIPO I CON CHEMA ESTRUCT

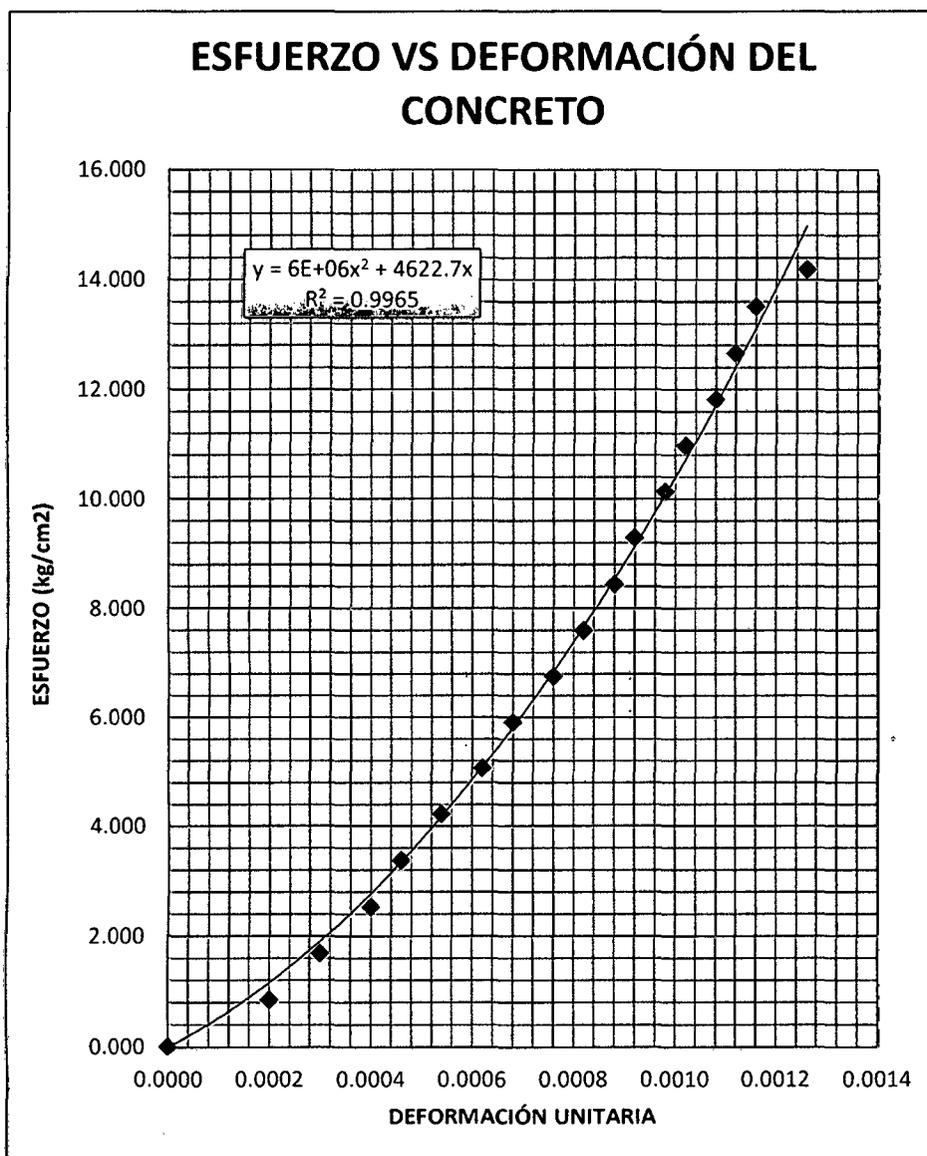
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>FLEXIÓN</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPLE CON ADITIVO</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	<b>500.45 mm</b>
<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.10 cm</b>
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	<b>228.01 cm<sup>2</sup></b>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>26.34 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>2310.57 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>1680.00 kg</b>

Tabla N°62. Esfuerzo a Flexión.

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A FLEXIÓN</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.1000	0.000200	0.844	1.038
200	0.1500	0.000300	1.689	1.647
300	0.2000	0.000400	2.533	2.316
400	0.2300	0.000460	3.377	2.746
500	0.2700	0.000540	4.221	3.353
600	0.3100	0.000620	5.066	3.998
700	0.3400	0.000680	5.910	4.508
800	0.3800	0.000760	6.754	5.220
900	0.4100	0.000820	7.599	5.780
1000	0.4400	0.000880	8.443	6.361

1100	0.4600	0.000920	9.287	6.761
1200	0.4900	0.000980	10.131	7.378
1300	0.5100	0.001020	10.976	7.802
1400	0.5400	0.001080	11.820	8.455
1500	0.5600	0.001120	12.664	8.903
1600	0.5800	0.001160	13.509	9.360
1680	0.6300	0.001260	14.184	10.545

Figura N°35. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



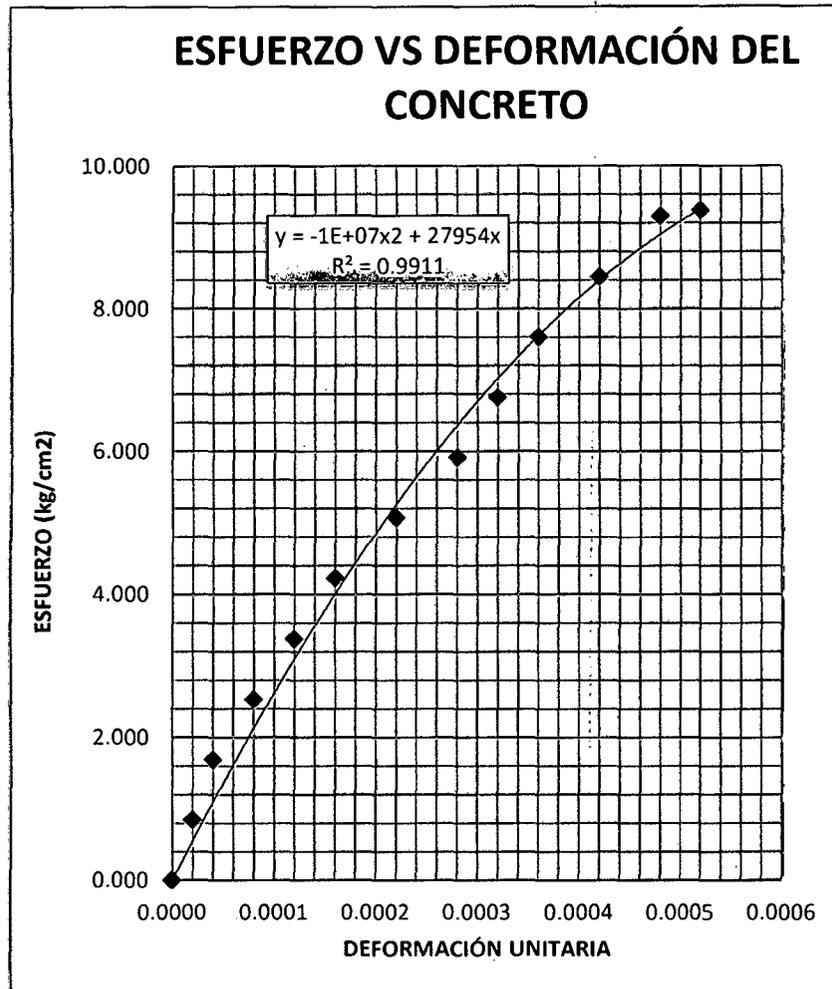
➤ CEMENTO INKA TIPO I Co

<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>FLEXIÓN</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	<b>498.60 mm</b>
<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.12 cm</b>
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>INKA TIPO I (ASTM C - 595)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	<b>228.61 cm<sup>2</sup></b>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>26.46 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>2315.92 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>1110.00 kg</b>

Tabla N°63. Esfuerzo a Flexión.

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A FLEXIÓN</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.0100	0.000020	0.844	0.559
200	0.0200	0.000040	1.689	1.118
300	0.0400	0.000080	2.533	2.236
400	0.0600	0.000120	3.377	3.354
500	0.0800	0.000160	4.221	4.472
600	0.1100	0.000220	5.066	6.150
700	0.1400	0.000280	5.910	7.827
800	0.1600	0.000320	6.754	8.945
900	0.1800	0.000360	7.599	10.063
1000	0.2100	0.000420	8.443	11.740
1100	0.2400	0.000480	9.287	13.417
1110	0.2600	0.000520	9.372	14.535

Figura N°36. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



➤ CEMENTO INKA TIPO I Co CON CHEMA ESTRUCT

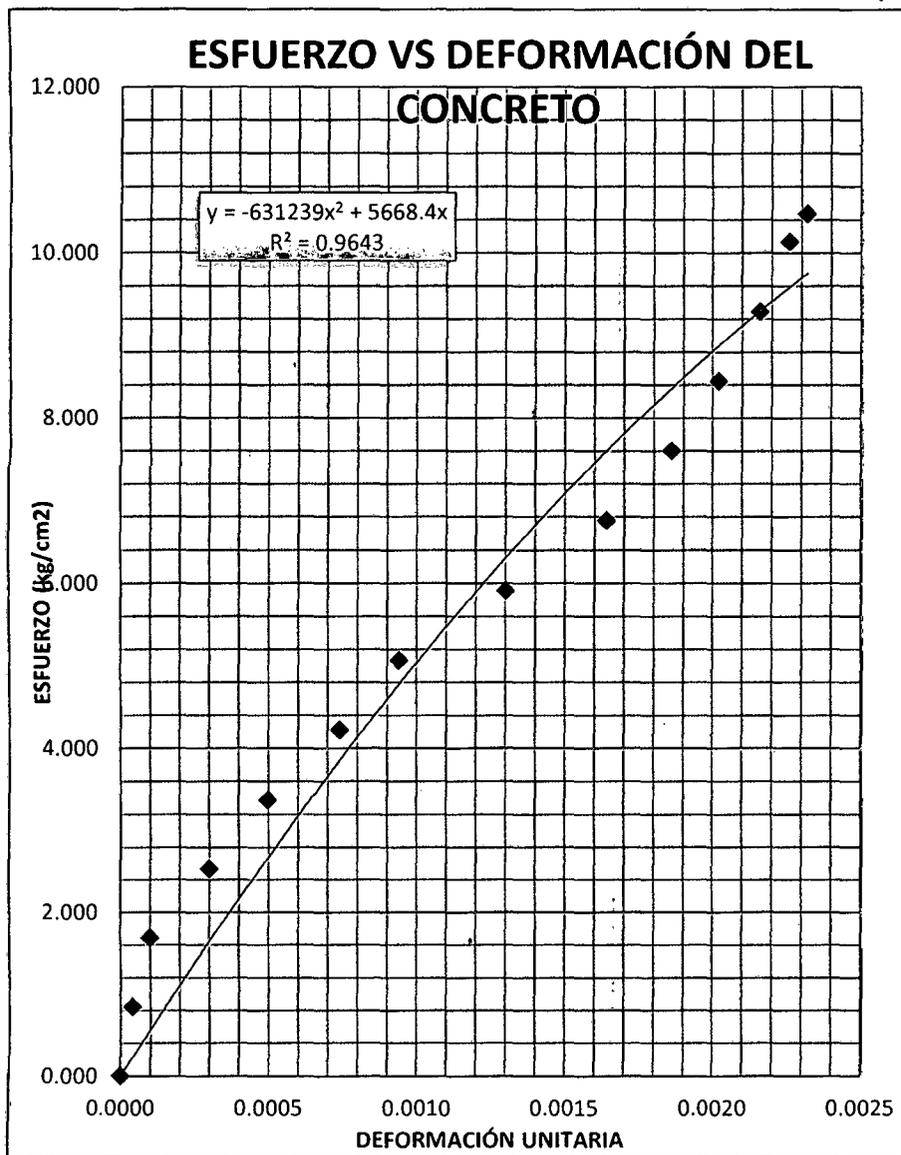
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>FLEXIÓN</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPLE CON ADITIVO</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	500.42 mm
<b>ESPECIMEN N°</b>	1	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	15.04 cm
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>INKA TIPO I (ASTM C - 595)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	226.20 cm <sup>2</sup>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	26.21 Kg
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	19-oct-15	<b>f' c DE DISEÑO</b>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	26-oct-15	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	2312.37 Kg/m <sup>3</sup>
<b>EDAD</b>	7 días	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	1240.00 kg

Tabla N°62. Esfuerzo a Flexión.

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A FLEXIÓN</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.0200	0.000040	0.844	1.118
200	0.0500	0.000100	1.689	2.795
300	0.1500	0.000300	2.533	8.386
400	0.2500	0.000500	3.377	13.976
500	0.3700	0.000740	4.221	20.685
600	0.4700	0.000940	5.066	26.276
700	0.6500	0.001300	5.910	36.339
800	0.8200	0.001640	6.754	45.843
900	0.9300	0.001860	7.599	51.992
1000	1.0100	0.002020	8.443	56.465
1100	1.0800	0.002160	9.287	60.378

1200	1.1300	0.002260	10.131	63.174
1240	1.1600	0.002320	10.469	64.851

Figura N°37. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



c. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE  
ESPECÍMENES ELABORADOS

➤ CEMENTO PACASMAYO TIPO I

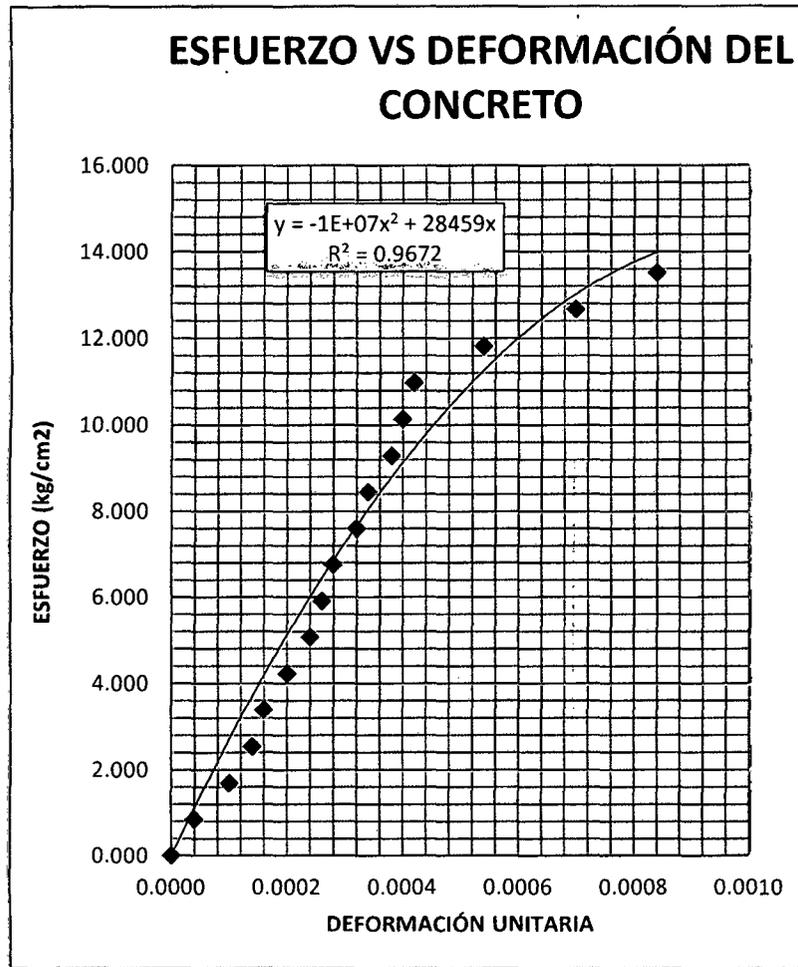
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>TRACCIÓN INDIRECTA</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	CONCRETO SIMPLE	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	303.40 mm
<b>ESPECIMEN N°</b>	1	<b>DIÁMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	15.18 cm
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	180.98 cm <sup>2</sup>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	13.02 Kg
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	19-oct-15	<b>f'c DE DISEÑO</b>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	26-oct-15	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	2357.56 Kg/m <sup>3</sup>
<b>EDAD</b>	7 días	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	1200.00 kg

Tabla N°65. Esfuerzo a Tracción Directa.

PRUEBA DEL ESPECIMEN A TRACCIÓN DIRECTA				
CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	DEFOR. UNIT. (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. CORR. (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.0300	0.000099	1.382	2.814
200	0.0600	0.000198	2.765	5.628
300	0.0800	0.000264	4.147	7.504
400	0.1000	0.000330	5.529	9.380
500	0.1400	0.000461	6.911	13.132
600	0.1500	0.000494	8.294	14.070
700	0.1700	0.000560	9.676	15.946
800	0.1900	0.000626	11.058	17.822
900	0.2000	0.000659	12.440	18.760
1000	0.2200	0.000725	13.823	20.636

1100	0.2400	0.000791	15.205	22.512
1200	0.2600	0.000857	16.587	24.388

Figura N°38. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



➤ **CEMENTO PACASMAYO TIPO I CON CHEMA ESTRUCT**

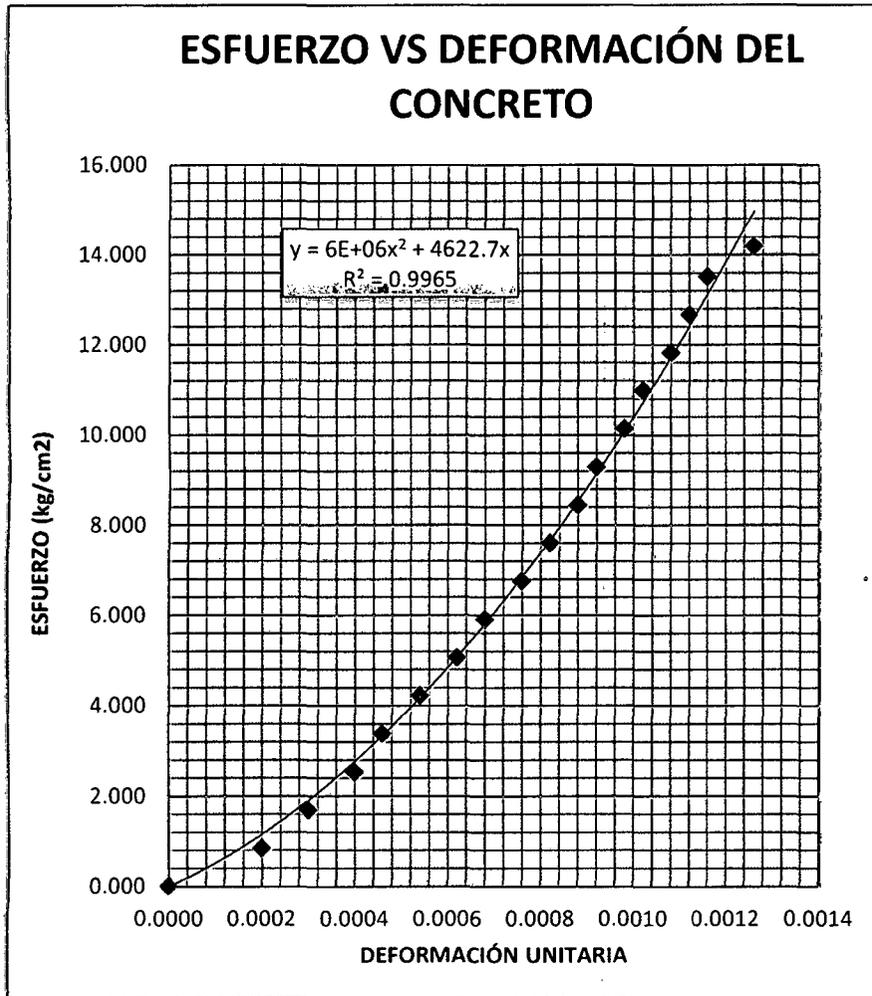
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>TRACCIÓN INDIRECTA</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPRE CON</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	<b>303.50 mm</b>

	<b>ADITIVO</b>		
<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.19 cm</b>
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	<b>181.22 cm<sup>2</sup></b>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>12.89 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>211.00 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>1450.00 kg</b>

**Tabla N°66. Esfuerzo a Tracción Directa.**

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A TRACCIÓN DIRECTA</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.0500	0.000165	1.382	0.925
200	0.0800	0.000264	2.765	1.636
300	0.1200	0.000396	4.147	2.767
400	0.1500	0.000494	5.529	3.752
500	0.1700	0.000560	6.911	4.474
600	0.1900	0.000626	8.294	5.248
700	0.2200	0.000725	9.676	6.507
800	0.2500	0.000824	11.058	7.883
900	0.2800	0.000923	12.440	9.376
1000	0.3000	0.000989	13.823	10.437
1100	0.3200	0.001055	15.205	11.550
1200	0.3500	0.001154	16.587	13.317
1300	0.3700	0.001220	17.970	14.561
1400	0.4100	0.001351	19.352	17.204
1450	0.4400	0.001450	20.043	19.323

Figura N°39. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



➤ CEMENTO INKA TIPO I Co

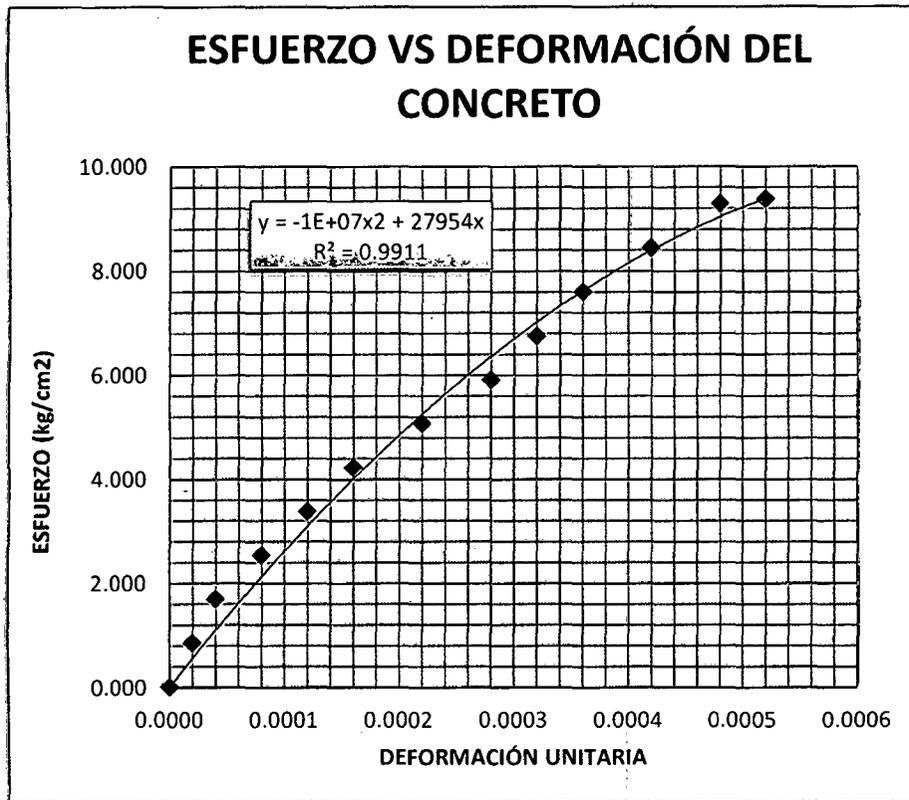
ENSAYO A RESISTENCIA	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	.....
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO SIMPLE	ALTURA PROMEDIO PROBETA	303.50 mm

<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.19 cm</b>
<b>TIPO DE CEMENTO</b>	<b>INKA TIPO I (ASTM C - 595)</b>	<b>ÁREA DE PROBETA</b>	<b>181.22 cm<sup>2</sup></b>
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>12.89 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>211.00 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>800.00 kg</b>

**Tabla N°67. Esfuerzo a Tracción Directa.**

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A TRACCIÓN DIRECTA</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0</b>	0.0000	0.000000	0.000	0.000
<b>100</b>	0.0100	0.000033	1.382	0.921
<b>200</b>	0.0400	0.000132	2.765	3.685
<b>300</b>	0.0600	0.000198	4.147	5.528
<b>400</b>	0.0700	0.000231	5.529	6.450
<b>500</b>	0.1000	0.000330	6.911	9.214
<b>600</b>	0.1200	0.000396	8.294	11.056
<b>700</b>	0.1500	0.000494	9.676	13.820
<b>800</b>	0.1800	0.000593	11.058	16.584

Figura N°40. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



➤ **CEMENTO INKA TIPO I C<sub>0</sub> CON CHEMA ESTRUCT**

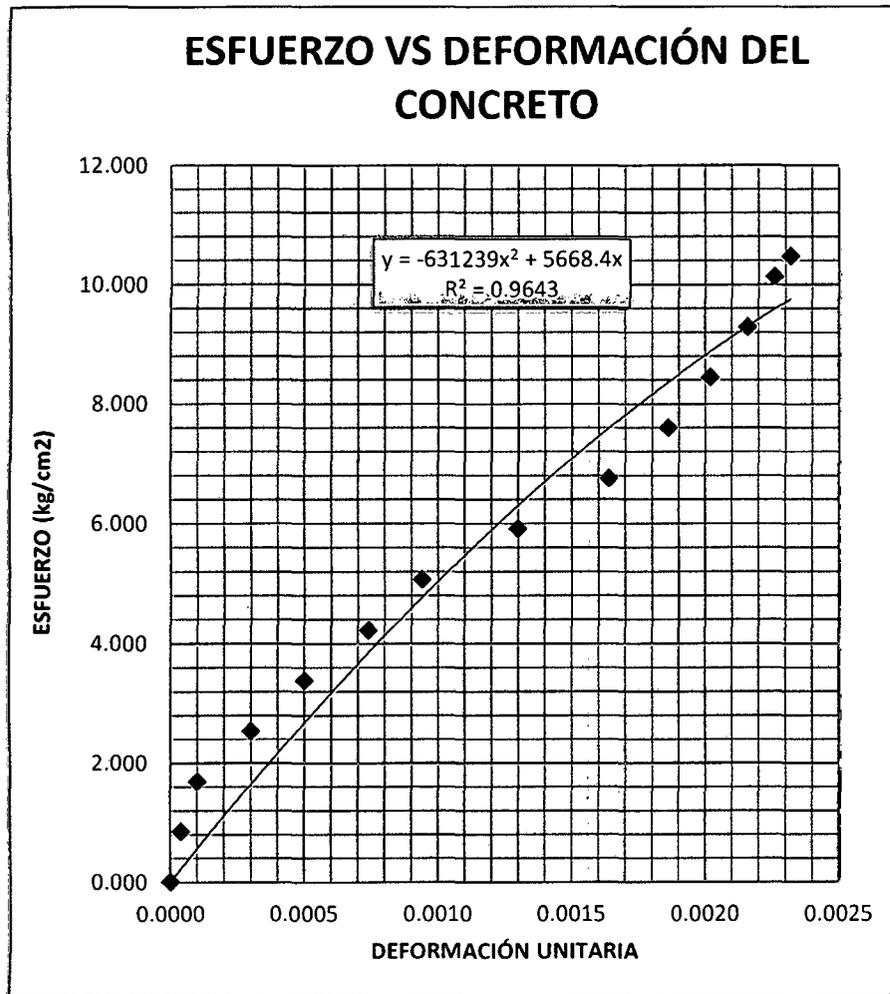
<b>ENSAYO A RESISTENCIA</b>	<b>TRACCIÓN INDIRECTA</b>	<b>FALLA DE ROTURA</b>	.....
<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO SIMPLE CON ADITIVO</b>	<b>ALTURA PROMEDIO PROBETA</b>	<b>303.50 mm</b>
<b>ESPECIMEN N°</b>	<b>1</b>	<b>DIAMETRO PROMEDIO PROBETA</b>	<b>15.19 cm</b>
<b>TIPO DE</b>	<b>INKA TIPO I</b>	<b>ÁREA DE</b>	<b>181.22 cm<sup>2</sup></b>

<b>CEMENTO</b>	<b>(ASTM C - 595)</b>	<b>PROBETA</b>	
		<b>PESO DE LA PROBETA</b>	<b>12.89 Kg</b>
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	<b>19-oct-15</b>	<b>f'c DE DISEÑO</b>	<b>210.00 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>26-oct-15</b>	<b>PESO UNITARIO C° ENDURECIDO</b>	<b>211.00 Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>EDAD</b>	<b>7 días</b>	<b>CARGA ÚLTIMA DE ROTURA</b>	<b>1150.00 kg</b>

**Tabla N°68. Esfuerzo a Tracción Directa.**

<b>PRUEBA DEL ESPECIMEN A TRACCIÓN DIRECTA</b>				
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>DEFOR. UNIT. (mm)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESF. CORR. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
0	0.0000	0.000000	0.000	0.000
100	0.0200	0.000066	1.382	1.843
200	0.0600	0.000198	2.765	5.528
300	0.0900	0.000297	4.147	8.292
400	0.1400	0.000461	5.529	12.899
500	0.2100	0.000692	6.911	19.349
600	0.2700	0.000890	8.294	24.877
700	0.3100	0.001022	9.676	28.562
800	0.3500	0.001154	11.058	32.248
900	0.3800	0.001252	12.440	35.012
1000	0.4000	0.001318	13.823	36.854
1100	0.4200	0.001384	15.205	38.697
1150	0.4800	0.001582	15.896	44.225

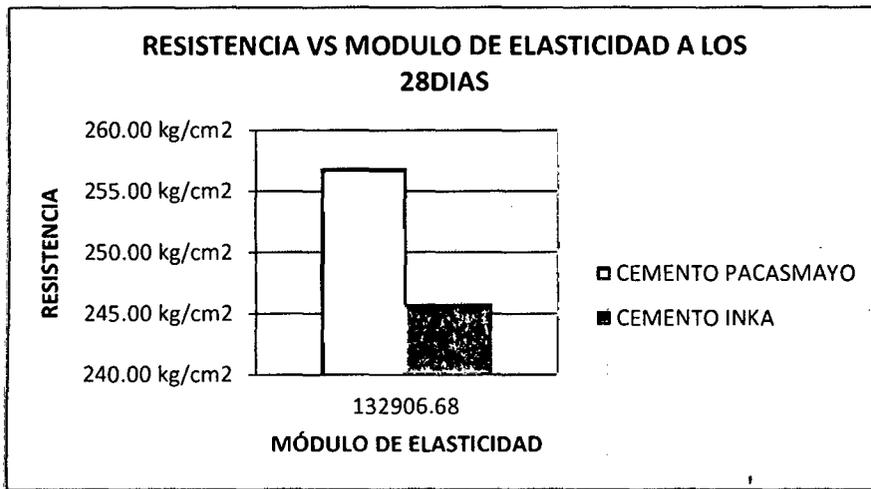
Figura N°41. Gráfico Esfuerzo Vs Deformación.



**CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA VS MÓDULO DE ELASTICIDAD**

**☛ CUADRO COMPARATIVO DE CEMENTO SIN ADITIVO**

**Figura N°42.** Gráfico Resistencia Vs Modulo de Elasticidad.



**☛ CUADRO COMPARATIVO DE CEMENTO CON ADITIVO**

**Figura N°43.** Gráfico Resistencia Vs Modulo de Elasticidad.

