

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA PLAST
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
USANDO CEMENTO PACASMAYO TIPO I Y CEMENTO INKA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

BERNAL DÍAZ DANIEL

ASESOR:

ING. JOSÉ LÁZARO LEZAMA LEIVA

CAJAMARCA - PERÚ

2014

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante a pesar de los múltiples obstáculos que se presenta en la vida.

A mis padres, hermanos y familiares por darme todo el apoyo necesario para lograr este objetivo.

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

A mi asesor Ing. José Lázaro Lezama Leiva y al Dr. Yter Antonio Vallejos Díaz por sus acertados y pertinentes aportes.

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

DEDICATORIA

A Dios por guiarme siempre por el camino del bien y con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá, Mamá y hermanos

CONTENIDO

	Página
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	1
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	1
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	1
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	2
2.1.3. Antecedentes locales.....	3
2.2. Bases teóricas.....	4
2.2.1. Teoría del concreto.....	4
2.2.1.1. Componentes del concreto.....	5
2.2.1.2. Cementantes en general.....	5
2.2.1.3. Efectos en el concreto fresco.....	6
2.2.1.4. Efectos en el concreto endurecido.....	7
2.2.1.5. Características y comportamiento de concreto.....	8
2.2.1.6. Tipos de concreto	10
2.2.2. Teoría de los Aditivos.....	11
2.2.2.1. Definición.....	11
2.2.2.2. Consideraciones económicas.....	12
2.2.2.3. Razones de empleo.....	13
2.2.2.4. Uso de los aditivos.....	13
2.2.2.5. Clasificación de los aditivos.....	14
2.2.3. Teoría del cemento	15

2.2.3.1. Cemento portland	15
2.2.3.2. Fases de fabricación del cemento portland.....	16
2.2.3.3. Componentes y compuestos del cemento portland.....	18
2.2.3.4. Propiedades físicas.....	20
2.2.3.5. Tipos de cemento portland.....	23
2.2.3.6. Cementos portland adicionados	25
2.2.4. Teoría de los agregados.....	25
2.2.4.1. Naturaleza.....	26
2.2.4.2. Clasificación.....	26
2.2.4.3. Función.....	26
2.2.4.4. Características de los agregados para concreto.....	27
2.2.5. Características físicas y mecánicas de los agregados para concreto.....	34
2.2.5.1. Peso específico y absorción.....	34
2.2.5.2. Análisis granulométrico.....	35
2.2.5.2.1. Módulo de finura.....	36
2.2.5.2.2. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal.....	37
2.2.5.3. Peso unitario.....	37
2.2.5.4. Contenido de humedad.....	38
2.2.5.5. Resistencia a la abrasión.....	39
2.2.5.6. Material más fino que el tamiz n°200.....	41
2.2.5.7. sustancias perjudiciales en el agregado fino.....	41
2.2.6. Teoría del agua para el concreto.....	42
2.2.6.1. Agua de mezclado	42
2.2.6.2. Agua de curado.....	43
2.2.6.3. Agua de lavado.....	44
2.2.6.4. Funciones del agua en la mezcla.....	44
2.2.6.5. Usos del agua.....	45
2.2.6.6. Requisitos de calidad.....	45
2.2.6.7. Verificación de calidad.....	45
2.2.8. Teoría del diseño de mezclas.....	46
2.2.8.1. Elección de la resistencia promedio.....	46

2.2.8.2. Cálculo de la resistencia promedio requerida.....	48
2.2.8.3. Elección del asentamiento (slump).....	49
2.2.8.4. Selección de tamaño máximo del agregado.....	50
2.2.8.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.....	50
2.2.8.6. Elección de la relación agua cemento (a/c).....	53
2.2.8.7. Cálculo del contenido de cemento.....	55
2.2.8.8. Estimación del contenido de agregado grueso y fino.....	55
2.2.8.9. Ajuste por humedad y absorción.....	57
2.2.8.10. Cálculo de las proporciones en peso.....	57
2.2.8.11. Cálculo de las proporciones en volumen.....	57
2.2.9. Prueba de ensayos.....	57
2.2.9.1. Descripción de materiales utilizados.....	58
2.2.9.2. Curado.....	58
2.2.9.3. Prueba de especímenes a la compresión.....	59
2.3. Definición de términos básicos.....	61
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
3.1. Ubicación geográfica.....	65
3.2. Procedimiento.....	65
3.2.1. Aspectos previos.....	65
3.2.2. Componentes, materiales, equipos y herramientas.....	67
3.2.3. Obtención de agregados.....	68
3.2.4. Obtención de las propiedades físico mecánicas de los agregados.....	69
3.2.5. Diseño de mezclas.....	76
3.2.6. Elaboración de especímenes de concreto.....	80
3.2.7. Prueba de especímenes a la compresión.....	82
3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	85
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
4.1. Características de los materiales.....	87
4.2. Mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación...	91
4.3. Análisis y discusión de los resultados de las mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación.....	92

4.4. Análisis y discusión de resultados de peso unitario del concreto para los grupos de control y experimentales.....	93
4.5. Análisis de resistencia a la compresión.....	94
4.6. Tipo de fractura.....	108
4.7. Análisis de costos por metro cúbico para cada mezcla.....	109
4.8. Análisis del modulo de elasticidad.....	110
4.9. Contrastación de la hipótesis.....	110
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1. Conclusiones.....	111
5.2. Recomendaciones.....	112
Referencias bibliográficas.....	113
ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Componentes principales del cemento portland.....	15
Tabla N°02: Principales componentes del cemento Portland.....	16
Tabla N°03: Componentes químicos del cemento portland.....	19
Tabla N°04: Módulo de finura de diferentes tipos de cementos.....	21
Tabla N°05: Características de los cementos portland.....	24
Tabla N°06: Límites granulométricos del agregado fino.....	28
Tabla N°07: Husos granulométricos del agregado fino.....	29
Tabla N°08: Husos granulométricos del agregado grueso.....	31
Tabla N°09: Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso.....	36
Tabla N°10: Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión.....	40
Tabla N°11: Cantidad de material necesario para el ensayo de material mas fino que el tamiz N°200.....	41
Tabla N° 12: Sustancias perjudiciales en el agregado fino.....	42
Tabla N°13: requisitos para agua de mezcla y curado.....	43
Tabla N°14: Factores de corrección.....	48
Tabla N°15: Resistencia a la comprensión promedio.....	48
Tabla N°16: Consistencia y Asentamiento.....	49
Tabla N°17. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción....	49
Tabla N°18. Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación del tamaño máximo del agregado grueso.....	50
Tabla N°19: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	51
Tabla N°20: Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.....	52
Tabla N°21. Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.....	52
Tabla N°22. Relación agua /cemento y resistencia a la comprensión del	53

concreto.....	
Tabla N°23. Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.....	54
Tabla N°24: Requisitos para condiciones especiales de exposición.....	54
Tabla N°25: Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	56
Tabla N°26. Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	87
Tabla N° 27: Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.	89
Tabla N°28: Proporción en peso de los componentes de mezclas para los grupos de control y experimentación de la investigación.....	92
Tabla 29: Peso unitario del concreto fresco y seco.....	93
TablaN°30: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo, proporción óptima obtenida.....	94
Tabla N°31: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Inka, proporción óptima obtenida.....	95
Tabla N°32: Resistencia a la compresión para diferentes proporciones de aditivo	95
TablaN°33: Resultados ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo sin aditivo (GC1).....	97
TablaN°34: Resultados ensayo de resistencia a compresión cemento Inka sin aditivo (GC2).....	98
Tabla N°35: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo y aditivo (GE1).....	99
TablaN°36: Resultados ensayo de resistencia a compresión cemento Inka con aditivo (GE2).....	100
Tabla N°37: Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes.....	101
Tabla N°38: Análisis de la resistencia a la compresión promedio de los grupos de control (GC1, GC2) y experimentales (GE1, GE2).....	104
Tabla N°39: Análisis estadístico de especímenes a compresión.....	107
Tabla N° 40: Análisis de costos de materiales por metro cúbico para cada mezcla.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Componentes del concreto.....	05
Figura N°02: Proceso de fabricación del cemento portland.....	18
Figura 03: Desarrollo de la resistencia en compresión en % de la resistencia a 28 días.....	24
Figura 04: Estados de saturación del agregado.....	38
Figura N°05: Equipo y materiales usados en los distintos ensayos.....	77
Figura N°06: control del asentamiento (Slump).....	81
Figura N°07: detalle de los materiales y equipos utilizados en los ensayos.....	83
Figura N°08: Cuadro comparativo de peso unitario del concreto fresco y seco...	92
Figura N°09: Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Pacasmayo.....	96
Figura N°10: Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Inka.....	96
Figura N°11: Resistencia a compresión del cemento Pacasmayo sin aditivo (GC1).....	102
Figura N°12: Resistencia a compresión del cemento Inka sin aditivo (GC2).....	102
Figura N°13: Resistencia a compresión del cemento Pacasmayo con aditivo (GE1).....	103
Figura N°14: Resistencia a compresión del cemento Inka con aditivo (GE2)....	103
Figura N°15: Cuadro comparativo para los grupos de control y experimentales (GC,GE).....	105
Figura N°16: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GC1).....	105
Figura N°17: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GE1).....	106
Figura N°18: Número de probetas Vs resistencia a la compresión (GC2).....	106
Figura N°19: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GE2).....	107
Figura N°20: Tipos de fractura típicos que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.....	108

RESUMEN

El objetivo de esta investigación, fue determinar la influencia del aditivo Chema Plast en la resistencia a la compresión del concreto usando cemento Pacasmayo Tipo I y el Inka. Se consideró una investigación experimental con el diseño de un grupo de control (sin aditivo) y un grupo experimental (con aditivo) de sólo post-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 (GC1, GC2) y por cada grupo experimental (GE1, GE2). El diseño de mezclas se realizó para una resistencia a la compresión especificada ($f'c$) de 290 Kg/cm² 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 Plast: 145, 250, 300 y 360 ml/bolsa de cemento, la proporción óptima fue de 300 ml por 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 (387.51 kg/cm²) fue mayor en 22% que con cemento Inka (317.56 kg/cm²), por la influencia del aditivo Chema Plast en la proporción de 300 ml por bolsa de cemento, las hipótesis específicas fueron una verdadera ya que el grupo de experimentación (GE1) con cemento Pacasmayo alcanzó una resistencia mayor al 15% en comparación con el grupo de control (GC1) con el mismo cemento, y la otra falsa ya que la resistencia del grupo de experimentación (GE2) resistió solamente el 6.7% más que el grupo de control (GC2) ambas con cemento Inka.

Palabras claves: Cemento Pacasmayo, cemento Inka, aditivo plastificante, Chema Plast, resistencia a compresión.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of the additive Chema Plast in compressive strength of concrete using Type I cement Pacasmayo and Inka.

An experimental investigation with a control group's design (without additive) and an experimental group were considered (with additive) of only behind try for every one of the used cements. For the contrastation of the hypothesis 120 specimens became elaborate in total, 30 specimens for each control group (CG1, CG2) and for each experimental group (EG1, EG2). The design of mixtures accomplished at 28 days, with the method of the module of fineness of the combination of aggregates for a resistance ($f'c$) 290 Kg/cm²'s specified understanding. Of the previous essays of mixtures, considering the values of proportions of the additive Chema Plast: 145, 250, 300 and 360, the optimal proportion belonged to 300 ml for bag of cement, which used itself in the design of mixture of the experimental groups. Of the analysis and discussion of the results, The general assumption was wrong, because the compressive strength of concrete mixtures with Type I cement Pacasmayo (387.51 kg / cm²) was higher by 22% than concrete Inca (317.56 kg / cm²) , by the influence of the additive in Plast Chema the proportion of 300 ml per bag of cement, specific hypothesis were true and the experimental group (GE1) Pacasmayo cement greater resistance reached 15% compared to the control group (GC1) with the same cement, and the other false because the resistance of experimental group (EG2) resisted only 6.7 % more than the control group (GC2) both with cement Inka.

Key words: Pacasmayo cement, Inka cement, plasticizing additive, Chema plast, resistance to compression.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el **contexto** tanto mundial como nacional y local, el concreto es uno de los materiales de mayor uso en la construcción y presenta características que lo hacen diferente del resto de materiales, puede ser preparado in situ o en planta de premezclado debiéndose en ambos casos conocer muy bien 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 de consistencia y cohesión y en el segundo de durabilidad y resistencia.

En la región Cajamarca actualmente se viene usando diferentes tipos de cementos para la elaboración de concreto, el cemento Pacasmayo tipo I NTP334.009-ASTM C-150 que es el que mejor, se ha posicionado en el mercado debido a sus características como uso general en la construcción. Sin embargo, ahora en la actualidad existe un nuevo tipo de cemento en Cajamarca que su uso se viene incrementando: el cemento Inka NTP334.090-ASTM C-595, que posee características similares al anterior.

Del contexto anteriormente descrito, **el problema** se formula con la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el aditivo Chema Plast en la resistencia a la compresión del concreto usando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka?

La presente tesis **se justifica** porque los resultados permitirán la utilización adecuada de uno u otro tipo de cemento, logrando la disminución de costos en obra, alta resistencia, mayor trabajabilidad, rapidez en acabados, entre otros aspectos. En

consecuencia, beneficiará a toda persona que se encuentre involucrada en el campo de la construcción civil.

Se realizó el diseño de mezclas para una resistencia a la compresión especificada de 290 kg/cm^2 , con y sin aditivo Chema Plast, con cada uno de los dos tipos de cemento, los especímenes elaborados fueron ensayados sólo a la compresión.

Para resolver el problema de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General: Determinar la influencia del aditivo Chema Plast en la resistencia a la compresión del concreto usando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka.

Objetivos Específicos:

Determinar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo usando cemento Pacasmayo tipo I.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo usando cemento Inka.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Chema Plast usando cemento Pacasmayo tipo I.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Chema Plast usando cemento Inka.

Comparar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo con la resistencia a la compresión del concreto con aditivo, usando cemento Pacasmayo tipo I.

Comparar la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo con la resistencia a la compresión del concreto con aditivo, usando cemento Inka.

Comparar la resistencia a la compresión del concreto con aditivo utilizando cemento Pacasmayo tipo I con la resistencia a la compresión con aditivo utilizando cemento Inka.

Teniendo en cuenta el problema y los objetivos planteados, se formuló una hipótesis general y dos hipótesis específicas.

Hipótesis General: “Con aditivo Chema Plast en la proporción entre 145 y 360 ml por bolsa de cemento, la resistencia a la compresión del concreto es mayor con el cemento Inka que con el cemento Pacasmayo tipo I” en 15%.

Hipótesis Específicas:

La resistencia a la compresión del concreto con aditivo, en la proporción entre 145 y 360 ml por bolsa de cemento, es mayor en 15% que la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo utilizando cemento Pacasmayo tipo I.

La resistencia a la compresión del concreto con aditivo, en la proporción entre 145 y 360 ml por bolsa de cemento, es mayor en 15% que la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo utilizando cemento Inka.

Los **contenidos** de esta tesis se estructuraron en cinco capítulos. El capítulo I se refiere a la parte introductoria que contiene el contexto, el problema la justificación, el alcance, los objetivos y las hipótesis. El capítulo II refiere al marco teórico constituido en tres partes. Los antecedentes que refiere a la historia del uso químico en concreto y a ocho tesis: tres internacionales, dos nacionales y tres locales. La base teórica referida al conocimiento existente y referencial tanto del concreto, de los aditivos y de los componentes de mezcla. Y la definición de términos básicos que se refiere a los elementos principales incluidos en el trabajo de tesis. El capítulo III referido a materiales y métodos que incluye los procedimientos y el análisis de datos y presentación de resultados. El capítulo IV que contiene el análisis y la discusión de resultados. Y el capítulo V que contiene las conclusiones y recomendaciones del trabajo de tesis. Además se adhieren los anexos correspondientes y necesarios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

La historia del uso de químicos en concreto se remonta al ciclo XIX, tiempo después de que Joseph Aspdin patentó en Inglaterra el 21 de octubre de 1824 un producto llamado “cemento portland”.

La primera adición de cloruro de calcio a los concretos fue registrada en 1873, a principios del siglo XIX se ensayó la incorporación de distintas sustancias al concreto para mejorar la impermeabilidad. En ese entonces se ensayó también la incorporación de polvos finos como endurecedores de la superficie del concreto.

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.

2.1.1. 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 día 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.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Joo, E. (2003) en sus escritos 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, Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I”, analizó la comparación entre Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I, difiriendo los resultados entre cada una de ellas; y, concluyó que ambas adiciones incrementan la resistencia a la compresión y reducen los costos de obra.

2.1.3. 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, la reduce la cantidad 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 cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción muy popular. El concreto 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. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revolutura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

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

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido. Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos: Uno, las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida; dos, la calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio; y tres, la afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

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. El material que se utilice en la preparación del concreto afecta la facilidad con que pueda vaciarse y con la que se le pueda dar el acabado; también influye en el tiempo que tarde en endurecer, la resistencia que pueda adquirir, y lo bien que cumpla las funciones para las que fue preparado.

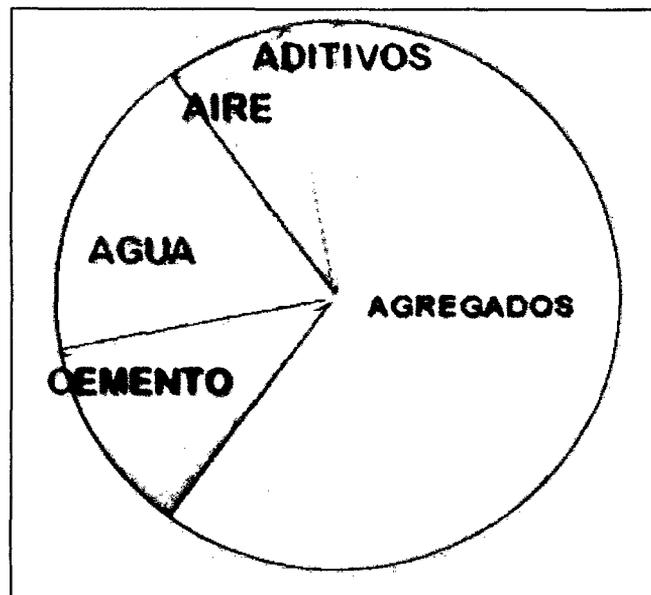


Figura N°01: componentes del concreto.

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.

Por una parte, los principales cementantes hidráulicos son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requerimientos específicos de las aplicaciones, estos cementantes pueden utilizarse en forma individual o combinados entre sí.

Por otra parte, bajo la denominación genérica de cementos hidráulicos existen diversas clases de cemento con diferente composición y propiedades, en cuya elaboración intervienen normalmente las materias primas (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 segregación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las probetas. Consecuentemente, son aspectos del comportamiento del concreto fresco que adquieren relevancia en obras donde se requiere manipular extraordinariamente el concreto, o donde las condiciones de colocación son difíciles y hacen necesario el uso de bomba o el vaciado por gravedad. (Laura, S.2006).

2.2.1.3.2. PÉRDIDA DE REVENIMIENTO

Este término se usa 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 conservará 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.(Alvares, J. 2004).

2.2.1.4.2. ASENTAMIENTO Y SANGRADO

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo, 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. (Gutiérrez, L.2003).

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 (C3S) y elevada finura puede producir mayor resistencia a corto plazo, y tal es el caso del cemento tipo III de alta resistencia rápida. En el extremo opuesto, un cemento con alto contenido de silicato dicálcico (C2S) y finura moderada debe hacer más lenta la adquisición inicial de resistencia y consecuente generación de calor en el concreto, siendo este el caso del cemento tipo IV. Dentro de estos límites de comportamiento, en cuanto a la forma de adquirir resistencia, se ubican los otros tipos de cemento portland (Guzman, 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. Si el calor que se genera en el seno de la masa de concreto no se disipa con la misma rapidez con que se produce, queda un remanente que al acumularse incrementa la temperatura de la masa (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. (Gutiérrez, L.2003).

2.2.1.4.5. ESTABILIDAD QUÍMICA

Según (Gutiérrez, L.2003). 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 se conocen tres modalidades que se distinguen por la naturaleza de las rocas y minerales que comparten el fenómeno:

- Alkali-sílice
- Alkali - agregado Alkali-silicato
- Alkali – carbonato

2.2.1.5. CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE CONCRETO

Una característica importante del hormigón 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 hormigón 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 hormigón (Laura, S.2006).

2.2.1.5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO.

Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:

- Densidad: en torno a 2350 kg/m³.
- Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm² (200 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.

Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo. (Laura, S.2006).

2.2.1.5.3. FRAGUADO Y ENDURECIMIENTO

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 hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas. En condiciones normales un hormigón 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. (Gutiérrez, L.2003).

2.2.1.5.4. RESISTENCIA.

La resistencia del hormigón a compresión se obtiene en ensayos de rotura por compresión de probetas cilíndricas normalizadas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con las mismas amasadas puestas en obra (Laura, S. 2006).

2.2.1.5.5. CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN FRESCO.

La 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. 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 hormigón fresco (Sánchez, D. 2001).

2.2.1.5.6. 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. (Laura, S., 2006)

2.2.1.6. TIPOS DE CONCRETO

Según (Gutiérrez, L.2003).

Concreto ordinario.- También se suele referir a él denominándolo simplemente hormigón. 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 hormigón que no contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.

Concreto armado.- Es el hormigón que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el hormigón más habitual.

Concreto pretensado.- Es el hormigón 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 hormigón fresco o post-tensado si la armadura se tensa cuando el hormigón ha adquirido su resistencia.

Mortero.- Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un hormigón 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 hormigón baja densidad.

Concreto de alta densidad.- Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita). El hormigón 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.

2.2.2.2. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Al evaluar la posibilidad de emplear un aditivo determinado debe considerarse su efecto sobre el volumen de la tanda; así como las posibles modificaciones en el rendimiento, a fin de poder determinar las causas reales de la variación de las propiedades y el costo de dicha variación.

Si el empleo de un aditivo produce cambios en la cantidad o características de los materiales empleados en la preparación del concreto, éste efecto debe ser considerado cuando se evalúa la acción del aditivo, los beneficios resultantes, y los mayores costos debidos a su empleo.

Sánchez, D. (2001) dice adicionalmente, que en todo análisis económico del empleo de un aditivo se debe considerarse:

- a) El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto;
- b) Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto; así como sobre la magnitud y velocidad de ganancia de resistencia;

c) La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados

d) **2.2.2.3. 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 demonios metálicos embebidos en el concreto
- i) Producción de concretos o morteros celulares.
- j) Producción de concretos o morteros coloreados.

2.2.2.4. USO DE LOS 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

extrínseco. 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. De acuerdo con este planteamiento, para influir en el comportamiento y las propiedades concreto, a fin de adaptarlos a las condiciones externas, se dispone principalmente de dos recursos:

1. La selección y uso de componentes idóneos en el concreto, combinados en proporciones convenientes.
2. El empleo de equipos, procedimientos, y prácticas constructivas en general, de eficacia comprobada y acordes con la obra que se construye.

El uso de aditivos queda comprendido dentro del primer recurso y normalmente representa una medida opcional, para cuando las otras medidas no alcanzan a producir los efectos requeridos, en función de las condiciones externas actuales o futuras. Es decir, la práctica recomendable para el uso de los aditivos en el concreto, consiste en considerarlos como un medio complementario y no como un sustituto de otras medidas primordiales, tales como el uso de un cemento apropiado, una mezcla de concreto bien diseñada, o prácticas constructivas satisfactorias (Sánchez, D.2001).

2.2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS.

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Súper Reductores de agua.
- TIPO G: Súper Reductores de agua - acelerantes.

2.2.3. TEORÍA DEL CEMENTO

El cemento es un material de muchísima importancia esto se puede constatar en la actualidad con la gran producción en el mundo con aproximadamente 1800 millones de toneladas al año. 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°01: Principales componentes del cemento Portland.

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

Fuente: 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.- A partir de explosiones a cielo abierto, se extrae la piedra caliza y esquisto materia prima del proceso, mediante micro detonaciones controladas. También se extrae arcillas de tierras de cultivo por medio de desgarre (tractores).

Tabla N°02: Fuentes de materias primas usadas en la fabricación de cemento Pórtland.

Hierro Fe₂O₃	Yeso CaSO₄.2H₂O	Magnesio MgO
Arcilla	Anhidrita	Escorias
Ceniza de altos hornos	Sulfato de calcio	Piedra caliza
Escoria de pirita	Yeso natural	Roca calcárea
Laminaciones de hierro		
Mineral de hierro		
Pizarras		
Residuos de lavado de mineral de hierro		

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

b. Trituración y Prehomogenización.- La segunda etapa del proceso consiste en la reducción del tamaño de las rocas provenientes de las canteras, por medio de trituración, desde diámetros de 1 metro hasta partículas menores de 1 pulgada. El producto de esta etapa se almacena en galeras circulares de prehomogenización con el objeto de asegurar una mayor uniformidad en la distribución química de los materiales y reducir las variaciones en la calidad del material para lotes tan grandes.

c. Molienda de Harina Cruda.- Durante este proceso se continúa la reducción del tamaño de las partículas y se efectúa un secado de los materiales, previo a ser sometidos a altas temperaturas en los hornos. Los molinos reciben los materiales triturados y prehomogenizados, y en ellos se realiza simultáneamente la mezcla y pulverización de los mismos.

El producto es un polvo muy fino, por ello llamado "harina cruda", con la composición química adecuada para el tipo de cemento que se esté produciendo. La reducción en la variación de la calidad de la harina cruda, se hace posible gracias al almacenamiento de la misma en silos especiales para homogenización. Una segunda etapa en el control de calidad de la harina cruda se realiza en el producto que está entrando a los silos, a través de un analizador de rayos X, que pueden realizar análisis químicos completos en tiempos muy cortos y con gran precisión.

d. Clinkerización.- La harina cruda proveniente de los silos es alimentada a hornos rotatorios en los que el material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas (1450°C). Aquí se llevan a cabo las reacciones químicas entre los diferentes óxidos de calcio, sílice, aluminio, hierro y otros elementos en trazas menores, que se combinan para formar compuestos nuevos que son enfriados rápidamente al salir del horno. Al producto enfriado de los hornos se le da el nombre de clinker y normalmente es granulado, de forma redondeada y de color gris oscuro.

e. Molienda de Cemento.- El siguiente paso en el proceso de producción de cemento es la molienda del clinker, en forma conjunta con otros minerales que le confieren propiedades específicas al cemento. El yeso, por ejemplo, es utilizado para retardar el tiempo de fraguado (o endurecimiento) de la mezcla de cemento y agua, y así permitir su manejo.

f. Empaque y Despacho.- Finalmente, el cemento producido y almacenado se distribuye en sacos de papel krap extensible tipo klupac , generalmente compuesto de dos a tres capas con capacidad de 25 a 45 Kg o en granel mediante camiones de cisterna que suelen transportar entre 28 y 30 toneladas.

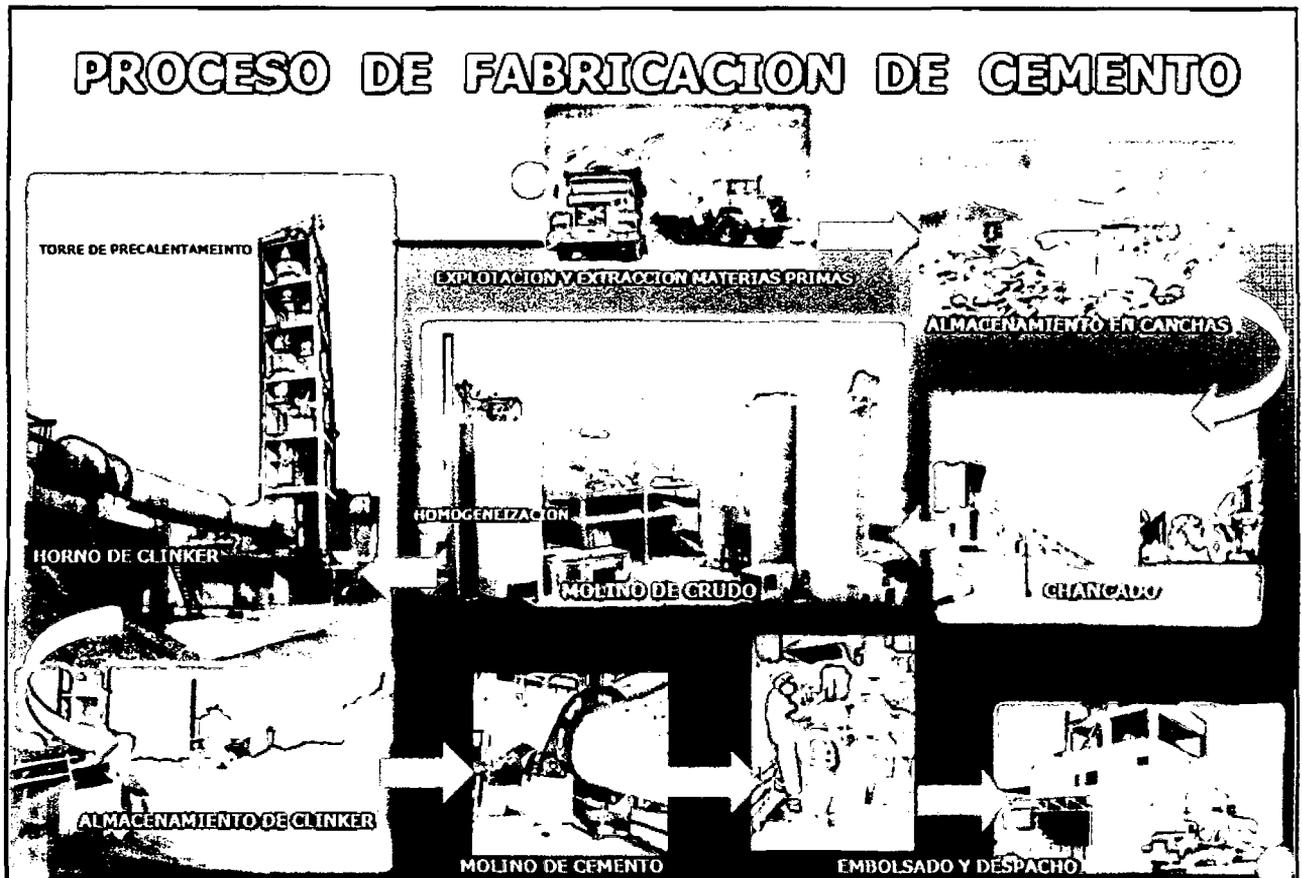


Figura N°02: Proceso de fabricación del cemento portland.

2.2.3.3. COMPONENTES Y COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND.

A. 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.

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

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

B. COMPUESTOS DEL CEMENTO PÓRTLAND

B.1. PRINCIPALES

a) Silicato Tricálcico (3CaO.SiO₂ → C₃S → Alita)

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

b) Silicato Dicálcico (2CaO.SiO₂ → C₂S → Belita).

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

c) Aluminio Tricálcico (3CaO.Al₂O₃) → C₃A.

Aislamiento no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

d) Aluminio-Ferrito tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF-Celita}$).

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

e) Óxido de Magnesio (MgO).

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para sus contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

f) Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O y Na_2O - álcalis).

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

g) Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 y TiO_2).

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%, para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

B.2. PRODUCTOS SECUNDARIOS COMPLEMENTARIOS.

Este grupo incluye: Pérdidas por calcinación PC, Resido insoluble RI, Anhídrido sulfúrico SO_3 .

2.2.3.4. PROPIEDADES FÍSICAS

A. PESO ESPECÍFICO (NTP 334.005-2001).

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^3 y 3.20 gr/cm^3 , las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 gr/cm^3 y las normas alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12 gr/cm^3 , su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y diseño de las mezclas de concreto.

B. FINEZA Y SUPERFICIE ESPECÍFICA (NTP 334.072-2001, 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.

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

Fuente: Comisión Federal De Electricidad (1994).

C. CONTENIDO DE AIRE (NTP 334.048-2003)

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.

D. 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

E. RESISTENCIA MECÁNICA

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.

La manera más lógica de medir la resistencia mecánica es mediante ensayos de compresión y tracción en morteros preparados con el cemento en estudio y arena estándar. Los ensayos de resistencia a la compresión de morteros de cemento portland se realiza de acuerdo con la (NTP 334.051).

F. 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. 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. (NTP 334.004)

G. CALOR DE HIDRATACIÓN

Se llama calor de hidratación del cemento al 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. (NTP 334.064)

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.
- 3 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 moderada 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).

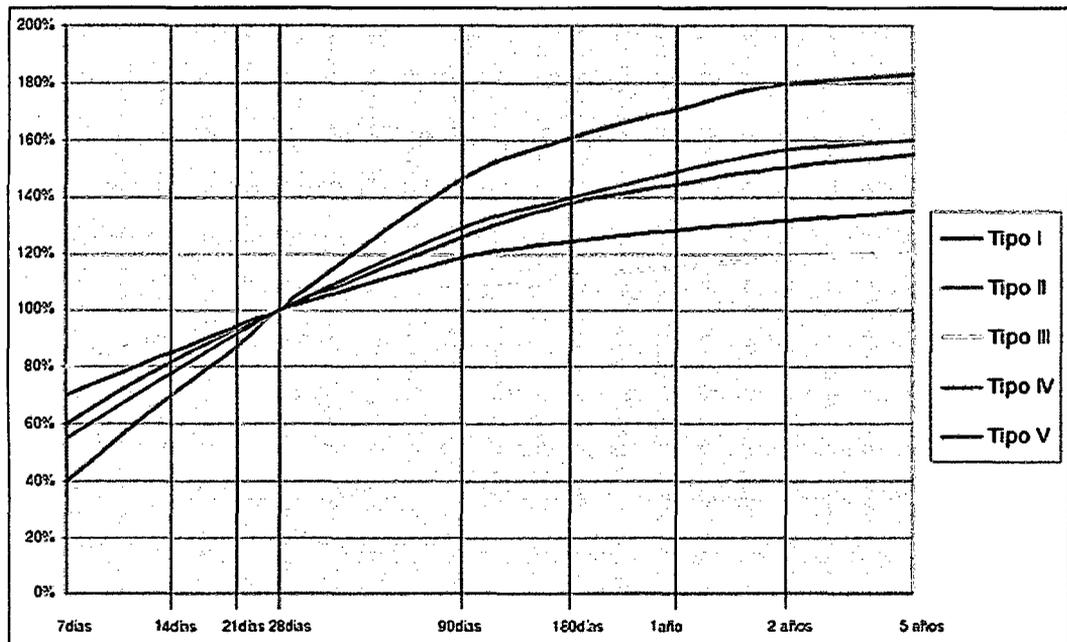


Figura 03. Desarrollo de la resistencia en compresión en % de la resistencia a 28 días

Fuente: Pasquel, E. (2011).

2.2.3.6. CEMENTO PORTLAND ADICIONADOS

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). (NTP 334.082; ASTM C 1157).

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.

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

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. NATURALEZA

Es preciso indicar que los tres grandes grupos de rocas que dan origen a los agregados según su formación son:

A. ROCA MAGMÁTICA.

Estas se subdividen a su vez en: plutónicas y volcánicas (granito, cuarzo, riolita, traquita, etc.).

B. ROCA SEDIMENTARIA.

Según su composición química se pueden mencionar las siguientes: las rocas silíceas, carbonatadas, aluminosas y salinas. (Areniscas, calizas, arcilla, yeso).

C. ROCAS METAMÓRFICA.

Entre las cuales se pueden enumerar: las cuarcitas, mármoles, pizarras y filitas.

2.2.4.2. 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

2.2.4.3. 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:

- Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) 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. Lezama, J.L.(1996)

2.2.4.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO

A. AGREGADO FINO.

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

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

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

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

Tabla N°06: Límites granulométricos del agregado fino.

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

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33.

➤ 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 ± 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 exceder los siguientes límites:

➤ Lentes de arcilla y partículas desmenuzables 3%

➤ Material más fino que el tamiz 200

a. Concretos sujetos a abrasión..... 3%

b. Otros concretos..... 0.5%

➤ carbón

a. Cuando la apariencia superficial del concreto es importante..... 0.5%

b. Otros concretos..... 1%

La granulometría deberá corresponder a la gradación C.

Tabla N°07: Husos granulométricos del agregado fino

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

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

B. AGREGADO GRUESO.

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

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán de ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Es recomendable tener en consideración lo siguiente: según la NTP 400.037

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 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

El agregado grueso deberá de estar graduado dentro de los límites específicos de la 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; o

Un tercio del peralte de las losas; o 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.

- Arcilla.....0.25%
 - Partículas deleznales.....5.00%
 - Material más fino que pasa la malla N°200.....1.00%
 - Carbón y lignito
- a. cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0.5%
- b. otros concretos.....1.00%

Tabla N°08: Husos granulométricos del agregado grueso

N° A.S.T.M	TAM AÑO NO MIN AL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100m m 4"	90m m 3.5"	75m m 3"	63m m 2.5"	50m m 2"	37,5m m 1.5"	25m m 1"	19m m ¾"	12,5m m ½"	9,5m m 3/8"	4,75m m N°4	2,36m m N°8	1,18m m N°16	
1	3½"	100	90		25		0		0						
	a 1 ½"		100		60		15		5						
2	2½"			100	90	35	0		0						
	a 1 ½"				100	70	15		5						
3	2"				100	90	35	0		0					
	a 1"					100	70	15		5					
357	2"				100	95		35		10		0			
	a N°4					100		70		30		5			
4	1½"				100		90	20	0		0				
	a ¾"						100	55	15		5				
467	1½"				100		95		35		10	0			
	a N°4						100		70		30	5			
5	1"						100	90	20	0	0				
	a ½"							100	55	10	5				
56	1"						100	90	40	10	0	0			
	a 3/8"							100	85	40	15	5			
57	1"						100	95		25		0	0		
	a N°4							100		60		10	5		
6	¾"						100		90	20	0	0			
	a 3/8"								10	55	15	5			
67	¾"							100	90		20	0	0		
	a N°4								100		55	10	5		
7	½"								100	90	40	0	0		
	a N°4									100	70	15	5		
9	3/8"								100		85	10	0	0	
	a N°8										100	30	10	5	

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33.

C. ARENA.

La NTP 400.011 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..... 0.5 a 2.0mm.

Arena gruesa.....2.0 a 5.0 mm

D. GRAVA.

La NTP 400.011 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.

E. PIEDRA TRITURADA O CHANCADA.

La NTP 400.011 lo define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

F. HORMIGÓN.

La 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.

G. FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL.

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.(NTP, 400.011).

➤ 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.

➤ **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.

2.2.5.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN. La NTP 400.021 define:

a.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).

a.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.

a.3. Peso específico de masa (P.e.m).

Viene hacer 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.

a.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.

a.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. A su vez, la absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

2.2.5.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. 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, 300g, para el agregado fino y para el grueso de acuerdo a la tabla.

Tabla N°09: Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico.

TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS	PESO APROXIMADO DE LA MUESTRA(Kg)
3/8"	1.00
1/2"	2.00
3/4"	5.00
1"	10.00
1 1/2"	15.00
2"	20.00
2 1/2"	35.00
3"	60.00
3 1/2"	100.00

Fuente: NTP 400.012 (2013).

2.2.5.2.1. 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 esta en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor mientras mayor sea el módulo de finura.

B. 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.

a.1. TAMAÑO MÁXIMO. 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. (NTP 400.011)

a.2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL. Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido. (NTP 400.011)

B. 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 mayo de i/5 de la menor separación entre los lados del encofrado; 1/3 del peralte de la losa; ¾ 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.

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

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

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Las especificaciones técnicas para el peso unitario suelto y peso unitario compactado está de acuerdo a las normas NTP 400.017 y ASTM C-29/ C-29M.

2.2.5.4. CONTENIDO DE HUMEDAD.

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. (NTP 339.185)

Los estados de saturación del agregado son como se muestra:

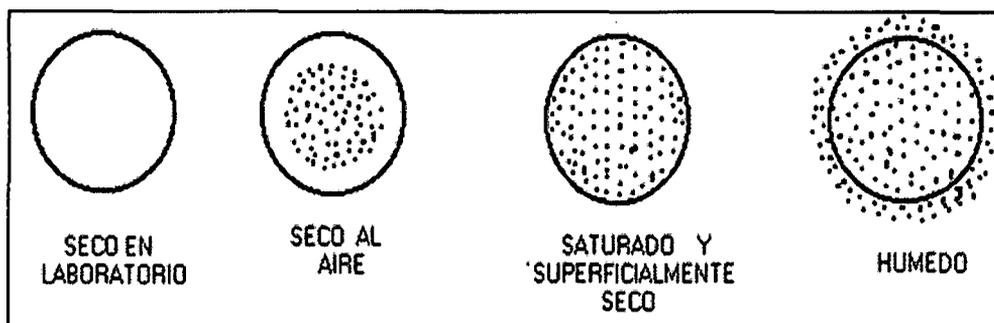


Figura 04: Estados de saturación del agregado.

A.1. SECO. No existe humedad alguna en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

A.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.

A.3. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO. Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua, condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.

A.4 HÚMEDO. 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.

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

El contenido de humedad es una de las propiedades físicas del agregado que no se encuentra limitada en especificaciones, sin embargo podemos manifestar, que en los agregados finos, el contenido de humedad puede llegar a representar un 8% a más, mientras que en el agregado grueso dicho contenido de humedad, puede representar un 4%.

2.2.5.5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.

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.

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 perdida 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. La tapa está diseñada de manera tal, que mantiene el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que la paleta este situado en forma tal, que la carga no caiga sobre la capa, y la tapa toque durante el ensayo. La máquina lleva una paleta desmontable de acero a lo largo de una generatriz de la superficie anterior, que se proyecta radialmente 9cm hacia su interior y con un espesor tal, que su distancia a la abertura medida a lo largo de la circunferencia del cilindro de la dirección de la rotación no sea menor a 127cm.

- 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 $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

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°10: Carga abrasiva y peso de la muestra para abrasión.

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

Fuente: NTP 400.019

2.2.5.6. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N°200.

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

Tabla N°11: cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.

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

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.018

2.2.5.7. SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN EL AGREGADO FINO:

El porcentaje de partículas provenientes del agregado fino no deberá exceder los siguientes límites:

- Lentes de arcillas o partículas desmenuzables..... 3%
- Partículas menores que el tamiz #200
 - Concretos sujetos a evaluación..... 3%
 - Otros concretos.....5%
- Carbón y lignito
 - Cuando la apariencia superficial del concreto es importante... 0.5%
 - Otros concretos 1.0%

Tabla N° 12: sustancias perjudiciales en el agregado fino.

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

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

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

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras. El agua de curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento permitiendo el incremento de la resistencia.

Tabla N°13: requisitos para agua de mezcla y curado

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

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.088.

2.2.6.3. AGUA DE LAVADO

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. Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total del agregado que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se

pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua en la elaboración del concreto debe de ser apta para el consumo humano libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas. Algunas de las sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto se presentan a continuación:

- Las aguas que contengan menos de 2000ppm de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si tiene más debe de ser ensayados para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- El alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto preesforzado.
- El agua que contenga hasta 10000 ppm de sulfato de sodio puede ser usada sin problemas para el concreto.
- Las aguas ácidas con PH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo o deben ser evitadas en lo posible.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, pueden reducir la resistencia del concreto en 20%.
- Cuando la salinidad del agua de mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concretos no reforzados y la resistencia del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción de la resistencia es del 30%.

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.

Hay otras fuentes de suministro de agua para elaborar el concreto en sitios alejados de los centros de población, como son los pozos, manantiales, corrientes superficiales (arroyos y ríos), almacenamientos naturales (lagos, lagunas) y almacenamientos creados artificialmente (vasos de presas). Salvo que existan antecedentes de uso del agua en la fabricación de concreto con buenos resultados debe verificarse invariablemente su calidad antes de emplearla.

En cuanto al agua de mar su principal inconveniente al ser juzgada como agua de mezclado para concreto, consiste en su elevado contenido de cloruros (más de 20000 ppm) que al convierten en un medio altamente corrosivo para el acero de refuerzo, y esto la hace inaceptable para su empleo en el concreto reforzado.

2.2.8. 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: 1.-Las propiedades que debe de tener el concreto no endurecido. 2.-Las propiedades que debe de tener el concreto endurecido. Y 3.-El costo de la unidad cúbica de concreto.

2.2.8.1. ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

A. CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

1° 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 ± 70 kg/cm² de la especificada para el trabajo a realizar.

Si se posee un registro de 03 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculara haciendo uso de la siguiente formula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar, en Kg/cm²

X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/cm².

\bar{x} = Resistencia promedio de n probetas, en Kg/cm².

n = Numero de ensayos consecutivos de resistencia.

a. 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.

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

Donde:

s = Desviación estándar promedio en Kg/cm².

S₁, S₂ = Desviación estándar calculada por los grupos 1 y 2 respectivamente en Kg/cm².

n₁, n₂ = Numero de ensayos en cada grupos, respectivamente.

2° 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°14 para obtener el nuevo valor de "s".

Tabla N°14: Factores de corrección.

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

Fuente: Laura, S. (2006).

2.2.8.2. 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 (1) y (2).

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.

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34s \dots \dots \dots (1)$$

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

Dónde:

S = Desviación estándar, en Kg/cm².

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la (Tabla N° 15) para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla N°15: Grado de control.

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

Fuente: Rivva, E (2007)

2.2.8.3. 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°16: Consistencia y Asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0''(0mm) a 2'' (50mm)	Poco trabajable
Plástica	3'' (75mm) a 4'' (100mm)	Trabajable
húmeda	≥5'' (125mm)	Muy trabajable

Fuente: Rivva, E. (2007).

➤ Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requerido para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N°17. 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°17. 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

2.2.8.4. 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.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1 1/2") y, en tamaños mayores solo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

Tabla N°18. 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 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.10	0.5
3/4"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.10	0.5
1/2"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0.10

Fuente: Laura, S. (2006).

2.2.8.5. ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.

La tabla N°19, preparada en base a las recomendaciones del comité 2011 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos elaborados con diferentes tamaños máximos de agregados con o sin aire incorporado.

Tabla N°19: 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 ³ , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Cont. Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133
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

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°20: Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua (lt/m ³); 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°20 corresponden a mezclas sin aire incorporado, para la elección del aire atrapado se tomará de la Tabla N°21.

Tabla N°21. 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).

2.2.8.6. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C).

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

2.2.8.6.1. POR RESISTENCIA

Para concretos preparados con Cemento Portland, puede tomarse la relación a/c de la tabla N°22 o 23

Tabla N°22. Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS f'_{cr} (kg/cm ²)	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°23. 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).

2.2.8.6.2. 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°24.

Tabla N°24: 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 descongela ntes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.4	35

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

2.2.8.7 CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO.

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

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

$$\text{volumen de cemento(m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de cemento(kg)}}{\text{peso especifico del cemento(kg/m}^3\text{)}}$$

2.2.8.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO.

MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

Las investigaciones realizadas en la universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso cuando estos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que 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°25.

Tabla N°25: 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°25 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:

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

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.

2.2.8.9. 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.

2.2.8.10. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO

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

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

2.2.8.11. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN.

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

2.2.9. PRUEBA DE ENSAYOS.

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

2.2.9.1. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS.

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

B. CONO DE ABRAMS. Construido de un material metálico rígido e inatacable por el concreto; con un espesor mínimo de 0.15cm. Su forma interna es similar a la de un cono truncado de 20cm de diámetro de base mayor, y de 10cm de diámetro de base menor y 30cm de altura. Las bases deben ser abiertas paralelas entre si 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 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

2.2.9.2. CURADO

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

D.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.

D.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 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, usando agua que cumpla con la NTP 334.077.

2.2.9.3. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA 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 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 si 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 Plast: Es un aditivo reductor de agua que aumenta la trabajabilidad de las mezclas de concreto y la resistencia a la compresión.

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 de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras

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

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

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

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

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.

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.

Hipótesis: Es una suposición, es una idea que puede no ser verdadera, basada en información previa

Influencia: La influencia es la calidad que otorga capacidad para ejercer determinado control sobre el poder por alguien o algo.

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

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

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

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

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.

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

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

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

Sanidad: Se define como la capacidad de los agregados para resistir variaciones excesivas de volumen debido a las condiciones físicas cambiantes.

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.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada la Av. Atahualpa N°1050, Facultad de Ingeniería, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”, entre los meses de Mayo a Octubre de 2014, seis (06) meses consecutivos.

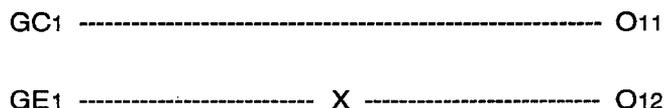
3.2. PROCEDIMIENTO

3.2.1. ASPECTOS PREVIOS

El **tipo** de investigación, en la presente 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 con un grupo de control y con sólo pos-prueba.

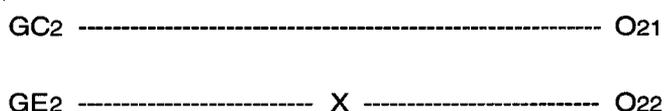
La **unidad de análisis** fue denominada “especímenes de concreto”, que es la denominación técnica correcta, sin embargo se le denomina también “probetas”. En consecuencia, la **población** de estudio fue el conjunto de especímenes de concreto; por lo tanto, la **muestra** fue intencional y considerada por 120 especímenes en total: 30 especímenes para los ensayos (o experimentos) de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I; 30 especímenes para los ensayos (o experimentos) de la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo utilizando Cemento Inka; 30 especímenes para los ensayos (o experimentos) de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I; y 30 especímenes para los ensayos (o experimentos) de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo utilizando Cemento Inka.

El diseño de la investigación se realizó en dos partes: diseño 1 y diseño 2. El esquema del **diseño 1** es el siguiente:



Donde las siglas GC_1 es denominado “Grupo de Control Uno” que refiere la resistencia a la compresión utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I, sin aditivo. Las siglas GE_1 es denominado “Grupo Experimental Uno” que refiere la resistencia a la compresión utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I, con el aditivo Chema Plast representado por la letra mayúscula “X”. La sigla O_{11} indica la observación realizada al grupo de control uno (GC_1) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I sin aditivo. La sigla O_{12} indica la observación realizada al grupo experimental uno (GE_1) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Pacasmayo Tipo I con aditivo.

El esquema del **diseño 2** es el siguiente:



Donde las siglas GC_2 es denominado “Grupo de Control Dos” que refiere la resistencia a la compresión utilizando Cemento Inka, sin aditivo. Las siglas GE_2 es denominado “Grupo Experimental Dos” que refiere la resistencia a la compresión utilizando Cemento Inka, con el aditivo Chema Plast representado por la letra mayúscula “X”. La sigla O_{21} indica la observación realizada al grupo de control dos (GC_2) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Inka sin aditivo. La sigla O_{22} indica la observación realizada al grupo experimental dos (GE_2) que nos permiten obtener datos de la medición de la resistencia a la compresión con Cemento Inka con aditivo.

3.2.2. COMPONENTES, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3.2.2.1. COMPONENTES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Cemento Pacasmayo tipo I, norma ASTM C-150, NTP334.009, con peso específico 3.11 g/cm^3 .

Cemento Inka tipo I Co, norma ASTM C-595, NTP334.090, con peso específico 3.05 g/cm^3 .

Agregados: fino (arena) y grueso (piedra chancada), procedentes de la cantera “Roca Fuerte”, rio Chonta, Baños del Inca. La cantera se encuentra situada en las riveras del rio Chonta (margen izquierda) aproximadamente a 0.8 km de la Plaza de Armas del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca, propietario José Acosta Gálvez, Altitud 2720 m.s.n.m, perímetro 340 m, área 7000 m^2 , potencia 9800 m^3 . Esta cantera se encuentra constituida de diversos tipos de rocas, en su mayoría de calizas, areniscas, traquitas, etc. El acceso a la cantera es mediante una trocha carrozable en buen estado. La cantera presenta una topografía llana. Presenta un clima frío sobre todo durante la noche, con temperaturas promedio mínimas y máximas de 4°C y 21°C , respectivamente; además, la temperatura nocturna en el valle puede descender hasta el punto de heladas, especialmente entre los meses de julio y agosto.

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

Aditivo Chema Plast, norma ASTM C-494, tipo A.

Aire, que se encuentra en forma natural en los ambientes del laboratorio.

3.2.2.2. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Juego de tamices para el ensayo de granulometría de los agregados, probetas de vidrio para medir cantidades pequeñas de agua, molde cónico para determinar si el agregado fino ha alcanzado el estado superficialmente seco, canastilla metálica para la determinación del peso específico del agregado grueso, moldes para llenado de especímenes de concreto, recipientes para trasladar-pesar-llenar agregados a la mezcladora, papel, libreta de apuntes.

3.2.2.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Estufa para secar las muestras de agregado, balanza para medir el peso de los componentes y materiales utilizados en los ensayos, prensa hidráulica para aplicar carga a compresión axial a los especímenes, deformímetro para medir las deformaciones 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 de compresión, equipo para determinar el Slump o asentamiento, equipo para determinar peso unitario de los agregados y del concreto, máquina de los ángeles para medir el porcentaje de desgaste del agregado grueso, mezcladora de concreto para mezclar los componentes del concreto, computadora para procesar los datos es información recopilado en los diferentes ensayos, impresora para imprimir en soporte de papel los reportes de los ensayos según los datos recopilados.

3.2.2.4. HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto y las alturas de los especímenes, marcador de concreto para codificar los especímenes, badilejo para remezclar los componentes del concreto en la bandeja, caretilla para trasladar los especímenes desde la poza del curado hasta la máquina de compresión, martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de los especímenes durante el vaciado, palanas para llenar los recipiente con agregado para su posterior pesado, cucharón para llenar los moldes de los especímenes entre otros usos.

3.2.3. OBTENCIÓN DE AGREGADOS

Se realizó la extracción manualmente y con maquinaria pesada, contando con una buena accesibilidad y depósitos fluviales en el margen izquierdo del río, formando montículos de aproximadamente 1.40 m. de altura y se caracterizó por su abundancia en cantos rodados. Este procedimiento fue realizado por el propietario de la cantera.

3.2.4. OBTENCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Una vez obtenido los agregados, éstos fueron transportados al Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” para los ensayos diseñados como se detalla a continuación.

3.2.4.1. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Según las normas NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y la NTP 400.022 y ASTM C 128 para el agregado fino.

a. Selección de equipos y materiales.

Para el agregado grueso: 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 $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, termómetro con aproximación de 0.5°C .

Para el agregado fino: Balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad no menor de 1 kg, frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm³, calibrado gasta 0.10 cm³ 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.

Para el agregado grueso. Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante hasta 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.

Para el agregado fino Se seleccionó por cuarteo 1000g, se colocó en un envase y se puso a secar en la estufa hasta la 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.

Para el agregado grueso.

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 contante a una temperatura de 110°C, se dejó enfriar y se determinó su peso.

Para el agregado fino.

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 cm³ 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)

Para el Agregado Grueso

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

- A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).
- B: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca (gr).
- C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

Para el agregado fino

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$\text{Peso e. a} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$$\text{Absorción} = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

W_o: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

V : Volumen del frasco (cm³)

V_a: Peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco.

3.2.4.2. PESO UNITARIO.

Según las normas NTP 400.017, 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/m³) por el peso del agua a 16.7°C necesario para llenar la medida.

$$F = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{W_a(16.7^\circ\text{C})}$$

W_a = peso del agua para llenar el recipiente a 16.7°C.

El peso unitario se calculó mediante las siguientes fórmulas.

$$P.U = W_s \div V \quad \text{ó} \quad P.U = W_s * F$$

Donde:

P.U: Peso unitario (kg/m³).

W_s: Peso neto del agregado (kg)

V: Volumen del molde cilíndrico (m³)

F: Factor para el recipiente (l/m³)

3.2.4.3. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Según la norma 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.

W_w = peso del recipiente más mezcla húmeda – peso del recipiente más la muestra seca. Luego se determinó el peso de la muestra seca

W_s = peso del recipiente + muestra seca – peso del recipiente.

c. Expresión de los resultados (Ver anexos A).

$$w\% = \frac{W_w * 100}{W_s}$$

W_w = peso del agua evaporada.

W_s = 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° 09), para el agregado fino será de acuerdo con lo establecido con la NTP 400.012.

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

$$M.F = (\Sigma \%Ret. acum(N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4))/100$$

Módulo de finura para el Agregado Grueso

$$M.G = (\Sigma \%Ret. acum(N^{\circ}4, 3/8", 3/4", 1 1/2",))/100$$

Del 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.

Según la norma NTP 400.018

a. Procedimiento de ensayo.

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).

$$F = \frac{(W_0 - W_1)}{W_0} * 100$$

Donde:

F =% de material que pasa el tamiz N° 200

W₀ = Peso seco de la muestra original (en g).

W₁ = Peso Seco de la muestra después del lavado (en g).

3.2.4.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.

Según la (NTP 400.019)

a. Selección de equipo

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).

El porcentaje de desgaste, está dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ abrasion} = \frac{(W_o - W_f) * 100}{W_o}$$

Donde:

W_o: Peso original de la muestra (gr).

W_f: 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.

a. Selección de equipo y materiales

- Balanza con capacidad apropiada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales.
- Probeta cilíndrica, graduada y de 1000 cm³.
- Herramientas: palanas, badilejo, baldes, cucharón, enrasador.
- Cono de Abrams, para medir el asentamiento.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.
- Aceite para generar una fina lámina en las paredes interiores de los especímenes y así evitar la adherencia del concreto al momento del desmoldado.
- Mezcladora de concreto, denominado comúnmente “trompo” por su forma.
- Comba de goma.
- Recipiente para determinar el Peso Unitario del Concreto Fresco.

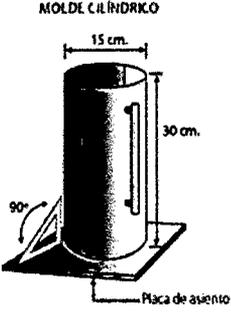
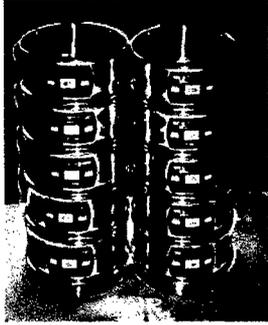
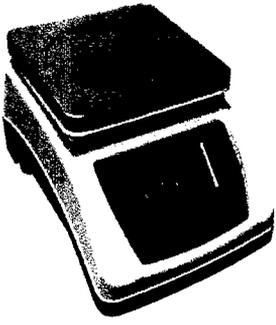
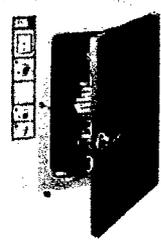
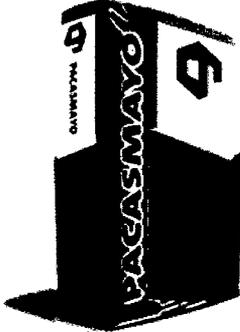
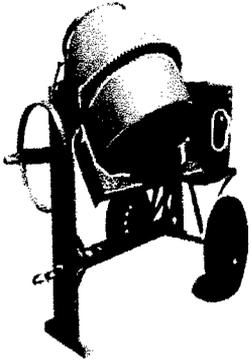
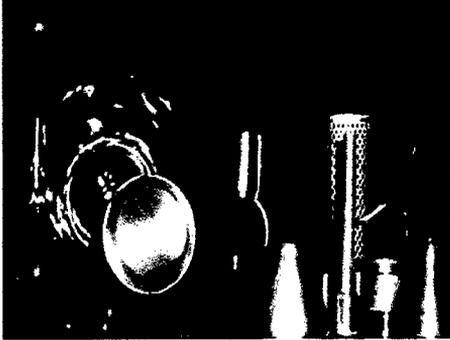
 <p>MOLDE CILÍNDRICO</p> <p>15 cm.</p> <p>30 cm.</p> <p>90°</p> <p>Placa de asiento</p> <p>Especímenes</p>	 <p>Cono de Abrams</p>	 <p>Juego de tamices</p>	 <p>Balanza</p>
 <p>Estufa</p>	 <p>Cemento Pacasmayo</p>	 <p>Aditivo Chema Plast</p>	 <p>Agregados</p>
 <p>Cemento Inka</p>	 <p>Trompo de mezclado</p>	 <p>Equipo Para Determinacion de Peso especifico</p>	

Figura N°05: Equipo y materiales usados en los distintos ensayos.

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

Se realizó el diseño de mezclas, para un $f'c$ de 290 kg/cm², 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 Plast 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 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 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°15.

Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió (TMN = 1"), porque este permite colar elementos medianamente reforzados.

Elección la consistencia de la mezcla, deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica tomando como referencia la tabla N°16.

Determinación del volumen de agua de mezclado, se utilizó la tabla N°19, 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°21, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

Seleccionar 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° 22, con $f'cr$ y para un concreto sin aire incorporado se determinó (a/c).

Determinar el factor cemento por unidad cubica de concreto en función de la relación agua - cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.

$$\text{El factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relacion A/C}}$$

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 absoluto 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:

$rf = ((mg - mc)/(mg - mf)) * 100$, 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° 25, 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 agregados 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 de 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 en peso 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 NTP 339.183.

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

b. Procedimiento.

b.1. Mezclado.- Una vez encontrada las proporciones para una tanda de diseño de 0.02m³, 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.

b.2. Medición del 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°06), 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°06).

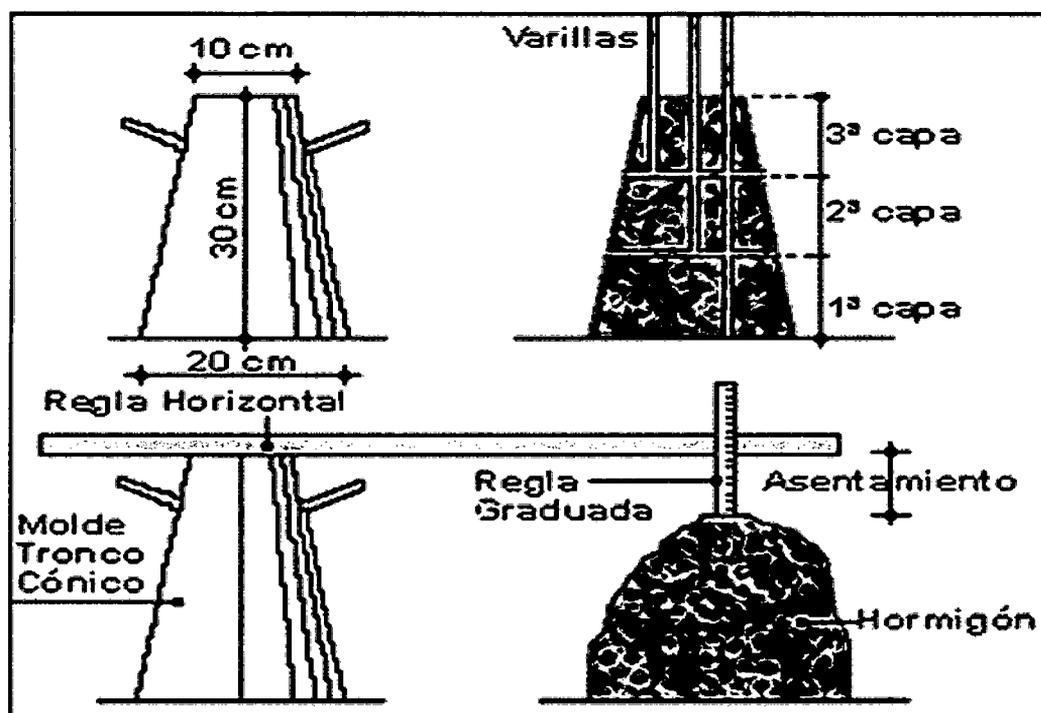


Figura N°06: control del asentamiento (Slump).

b.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.

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

3.2.7. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA COMPRESIÓN.

Según la NTP339.034.

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

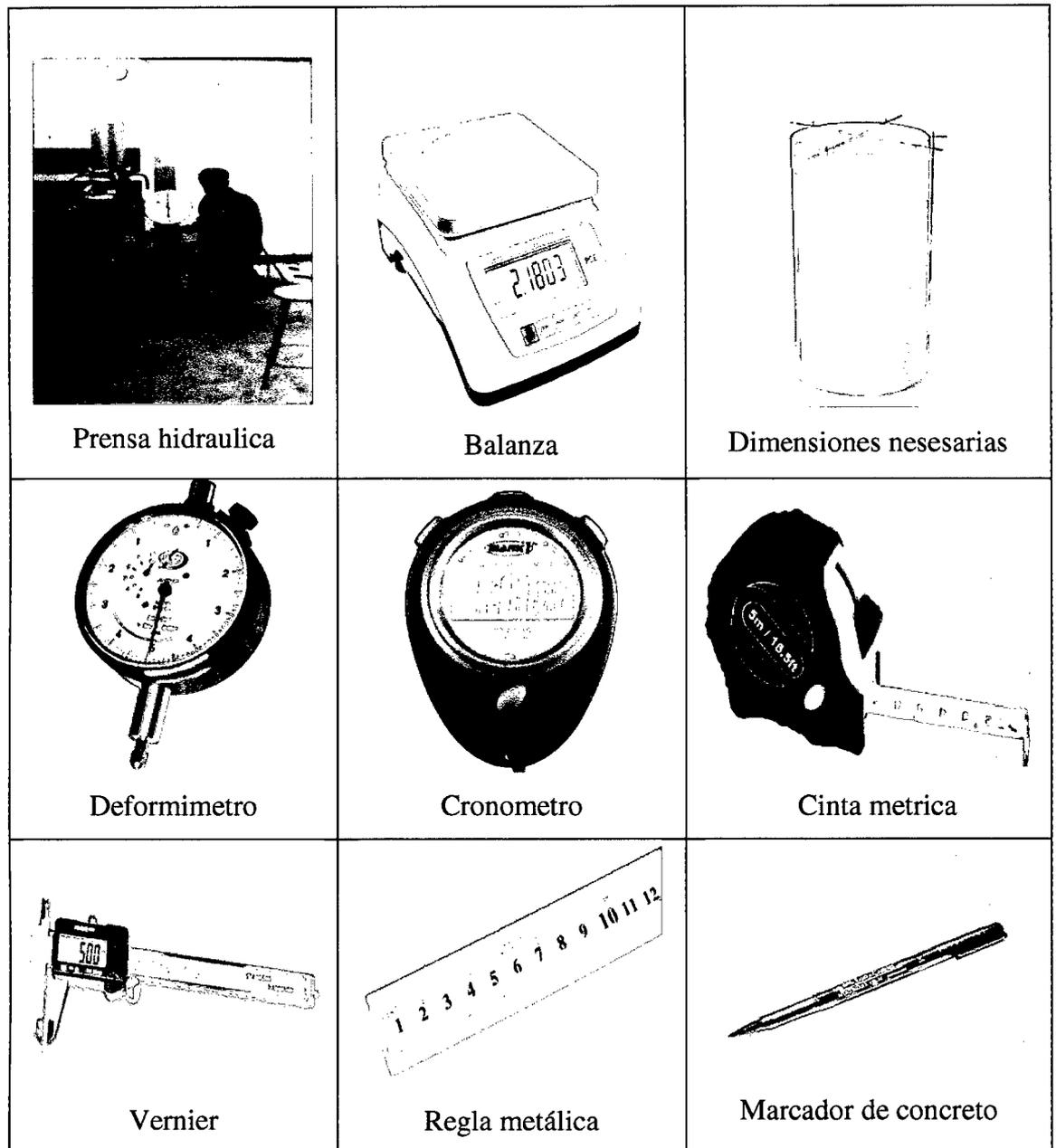


Figura N°07: detalle de los materiales y equipos utilizados en los ensayos.

b. 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.

c. Expresión de resultados. Con los datos registrados de diámetro, altura, peso, tiempo de duración del ensayo, carga de rotura, tipo de fractura, se los procesó y 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 $(\pi \cdot D^2)/4$.

Esfuerzo: Representa la resistencia a la compresión (kg/cm²), se calculó dividiendo la carga de rotura en kilogramos entre el área en cm².

Peso unitario de concreto: Con el dato de altura y diámetro promedio del espécimen, se calculó su volumen en m³ y con el dato de peso del espécimen se encontró el peso unitario del concreto en (kg/m³), aplicando la siguiente fórmula:

$PUC^{\circ}(Kg/m^3) = \text{Peso del espécimen} / \text{Volumen del espécimen.}$

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 (GC1, GC2) como en los grupos de experimentación (GE1, GE2).

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 ocho columnas: el número de orden, la codificación, la altura, el área, el peso, la carga, el esfuerzo y el tipo 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: GC1, GC2, GE1, GE2, 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 (GC1), sin aditivo, con el primer grupo experimental (GE1), 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 (GC2), sin aditivo, con el segundo grupo experimental (GE2), 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 (GE1), con aditivo y cemento Pacasmayo Tipo I, con el resultado promedio de la resistencia a la compresión del segundo grupo experimental (GE2), 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.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

CEMENTO.- Portland Tipo I (ASTM C1157, P.e = 3.11 gr/cm³), Inka Tipo Ico (ASTM C595, P.e = 3.05 gr/cm³)

AGUA.- Potable, Cumple con requisitos de la Norma NTP 339.088.

ADITIVO.- Chema Plast norma ASTM C-494, P.e = 1.09 gr/cm³).

Tabla N°26. Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

CARACTERÍSTICA	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Perfil	-	angular
TMN (")	-	1"
Pem (gr/cm ³)	2.45	2.56
Pesss(gr/cm ³)	2.58	2.58
Pea(gr/cm ³)	2.80	2.61
Abs(%)	5.09	0.71
Puss (kg/m ³)	1643.20	1428.60
Pusc (gr/cm ³)	1.876	1.624
W (%)	4.06	0.92
Part. < T. #200 (%)	1.87	0.8
Abrasión (%)	-	22.00
mf	3.2	7.66

4.1.1. 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** “Roca Fuerte”, se obtuvieron del promedio de los datos obtenidos de tres ensayos consecutivos por cada propiedad necesaria, resumidos en la tabla N°26.

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 izquierdo del río Chonta.

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

Tabla N° 27: Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.

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

Tamaño máximo	En el C° no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½" (según RNE).	
Material < pasa tamiz N° 200.	Máx. 1%.	-
Partículas deleznales.	Máx. 5%.	-
Resistencia a la abrasión.	Máx. Pérdida 50%.	-
Peso específico, (gr/cm ³).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad, (%).	-	4 Aprox.
Peso unitario, (kg/m ³):		
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 de la establecidos acercándose al límite superior. (Ver Tabla N°26).

El **peso específico** tanto del agregado fino como del grueso cumplió adecuadamente con los requerimientos establecidos por la norma. (Ver Tabla N°26).

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 experimentó ligeras variaciones con respecto a lo establecido en la NTP 400.037, mientras que el agregado grueso cumplió adecuadamente con los límites establecidos por dicha norma.

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°26)

El porcentaje de **partículas menores que el tamiz N° 200** cumplió con lo especificado en la norma 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 un $f'c$ de 210 kg/cm², utilizando los dos tipos de cemento: Pacasmayo Tipo I e Inka. Primeramente se obtuvo las mezclas de control sin aditivo, posteriormente se obtuvo las mezclas de experimentación con diferentes proporciones de aditivo Chema Plast 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 (GE1, GE2), con las propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Rio Chonta, agua potable de la ciudad universitaria (UNC) y los Cementos Pacasmayo e Inka independientemente. La obtención de las proporciones de estas mezclas con el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados. (Ver anexos B)

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

Tabla N°28: Cantidad de materiales por metro cúbico de concreto

		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CEMENTO INKA	SIN ADITIVO	CEMENTO	394.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	200.60 L
		AGREGADO FINO	932.00 Kg
		AGREGADO GRUESO	768.00 Kg
		AIRE TOTAL	1.50 %
	CON ADITIVO	CEMENTO	354.00
		AGUA EFECTIVA	181.67 L
		AGREGADO FINO	974.00 Kg
		AGREGADO GRUESO	802.00 Kg
		AIRE TOTAL	1.50 %
		CHEMA PLAST	2.50 L
CEMENTO PACASMAYO	SIN ADITIVO	CEMENTO	394.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	200.70 L
		AGREGADO FINO	935.00 Kg
		AGREGADO GRUESO	771.00 Kg
		AIRE TOTAL	1.5 %
	CON ADITIVO	CEMENTO	354.00 Kg
		AGUA EFECTIVA	181.70 L
		AGREGADO FINO	977.00 Kg
		AGREGADO GRUESO	805.00 Kg
		AIRE TOTAL	1.50 %
		CHEMA PLAST	2.50 L

De la tabla se observó ligeras variaciones en las proporciones de los componentes de mezclas de los grupos de control (GC) y experimentales (GE), 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 resultados de peso unitario del concreto para los grupos de control y experimentales.

Tabla 29: Peso unitario del concreto fresco y seco

PESO UNITARIO	CEMENTO PACASMAYO		CEMENTO INKA	
	Con aditivo	Sin aditivo	Con aditivo	Sin aditivo
PUC° Fresco kg/m3	2326.16	2314.29	2320.14	2314.20
PUC° Seco kg/m3	2322.96	2313.40	2315.39	2305.83

El peso unitario del concreto fresco, para las mezclas de los grupos de control (GC) sin aditivo, se apreció una ligera variación y para la mezcla de los grupos de experimentación (GE) con aditivo Chema Plast, también se apreció variaciones. El peso unitario del concreto seco experimentó variaciones similares, siendo mayor el peso unitario del concreto fresco como se visualizó el en cuadro comparativo.

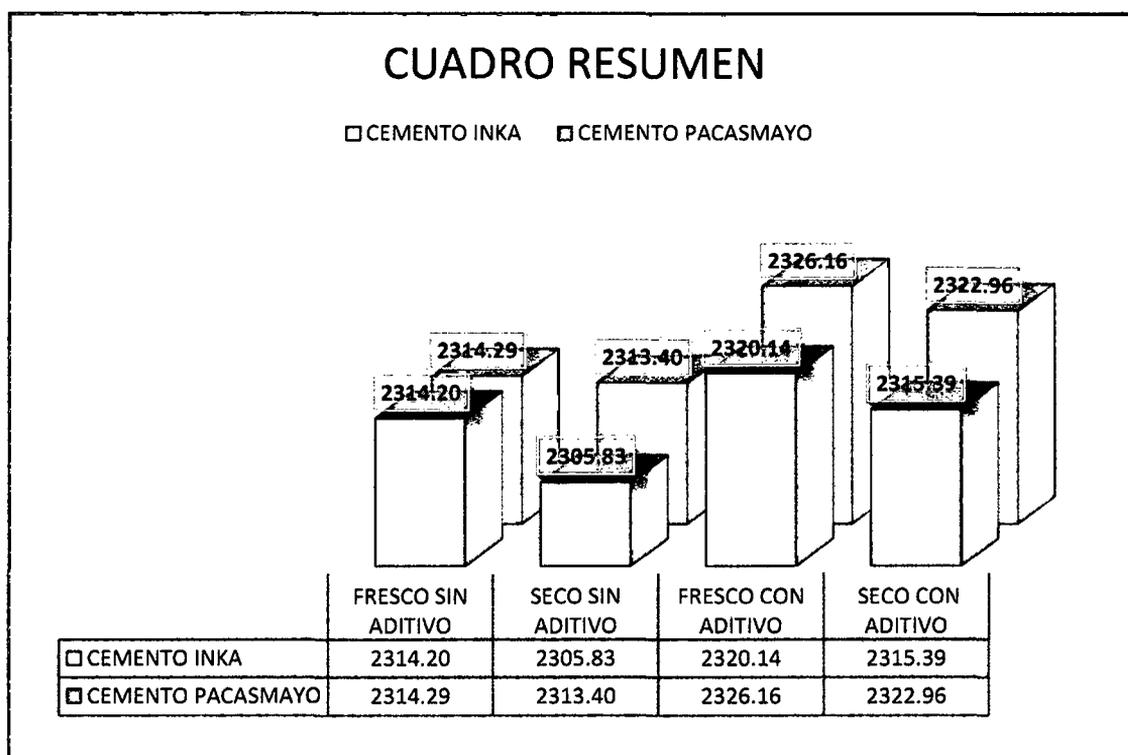


Figura N°08: Cuadro comparativo de peso unitario del concreto fresco y seco.

4.5. ANÁLISIS DE RESISTENCIA 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.

4.5.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN.

4.5.1.1. Análisis y discusión de resultados de ensayos de resistencia a compresión para diferentes proporciones de aditivo y determinación de la proporción óptima.

TablaN°30: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo, proporción óptima obtenida.

ADITIVO	PROBETA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	TIPO FALLA	MODO DE FALLA	
145 ml/bolsa	PCP-CA-01	15.09	30.55	178.87	329.86	326.06	CONO	Frágil
	PCP-CA-02	15.28	30.85	183.48	327.02		CORTE	Frágil
	PCP-CA-03	15.16	30.80	180.51	321.31		COLUMNAR	Dúctil
250 ml/bolsa	PCP-CA-04	15.36	30.65	185.26	356.25	355.91	CONO	Frágil
	PCP-CA-05	15.15	30.75	180.25	360.60		COLUMNAR	Frágil
	PCP-CA-06	15.30	30.80	183.83	350.87		CORTE	Frágil
300 ml/bolsa	PCP-CA-07	15.23	30.90	182.21	384.17	380.82	CORTE	Frágil
	PCP-CA-08	15.30	30.95	183.81	383.54		CONO	Frágil
	PCP-CA-09	15.37	30.65	185.46	374.75		CORTE	Frágil
360 ml/bolsa	PCP-CA-10	15.26	30.90	182.94	333.45	345.79	COLUMNAR	Dúctil
	PCP-CA-11	15.11	30.80	179.32	351.34		CORTE	Frágil
	PCP-CA-12	15.02	31.05	177.27	352.57		CORTE	Frágil

De la tabla anterior se observó que las mezcla de concreto elaborada cemento Pacasmayo tipo I y una proporción de aditivo Chema Plast de 145 ml/bolsa de cemento resistió 326.06 kg/cm², con una proporción de 250 ml/bolsa 355.91 kg/cm², con una proporción de 300 ml/bolsa 380.82 kg/cm² y con una proporción de 360 ml/bolsa 345.79 kg/cm², resultando 300 ml/bolsa de cemento la proporción óptima.

Tabla N°31: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Inka, proporción óptima obtenida.

ADITIVO	PROBETA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	TIPO FALLA	MODO DE FALLA	
145 ml/bolsa	PCI-CA-01	15.22	30.20	182.01	288.45	289.97	CORTE	Frágil
	PCI-CA-02	15.15	30.65	180.34	291.12		CONO	Frágil
	PCI-CA-03	15.10	30.35	179.11	290.33		CORTE	Frágil
250 ml/bolsa	PCI-CA-04	15.24	31.00	182.52	306.82	314.63	CONO	Frágil
	PCI-CA-05	15.13	30.70	179.78	317.06		COLUMNAR	Dúctil
	PCI-CA-06	15.13	30.85	179.68	320.02		CORTE	Frágil
300 ml/bolsa	PCI-CA-07	15.36	30.75	185.26	323.86	326.54	CORTE	Frágil
	PCI-CA-08	15.10	30.65	179.09	326.65		CORTE	Frágil
	PCI-CA-09	15.30	30.90	183.83	329.11		COLUMNAR	Dúctil
360 ml/bolsa	PCI-CA-10	15.26	30.60	182.91	297.96	300.15	CONO	Frágil
	PCI-CA-11	15.26	30.80	182.86	300.78		COLUMNAR	Dúctil
	PCI-CA-12	14.96	30.91	175.66	301.73		CORTE	Frágil

De la tabla anterior se observó que las mezcla de concreto elaborada cemento Inka y una proporción de aditivo Chema Plast de 145 ml/bolsa de cemento resistió 289.97 kg/cm², con una proporción de 250 ml/bolsa 314.63 kg/cm², con una proporción de 300 ml/bolsa 326.54 kg/cm² y con una proporción de 360 ml/bolsa 300.15 kg/cm², resultando 300 ml/bolsa de cemento la proporción óptima.

Tabla N°32: Resistencia a la compresión para diferentes proporciones de aditivo

PROBETA	ADITIVO 145 ml/bolsa		ADITIVO 250 ml/bolsa		ADITIVO 300 ml/bolsa		ADITIVO 360ml/bolsa	
	CP	CI	CP	CI	CP	CI	CP	CI
ESFUERZO PROM.(Kg/cm ²)	326.06	289.97	355.91	314.63	380.82	326.54	345.79	300.15

CP: Cemento Pacasmayo CI: Cemento Inka

Como se observó en el cuadro resumen de resistencia a compresión promedio de especímenes de concreto elaborados con los dos tipos de cemento para diferentes proporciones de aditivo Chema Plast, que para una proporción de 300ml/bolsa de cemento la resistencia fue la más elevada con ambos tipos de cemento, dicha proporción fue la utilizada para la elaboración de las mezclas de experimentación (GE).

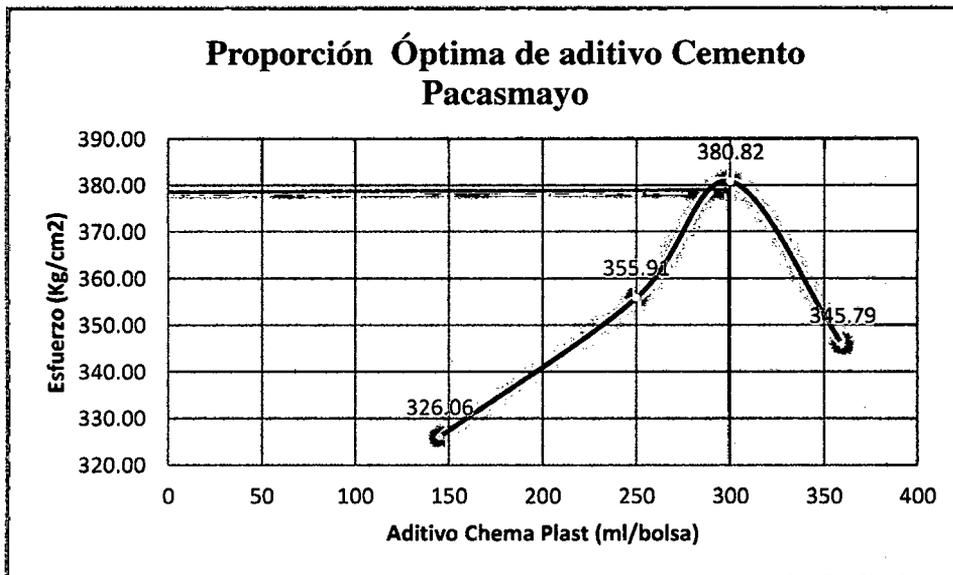


Figura N°09: Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Pacasmayo

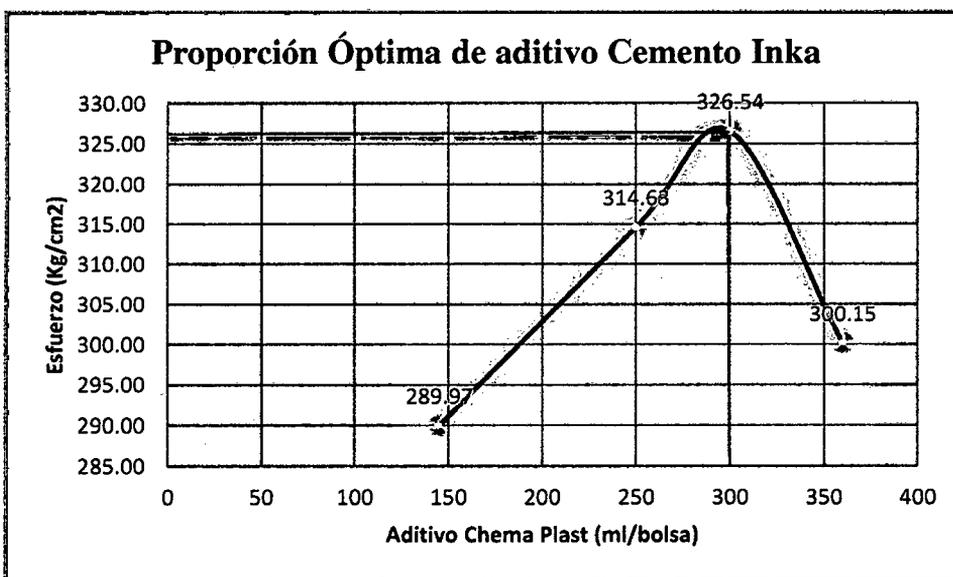


Figura N°10: Proporción óptima de aditivo utilizando cemento Inka.

4.5.1.2. Análisis y discusión de resultados de ensayos de resistencia a compresión para los grupos de control (GC) y experimentales (GE).

TablaN°33: Resultados ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo sin aditivo (GC1).

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Cemento Pacasmayo sin aditivo)								
N°	PROBETA	ALTURA (cm)	ÁREA (cm)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm2)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCP-SA-01	30.45	180.99	13.11	59.00	325.98	5	Frágil
2	PCP-SA-02	30.30	184.32	13.23	73.00	396.06	5	Frágil
3	PCP-SA-03	30.80	182.61	12.95	48.50	265.59	3	Dúctil
4	PCP-SA-04	30.95	181.06	12.84	62.00	342.42	5	Frágil
5	PCP-SA-05	30.95	180.58	12.50	56.00	310.12	5	Frágil
6	PCP-SA-06	31.05	178.60	12.70	58.00	324.74	4	Frágil
7	PCP-SA-07	30.80	179.74	12.85	60.00	333.81	5	Frágil
8	PCP-SA-08	30.90	180.25	12.95	55.00	305.12	3	Dúctil
9	PCP-SA-09	30.80	179.77	12.80	59.00	328.20	5	Frágil
10	PCP-SA-10	30.50	181.60	12.80	57.50	316.63	6	Frágil
11	PCP-SA-11	30.35	180.17	12.98	56.00	310.82	5	Frágil
12	PCP-SA-12	31.05	182.00	13.10	52.50	288.47	5	Frágil
13	PCP-SA-13	30.75	178.73	12.83	57.20	320.04	5	Frágil
14	PCP-SA-14	30.80	177.97	12.80	59.00	331.52	4	Frágil
15	PCP-SA-15	30.75	182.35	12.70	62.50	342.74	3	Dúctil
16	PCP-SA-16	31.05	182.03	12.63	62.50	343.36	3	Dúctil
17	PCP-SA-17	31.00	180.83	12.95	62.00	342.86	5	Frágil
18	PCP-SA-18	31.20	178.85	13.25	55.00	307.51	4	Frágil
19	PCP-SA-19	31.45	181.94	13.15	53.00	291.30	2	Dúctil
20	PCP-SA-20	30.90	176.91	12.75	52.00	293.93	3	Dúctil
21	PCP-SA-21	31.06	179.01	12.85	52.50	293.28	5	Frágil
22	PCP-SA-22	30.55	184.65	13.02	58.00	314.11	5	Frágil
23	PCP-SA-23	30.83	184.38	12.85	54.00	292.87	2	Dúctil
24	PCP-SA-24	30.70	179.82	12.48	56.00	311.42	4	Frágil
25	PCP-SA-25	30.78	181.73	12.59	54.00	297.14	3	Dúctil
26	PCP-SA-26	30.65	179.16	12.45	52.00	290.25	4	Frágil
27	PCP-SA-27	31.20	181.69	12.79	52.50	288.95	5	Frágil
28	PCP-SA-28	30.65	184.86	13.25	53.00	286.70	3	Dúctil
29	PCP-SA-29	31.00	180.81	12.79	56.00	309.72	5	Frágil
30	PCP-SA-30	30.60	180.55	12.66	53.50	296.31	5	Frágil

Tabla N°34: Resultados ensayo de resistencia a compresión cemento Inka sin aditivo (GC2).

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Cemento Inka sin aditivo)								
N°	PROBETA	ALTURA (cm)	ÁREA (cm)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm ²)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCI-SA-01	30.45	181.45	12.64	56.00	308.63	5	Frágil
2	PCI-SA-02	30.55	180.06	12.75	53.00	294.35	5	Frágil
3	PCI-SA-03	31.10	180.89	12.95	52.00	287.47	4	Frágil
4	PCI-SA-04	30.70	180.81	12.95	52.50	290.35	3	Dúctil I
5	PCI-SA-05	30.80	180.17	12.95	55.50	308.04	4	Frágil
6	PCI-SA-06	30.55	181.40	12.92	55.25	304.58	3	Dúctil
7	PCI-SA-07	30.65	181.66	12.93	57.00	313.77	3	Dúctil
8	PCI-SA-08	30.35	178.55	12.68	55.00	308.03	3	Dúctil
9	PCI-SA-09	30.80	179.03	12.96	56.50	315.59	3	Dúctil I
10	PCI-SA-10	30.60	181.46	12.85	57.00	314.12	5	Frágil
11	PCI-SA-11	30.65	184.35	12.75	52.00	282.08	5	Frágil
12	PCI-SA-12	30.50	187.50	12.76	53.00	282.67	5	Frágil
13	PCI-SA-13	30.40	182.89	12.75	55.00	300.73	5	Frágil
14	PCI-SA-14	30.70	178.06	12.47	54.00	303.27	5	Frágil
15	PCI-SA-15	30.45	183.55	12.78	50.00	272.40	5	Frágil
16	PCI-SA-16	30.55	182.52	13.11	53.00	290.38	3	Dúctil
17	PCI-SA-17	30.55	179.78	12.75	52.00	289.24	5	Frágil
18	PCI-SA-18	30.80	180.34	12.95	53.00	293.89	3	Dúctil
19	PCI-SA-19	30.90	172.83	12.47	55.00	318.23	4	Frágil
20	PCI-SA-20	30.45	181.57	12.63	54.50	300.17	3	Dúctil
21	PCI-SA-21	30.95	179.38	12.69	44.50	248.08	5	Frágil
22	PCI-SA-22	31.00	182.06	13.08	59.00	324.07	5	Frágil
23	PCI-SA-23	30.70	180.88	12.75	58.00	320.65	3	Dúctil
24	PCI-SA-24	30.85	182.14	12.88	54.00	296.48	3	Dúctil
25	PCI-SA-25	30.75	183.18	12.87	53.00	289.34	3	Dúctil
26	PCI-SA-26	30.35	181.10	13.12	52.50	289.89	2	Dúctil
27	PCI-SA-27	30.65	179.82	12.84	54.00	300.30	3	Dúctil
28	PCI-SA-28	30.75	178.19	12.59	55.00	308.66	4	Frágil
29	PCI-SA-29	30.95	180.52	12.85	54.00	299.14	5	Frágil
30	PCI-SA-30	30.75	177.82	12.60	48.00	269.93	4	Frágil

Tabla N°35: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con cemento Pacasmayo y aditivo (GE1).

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION (Cemento Pacasmayo con aditivo)								
Nº	PROBETA	ALTURA (cm)	ÁREA (cm²)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm²)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCP-CA-01	30.90	183.43	13.24	75.00	408.87	5	Frágil
2	PCP-CA-02	31.15	181.63	13.16	71.00	390.90	5	Frágil
3	PCP-CA-03	30.50	182.86	13.09	54.00	295.30	4	Frágil
4	PCP-CA-04	30.75	185.84	13.29	72.00	387.43	3	Dúctil
5	PCP-CA-05	30.70	178.98	12.89	56.00	312.89	5	Frágil
6	PCP-CA-06	30.75	185.26	13.35	68.00	367.05	5	Frágil
7	PCP-CA-07	30.90	179.09	12.88	58.00	323.86	5	Frágil
8	PCP-CA-08	30.65	183.83	13.02	76.00	413.43	3	Dúctil
9	PCP-CA-09	30.75	183.18	12.96	72.00	393.07	3	Dúctil
10	PCP-CA-10	30.80	184.30	13.14	84.00	455.77	5	Frágil
11	PCP-CA-11	30.75	177.22	12.78	80.00	451.41	5	Frágil
12	PCP-CA-12	31.10	182.40	13.28	72.00	394.74	5	Frágil
13	PCP-CA-13	30.75	180.49	13.00	72.00	398.92	3	Dúctil
14	PCP-CA-14	30.65	182.21	12.92	74.00	406.12	5	Frágil
15	PCP-CA-15	30.90	183.81	13.17	70.00	380.82	3	Dúctil
16	PCP-CA-16	30.70	185.46	13.04	75.50	407.11	4	Frágil
17	PCP-CA-17	30.90	184.49	13.49	72.00	390.26	5	Frágil
18	PCP-CA-18	30.95	183.28	13.72	72.00	392.83	4	Frágil
19	PCP-CA-19	30.65	185.21	13.22	65.00	350.96	2	Frágil
20	PCP-CA-20	30.80	181.38	12.75	66.00	363.88	3	Dúctil
21	PCP-CA-21	30.10	182.94	13.15	79.00	431.85	5	Frágil
22	PCP-CA-22	30.90	179.32	12.75	65.00	362.49	4	Frágil
23	PCP-CA-23	30.80	177.27	12.90	76.50	431.55	5	Frágil
24	PCP-CA-24	31.05	181.32	13.21	75.00	413.63	5	Frágil
25	PCP-CA-25	30.80	185.57	13.19	74.00	398.77	5	Frágil
26	PCP-CA-26	30.85	181.32	13.14	68.00	375.04	5	Frágil
27	PCP-CA-27	30.70	182.66	13.02	58.00	317.53	4	Frágil
28	PCP-CA-28	30.80	182.71	13.23	75.50	413.21	5	Frágil
29	PCP-CA-29	30.85	183.34	12.92	72.50	395.45	3	Dúctil
30	PCP-CA-30	30.55	178.66	12.90	71.50	400.19	3	Dúctil

TablaN°36: Resultados ensayo de resistencia a compresión cemento Inka con aditivo (GE2).

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Cemento Inka con aditivo)								
N°	PROBETA	ALTURA (cm)	ÁREA (cm)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm²)	TIPO DE FALLA	MODO DE FALLA
1	PCI-CA-01	30.70	179.11	12.82	62.50	348.94	3	Dúctil
2	PCI-CA-02	30.75	185.64	13.23	65.00	350.15	3	Dúctil
3	PCI-CA-03	30.90	186.04	13.22	62.00	333.27	3	Dúctil
4	PCI-CA-04	31.20	184.59	13.36	59.50	322.34	4	Frágil
5	PCI-CA-05	30.95	182.88	13.06	56.00	306.21	2	Dúctil
6	PCI-CA-06	30.95	179.33	13.00	53.00	295.55	2	Frágil
7	PCI-CA-07	30.85	178.56	12.80	56.00	313.62	4	Frágil
8	PCI-CA-08	30.85	184.07	12.95	55.50	301.52	5	Frágil
9	PCI-CA-09	30.90	187.38	13.05	51.00	272.18	5	Frágil
10	PCI-CA-10	30.65	182.91	12.62	54.50	297.96	5	Frágil
11	PCI-CA-11	30.75	182.86	12.98	56.00	306.25	5	Frágil
12	PCI-CA-12	30.70	175.66	12.80	50.00	284.65	5	Frágil
13	PCI-CA-13	30.65	184.45	12.83	52.50	284.63	5	Frágil
14	PCI-CA-14	30.60	177.00	12.85	63.00	355.94	4	Frágil
15	PCI-CA-15	30.80	181.98	12.74	64.00	351.68	4	Frágil
16	PCI-CA-16	30.91	179.29	13.05	62.50	348.59	5	Frágil
17	PCI-CA-17	31.05	182.85	13.03	62.50	341.82	5	Frágil
18	PCI-CA-18	31.25	184.80	13.17	55.00	297.61	4	Frágil
19	PCI-CA-19	31.55	182.52	13.15	52.00	284.90	5	Frágil
20	PCI-CA-20	30.75	182.74	12.76	53.00	290.02	5	Frágil
21	PCI-CA-21	31.01	182.49	12.91	52.00	284.94	5	Frágil
22	PCI-CA-22	30.55	184.62	12.94	58.00	314.16	3	Dúctil
23	PCI-CA-23	30.85	183.75	12.94	52.00	283.00	4	Frágil
24	PCI-CA-24	30.65	184.54	12.83	59.00	319.71	3	Dúctil
25	PCI-CA-25	30.90	181.57	12.80	65.00	357.99	5	Frágil
26	PCI-CA-26	30.65	178.53	12.96	55.00	308.07	6	Frágil
27	PCI-CA-27	31.15	178.87	12.73	54.00	301.90	4	Frágil
28	PCI-CA-28	30.75	183.48	12.77	65.00	354.27	4	Frágil
29	PCI-CA-29	31.10	180.51	12.92	67.00	371.17	4	Frágil
30	PCI-CA-30	30.55	181.81	12.84	62.50	343.76	5	Frágil

Tabla N°37: Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes

RANGOS	ALTURA (cm)	ÁREA (cm)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm ²)
CPSA (GC1)					
VALOR MIN	30.30	176.91	12.45	48.50	265.59
VALOR MAX	31.45	184.86	13.25	73.00	396.06
VALOR PROM	30.83	180.93	12.85	56.71	313.40
VARIACIÓN	1.15	7.95	0.80	24.50	130.47
CISA (GC2)					
VALOR MIN.	30.35	172.83	12.47	44.50	248.08
VALOR MAX	31.10	187.50	13.12	59.00	324.07
VALOR PROM	30.67	180.80	12.81	53.78	297.48
VARIACIÓN	0.75	14.67	0.65	14.50	75.99
CPCA (GE1)					
VALOR MIN	30.10	177.22	12.75	54.00	295.30
VALOR MAX	31.15	185.84	13.72	84.00	455.77
VALOR PROM	30.78	182.32	13.09	70.65	387.51
VARIACIÓN	1.05	8.62	0.97	30.00	160.47
CICA (GE2)					
VALOR MIN	30.55	175.66	12.62	50.00	272.18
VALOR MAX	31.55	187.38	13.36	67.00	371.17
VALOR PROM	30.86	182.16	12.94	57.83	317.56
VARIACIÓN	1.00	11.72	0.74	17.00	98.99

Leyenda

CPSA: Cemento Pacasmayo Sin Aditivo; **CISA:** Cemento Inka Sin Aditivo

CPCA: Cemento Pacasmayo Con Aditivo; **CICA:** Cemento Inka Con Aditivo

Del cuadro anterior se observó: el valor mínimo, el valor máximo, el valor promedio y el rango de variación existente entre el valor mínimo y máximo de los datos de altura, área, peso, caga máxima, esfuerzo de los grupos de control (GC1, GC2) y de los grupos de experimentación (GE1, GE2).

RESISTENCIA CEMENTO PACASMAYO SIN ADITIVO

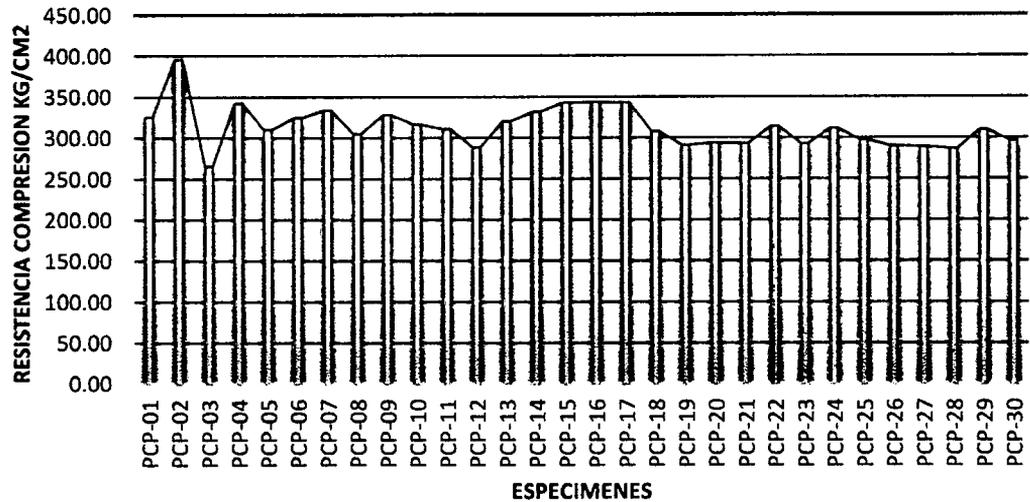


Figura N°11: Resistencia a compresión del cemento Pacasmayo sin aditivo (GC1).

RESISTENCIA CEMENTO INKA SIN ADITIVO

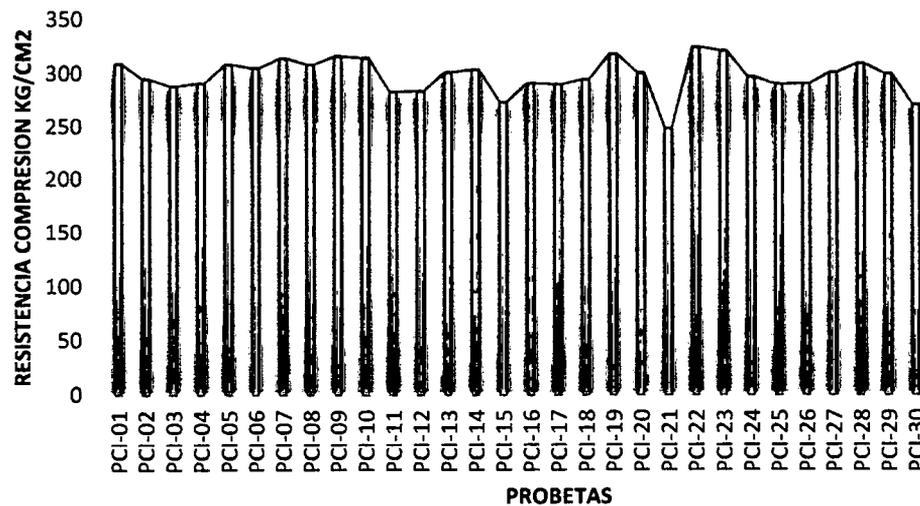


Figura N°12: Resistencia a compresión del cemento Inka sin aditivo (GC2).

RESISTENCIA CEMENTO PACASMAYO CON ADITIVO

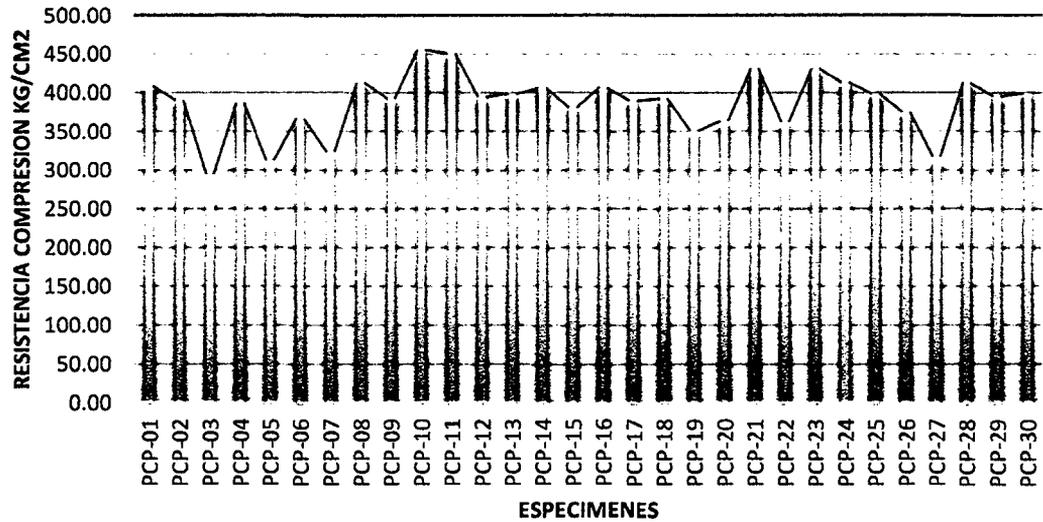


Figura N°13: Resistencia a compresión del cemento Pacasmayo con aditivo (GE1).

RESISTENCIA CEMENTO INKA CON ADITIVO

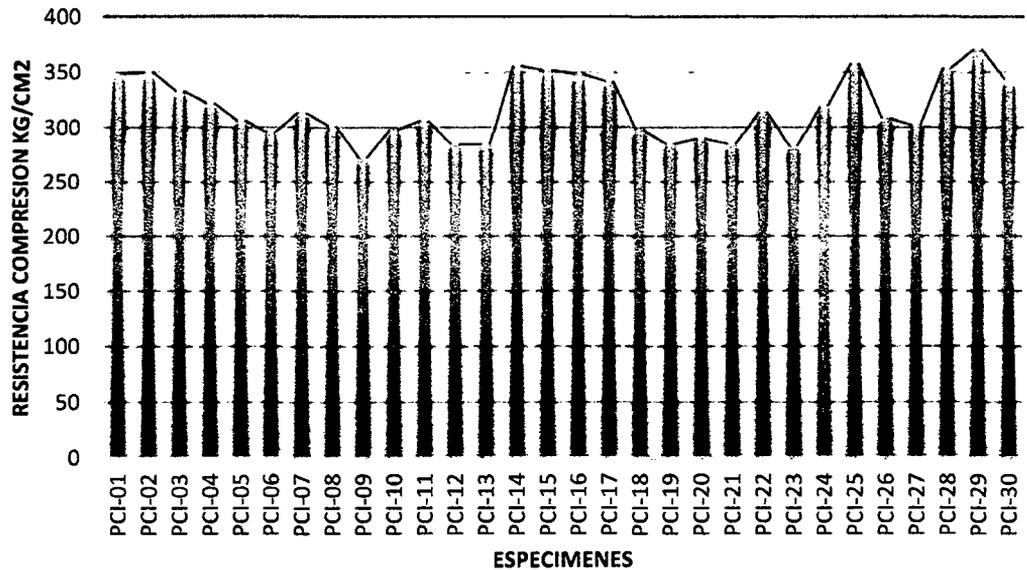


Figura N°14: Resistencia a compresión del cemento Inka con aditivo (GE2).

Tabla N°38: Análisis de la resistencia a la compresión promedio de los grupos de control (GC1, GC2) y experimentales (GE1, GE2).

RESISTENCIA A COMPRESIÓN	CEMENTO PACASMAYO		CEMENTO INKA	
	CON ADITIVO	SIN ADITIVO	CON ADITIVO	SIN ADITIVO
ESF.PROM.(Kg/cm2)	387.51	313.40	317.56	297.48

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 290 kg/cm² a los 28 días.

La resistencia a la compresión promedio del primer grupo de control (GC1) fue de 313.40 kg/cm², del primer grupo experimental (GE1) fue de 387.51kg/cm², del segundo grupo de control (GC2) fue de 297.48 kg/cm² y del segundo grupo experimental (GE2) fue de 317.56 kg/cm².

Se realizó la observación O₁₂, correspondiente al grupo de experimentación (GE1), es decir especímenes elaborados con cemento Pacasmayo y aditivo Chema Plast (387.51kg/cm²), fue el grupo que alcanzó mayor resistencia a la compresión comparado con los demás grupos (GC1, GC2, GE2), lo que evidenció la influencia positiva del aditivo Chema Plast (X).

Se comparó la observación O₁₁, correspondiente al primer grupo de control (GC1) con la observación O₁₂, correspondiente al primer grupo experimental (GE1), siendo la segunda 23.65% mayor que la primera, lo que se evidenció la influencia positiva del aditivo Chema Plast (X).

Se comparó la observación O₂₁, correspondiente al segundo grupo de control (GC2) con la observación O₂₂, correspondiente al segundo grupo experimental (GE2), siendo la segunda 6.75% mayor que la primera, lo que se evidenció la influencia positiva del aditivo Chema Plast (X).

Se comparó la observación O₁₂, correspondiente al primer grupo experimental (GE1) con la observación O₂₂, correspondiente al segundo grupo experimental (GE2), siendo la primera 22.03% mayor que la segunda, lo que se evidenció la influencia mayor del aditivo Chema Plast (X) con el primer grupo experimental (GE1) que con el segundo grupo experimental (GE2).

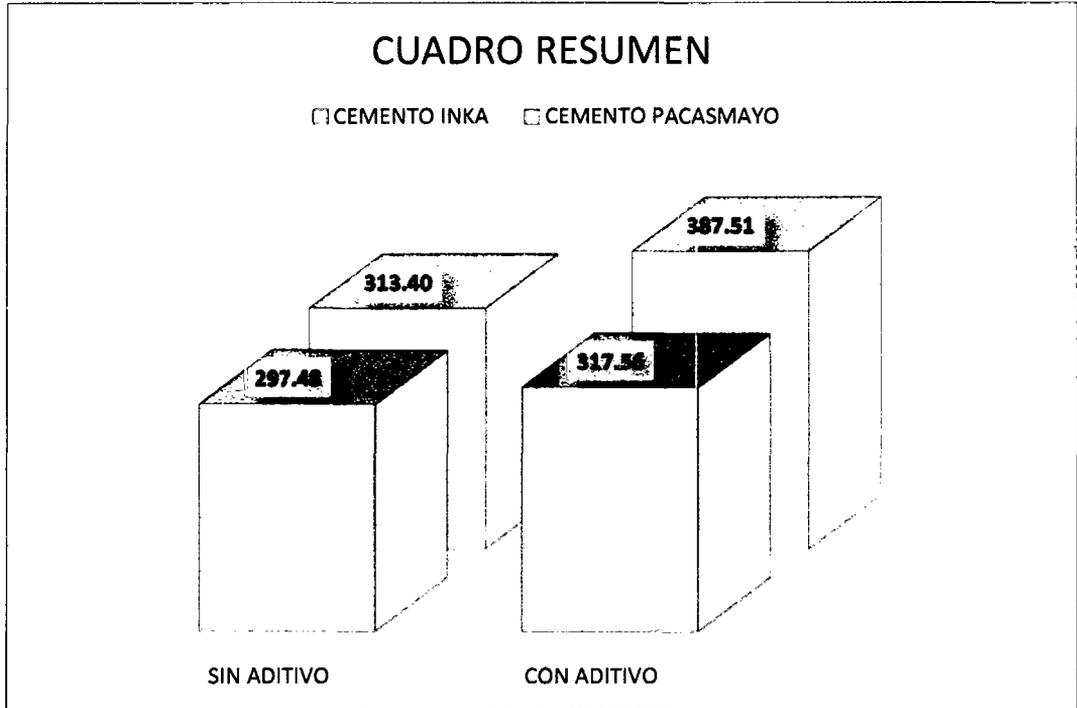


Figura N°15: Cuadro comparativo para los grupos de control y experimentales (GC,GE).

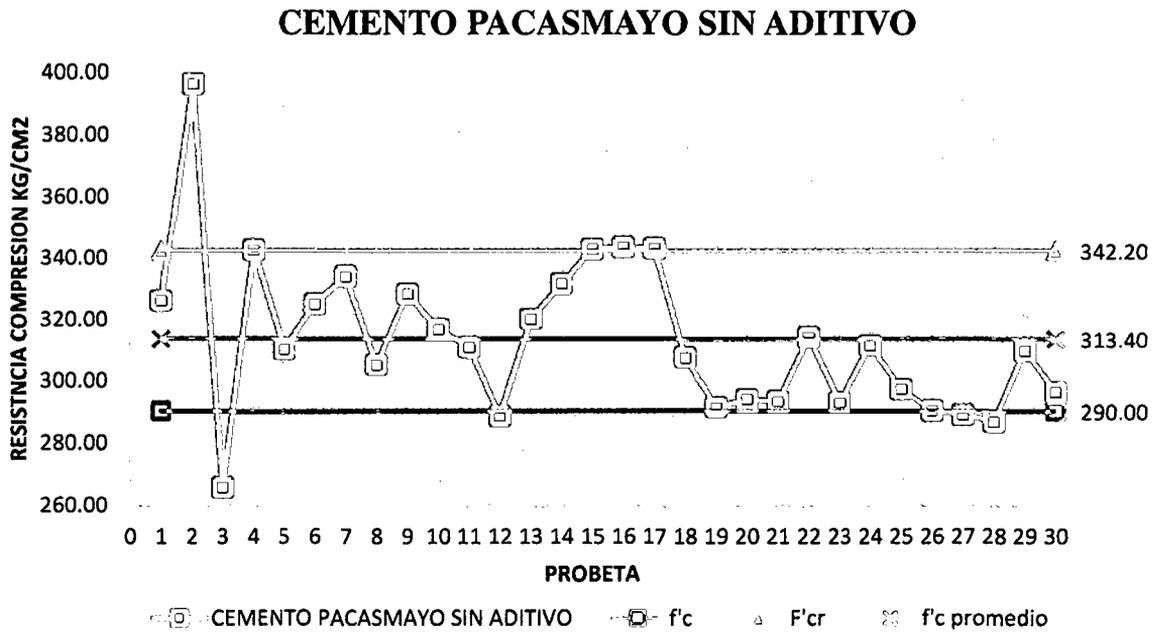


Figura N°16: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GC1).

CEMENTO PACASMAYO CON ADITIVO

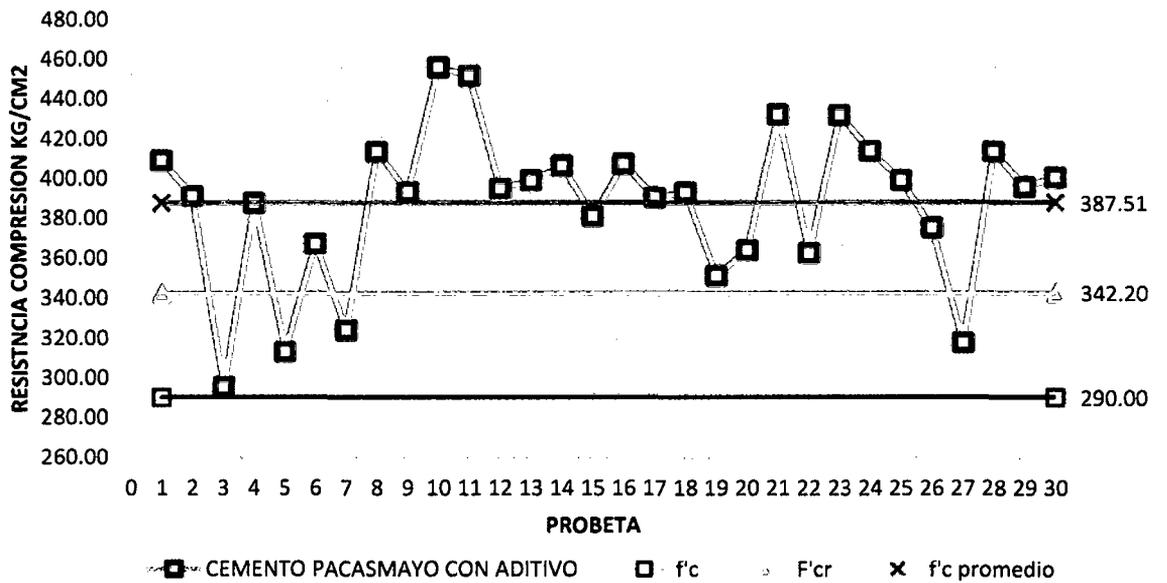


Figura N°17: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GE1).

CEMENTO INKA SIN ADITIVO

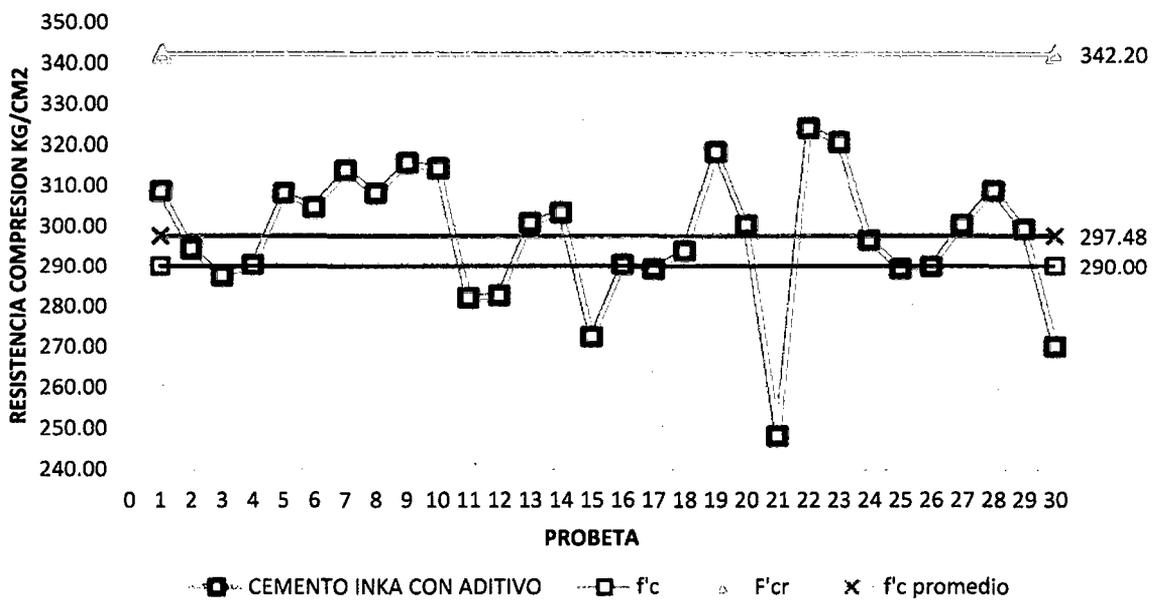


Figura N°18: Número de probetas Vs resistencia a la compresión (GC2).

CEMENTO INKA CON ADITIVO

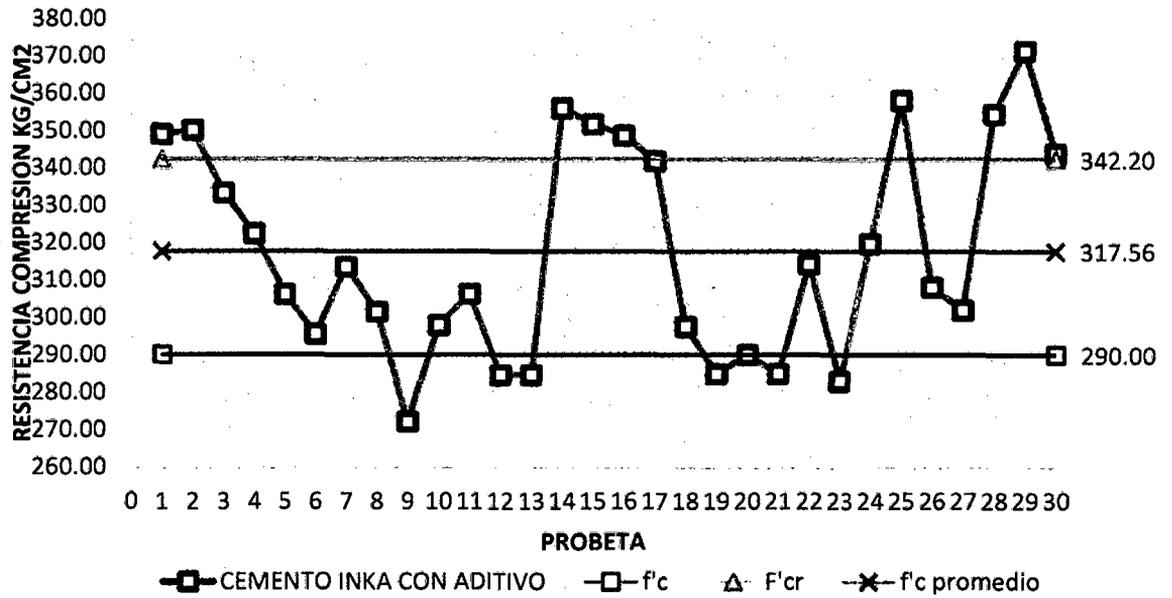


Figura N°19: Numero de probetas Vs resistencia a la compresión (GE2).

Tabla N°39: Análisis estadístico de especímenes a compresión.

DISEÑO	EDAD (días)	N° PROBETAS	ESFUERZO MÁXIMO (kg/cm²)	ESFUERZO MÍNIMO (kg/cm²)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm²)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (kg/cm²)	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
CP-SA	28	30	396.06	265.59	313.40	25.43	8.11%
CP-CA	28	30	455.77	295.30	387.51	38.34	9.89%
CI-SA	28	30	324.07	248.08	297.48	16.43	5.52%
CI-CA	28	30	371.17	272.18	317.56	28.47	8.97%

De la tabla anterior se observó los diferentes valores y sus respectivas variaciones expresadas en términos de desviación estándar y de varianza para cada uno de los grupos de control (GC), como para los grupos experimentales (GE).

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 3, que son fisuras verticales columnadas a través de ambos extremos de la probeta, las fracturas que menos se presentaron fueron las tipo 1,2,4 y 6. (Ver figura N°20).

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

También se observó El modo de falla del concreto con aditivo, fue súbito, lo que demuestra que la influencia del aditivo en el comportamiento mecánico es desfavorable en este aspecto ya que hace que el concreto adquiera un comportamiento frágil, que tendrá que tenerse en cuenta en el diseño estructural de elementos vaciados con este tipo de material.

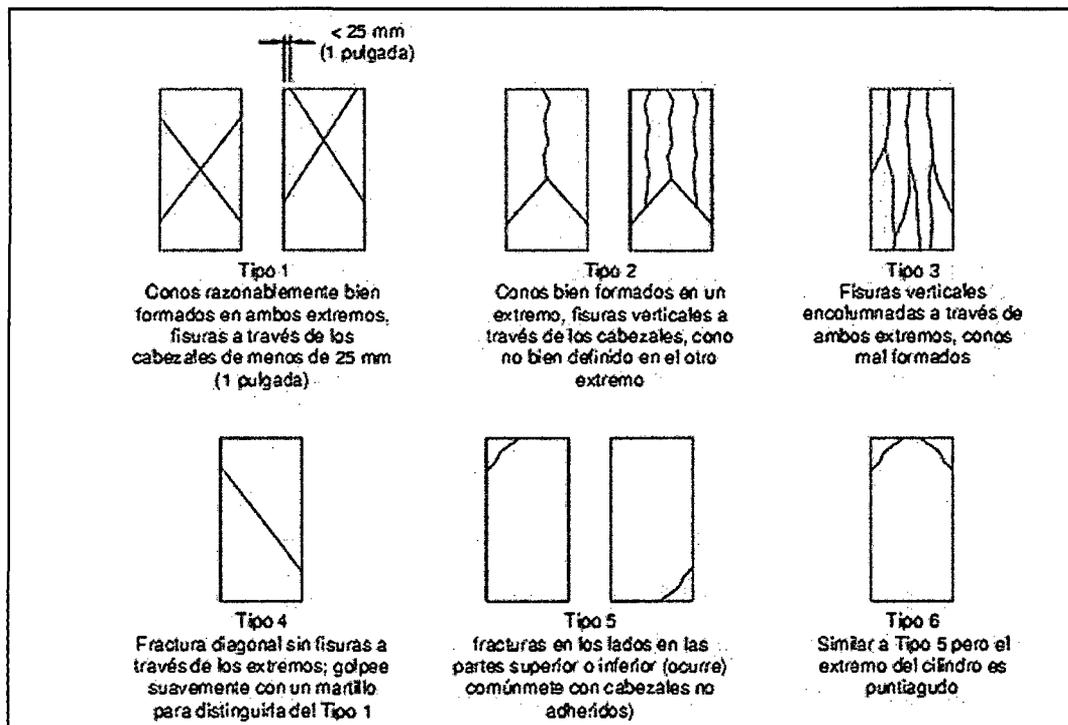


Figura N°20: Tipos de fractura típicos que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.

4.7. ANÁLISIS DE COSTOS DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA

TablaN°40: Análisis de costos de materiales por metro cúbico para cada mezcla.

		DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL	TOTAL
CEMENTO INKA	Sin aditivo	Cemento	kg	394.00	0.51	199.32	S/. 237.26
		Agua	m ³	0.206	2.50	0.52	
		Agregado Fino	m ³	0.380	55.00	20.92	
		Agregado Grueso	m ³	0.300	55.00	16.50	
	Con aditivo	Cemento	kg	354.000	0.51	179.08	S/. 230.17
		Agua	m ³	0.182	2.50	0.45	
		Agregado Fino	m ³	0.398	55.00	21.87	
		Agregado Grueso	m ³	0.313	55.00	17.23	
Chema Plast		lts	2.500	4.615	11.54		
CEMENTO PACASMAYO	Sin aditivo	Cemento	kg	394.000	0.53	208.59	S/. 246.64
		Agua	m ³	0.201	2.50	0.50	
		Agregado Fino	m ³	0.382	55.00	20.99	
		Agregado Grueso	m ³	0.301	55.00	16.56	
	Con aditivo	Cemento	kg	354.000	0.53	187.41	S/. 238.50
		Agua	m ³	0.182	2.50	0.45	
		Agregado Fino	m ³	0.398	55.00	21.87	
		Agregado Grueso	m ³	0.313	55.00	17.23	
		Chema Plast	lts	2.500	4.615	11.54	

De la tabla anterior se observó que el diseño de mezcla con cemento Pacasmayo con aditivo (GE1) S/. 238.50 es el menos costoso que el diseño con cemento Pacasmayo sin aditivo (GC1) S/. 246.64, el diseño con cemento Pacasmayo con aditivo es 3.4% menor en costo en relación al diseño con cemento Pacasmayo sin aditivo de aquí la importancia de la influencia del aditivo Chema Plast expresada tanto en costos como en propiedades del concreto.

En el caso del diseño con cemento Inka también se observó una variación similar con aditivo (GE2) S/. 230.17 y sin aditivo (GC2) S/. 237.26, se observó que el diseño con aditivo es 3.08% menor que el sin aditivo.

4.8 ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad fue calculado gráficamente, después elaborada la curva esfuerzo deformación unitaria y también a través de la fórmula en función de la resistencia a compresión especificada, 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).

4.9. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizando una proporción de aditivo de 300 ml/bolsa de cemento la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con cemento Pacasmayo (GE1) (387.51 kg/cm²) fue 22% mayor que las mezclas de concreto elaboradas con cemento Inka (GE2) (317.56 kg/cm²), hipótesis nula.

La resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con aditivo Chema Plast (GE), fue mayor en 23.65% que la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas sin aditivo (GC) usando cemento Pacasmayo, hipótesis alternativa.

La resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas con aditivo Chema Plast (GE), fue mayor en sólo 6.7% que la resistencia a la compresión de mezclas de concreto elaboradas sin aditivo usando cemento Inka, hipótesis nula.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con aditivo Chema Plast (X) y Cemento Pacasmayo (GE1) fue de 387.51 kg/cm² y con Cemento Inka (GE2) fue de 317.56 kg/cm², mayores en ambos casos que los elaborados sin aditivo con cemento Pacasmayo (GC1), 313.40kg/cm² y con cemento Inka (GC2) 297.48 kg/cm², lo que evidenció la influencia positiva del aditivo Chema Plast.

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados ensayados con cemento Pacasmayo sin aditivo fue de 313.40 kg/cm², que corresponde al promedio de los datos observados (O11) del primer Grupo de Control (GC1).

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con cemento Inka sin aditivo fue de 297.48 kg/cm², que corresponde al promedio de los datos observados (O21) del segundo Grupo de Control (GC2).

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con cemento Pacasmayo con aditivo Chema Plast fue de 387.51 kg/cm², que corresponde al promedio de los datos observados (O12) del primer Grupo Experimental (GE1).

La resistencia a la compresión de especímenes de concreto elaborados con cemento Inka con aditivo Chema Plast fue de 317.56 kg/cm², que corresponde al promedio de los datos observados (O22) del primer Grupo Experimental (GE2).

Los especímenes elaborados con Cemento Pacasmayo Tipo I con aditivo del primer grupo experimental (GE1) resisten 23.65% más a la compresión que el primer grupo de control (GC1) sin aditivo.

Los especímenes elaborados con Cemento Inka con aditivo del segundo grupo experimental (GE2) resisten 6.72 % más a la compresión que el segundo grupo de control (GC2) sin aditivo.

Los especímenes elaborados con Cemento Pacasmayo Tipo I con aditivo del Primer Grupo Experimental (GE1) resisten 22% más que los especímenes elaborados con Cemento Inka con aditivo del Segundo Grupo Experimental (GE2).

5.2. 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 y con cuál de los cementos tienen mayor influencia en la resistencia a la compresión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pasquel, E.C. (2011) *Nuevas tendencias en edificaciones urbanas e industriales; comportamiento de los materiales y sus posibilidades estructurales* UPC Escuela de Postgrado.

Lezama, J. (1996) *Tecnología del Concreto*. UNC, Facultad de Ingeniería. Cajamarca – Perú.

Laura, S. (2006) *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno

Sánchez, D. (2004) *Tecnología del concreto y del mortero* “Santafé de Bogotá D.C.- Colombia”.

Abanto, F. (2002) *Tecnología del Concreto*. Editorial “San Marcos”. Lima – Perú.

Normas Técnicas Peruanas de Agregados para Concreto.

Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE 060)

A.M.Neville y J.J. Brooks (1998). *Tecnología del concreto*. México. Editorial Trillas.

Oliva, C. (2008). *influencia de los superplastificantes en la trabajabilidad y resistencia de hormigones grado H-25 y H-30*. Valdivia - Chile.

Riva, E. (2010). *Concreto Tomo 2 Diseño de Mezclas*. Lima: Editorial ICG.

Gutierrez, L. (2003) *El Concreto y otros Materiales para la Construcción* 2ed. Colombia.

Hernández, C. (2005) *Plastificantes para hormigón*. Chile.

Rivva, E. (2002). *Concretos de alta resistencia*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima.

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.

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.

Aditivos para concreto (2009) recuperado el 03/07/2014 disponible en <http://aditivos-concreto.blogspot.com/>.

<http://www.monografias.com/trabajos58/produccion-cemento/produccion-cemento.shtml> (revisado el 22/04/214).

<http://www.chema.com.pe/productos/aditivos-para-concreto.html> (revisado el 15/04/214)

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21390/capitulo4.pdf> (revisado el 15/04/214)

<http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/prodagre/files/FichaTecnicaAgregadosparaConcretoUNICON.pdf> (revisado el 22/04/214)

ANEXOS

A. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Peso específico y absorción

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

Peso unitario de los agregados

AGREGADO FINO			
ENSAYO	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	21620	21716	21814
Wm (gr)	10342	10438	10536
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Compactado (Kg/m ³)	1859.4	1876.7	1894.3
PU Comp. Prom. (Kg/m ³)	1876.8		
AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	20164	20300	20474
Wm (gr)	8886	9022	9196
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Compactado (Kg/m ³)	1597.6	1622.1	1653.4
PU Comp. Prom. (Kg/m ³)	1624.4		

AGREGADO FINO			
ENSAYO	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	20385	20418	20450
Wm (gr)	9107	9140	9172
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Suelto Seco (Kg/m ³)	1637.4	1643.3	1649.0
PU SS Promedio(Kg/m ³)	1643.2		

AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	1°	2°	3°
Wr (gr)	11278	11278	11278
Wr+m (gr)	19184	19200	19288
Wm (gr)	7906	7922	8010
Factor (f)	179.791	179.791	179.791
PU Suelto Seco (Kg/m ³)	1421.4	1424.3	1440.1
PU SS Promedio (Kg/m ³)	1428.6		
CÁLCULO DEL FACTOR (f):			
Vol. De agua en recipiente (V) =	5534.48	cm ³	
Wa en recipiente a 16.7 °C =	5.562	Kg	
$f = (1000 \text{ Kg/m}^3) / Wa$	179.791	1/m ³	

Contenido de humedad.

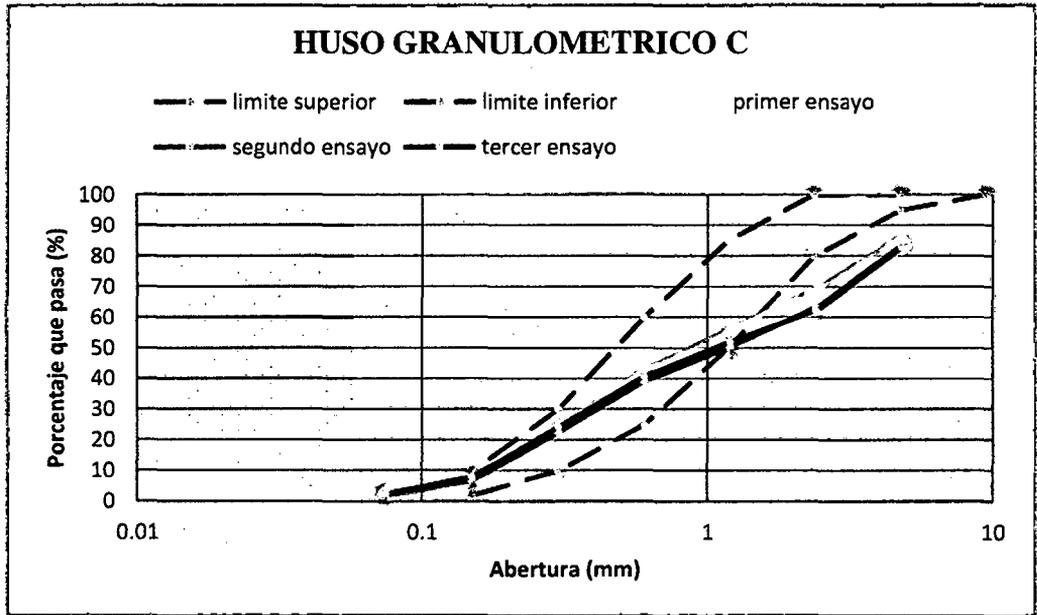
AGREGADO FINO			
CARACTERISTICA	1°	2°	3°
Wt (gr)	20	24	18
Wt+mh (gr)	299.1	300	289.5
Wt+ms (gr)	288.2	289.3	279
Ww (gr)	10.9	10.7	10.5
Wms (gr)	268.2	265.3	261
W(%)	4.06	4.03	4.02
W(%) Promedio	4.04		

AGREGADO GRUESO			
CARACTERISTICA	1°	2°	3°
Wt (gr)	44	40	35
Wt+mh (gr)	535	507	496
Wt+ms (gr)	530	502	493
Ww (gr)	5	5	3
Wms (gr)	486	462	458
W(%)	1.03	1.08	0.66
W(%) Promedio	0.92		

Análisis granulométrico de los agregados.

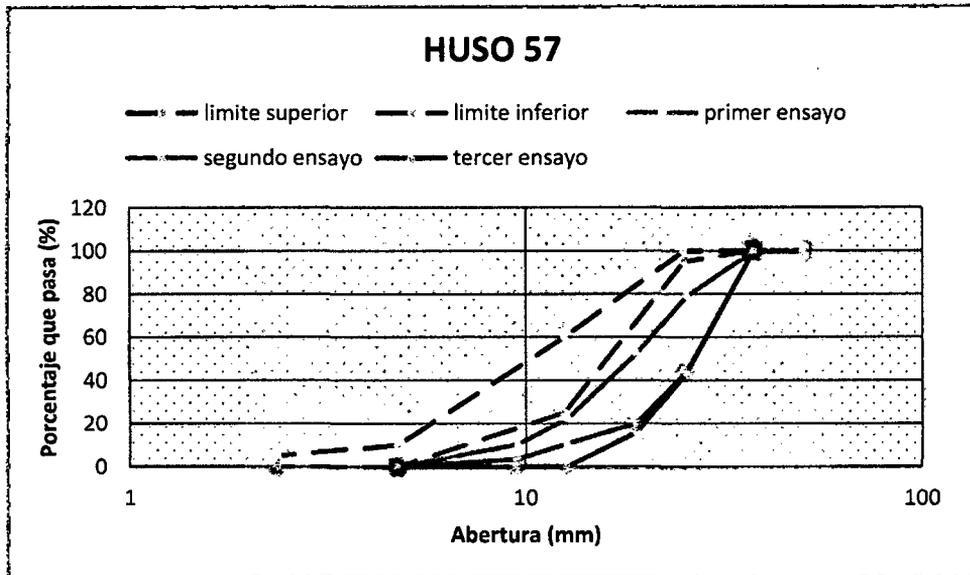
AGREGADO FINO					
Primer ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
MALLA		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	41.00	13.67	13.67	86.33
8	2.400	51.10	17.03	30.70	69.30
16	1.200	39.40	13.13	43.83	56.17
30	0.600	40.30	13.43	57.27	42.73
50	0.300	55.00	18.33	75.60	24.40
100	0.150	52.90	17.63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

AGREGADO FINO					
Segundo ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
MALLA		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	49.10	16.37	16.37	83.63
8	2.400	61.20	20.40	36.77	63.23
16	1.200	38.70	12.90	49.67	50.33
30	0.600	33.80	11.27	60.93	39.07
50	0.300	49.50	16.50	77.43	22.57
100	0.150	47.60	15.87	93.30	6.70
200	0.075	15.10	5.03	98.33	1.67
Cazoleta		5.40	5.00	1.67	00.00
Módulo de finura		3.2			
AGREGADO FINO					
Tercer ensayo			Peso de la muestra (gr)		300.00
MALLA		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
4	4.800	51.40	17.13	17.13	82.87
8	2.400	62.20	20.73	37.87	62.13
16	1.200	30.30	10.10	47.97	52.03
30	0.600	33.80	11.27	59.23	40.77
50	0.300	49.50	16.50	75.73	24.27
100	0.150	49.20	16.40	92.13	7.87
200	0.075	16.60	5.53	97.67	2.33
Cazoleta		7.00	2.33	100.00	0.00
Módulo de finura		3.3			



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

AGREGADO GRUESO					
Segundo ensayo			Peso de la muestra (gr)		5000.00
MALLA		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	2800.00	56.00	56.00	44.00
3/4"	19.00	1190.20	23.80	79.80	20.20
1/2"	12.70	472.90	9.46	89.26	10.74
3/8"	9.51	363.00	7.26	96.52	3.48
4	4.76	171.50	3.43	99.95	0.05
Cazoleta		2.40	0.05	100.00	0.00
Módulo de finura		7.8			
AGREGADO GRUESO					
Tercer ensayo			Peso de la muestra (gr)		4315.00
MALLA		WRP (gr)	% RP	% RA	% QUE PASA
N°	(mm)				
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	2442.9	56.61	56.61	43.39
3/4"	19.00	1178.7	27.32	83.93	16.07
1/2"	12.70	675	15.64	99.57	0.43
3/8"	9.51	12.4	0.29	99.86	0.14
4	4.76	3	0.07	99.93	0.07
Cazoleta		3	0.07	100.00	0.00
Módulo de finura		7.8			



Material más fino que pasa el tamiz N° 200

AGREGADO FINO			
ENSAYO	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	550.20	539.80	1.89
2°	566.40	555.85	1.86
3°	569.40	558.70	1.87
PROMEDIO (%)	1.87		
AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	502.60	498.50	0.81
2°	508.12	504.20	0.77
3°	512.10	507.90	0.82
PROMEDIO (%)	0.80		

Resistencia mecánica a la abrasión agregado grueso (método de los ángeles).

AGREGADO GRUESO			
ENSAYO	Peso de Material antes de lavar (gr)	Peso de Material seco lavado (gr)	% de finos
1°	5000.00	3894.30	22.114
2°	5000.00	3898.12	22.030
3°	5000.00	3902.2	21.956
PROMEDIO (%)		22.03	

B. MEZCLA PARA LOS GRUPOS DE CONTROL SIN ADITIVO

B.1. Mezcla para el primer grupo de control (GC1) con Cemento Pacasmayo.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO						
CEMENTO	PACASMAYO		PESO ESPECIFICO	3.11	gr/cm3	
PROCEDENCIA:			Pc	290	Kg/cm2	
AGREGADO FINO:	Rio chonta		Fcr	342.2	Kg/cm2	Grado de control aceptable
AGREGADO GRUESO:						
			AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMANO MAXIMO NOMINAL				1"		
P. ESPECIFICO DE MASA		2.45	gr/cm3	2.56	gr/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO		1643	Kg/m3	1428	Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3	1624	Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06		0.92		
ABSORCION (%)		5.09		0.71		
MODULO DE RUTURA		3.20		7.66		
ABRASION (%)				22.00		
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87		0.80		
ASNTAMIENTO		3" - 4"				
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO		193	L/m3	0.49		
AIRE ATRAPADO (%)		1.5				
RELACION A/Mc		0.49				
CEMENTO		394.00	Kg/m3	9.27	Bolsas/m3	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS						
CEMENTO	0.1266881	m3		MODULO DE COMBINACION	5.20	Combinacion con DIN1045
AGUA DE MEZCLADO	0.193	m3		% AGREGADO FINO	55.16	
AIRE (%)	0.015	m3		% AGREGADO GRUESO	44.84	
SUMA	0.334688103	m3				
VOLUMEN DE AGREGADOS:		0.665311897				
				APORTE AF	-9.26	
AGREGADO FINO SECO	899.00	Kg/m3		APORTE AG	1.60	
AGREGADO GRUESO SECO	764.00	Kg/m3		TOTAL	-7.66	
MATERIALES DE DISEÑO						
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD						
CEMENTO	394.00	Kg		CEMENTO	394.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	193.00	Lt		AGUA EFECTIVA	200.70	Lt
AGREGADO FINO SECO	899.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	935.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	764.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	771.00	Kg
AIRE ATRAPADO	1.50	%		AIRE ATRAPADO	1.50	%
PROPORCION EN PESO						
PROPORCION EN VOLUMEN						
1	CEMENTO			1	CEMENTO	
2.37	A.FINO			2.08	A.FINO	
1.96	A.GRUESO			2.0	A.GRUESO	
21.6	AGUA (Lt/ Bolsa)			21.6	AGUA (Lt/ Bolsa)	

B.2. Mezcla para el segundo grupo de control (GC2) con Cemento Inka.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO						
CEMENTO	INKA			PESO ESPECIFICO	3.05	gr/cm3
PROCEDENCIA:				Pc	290	Kg/cm2
AGREGADO FINO:	Fio chonta			Pcr	342.2	Kg/cm2
AGREGADO GRUESO:						Grado de control aceptable
				AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO
TAMANO MAXIMO NOMINAL					1"	
P. ESPECIFICO DE MASA		2.45	gr/cm3		2.56	gr/cm3
PESO UNITARIO SUELTO		1643	Kg/m3		1428	Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3		1624	Kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06			0.92	
ABSORCION (%)		5.09			0.71	
MODULO DE FLEXION		3.20			7.66	
ABRASION (%)					22.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87			0.80	
ASENTAMIENTO		3" - 4"				
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO		193	Lt/m3		0.49	
AIRE ATRAPADO (%)		1.5				
RELACION A/Mc		0.49				
CEMENTO		394.00	Kg/m3		9.27	Bolsas/m3
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS						
CEMENTO	0.1291803	m3		MODULO DE COMBINACION	5.20	Combinacion con DIN1045
AGUA DE MEZCLADO	0.193	m3		%AGREGADO FINO	55.16	
AIRE (%)	0.015	m3		%AGREGADO GRUESO	44.84	
SUMA	0.337180328	m3				
VOLUMEN DE AGREGADOS:		0.662819672				
				APORTE AF	-9.23	
AGREGADO FINO SECO	896.00	Kg/m3		APORTE AG	1.60	
AGREGADO GRUESO SECO	761.00	Kg/m3		TOTAL	-7.63	
MATERIALES DE DISEÑO						
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD						
CEMENTO	394.00	Kg		CEMENTO	394.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	193.00	Lt		AGUA EFECTIVA	200.60	Lt
AGREGADO FINO SECO	896.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	932.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	761.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	768.00	Kg
AIRE ATRAPADO	1.50	%		AIRE ATRAPADO	1.50	%
PROPORCION EN PESO						
PROPORCION EN VOLUMEN						
1	CEMENTO			1	CEMENTO	
2.37	A FINO			2.08	A FINO	
1.95	A GRUESO			2.0	A GRUESO	
21.6	AGUA (Lt/ Bolsa)			21.6	AGUA (Lt/ Bolsa)	

C. MEZCLA PARA LOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN CON ADITIVO CHEMA PLAST

C.1. Mezcla para el primer grupo de experimentación (GE1) usando cemento Pacasmayo y aditivo Chema Plast (300ml/bolsa).

CEMENTO		PACASMAYO		PESO ESPECIFICO =	3.11	gr/cm3	
PROCEDENCIA :				F _c =	290	Kg/cm2	
AGREGADO FINO :		RIO CHONTA		F _{cr} =	342.2	Kg/cm2	Grado de control aceptable
AGREGADO GRUESO :		RIO CHONTA					
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS							
		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL					1"		
P. ESPECIFICO DE MASA		2.45	gr/cm3	2.56	gr/cm3		
PESO UNITARIO SUELTO		1643	Kg/m3	1428	Kg/m3		
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3	1624	Kg/m3		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06		0.92			
ABSORCION (%)		5.09		0.71			
MODULO DE FINURA		3.20		7.66			
ABRASION (%)				22.00			
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87		0.80			
ASENTAMIENTO =		3" - 4"					
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =		173.7	Lt/m3				
AIRE TOTAL (%) =		1.5					
RELACION A/Mc =		0.49					
CEMENTO =		354.00	Kg/m3	8.33	Bolsas/m3		
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS							
ADITIVO CHEMA PLAST =	0.002292661	m3					
CEMENTO =	0.113826	m3		MODULO DE COMBINACION	5.20	Combinacion con DIN 10	
AGUA DE MEZCLADO =	0.1737	m3		% AGREGADO FINO	55.16		
AIRE (%) =	0.015	m3		% AGREGADO GRUESO	44.84		
	SUMA	0.304819	m3				
VOLUMEN DE AGREGADOS :	0.695181						
				APORTE AF	-9.67		
AGREGADO FINO SECO	939.00	Kg/m3		APORTE AG	1.68		
AGREGADO GRUESO SECO	798.00	Kg/m3		TOTAL	-8.00		
MATERIALES DE DISEÑO							
				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	354.00	Kg		CEMENTO	354.00	Kg	
AGUA DE DISEÑO	173.70	Lt		AGUA EFECTIVA	181.70	Lt	
AGREGADO FINO SECO	939.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	977.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	798.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	805.00	Kg	
AIRE TOTAL	1.50	%		AIRE TOTAL	1.50	%	
CHEMA PLAST	2.499	Lt		CHEMA PLAST	2.499	Lt	
PROPORCION EN PESO				PROPORCION EN VOLUMEN			
CEMENTO =	1			CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.76			A. FINO =	2.42		
A. GRUESO =	2.27			A. GRUESO =	2.37		
AGUA =	21.8	(Lt / Bolsa)		AGUA =	21.8	(Lt / Bolsa)	
CHEMA PLAST	300	cm3/Bolsa		CHEMA PLAST	300	cm3/Bolsa	

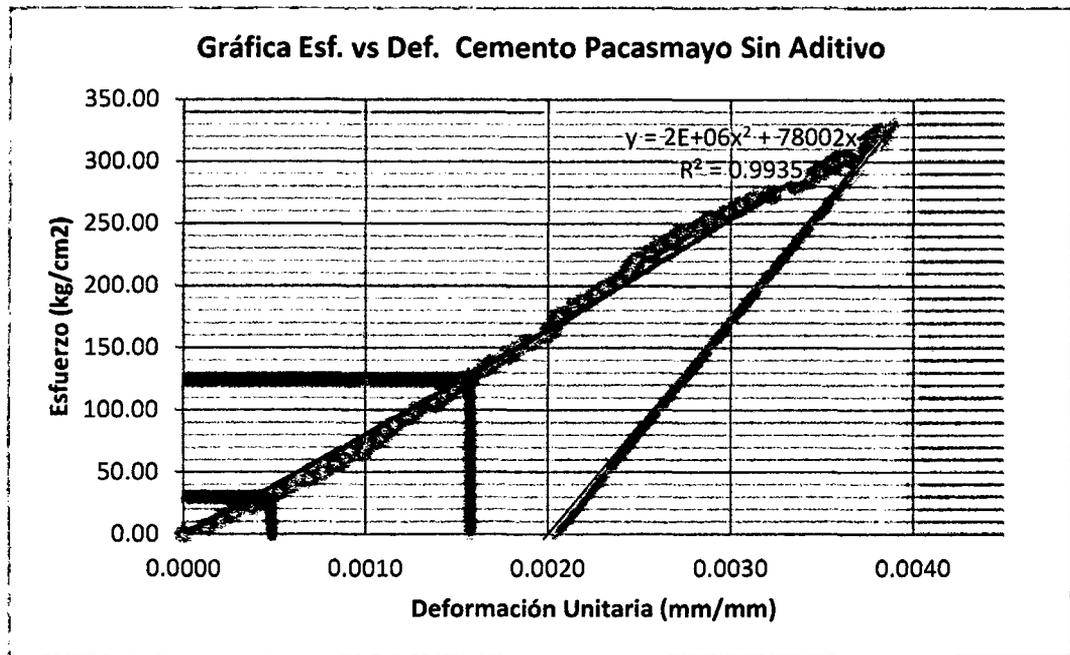
C.2. Mezcla para el segundo grupo de experimentación (GE2) usando cemento Inka y aditivo Chema Plast (300ml/bolsa).

CEMENTO	INKA			PESO ESPECIFICO =	3.05	gr/cm3	
PROCEDENCIA:				Pc =	290	Kg/cm2	
AGREGADO FINO:	Rio chonta			Pcr =	342.2	Kg/cm2	Grado de control aceptable
AGREGADO GRUESO:	Rio chonta						
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS							
				AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMANO MAXIMO NOMINAL					1"		
P. ESPECIFICO DE MASA		2.45	gr/cm3		2.56	gr/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO		1643	Kg/m3		1428	Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3		1624	Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06			0.92		
ABSORCION (%)		5.09			0.71		
MODULO DE FINURA		3.20			7.66		
ABRASION (%)					22.00		
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87			0.80		
ASENTAMIENTO =		3"- 4"					
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =		173.7	Lt/m3		0.49		Reduccion del 10% del agua de mezclado
AIRE TOTAL (%) =		1.5					
RELACION A/Mc =		0.49					
CEMENTO =		354.00	Kg/m3		8.33	Bolsas/m3	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS							
ADITIVO CHEMA PLAST =	0.002292661	m3					
CEMENTO =	0.116086	m3		MODULO DE COMBINACION	5.20		Combinacion con DIN 1045
AGUA DE MEZCLADO =	0.1737	m3		% AGREGADO FINO	55.16		
AIRE (%) =	0.015	m3		% AGREGADO GRUESO	44.84		
SUMA	0.307058	m3					
VOLUMEN DE AGREGADOS:	0.692942						
				APORTE AF	-9.64		
AGREGADO FINO SECO	936.00	Kg/m3		APORTE AG	1.67		
AGREGADO GRUESO SECO	795.00	Kg/m3		TOTAL	-7.97		
MATERIALES DE DISEÑO							
CEMENTO	354.00	Kg		CEMENTO	354.00	Kg	
AGUA DE DISEÑO	173.70	Lt		AGUA EFECTIVA	181.67	Lt	
AGREGADO FINO SECO	936.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	974.00	Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	795.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	802.00	Kg	
AIRE TOTAL	1.50	%		AIRE TOTAL	1.50	%	
CHEMA PLAST	2.499	Lt		CHEMA PLAST	2.499	Lt	
PROPORCION EN PESO							
CEMENTO =	1			CEMENTO =	1		
A. FINO =	2.75			A. FINO =	2.42		
A. GRUESO =	2.27			A. GRUESO =	2.36		
AGUA =	21.8	(Lt / Bolsa)		AGUA =	21.8	(Lt / Bolsa)	
CHEMA PLAST	300	cm3/Bolsa		CHEMA PLAST	300	cm3/Bolsa	

D. CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN

CARGA	DEFORMACIÓN	ESFUERZO	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO CORREGIDO	DEFORMACIÓN CORREGIDA
Tn	mm	kg/cm ²	mm/mm		
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000000
1.00	0.00	5.51	0.000000	5.51	0.000123
2.00	0.00	11.01	0.000000	11.01	0.000197
3.00	0.01	16.52	0.000025	16.52	0.000270
4.00	0.04	22.03	0.000123	22.03	0.000369
5.00	0.11	27.53	0.000369	27.53	0.000418
6.00	0.19	33.04	0.000615	33.04	0.000516
7.00	0.24	38.55	0.000787	38.55	0.000590
8.00	0.28	44.05	0.000910	44.05	0.000689
9.00	0.32	49.56	0.001033	49.56	0.000762
10.00	0.34	55.07	0.001107	55.07	0.000836
11.00	0.36	60.57	0.001180	60.57	0.000885
12.00	0.39	66.08	0.001279	66.08	0.000984
13.00	0.41	71.59	0.001328	71.59	0.001008
14.00	0.44	77.09	0.001426	77.09	0.001082
15.00	0.46	82.60	0.001500	82.60	0.001107
16.00	0.49	88.10	0.001598	88.10	0.001156
17.00	0.51	93.61	0.001672	93.61	0.001230
18.00	0.53	99.12	0.001746	99.12	0.001279
19.00	0.55	104.62	0.001795	104.62	0.001377
20.00	0.58	110.13	0.001893	110.13	0.001426
21.00	0.59	115.64	0.001918	115.64	0.001475
22.00	0.61	121.14	0.001992	121.14	0.001525
23.00	0.62	126.65	0.002016	126.65	0.001574
24.00	0.63	132.16	0.002066	132.16	0.001648
25.00	0.65	137.66	0.002139	137.66	0.001697
26.00	0.67	143.17	0.002189	143.17	0.001770
27.00	0.70	148.68	0.002287	148.68	0.001820
28.00	0.71	154.18	0.002336	154.18	0.001893
29.00	0.73	159.69	0.002385	159.69	0.001992
30.00	0.74	165.20	0.002434	165.20	0.002016
31.00	0.76	170.70	0.002484	170.70	0.002041
32.00	0.78	176.21	0.002557	176.21	0.002066
33.00	0.80	181.72	0.002607	181.72	0.002139
34.00	0.82	187.22	0.002680	187.22	0.002189
35.00	0.83	192.73	0.002730	192.73	0.002262
36.00	0.86	198.24	0.002803	198.24	0.002311
37.00	0.89	203.74	0.002902	203.74	0.002385
38.00	0.89	209.25	0.002926	209.25	0.002434
39.00	0.90	214.76	0.002951	214.76	0.002459
40.00	0.91	220.26	0.002975	220.26	0.002484
41.00	0.93	225.77	0.003049	225.77	0.002557
42.00	0.95	231.28	0.003098	231.28	0.002607
43.00	0.97	236.78	0.003172	236.78	0.002680
44.00	0.98	242.29	0.003221	242.29	0.002730
45.00	1.01	247.80	0.003295	247.80	0.002828
46.00	1.02	253.30	0.003344	253.30	0.002877
47.00	1.03	258.81	0.003369	258.81	0.002975

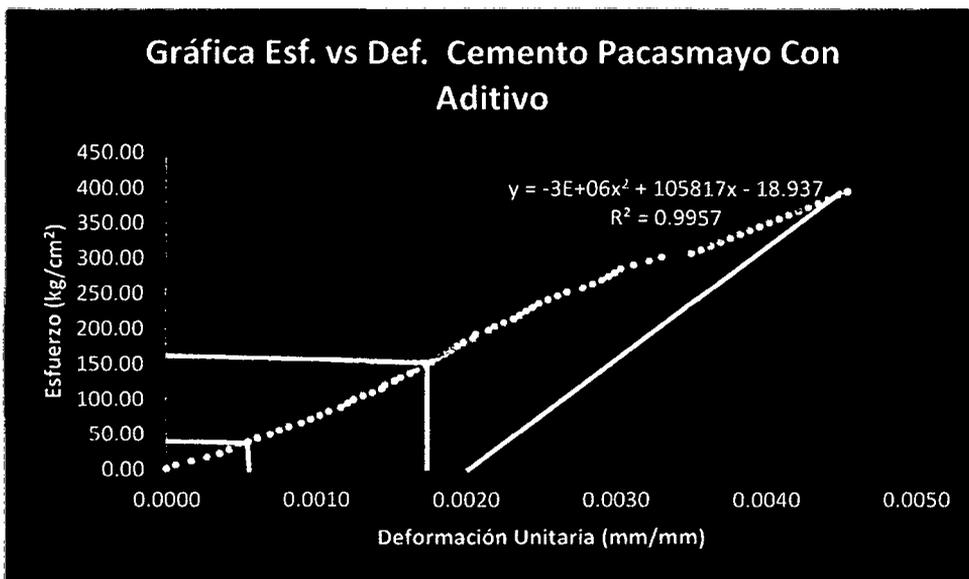
48.00	1.04	264.31	0.003393	264.31	0.003049
49.00	1.06	269.82	0.003467	269.82	0.003123
50.00	1.07	275.33	0.003516	272.57	0.003221
51.00	1.10	280.83	0.003590	280.65	0.003354
52.00	1.11	286.34	0.003639	286.15	0.003420
53.00	1.14	291.85	0.003738	291.65	0.003487
54.00	1.16	297.35	0.003787	297.15	0.003554
55.00	1.19	302.86	0.003885	302.66	0.003621
56.00	1.21	308.37	0.003959	308.16	0.003687
57.00	1.23	313.87	0.004033	313.66	0.003754
57.50	1.26	316.63	0.004131	319.16	0.003821



Gráfica Esf. Vs Def. Cemento Pacasmayo Sin Aditivo			
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I	
FECHA DE ELABORACIÓN		29/07/2014	
FECHA DE ROTURA		26/08/2014	
MÓDULO DE ELASTICIDAD (de la gráfica)			
y0	0	x0	0.00200
y1	319.16	x1	0.003821
$E_1 = 175283.24$			
CON FÓRMULA			
$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$		$E_2 = 267976.16$	
DE LA GRÁFICA			
$\sigma_{10\%}$	31.92	$\epsilon_{u10\%}$	0.00052
$\sigma_{40\%}$	127.66	$\epsilon_{u40\%}$	0.001574
$E_3 = 90552.65$			

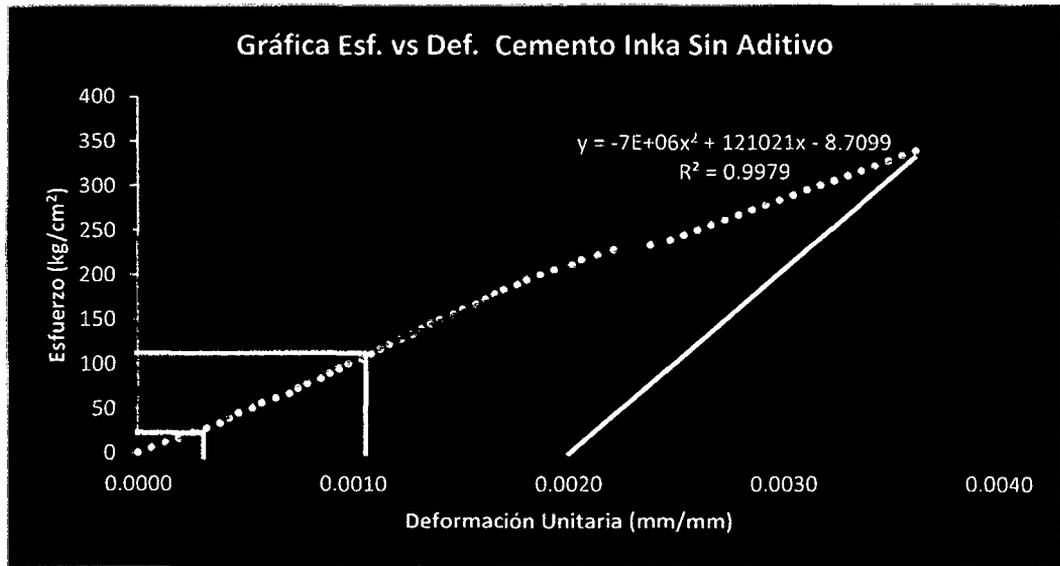
CARGA	DEFORMACIÓN	ESFUERZO	DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO CORREGIDO	DEFORMACIÓN CORREGIDA
Tn	mm	kg/cm ²	mm/mm	kg/cm ²	mm/mm
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000000
1.00	0.00	5.48	0.000000	5.48	0.000063
2.00	0.01	10.97	0.000042	10.97	0.000167
3.00	0.09	16.45	0.000293	16.45	0.000272
4.00	0.14	21.93	0.000439	21.93	0.000355
5.00	0.19	27.41	0.000606	27.41	0.000418
6.00	0.24	32.90	0.000773	32.90	0.000481
7.00	0.28	38.38	0.000899	38.38	0.000543
8.00	0.31	43.86	0.001003	43.86	0.000606
9.00	0.34	49.34	0.001087	49.34	0.000690
10.00	0.36	54.83	0.001150	54.83	0.000752
11.00	0.40	60.31	0.001275	60.31	0.000815
12.00	0.43	65.79	0.001379	65.79	0.000899
13.00	0.46	71.27	0.001463	71.27	0.000961
14.00	0.49	76.76	0.001568	76.76	0.001024
15.00	0.52	82.24	0.001672	82.24	0.001087
16.00	0.55	87.72	0.001777	87.72	0.001170
17.00	0.57	93.20	0.001818	93.20	0.001212
18.00	0.59	98.69	0.001881	98.69	0.001254
19.00	0.62	104.17	0.001986	104.17	0.001317
20.00	0.65	109.65	0.002090	109.65	0.001379
21.00	0.68	115.13	0.002174	115.13	0.001442
22.00	0.70	120.62	0.002236	120.62	0.001463
23.00	0.72	126.10	0.002299	126.10	0.001526
24.00	0.73	131.58	0.002362	131.58	0.001568
25.00	0.75	137.06	0.002424	137.06	0.001630
26.00	0.78	142.55	0.002508	142.55	0.001672
27.00	0.80	148.03	0.002571	148.03	0.001735
28.00	0.82	153.51	0.002633	153.51	0.001777
29.00	0.85	158.99	0.002717	158.99	0.001818
30.00	0.86	164.48	0.002780	164.48	0.001860
31.00	0.88	169.96	0.002842	169.96	0.001902
32.00	0.90	175.44	0.002905	175.44	0.001944
33.00	0.93	180.92	0.002989	180.92	0.001986
34.00	0.94	186.41	0.003031	186.41	0.002048
35.00	0.96	191.89	0.003072	191.89	0.002069
36.00	0.98	197.37	0.003135	197.37	0.002153
37.00	0.99	202.85	0.003198	202.85	0.002195
38.00	1.01	208.34	0.003260	208.34	0.002257
39.00	1.02	213.82	0.003281	213.82	0.002320
40.00	1.04	219.30	0.003344	219.30	0.002362
41.00	1.05	224.78	0.003386	224.78	0.002404
42.00	1.07	230.27	0.003449	230.27	0.002445
43.00	1.09	235.75	0.003490	235.75	0.002487
44.00	1.11	241.23	0.003553	241.23	0.002550
45.00	1.12	246.71	0.003595	246.71	0.002613
46.00	1.13	252.20	0.003637	252.20	0.002675
47.00	1.14	257.68	0.003678	257.68	0.002780
48.00	1.16	263.16	0.003720	263.16	0.002842
49.00	1.17	268.65	0.003762	268.65	0.002905
50.00	1.18	274.13	0.003804	274.13	0.002947
51.00	1.20	279.61	0.003867	279.61	0.002989
52.00	1.21	285.09	0.003887	285.09	0.003031
53.00	1.24	290.58	0.003971	290.58	0.003114
54.00	1.25	296.06	0.004013	296.06	0.003219
55.00	1.27	301.54	0.004076	301.54	0.003302
56.00	1.29	307.02	0.004138	307.02	0.003499

57.00	1.30	312.51	0.004180	312.51	0.003564
58.00	1.31	317.99	0.004222	317.99	0.003629
59.00	1.33	323.47	0.004264	323.47	0.003694
60.00	1.34	328.95	0.004305	328.95	0.003759
61.00	1.36	334.44	0.004368	334.44	0.003824
62.00	1.38	339.92	0.004431	339.92	0.003889
63.00	1.40	345.40	0.004494	345.40	0.003954
64.00	1.43	350.88	0.004598	350.88	0.004019
65.00	1.45	356.37	0.004661	356.37	0.004084
66.00	1.47	361.85	0.004723	361.85	0.004149
67.00	1.48	367.33	0.004765	367.33	0.004214
68.00	1.50	372.81	0.004807	372.81	0.004279
69.00	1.51	378.30	0.004849	378.30	0.004344
70.00	1.53	383.78	0.004932	383.78	0.004409
71.00	1.57	389.26	0.005037	389.26	0.004474
72.00	1.59	394.74	0.005121	394.74	0.004539



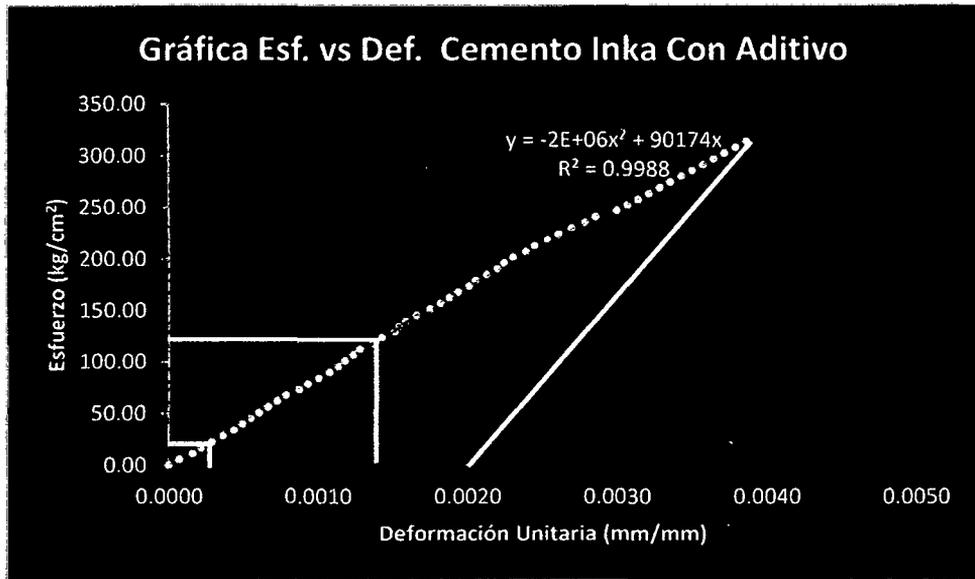
Gráfica Esf. Vs Def. Cemento Pacasmayo Con Aditivo			
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I	
FECHA DE ELABORACIÓN		08/08/2014	
FECHA DE ROTURA		05/09/2014	
MÓDULO DE ELASTICIDAD (de la gráfica)			
y0	0	x0	0.00200
y1	394.74	x1	0.004539
$E_1 = 155502.39$			
CON FÓRMULA			
$E = 15000\sqrt{f'c}$		$E_2 = 298022.44$	
de la gráfica			
σ_{10}	39.47	ϵ_{10}	0.00054
σ_{40}	157.90	ϵ_{40}	0.001818
$E_3 = 92886.77$			

CARGA	DEFORMACIÓN	ESFUERZO	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN CORREGIDA	ESFUERZO CORREGIDO
Tn	mm	kg/cm ²	mm/mm	mm/mm	kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.00
1.00	0.03	5.55	0.000085	0.000064	5.55
2.00	0.16	11.11	0.000511	0.000128	11.11
3.00	0.23	16.66	0.000745	0.000191	16.66
4.00	0.29	22.22	0.000957	0.000255	22.22
5.00	0.36	27.77	0.001170	0.000319	27.77
6.00	0.41	33.32	0.001340	0.000383	33.32
7.00	0.46	38.88	0.001489	0.000426	38.88
8.00	0.49	44.43	0.001596	0.000468	44.43
9.00	0.52	49.98	0.001702	0.000532	49.98
10.00	0.55	55.54	0.001787	0.000574	55.54
11.00	0.58	61.09	0.001894	0.000638	61.09
12.00	0.60	66.65	0.001957	0.000702	66.65
13.00	0.62	72.20	0.002021	0.000745	72.20
14.00	0.64	77.75	0.002085	0.000787	77.75
15.00	0.66	83.31	0.002149	0.000851	83.31
16.00	0.68	88.86	0.002213	0.000894	88.86
17.00	0.70	94.41	0.002277	0.000936	94.41
18.00	0.71	99.97	0.002319	0.000979	99.97
19.00	0.72	105.52	0.002362	0.001043	105.52
20.00	0.74	111.08	0.002426	0.001085	111.08
21.00	0.75	116.63	0.002468	0.001128	116.63
22.00	0.77	122.18	0.002532	0.001170	122.18
23.00	0.79	127.74	0.002596	0.001223	127.74
24.00	0.81	133.29	0.002638	0.001277	133.29
25.00	0.82	138.84	0.002681	0.001319	138.84
26.00	0.84	144.40	0.002745	0.001362	144.40
27.00	0.85	149.95	0.002787	0.001404	149.95
28.00	0.86	155.51	0.002830	0.001468	155.51
29.00	0.88	161.06	0.002872	0.001511	161.06
30.00	0.90	166.61	0.002936	0.001574	166.61
31.00	0.91	172.17	0.002979	0.001617	172.17
32.00	0.92	177.72	0.003021	0.001660	177.72
33.00	0.94	183.27	0.003064	0.001702	183.27
34.00	0.95	188.83	0.003117	0.001766	188.83
35.00	0.97	194.38	0.003170	0.001809	194.38
36.00	0.98	199.94	0.003213	0.001872	199.94
37.00	0.99	205.49	0.003255	0.001936	205.49
38.00	1.01	211.04	0.003298	0.002021	211.04
39.00	1.03	216.60	0.003362	0.002064	216.60
40.00	1.04	222.15	0.003404	0.002138	222.15
41.00	1.06	227.70	0.003468	0.002213	227.70
42.00	1.07	233.26	0.003511	0.002383	233.26
43.00	1.09	238.81	0.003553	0.002473	238.81
44.00	1.10	244.37	0.003596	0.002536	244.37
45.00	1.12	249.92	0.003660	0.002600	249.92
46.00	1.13	255.47	0.003702	0.002663	255.47
47.00	1.15	261.03	0.003766	0.002727	261.03
48.00	1.17	266.58	0.003830	0.002790	266.58
49.00	1.20	272.13	0.003915	0.002854	272.13
50.00	1.21	277.69	0.003957	0.002917	277.69
51.00	1.23	283.24	0.004032	0.002981	283.24
52.00	1.25	288.80	0.004106	0.003045	288.80
53.00	1.31	294.35	0.004277	0.003108	294.35



Gráfica Esf. vs Def. Cemento Inka Sin Aditivo			
CEMENTO		INKA	
FECHA DE ELABORACIÓN		31/07/2014	
FECHA DE ROTURA		28/08/2014	
de la grafica			
y0	0	x0	0.00200
y1	294.35	x1	0.003108
$E_1 = 265640.36$			
Con Fórmula			
$E = 15000\sqrt{f'c}$		$E_2 = 257349.02$	
de la gráfica			
σ_{10}	29.43	ϵ_{10}	0.00032
σ_{40}	117.74	ϵ_{40}	0.001128
$E_3 = 109218.96$			

CARGA	DEFORMACIÓN	ESFUERZO	DEFORMACIÓN UNITARIA	DEFORMACIÓN CORREGIDA	ESFUERZO CORREGIDO
Tn	mm	kg/cm ²	mm/mm	mm/mm	kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.00
1.00	0.00	5.60	0.000000	0.000073	5.60
2.00	0.00	11.20	0.000015	0.000160	11.20
3.00	0.06	16.80	0.000190	0.000219	16.80
4.00	0.13	22.40	0.000408	0.000292	22.40
5.00	0.18	28.00	0.000598	0.000365	28.00
6.00	0.25	33.60	0.000802	0.000438	33.60
7.00	0.29	39.20	0.000934	0.000496	39.20
8.00	0.32	44.80	0.001050	0.000554	44.80
9.00	0.36	50.40	0.001152	0.000613	50.40
10.00	0.39	56.00	0.001254	0.000671	56.00
11.00	0.42	61.60	0.001357	0.000729	61.60
12.00	0.45	67.21	0.001444	0.000788	67.21
13.00	0.47	72.81	0.001517	0.000875	72.81
14.00	0.49	78.41	0.001590	0.000934	78.41
15.00	0.52	84.01	0.001677	0.001006	84.01
16.00	0.54	89.61	0.001736	0.001079	89.61
17.00	0.56	95.21	0.001809	0.001138	95.21
18.00	0.58	100.81	0.001882	0.001182	100.81
19.00	0.60	106.41	0.001955	0.001240	106.41
20.00	0.62	112.01	0.002013	0.001284	112.01
21.00	0.64	117.61	0.002071	0.001371	117.61
22.00	0.66	123.21	0.002130	0.001429	123.21
23.00	0.68	128.81	0.002188	0.001517	128.81
24.00	0.69	134.41	0.002246	0.001546	134.41
25.00	0.71	140.01	0.002305	0.001590	140.01
26.00	0.74	145.61	0.002392	0.001663	145.61
27.00	0.76	151.21	0.002451	0.001750	151.21
28.00	0.78	156.81	0.002524	0.001823	156.81
29.00	0.80	162.41	0.002596	0.001882	162.41
30.00	0.82	168.01	0.002655	0.001940	168.01
31.00	0.83	173.61	0.002699	0.002013	173.61
32.00	0.85	179.21	0.002757	0.002057	179.21
33.00	0.86	184.81	0.002801	0.002130	184.81
34.00	0.89	190.42	0.002888	0.002203	190.42
35.00	0.91	196.02	0.002947	0.002246	196.02
36.00	0.94	201.62	0.003034	0.002305	201.62
37.00	0.95	207.22	0.003063	0.002392	207.22
38.00	0.96	212.82	0.003107	0.002451	212.82
39.00	0.98	218.42	0.003180	0.002538	218.42
40.00	1.01	224.02	0.003267	0.002611	224.02
41.00	1.03	229.62	0.003340	0.002699	229.62
42.00	1.05	235.22	0.003399	0.002786	235.22
43.00	1.07	240.82	0.003457	0.002859	240.82
44.00	1.09	246.42	0.003530	0.002998	246.42
45.00	1.10	252.02	0.003574	0.003070	252.02
46.00	1.13	257.62	0.003647	0.003143	257.62
47.00	1.15	263.22	0.003720	0.003215	263.22
48.00	1.16	268.82	0.003763	0.003287	268.82
49.00	1.18	274.42	0.003822	0.003360	274.42
50.00	1.21	280.02	0.003909	0.003432	280.02
51.00	1.22	285.62	0.003968	0.003504	285.62
52.00	1.25	291.22	0.004055	0.003576	291.22
53.00	1.27	296.82	0.004128	0.003649	296.82
54.00	1.30	302.42	0.004216	0.003721	302.42
55.00	1.33	308.02	0.004303	0.003793	308.02
56.00	1.35	313.62	0.004376	0.003866	313.62



Gráfica Esf. Vs Def. Cemento Inka Con Aditivo			
CEMENTO		INKA	
FECHA DE ELABORACIÓN		06/08/2014	
FECHA DE ROTURA		03/09/2014	
MÓDULO DE ELASTICIDAD (de la gráfica)			
y0	0	x0	0.00200
y1	313.62	x1	0.003866
$E_1 = 168116.35$			
CON FÓRMULA			
$E = 15000\sqrt{f'c}$		$E_2 = 265641.91$	
de la gráfica			
σ_{10}	31.36	ϵ_{10}	0.00044
σ_{40}	125.45	ϵ_{40}	0.001429
$E_3 = 94856.19$			

E. FICHAS TÉCNICAS

E.1. ADITIVO UTILIZADO

	CHEM MASTERS DEL PERU S.A.	
Chemaplast		
Aditivo reductor de agua. Mejora la trabajabilidad del concreto aumentando la resistencia a la penetración de humedad.		
Version 2013		
DESCRIPCIÓN: El CHEMAPLAST si bien es básicamente un plastificante, tiene además otras propiedades. Es un producto adecuado las especificaciones ASTM C-494 tipo A. Es un concentrado de color marrón listo para usarse, fabricado a base de agentes dispersantes de alta eficacia exento de cloruros. No es tóxico ni corrosivo. Hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación con un contenido de hasta 10% menor de agua, generando el aumento correspondiente a la comprensión y durabilidad del concreto. Reduce la permeabilidad del concreto.		
USOS: Como reductor de agua o como plastificante. <ul style="list-style-type: none">o En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.o En concreto caravista.o En concretos pretensados y postensados.o En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.o En concretos para pavimentos y puentes.o En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.o En concretos de reparación en general.o En construcciones frente al mar se recomienda usarlo desde los cimientos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo.o En esculturas de concreto.		
VENTAJAS: El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes propiedades: <ol style="list-style-type: none">1. MEJOR ACABADO: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.2. AUMENTA LA TRABAJABILIDAD y facilidad de colocación del concreto en elementos con alta densidad de armadura sin necesidad de aumentar la relación agua / cemento.3. DISMINUCION DE LA CONTRACCION DEBIDO A LA MEJOR RETENCION DEL AGUA así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.4. AUMENTA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.5. AUMENTA LA HERMETICIDAD AL AGUA impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.6. AUMENTA LA DURABILIDAD hasta un 100% adicional, debido a su alto grado de resistencia, al salitre, sulfatos y cloruros.		
CARACTERÍSTICAS FISICO - QUIMICAS Pe : 4.2 Kg/gl. Color : Marrón oscuro Aspecto : Líquido Solubilidad : Con agua Efectos fisiológicos : En contacto con los ojos lavarse con abundante agua.		
DOSIFICACION: -Para condiciones promedio de temperatura y de diseño utilice de 145 ml. a 360 ml. por bolsa de cemento debiendo realizarse pruebas previas. -Añada CHEMAPLAST al agua de amasado sin combinarlo con otros. - Para morteros impermeables use diseño de 1:3 (1 de cemento + 3 arena fina).		
La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente para determinar si son apropiados para un uso particular. El uso, aplicación y manejo de los productos, queda fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.		
	IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.	
Av. Industrial 765, Lima 1. Teléf. (511) 336-8407 - Fax (511) 336-8408 e-mail: chema@iticsa.com web: www.iticsa.com		

E.2. CEMENTO INCA

**IN
KA**

CEMENTO ULTRA RESISTENTE

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 trabajabilidad, fluidez y 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 álcali-reactivos, 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 extrafina, 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	DE MODERADO CALOR DE HIDRATACIÓN	DE MODERADA RESISTENCIA A LOS SULFATOS	MAYOR TRABAJABILIDAD E IMPERMEABILIDAD
Se obtienen altas resistencias iniciales aumentando aun más con el tiempo, por la mejor distribución granulométrica de partículas.	La incorporación de adiciones activas naturales en su formulación, mejoran la durabilidad de las obras y reducen la emisión de gases.	Ideal para obras masivas de concreto. Evitando fisuras de origen térmico, principalmente en estructuras de gran volumen.	Su bajo contenido de álcalis y de SO_3 lo hacen ideal para su uso en ambientes agresivos.	Su plasticidad y la molienda extrafina generan mejor acabado y disminuyen el ingreso de agentes externos al interior del concreto.

**PRODUCTO PERUANO
CON CALIDAD Y GARANTÍA**

CONFORME A LA NTP 334.090 / ASTM C - 595

INKA

CEMENTO INKA ULTRA RESISTENTE

PROPIEDADES FISICAS	UNIDADES	CEMENTO INKA	REQUISITOS ASTM C 596
---------------------	----------	--------------	-----------------------

Superficie Específica	cm ² /g	> 4.000	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.22	MAX 0.80
Contenido de Aire	%	6.02	MAX 12
Densidad	g/ml	3.05	NO ESPECIFICA

Resistencia a la Compresión:

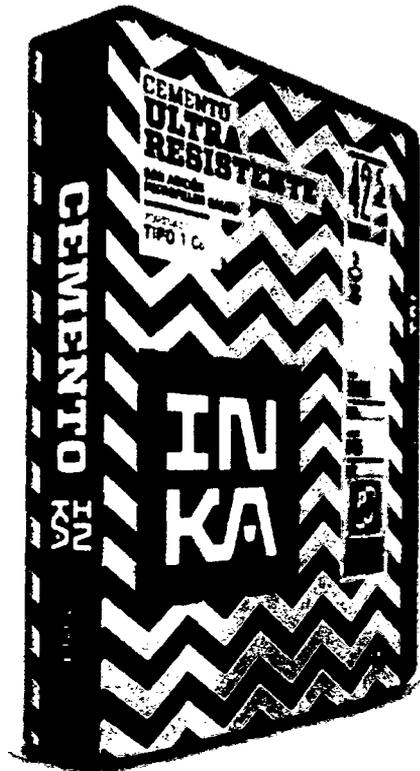
24 horas	kg/cm ²	112	NO ESPECIFICA
3 días	kg/cm ²	212	Mínimo 133
7 días	kg/cm ²	277	Mínimo 204
28 días	kg/cm ²	336	Mínimo 255

Tiempo de Fraguado Vicat:

Fraguado Inicial	min.	110	Mínimo 45
Fraguado Final	min.	334	Máximo 420

Calor de Hidratación:

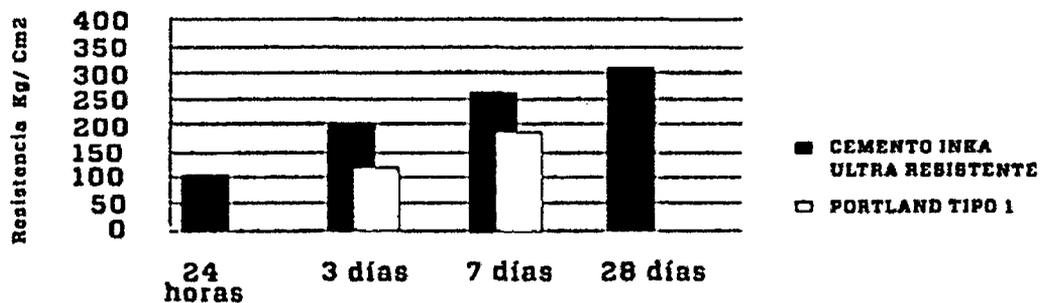
7 días	kcal/kg	66	Máximo 70
28 días	kcal/kg	78	Máximo 80



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

RESISTENCIAS

Cemento Inka ULTRA RESISTENTE® vs. Cemento Portland Tipo 1**



*Resistencias mínimas garantizadas
 ** NTP 334 - 009 ASTM C - 150

PRODUCTO PERUANO
 CON CALIDAD Y GARANTÍA

Para mayor información: Telf: 356-8681 / 356 - 3387 Anexo 20 / NEXTEL (99) 142*0012
 Sub Lote 2C Cajamarquilla Lurigancho - Chosica - Lima - www.cementosinka.com.pe

E.3. CEMENTO PACASMAYO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Montemco 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, 14 de noviembre 2014

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.7	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por ignición	%	1.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.28	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	11	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.12	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3430	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.15	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	25 (255)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	32.0 (316)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm ²)	38.7 (395)	Mínimo 28.0 (Mínimo 285)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	160	Mínimo 45
Fraguado Final	min	315	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-10-2014 al 31-10-2014.

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

(*) Requisito opcional.

Ivanoff R
 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.

F. PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N°01: Elección de la cantera y agregados para la investigación, rio Chonta, Baños del Inca.



Foto N°02: Ubicación de los agregados en el laboratorio de ensayo de materiales UNC.



Foto N°03: Selección del agregado grueso para la determinación del peso específico.



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



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

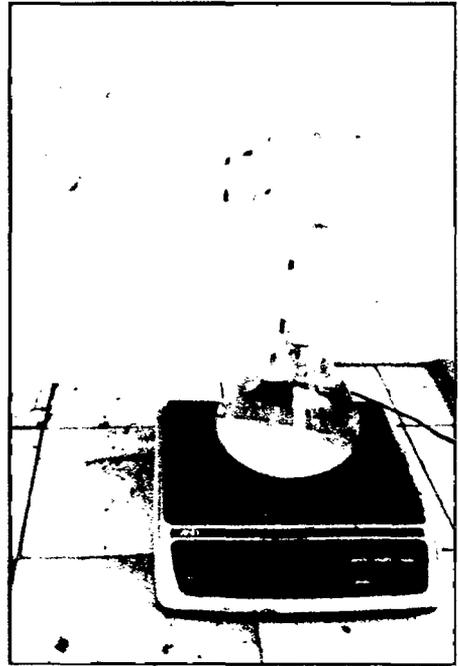


Foto N°06: Materiales utilizados para la determinación del peso específico del agregado fino.

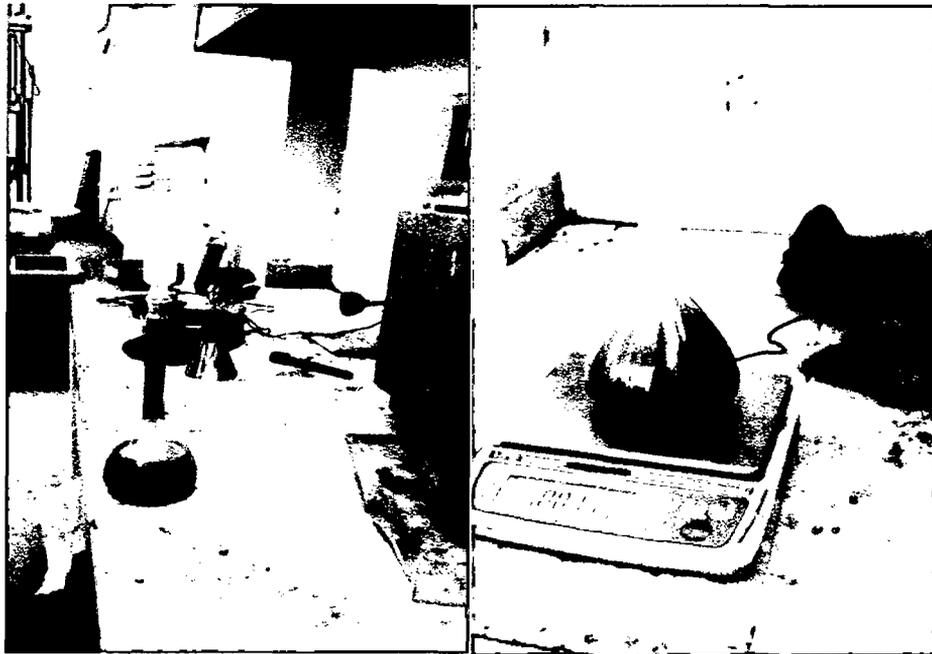


Foto N°07: Ensayo para la determinación del peso específico del agregado fino.



Foto N°08: Análisis granulométrico del agregado grueso.



Foto N°09: Análisis granulométrico del agregado fino.



Foto N°10: Determinación del contenido de humedad de los agregados.



Foto N°11: Determinación del peso unitario de los agregados.



Foto N°12: Cementos utilizados para la elaboración de mezclas de concreto.

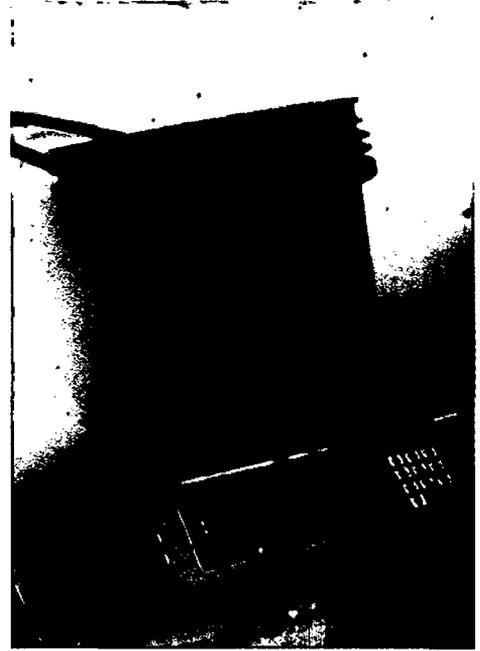


Foto N°13: Determinación del peso del agregado fino para la elaboración de la mezcla de concreto.



Foto N°14: Determinación del peso del agregado grueso para la elaboración de la mezcla de concreto.



Foto N°15: Medición del agua de mezclado para la elaboración de la mezcla de concreto.



Foto N°16: Elaboración de la mezcla de concreto.



Foto N°16: Mezclado completo, retiro de la mezcla del trompo.



Foto N°17: Medición del asentamiento o Slump.



Foto N°18: Colocación de una fina película de aceite a las paredes internas de la probeta para evitar adherencia del concreto a la misma al momento del desencofrado.

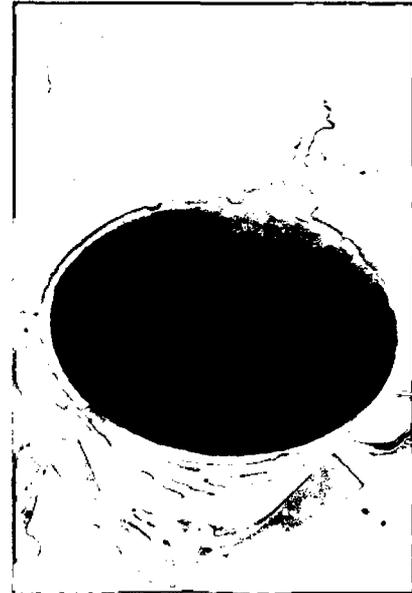


Foto N°19: Probeta lista para llenado.



Foto N°19: Llenado de probetas en tres capas compactado con la varilla con 25 golpes por capa y golpada lateralmente con la comba de goma para asegurar una distribución adecuada de los componentes del concreto.

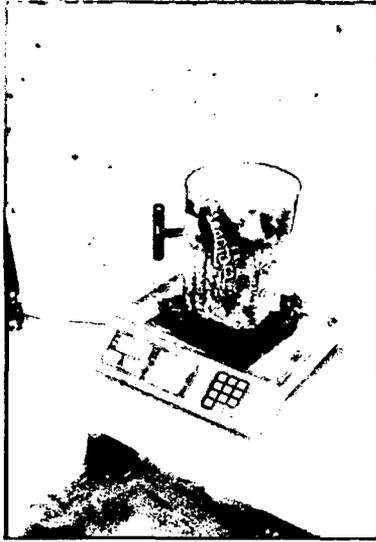


Foto N°20: Pesado de la probeta llena de concreto para la determinación del peso unitario del concreto fresco.



Foto N°21: Encofrado de probetas.



Foto N°22: Desencofrado y etiquetado de probetas.



Foto N°23: Introducción de probetas en el agua para su respectivo curado, poza de curado UNC.

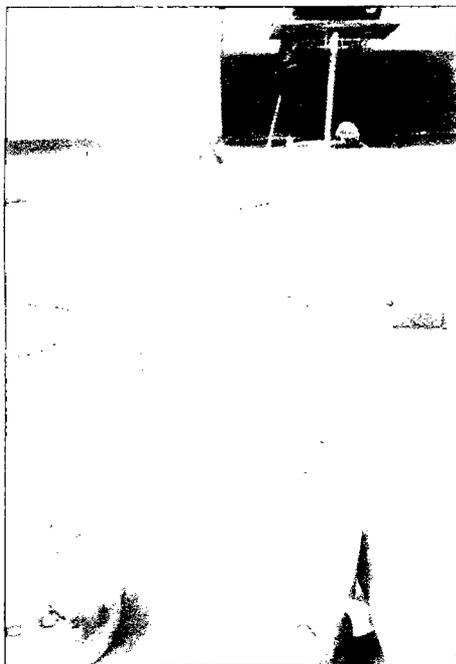


Foto N°24: Medición del diámetro de las probetas para determinar el área de la probeta realizados con vernier.



Foto N°25: Medición de la altura de la probeta.



Foto N°26: Retiro de probetas de la poza de curado para acondicionamiento y posterior ensayo a compresión.

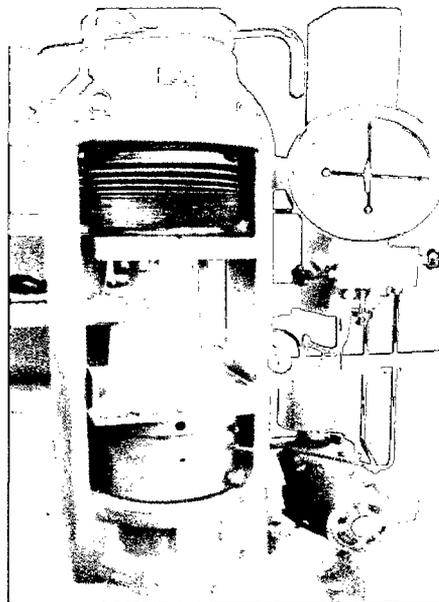


Foto N°27: Rotura de especímenes tipos de fractura verificados(tipo columnar.)



Foto N°28: Se observa una fractura en los lados superior e inferior(tipo 5)

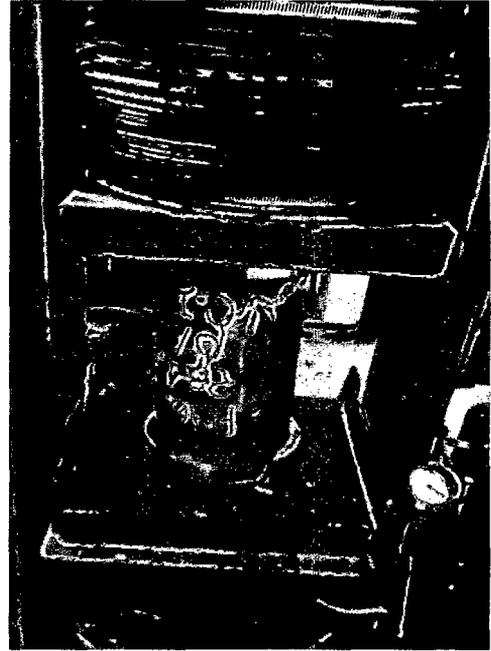


Foto N°29: Se observa una fractura diagonal (tipo 4)



Foto N°30: Se observa una fractura tipo cono.

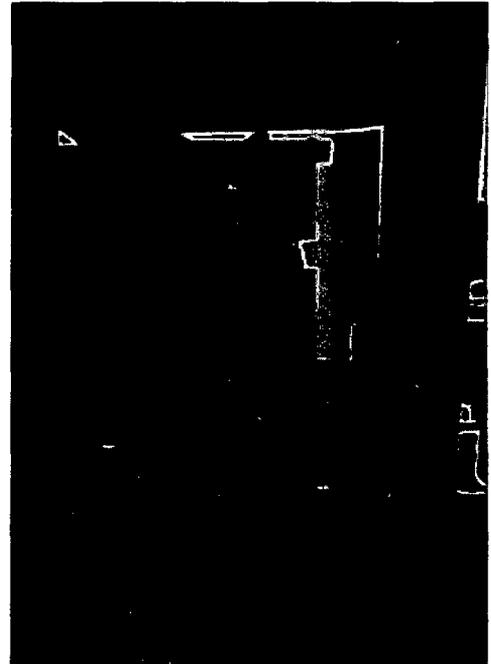


Foto N°31: Se observa el fallamiento de la pasta.



Foto N°32: Maquina de ensayo a compresión.

**G. DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO CHEMA PLAST Y SIKAMENT
290N (0.8% PESO DEL CEMENTO).**

CEMENTO		PACASMAYO		PESO ESPECIFICO =	3.11	gr/cm3		
PROCEDENCIA :				F _c =	210	Kg/cm2		
AGREGADO FINO :		RIO CHONTA		F _{cr} =	250	Kg/cm2		Grado de control aceptable
AGREGADO GRUESO :		RIO CHONTA						
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS								
				AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL						1"		
P. ESPECIFICO DE MASA			2.45	gr/cm3		2.56	gr/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO			1643	Kg/m3		1428	Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO			1876	Kg/m3		1624	Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			4.06			0.92		
ABSORCION (%)			5.09			0.71		
MODULO DE FINURA			3.20			7.66		
ABRASION (%)						22.00		
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200			1.87			0.80		
ASENTAMIENTO =			3" - 4"					
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =			155.2	Lt/m3				Reduccion de agua de mezclado 20%
AIRE TOTAL (%) =			1.5					
RELACION A/Mc =			0.61					
CEMENTO =			254.00	Kg/m3		5.98	Bolsas/m3	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS								
ADITIVO CHEMA PLAST =		0.001865138	m3					
CEMENTO =		0.081672	m3			MODULO DE COMBINACION	5.20	Combinacion con DIN 1045
AGUA DE MEZCLADO =		0.1552	m3			% AGREGADO FINO	55.16	
AIRE (%) =		0.015	m3			% AGREGADO GRUESO	44.84	
	SUMA	0.253737	m3					
VOLUMEN DE AGREGADOS :		0.746263						
						APORTE AF	-10.38	
AGREGADO FINO SECO	1008.00	Kg/m3				APORTE AG	1.80	
AGREGADO GRUESO SECO	857.00	Kg/m3				TOTAL	-8.58	
MATERIALES DE DISEÑO				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD				
CEMENTO	254.00	Kg		CEMENTO	254.00	Kg		
AGUA DE DISEÑO	155.20	Lt		AGUA EFECTIVA	163.78	Lt		
AGREGADO FINO SECO	1008.00	Kg		AGREGADO FINO HUMEDO	1049.00	Kg		
AGREGADO GRUESO SECO	857.00	Kg		AGREGADO GRUESO HUMEDO	865.00	Kg		
AIRE TOTAL	1.50	%		AIRE TOTAL	1.50	%		
CHEMA PLAST	2.033	Lt		CHEMA PLAST	2.033	Lt		
PROPORCION EN PESO				PROPORCION EN VOLUMEN				
CEMENTO =	1			CEMENTO =	1			
A. FINO =	4.13			A. FINO =	3.62			
A. GRUESO =	3.41			A. GRUESO =	3.55			
AGUA =	27.4	(Lt / Bolsa)		AGUA =	27.4	(Lt / Bolsa)		
CHEMA PLAST	340	cm3/Bolsa		CHEMA PLAST	340	cm3/Bolsa		

CEMENTO		PACASMAYO		PESO ESPECIFICO =	3.11	gr/cm3	
PROCEDENCIA :				Fg =	210	Kg/cm2	
AGREGADO FINO :		RIO CHONTA		Fcr =	250	Kg/cm2	Grado de control aceptable
AGREGADO GRUESO :		RIO CHONTA					
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS							
				AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL						1"	
P. ESPECIFICO DE MASA		2.45	gr/cm3		2.56	gr/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO		1643	Kg/m3		1428	Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO		1876	Kg/m3		1624	Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.06			0.92		
ABSORCION (%)		5.09			0.71		
MODULO DE FINURA		3.20			7.66		
ABRASION (%)					22.00		
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200		1.87			0.80		
ASENTAMIENTO =				3" - 4"			
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =		155.2	Lt/m3			Reduccion de agua de mezclado 20%	
AIRE TOTAL (%) =		1.5					
RELACION A/Mc =		0.61					
CEMENTO =		254.00	Kg/m3		5.98	Bolsas/m3	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS							
ADITIVO SIKAMENT 290N =		0.001767826	m3				
CEMENTO =		0.081672	m3		MODULO DE COMBINACION	5.20	Combinacion con DIN 1045
AGUA DE MEZCLADO =		0.1552	m3		% AGREGADO FINO	55.16	
AIRE (%) =		0.015	m3		% AGREGADO GRUESO	44.84	
	SUMA	0.253640	m3				
VOLUMEN DE AGREGADOS :		0.746360					
					APORTE AF	-10.39	
AGREGADO FINO SECO		1009.00	Kg/m3		APORTE AG	1.80	
AGREGADO GRUESO SECO		857.00	Kg/m3		TOTAL	-8.59	
MATERIALES DE DISEÑO				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO		254.00	Kg	CEMENTO		254.00	Kg
AGUA DE DISEÑO		155.20	Lt	AGUA EFECTIVA		163.79	Lt
AGREGADO FINO SECO		1009.00	Kg	AGREGADO FINO HUMEDO		1050.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO		857.00	Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO		865.00	Kg
AIRE TOTAL		1.50	%	AIRE TOTAL		1.50	%
SIKAMENT 290N		2.033	Lt	SIKAMENT 290N		2.033	Lt
PROPORCION EN PESO				PROPORCION EN VOLUMEN			
CEMENTO =		1		CEMENTO =		1	
A. FINO =		4.13		A. FINO =		3.63	
A. GRUESO =		3.41		A. GRUESO =		3.55	
AGUA =		27.4	(Lt / Bolsa)	AGUA =		27.4	(Lt / Bolsa)
SIKAMENT 290N		340	cm3/Bolsa	SIKAMENT 290N		340	cm3/Bolsa

G.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES ELABORADOS.

Los especímenes fueron elaborados para una resistencia a la compresión especificada a los 28 días de 210 Kg/cm², siguiendo el método del módulo de finura de la combinación de agregados, se utilizó las mismas proporciones de aditivo tanto Chema Plast como Sikament 290 N (0.8 % del peso del cemento), los especímenes fueron ensayados a los 7 días de elaborados, obteniéndose los siguientes resultados:

PROBETA	ADITIVO CHEMA PLAST			SIKAMENT 290N		
	P - 01	P - 02	P - 03	P - 01	P - 02	P - 03
DIAM. PROMEDIO (Cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.10
AREA (Cm ²)	176.71	176.71	176.71	176.71	176.71	177.89
CARGA MAXIMA	40000	40000	41000	38500	40000	42500
ESFUERZO (Kg/cm ²)	226.36	226.36	232.02	217.87	226.36	238.91
ESFUERZO PROM.(Kg/cm ²)	228.25			227.71		

Se puede apreciar que a la edad de 7 días los especímenes alcanzaron el 108% de la resistencia especificada, lo que nos da la idea de la gran influencia de los aditivos utilizados, se observó que el aditivo que ofrece una mejor influencia en la resistencia a la compresión de especímenes de concreto aunque fue mínima fue el aditivo Chema Plast (228.25 kg/cm²) que el Sikament 290N (227.71 kg/cm²), la ventaja se incrementa aún más si analizamos el costo de estos aditivos en el mercado de Cajamarca el Chema Plast cuesta S/. 1.50 menos el litro que el Sikament 290N, es decir S/. 3.05 menos por cada metro cúbico de concreto.