

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA DEL ADITIVO CHEMA 3 EN LA RESISTENCIA A
LA COMPRESIÓN, A DIFERENTES EDADES, DEL CONCRETO.
USANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I Y AGREGADOS DE
RÍO; EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: PAUL JOAO INCIO ABANTO

ASESOR: Ing. JOSÉ LÁZARO LEZAMA LEIVA

Cajamarca - Perú

2015

AGRADECIMIENTO

Deseo dar gracias a Dios por protegerme y darme salud día a día, a todos mis familiares (mis abuelos, mi madre, mis tí@s y prim@s) que debido a su gran apoyo he conseguido alcanzar este gran logro en mi vida; que es el ser Ingeniero Civil. Quiero agradecer también de la misma manera a mis amigos y compañeros de estudios que fueron quienes me apoyaron incondicionalmente en la realización de los diferentes ensayos de laboratorio para el desarrollo de mi tesis.

También quiero agradecer a mi asesor de tesis, el Ingeniero José Lázaro Lezama Leiva, quien me ofreció su ayuda y guía para el desarrollo satisfactorio del presente trabajo de investigación y gracias a él por sus conocimientos impartidos en las aulas que me llevaron a realizar mi tesis en el área de Tecnología del Concreto.

Agradecer a la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y a los diferentes docentes que en ella laboran que de alguna manera directa o indirectamente me apoyaron e inculcaron los conocimientos necesarios tanto en mi paso por ésta Casa Superior de Estudios como para el desarrollo del presente trabajo.

A tod@s ell@s ¡Gracias totales!

Paul J. Incio Abanto

DEDICATORIA

Esta tesis deseo dedicarla especialmente a Dios. A mi madre Luz Abanto Mantilla. A mis abuelitos Etelvina Mantilla y Almagro Abanto Roncal. A mis tí@s y prim@s.

Ya que gracias a su cariño, cuidado y apoyo brindado siempre, hicieron posible que culmine satisfactoriamente mi carrera profesional y ahora el presente trabajo de investigación.

Paul J. Incio Abanto

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRAC.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Concreto (Hormigón)	5
2.2.2. Leyes que rigen el comportamiento del concreto.....	5
2.2.2.1. Ley de Abrams	5
2.2.2.2. Ley del cemento	5
2.2.2.3. Ley de temperatura.....	6
2.2.3. Propiedades del concreto.....	6
2.2.3.1. En estado fresco	6
2.2.3.2. En estado endurecido	7
2.2.4. Materiales constitutivos del concreto	9
2.2.4.1. Agregados.....	10
2.2.4.1.1. Agregado fino	11

2.2.4.1.2.	Agregado grueso	11
2.2.4.1.3.	Cantera	12
2.2.4.1.4.	Características físicas de los agregados para concreto	13
2.2.4.2.	Cemento	28
2.2.4.2.1.	Características del cemento Portland	29
2.2.4.2.2.	Fraguado y endurecimiento.....	29
2.2.4.2.3.	Los compuestos principales del cemento.....	29
2.2.4.3.	Agua	30
2.2.4.3.1.	Agua de lavado de agregados	31
2.2.4.3.2.	Agua de amasado o mezclado.....	31
2.2.4.3.3.	Agua de curado	32
2.2.4.4.	Aire.....	33
2.2.4.4.1.	Determinación del contenido de aire	33
2.2.4.5.	Aditivo.....	34
2.2.4.5.1.	Concreto de alta resistencia inicial	35
2.2.4.5.2.	Acelerantes.....	35
2.2.4.5.3.	Descripción del Aditivo CHEMA 3.....	37
2.2.5.	Método de diseño de mezcla, mediante el Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.....	39
2.2.5.1.	Pasos en el diseño de la mezcla.....	39
2.2.5.2.	Ajuste de las proporciones	51
2.2.5.2.1.	Procedimiento	51
2.2.6.	Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto.....	54
2.2.6.1.	Muestreo del concreto fresco (NTP 339.036/ASTM C172)	54
2.2.6.2.	Revenimiento en cono de Abrams (NTP 339.035/ASTM C143)	54
2.2.6.3.	Temperatura del concreto fresco (NTP 339.184/ASTM C1064)	55
2.2.6.4.	Peso o masa volumétrica (Masa unitaria), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto (NTP 339.046/ASTM C138)	56

2.2.6.5.	Elaboración de los especímenes.....	57
2.2.6.6.	Recomendaciones para la elaboración de una mezcla	58
2.2.7.	Curado	59
2.2.7.1.	Curado de especímenes de compresión.....	59
2.2.8.	Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034/ASTM C39).....	60
2.2.8.1.	Tolerancia permisible para tiempo de ensayo	61
2.2.8.2.	Corrección por relación L/D del espécimen.....	62
2.2.8.3.	Tipos de falla (fractura) presentados en los ensayos a compresión	62
2.2.8.4.	Cabeceado de los especímenes cilíndricos de concreto para las pruebas de resistencia a la compresión	63
2.2.8.4.1.	Almohadillas de neopreno (NTP 339.216/ASTM C1231)	63
2.2.8.5.	Requisitos de aceptabilidad de la calidad del concreto	63
2.2.9.	Estudio o análisis estadístico	65
2.2.9.1.	Evaluación del grado de control.....	66
2.2.9.2.	Estudio estadístico del comportamiento mecánico del concreto.....	67
2.2.9.2.1.	Prueba de ajuste a una distribución normal	68
2.2.9.2.2.	Variable aleatoria “Z”	68
2.2.9.2.3.	Estadística descriptiva.....	69
2.2.10.	Economía del concreto.....	70
2.2.10.1.	Factores que influyen en la economía.....	71
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	71
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		77
3.1.	Ubicación geográfica o espacial de la investigación	77
3.2.	Ubicación temporal de la investigación.....	77
3.3.	Recursos, equipos y herramientas utilizados en la investigación	77
3.4.	Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación	79
3.5.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados	83

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO	84
4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON 2% DE ADITIVO CHEMA 3 A LAS EDADES DE 3, 7 Y 28 DÍAS; COMPARÁNDOLO CON EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO SIN ADITIVO	90
4.2.1. Prueba de ajuste a una distribución normal	90
4.2.2. Variable aleatoria “Z”	91
4.2.3. Estadística descriptiva	99
4.2.4. Interpretación de los resultados	100
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla n° 1: Clases de mezclas según su asentamiento.	6
Tabla n° 2: Medida de las muestras.	12
Tabla n° 3: Clasificación de la textura superficial de los agregados - norma BS-812.	14
Tabla n° 4: Series normalizadas de tamices.	15
Tabla n° 5: Granulometría del agregado fino.	16
Tabla n° 6: Requisitos granulométricos ASTM C33 para agregado grueso en % pasante acumulativo en peso para cada malla estándar (abertura cuadrada).	17
Tabla n° 7: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.	18
Tabla n° 8: Tamaño de la muestra.	20
Tabla n° 9: Tamaño de muestra.	22
Tabla n° 10: Compuestos del cemento Portland (compuestos Bogue/componentes potenciales).	30
Tabla n° 11: Composición química del cemento (centesimal)	30
Tabla n° 12: Valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto.	32
Tabla n° 13: Resistencia promedio.	40
Tabla n° 14: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.	41
Tabla n° 15: Volumen unitario de agua.	41
Tabla n° 16: Contenido de aire atrapado.	42
Tabla n° 17: Relación a/c por resistencia.	43
Tabla n° 18: Primera estimación del peso del concreto fresco.	45
Tabla n° 19: Módulo de fineza de la combinación de agregados.	47
Tabla n° 20: Tolerancia permisible.	61
Tabla n° 21: Factor de corrección de la resistencia.	62
Tabla n° 22: Normas para el control de calidad del concreto.	64
Tabla n° 23: Valores Mínimos en Pruebas de Resistencia a Compresión.	64
Tabla n° 24: Coeficiente de variación y grado de uniformidad en el concreto.	66
Tabla n° 25: Valores de V_c para diferentes tipos de controles.	67
Tabla n° 26: Propiedades físicas del agregado fino.	84
Tabla n° 27: Propiedades físicas del agregado grueso.	87
Tabla n° 28: Valores probabilísticos.	90

Tabla n° 29: Valores de “Z” para las resistencias a la compresión de la mezcla A (sin aditivo) a los 3, 7 y 28 días de edad.....	91
Tabla n° 30: Valores de “Z” para las resistencias a la compresión de la mezcla B (con 2% de aditivo) a los 3, 7 y 28 días de edad.....	95
Tabla n° 31: Parámetros estadísticos para las mezclas de concreto, ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días.....	99
Tabla n° 32: Resumen de resultados obtenidos del concreto.....	103
Tabla n° 33: Resistencia a la compresión del concreto a los 3 días de edad – mezcla A. .	143
Tabla n° 34: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de edad – mezcla A. .	144
Tabla n° 35: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad – mezcla A.	145
Tabla n° 36: Resistencia a la compresión del concreto a los 3 días de edad – mezcla B. .	146
Tabla n° 37: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de edad – mezcla B. .	147
Tabla n° 38: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad – mezcla B.	148
Tabla n° 39: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 3 días, mezcla "A".....	149
Tabla n° 40: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 3 días, mezcla "B".....	151
Tabla n° 41: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 7 días, mezcla "A".....	153
Tabla n° 42: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 7 días, mezcla "B".....	155
Tabla n° 43: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 28 días, mezcla "A".....	157
Tabla n° 44: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 28 días, mezcla "B".....	159
Tabla n° 45: Resumen de Módulos de Elasticidad (E), para mezclas A y B; a diferentes edades.	178
Tabla n° 46: Comparación de costos unitarios del concreto Sin y Con 2% de aditivo Chema 3.	179

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura n° 1: Curva Esfuerzo-Deformación para el hormigón.	8
Figura n° 2: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto...9	9
Figura n° 3: Representación esquemática de la formación e hidratación del cemento Pórtland.....	28
Figura n° 4: Variación de contenido de humedad en el agregado.	48
Figura n° 5: Ensayo de asentamiento.	55
Figura n° 6: Curva de resistencia a la compresión en función del tiempo.	61
Figura n° 7: Tipos de falla de los cilindros de concreto.	62
Figura n° 8: Curva de distribución normal.	65
Figura n° 9: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.	77
Figura n° 10: Ubicación geográfica de la planta de chancado “Roca Fuerte” – cantera del río Chonta.....	79
Figura n° 11: Secuencia de actividades para elaborar las mezclas de concreto.	81
Figura n° 12: Secuencia del proceso de investigación del trabajo de graduación.	82
Figura n° 13: Codificación para los cilindros de concreto.	83

RESUMEN

La problemática surge a causa de la necesidad de obtener un concreto que pueda ser empleado tanto en reparaciones y construcciones de diferentes obras civiles donde se requiera su pronta puesta en servicio. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la influencia del aditivo Chema 3; en la resistencia a la compresión a las edades de 3, 7 y 28 días del concreto con un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, usando cemento Portland Tipo I Pacasmayo y agregados de la cantera del río Chonta; en la ciudad de Cajamarca. Para cumplir con dicho objetivo se determinó las características físico – mecánicas de los agregados y se analizó el agua a ser empleada en la mezcla, se realizó el diseño de mezcla por el método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados; luego se determinó la dosificación óptima de los componentes incluido el porcentaje de aditivo. Finalmente se elaboró 120 especímenes cilíndricos de concreto; 60 especímenes con una dosis óptima de aditivo de 850 ml/bolsa de cemento y 60 especímenes sin aditivo que se los ensayó a compresión a las edades especificadas, 40 especímenes por edad (20 sin aditivo y 20 con aditivo). Las mezclas con aditivo CHEMA 3 presentan una resistencia a la compresión mayor a las edades de 3 y 7 días, respecto a las mezclas sin aditivo (mezclas patrón), en un porcentaje de 29.37% y 28.58% respectivamente; mientras que a los 28 días de edad ambas mezclas presentan resistencias similares por encima del $f'c$ de diseño, lo que indica que el uso del aditivo acelerador no disminuye la resistencia final del concreto en comparación a un concreto sin aditivo. Además se concluyó que el concreto con aditivo a los 7 días obtiene un $f'c=237.23 \text{ kg/cm}^2$ (12.97% más que el $f'c$ de diseño) lo que indica que dicha estructura puede ponerse en servicio a ésta edad.

Palabras Clave: Espécimen, concreto, aditivo, compresión, edad, trabajabilidad, temperatura, resistencia, economía.

ABSTRAC

The problematics arises immediately after being able to obtain the concrete one that could be used so much in repairs and constructions of different civil works where your rapid putting is needed in service. The main objective of this research is to evaluate the influence of the additive Chema 3; in the resistance to compression at the ages of 3, 7 and 28 days of concrete with a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, using cement Portland Type I Pacasmayo and aggregates from the quarry of the Chonta river; in the city of Cajamarca. To meet this objective was determined the characteristics physical - mechanical of aggregates and water was analyzed to be used in the mix, the mix design was made by the method of the Module of Fineness of the Combination of Aggregates; then it was determined the optimal dosage of components included the percentage of additive. Was finally prepared 120 cylindrical specimens of concrete; 60 specimens with an optimal dose of additive of 850 ml/bag of cement and 60 specimens without additive that was tested compression at specified ages, 40 specimens by age (20 without additive and 20 with additive). CHEMA 3 additive mixtures have a compressive strength greater than the ages of 3 and 7 days, regarding mixtures without additive (mixed pattern), a percentage of 29.37% and 28.58% respectively; while at 28 days of age both mixtures have similar resistance above the $f'c$ of design, which indicates that the use of the accelerator additive does not diminish the final concrete strength in comparison to a concrete without additive. Also concluded that concrete with additive at 7 days get a $f'c = 237.23 \text{ kg/cm}^2$ (12.97% more than the $f'c$ of design) which indicates that this structure can be put into service at this age.

Key Words: Specimen, concrete, additive (admixture), compressive, age, workability, temperature, strength, economy.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las construcciones civiles desde el siglo pasado y mucho más en el presente siglo XXI, utilizan al concreto u hormigón como componente indispensable y lo encontramos como parte de la estructura ya sea en la cimentación, en columnas y vigas, en losas, prefabricados, etc., y muchas veces unido con el acero que le ayuda a superar su débil resistencia a la tracción. Para su elaboración es indispensable saber seleccionar adecuadamente sus componentes (cemento, agregados, agua, aire, aditivos, adiciones) ya que cada uno de ellos juega un rol importante y ninguno se debe considerar inerte.

A lo largo de la historia se han utilizado sustancias naturales o artificiales (químicas) llamadas aditivos que son incorporadas al concreto en pequeños porcentajes con la finalidad de modificar algunas de sus propiedades tanto en su estado fresco como endurecido, encontrando por ejemplo reductores de agua, retardadores y aceleradores de fraguado y resistencia, incorporadores de aire, etc.

Hoy en día es muy importante el tiempo, y se escucha muchas veces: “*El tiempo es dinero*”, y esto no es ajeno al mundo de la construcción y de la Tecnología del Concreto en particular; por tal motivo se busca minimizar los tiempos en construcción de estructuras de concreto ya sean prefabricadas o construidas in situ, empleando aditivos químicos que permitan su rápido desencofrado y puesta en servicio.

Por lo expuesto anteriormente se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es la influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca? Y se planteó la hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_a) respectivamente, necesarias para el análisis comparativo final entre las mezclas con 2% de aditivo Chema 3 y las mezclas sin aditivo para las 3 edades de ensayo; las cuales se redactaron como se muestran a continuación:

H₀: “El aditivo Chema 3 en una proporción óptima, con cemento Portland Tipo I y agregados de río, en la ciudad de Cajamarca; no mejora la resistencia a la compresión del concreto”. Luego: $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$, donde: μ_1 : media de la muestra 1 (mezcla con 2% de aditivo Chema 3) y μ_2 : media de la muestra 2 (mezcla sin aditivo).

H_a: “El aditivo Chema 3 en una proporción óptima, con cemento Portland Tipo I y agregados de río, en la ciudad de Cajamarca; mejora la resistencia a la compresión del

concreto”. Luego: $H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$, donde: μ_1 : media de la muestra 1 (mezcla con 2% de aditivo Chema 3) y μ_2 : media de la muestra 2 (mezcla sin aditivo).

La presente investigación se justifica socialmente ya que permitió a través de los resultados obtenidos aportar en la construcción y/o reparación de diferentes estructuras las cuales requieran una rápida puesta en servicio. Económicamente permitió conocer las bondades que trae la utilización del aditivo Chema 3 en el concreto, ya que se trata de un aditivo presente en nuestra ciudad y de fácil acceso y uso, permitiendo disminuir tiempo y dinero. Técnicamente permitió conocer el comportamiento del aditivo (ventajas y desventajas) para la ciudad de Cajamarca, determinado su elección y correcta utilización.

En este sentido, se observa la necesidad de conocer la influencia que tiene el aditivo Chema 3 (acelerante de fragua o anticongelante, sin cloruros) sobre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, principalmente trabajabilidad y resistencia a la compresión. Por lo cual se estableció la adecuada dosificación de dicho aditivo para un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, dentro de la cual no se vean afectadas negativamente las propiedades anteriormente mencionadas; así como la evolución de la resistencia a la compresión a las edades de 3, 7 y 28 días del concreto elaborado con dicho aditivo y sus ventajas económicas en comparación a un concreto normal o patrón (sin aditivo). Los ensayos respectivos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, de acuerdo a las normas NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM (American Society for Testing and Materials).

Para dar cumplimiento a lo anteriormente planteado, se trazó como objetivo principal de la investigación: Evaluar la influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca.

El trabajo de investigación está dividido en cinco capítulos: El capítulo primero “INTRODUCCIÓN”, es de carácter informativo sobre el contexto, el problema, la justificación, alcances, objetivos e hipótesis. El segundo capítulo “MARCO TEÓRICO”, corresponde a las bases teóricas de la investigación. El capítulo tercero “MATERIALES Y MÉTODOS”, indica ubicación espacio – temporal de la investigación, recursos y proceso de trabajo. El capítulo cuarto “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS”, abarca la interpretación y explicación de los resultados. Y el capítulo quinto “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”, de la investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- Mejía, S.; Paz, J. (2013). *Comportamiento de un concreto de resistencia de 210 kg/cm² utilizando el aditivo Sika Rapid 1 como acelerador de fraguado*. (Tesis de titulación, Universidad Rafael Urdaneta). Recuperado de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-13-05894.pdf>

Según los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de las mezcla patrón a las edades de 7 y 28 días, se determinó una resistencia promedio a los 7 días de 126.23Kg/cm² equivalente a un 60% de la resistencia de diseño ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$), a diferencia de la resistencia promedio a los 28 días de 212.89Kg/cm² equivalente a un 100% de la resistencia de diseño.

Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión de las mezcla con adición de aditivo SIKA RAPID 1 como acelerador de fraguado a las edades de 7 y 28 días, se determinó una resistencia promedio a los 7 días de 167.81 Kg/cm² equivalente a un 80% de la resistencia de diseño y la resistencia promedio a los 28 días fue de 234.89 Kg/cm² observando un 111.85% con respecto a la resistencia de diseño.

- Machado, J.; Aular, L. (2012). *Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c= 250\text{kg/cm}^2$ utilizando Sikaset como acelerador de fraguado*. (Tesis de titulación, Universidad Rafael Urdaneta). Recuperado de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-12-05100.pdf>

Las mezclas de concreto con aditivo Sikaset a las 24 horas de su elaboración alcanzaron una resistencia a la compresión equivalente al 30% de la resistencia de diseño, demostrando que el aditivo cumplió su finalidad de acelerar el proceso de fraguado y aumentar la resistencia a la compresión de la mezcla incluso a tan temprana edad.

Las mezclas de concreto con aditivo Sikaset a los 5 días de su elaboración alcanzaron una resistencia a la compresión equivalente al 81% de la resistencia

de diseño, por lo que se permite desencofrar y desapuntalar miembros de concreto a esta edad.

Todos los ensayos de los diferentes diseños de mezclas con y sin aditivo acelerador, cumplieron con la resistencia requerida a la edad de 28 días.

Se concluye que el aditivo acelerador de fraguado Sikaset permite alcanzar mayor resistencia a la compresión del concreto a temprana edad pero disminuye la resistencia final en un 5%.

Luego de haberse analizado y comparado los resultados obtenidos, se finalizó con la idea de que sólo resulta favorable la adición de un aditivo acelerador de fraguado a la mezcla cuando esta lo requiere, es decir no para obtener mayor resistencia final sino porque se necesite que esta obtenga una alta resistencia a temprana edad; pero para vaciados que no tengan limitantes de tiempo no es conveniente la adición de este tipo de aditivo ya que aumenta el costo de la mezcla y produce una pérdida del 5% en la resistencia final de la misma.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Huincho Salvatierra, E. (2011). *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento Portland tipo I*. (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/420/1/huincho_se.pdf

Se ha logrado obtener la dosis óptima de microsílíce de 10% y de nanosílíce de 1% y para el caso de su combinación de 5%. La ventaja de la nanosílíce es su estado líquido y su uso en bajas dosis. El aditivo superplastificante en una dosis del 3% en peso del cemento reduce la cantidad del agua en más del 40%.

2.1.3. Antecedentes Locales

- Torres Trigoso, J. (2013). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika Rapid 1*. (Tesis inédita de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Se logró diseñar y obtener una mezcla óptima de concreto con la incorporación de 1% de aditivo SIKA RAPID 1 y obteniendo resultados tales como: menor tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto, 10.62% mayor resistencia a la compresión en comparación con un concreto normal, disminución del costo de producción del m³ de concreto en 1.32%, el aditivo reacciona favorablemente con el cemento tipo I ASTM C150, empleo de 1.53 bolsas menos de cemento para la resistencia especificada de diseño $f'c=210$ kg/cm².

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Concreto (Hormigón)

Es una mezcla de cemento Portland, agregados (fino y grueso), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas; y algunas veces se añaden sustancias llamados aditivos que mejoran o modifican las propiedades del concreto. (Abanto Castillo, pág. 11)

Se ha definido con acierto al hormigón como un pseudosólido elasto-viscoplástico, haciendo con ello referencia a su compleja Reología (rama de la Mecánica que estudia la evolución de deformaciones de un material, producidas por causas tensionales, a lo largo del tiempo). No extrañará esta complejidad si se recuerda que en el hormigón coexisten la fase sólida (áridos y cemento), la líquida (agua) y la gaseosa (aire ocluido). (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 89)

2.2.2. Leyes que rigen el comportamiento del concreto

(Primi & León, 2012, pág. 31)

2.2.2.1. Ley de Abrams

La resistencia a la compresión de un concreto está en proporción inversa a la relación agua – cemento empleada. Esto significa que el concreto será mejor mientras menos agua se use en su preparación.

2.2.2.2. Ley del cemento

Mientras menos cemento se necesite para lograr una cierta resistencia, será mejor para todas las cualidades del concreto. Mas cemento causa mayor retracción y agrietamiento. El consumo de cemento, además afecta directamente el costo.

2.2.2.3. Ley de temperatura

Mientras más baja la temperatura del concreto fresco, será mejor para todas sus cualidades. El calor aumenta la demanda de agua y acelera el fraguado, por lo tanto el concreto será más difícil de compactar y posiblemente su resistencia será más baja.

2.2.3. Propiedades del concreto

2.2.3.1. En estado fresco

A. Trabajabilidad, docilidad o manejabilidad (Abanto Castillo, pág. 47)

Facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

La trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento; con las características, granulometría, relación de los agregados finos-gruesos, y proporción del agregado; con la cantidad de agua y aire; con la presencia de aditivos; y con las condiciones ambientales. La fineza del cemento, determinada por su superficie específica, tiene influencia sobre la trabajabilidad. Los cementos de alta fineza la mejoran notablemente pero pueden causar agrietamiento superficial en el secado. (Rivva López, 1992, pág. 32)

La presencia de altos porcentajes de agregado de 3/16" (N° 4) a 3/8" en el agregado grueso, trae como consecuencia un incremento en los vacíos entre las partículas del agregado. (Rivva López, 1992, pág. 33)

B. Consistencia o movilidad (Abanto Castillo, pág. 47)

Depende principalmente de la cantidad de agua usada. Capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

Tabla n° 1: Clases de mezclas según su asentamiento.

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera, chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto Castillo (s.f.)

C. Segregación (Abanto Castillo, pág. 50)

Implica la descomposición del concreto fresco en sus partes constituyentes (separación del agregado grueso del mortero). Produce en el elemento llenado bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. El riesgo de segregación está en función directa con la consistencia o humedad de la mezcla.

En el proceso de diseño de mezcla, es posible disminuir el riesgo, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino). Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación (soltar el concreto de alturas mayores de 1/2 metro, concreto en canaletas y con cambios de dirección, excesivo vibrado, etc.) son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas.

D. Exudación o sangrado

Ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

Puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, exceso de agua en la misma, utilización de aditivos, a mayor temperatura mayor velocidad de exudación, etc. (Abanto Castillo, pág. 54)

2.2.3.2. En estado endurecido

A. Resistencia (Abanto Castillo, pág. 50)

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia a la compresión de un concreto (f'_c) debe ser alcanzada a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo.

Se deben preparar 3 probetas de ensayo de cada muestra para evaluar la resistencia a la compresión en determinada edad, por el promedio. Evaluándose generalmente a las edades de 7 y 28 días.

Las probetas se retirarán de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas, para luego sumergirlas en agua para su curado.

- **Ley de Powers:** La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/espacio ocupada por el gel y de la relación a/c. Es decir:

$$S = 2380x^3; \text{ siendo, } x = \frac{0.647 \alpha}{0.319 \alpha + a/c}$$

Donde:

S = Resistencia del concreto a los 28 días, en kg/cm².

x = Relación gel/espacio.

α = Grado de hidratación del cemento.

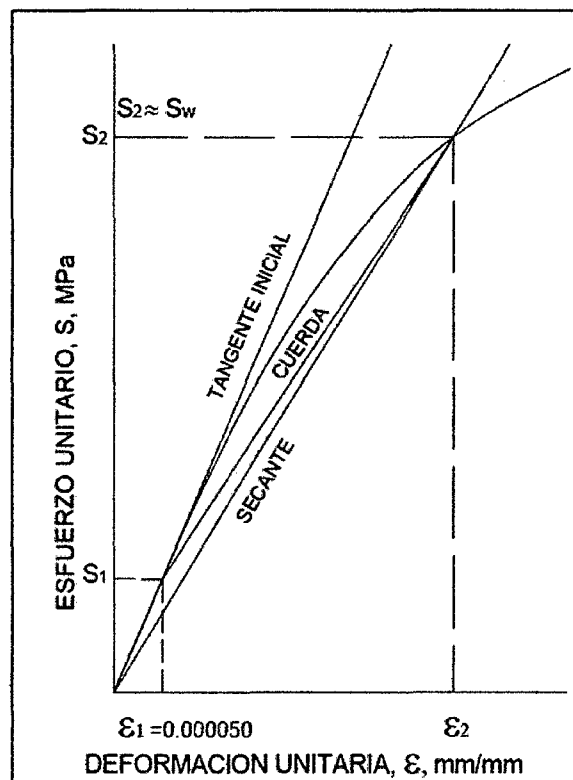
a/c = Relación agua – cemento.

B. Módulo de Elasticidad

El Módulo de Elasticidad, definido por la ecuación $E = \text{esfuerzo} / \text{deformación}$ es una medida de la rigidez, o sea la resistencia del hormigón a la deformación. El módulo de elasticidad del hormigón estructural normalmente varía entre 1.4×10^5 y 4.2×10^5 [kg/cm²] y se suele asumir como 2.1×10^5 [kg/cm²].

En general, los módulos de elasticidad se determinan a partir de pruebas a la compresión de cilindros de hormigón. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 125)

Figura n° 1: Curva Esfuerzo-Deformación para el hormigón.



Fuente: Quiroz Crespo et al. (2006)

Una ecuación de amplio uso para calcular el Módulo de Elasticidad, dado en el ACI 318M-02, relaciona el Módulo de Elasticidad con la resistencia a la compresión, f'_c [kg/cm²], y el peso unitario del hormigón, W_c [kg/m³]. Esta ecuación es satisfactoria para valores de W_c entre 1500 y 2500 kg/m³. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 126)

$$E_c[\text{kg/cm}^2] = W_c^{1.5} \times 0.14 \sqrt{f'_c}$$

Para hormigón de peso normal el módulo de elasticidad E_c se puede considerar como:

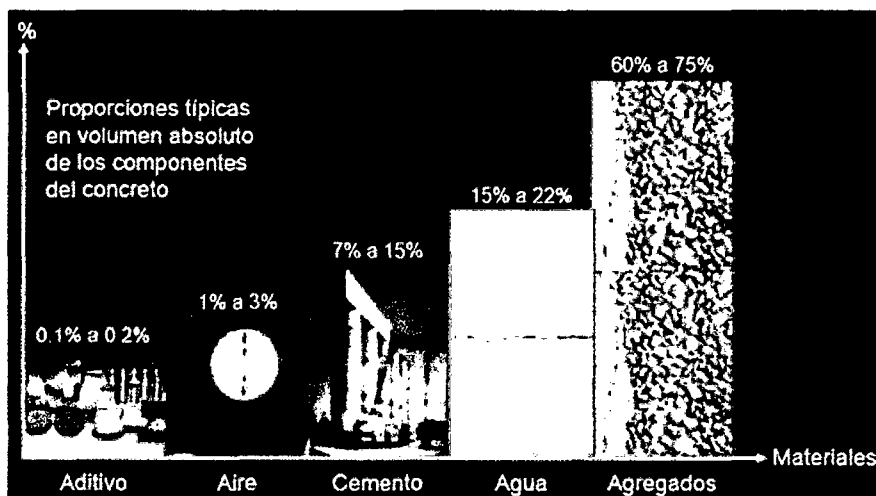
$$E_c[\text{kg/cm}^2] = 15000 \sqrt{f'_c}$$

2.2.4. Materiales constitutivos del concreto

La Tecnología del Concreto define cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Está científicamente demostrada la conveniencia del empleo de aditivos para mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 13)

Figura n° 2: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.



Fuente: Mayta Rojas (2014)

Actualmente el concreto ha sido definido como un sistema de 5 componentes: cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones. (Portugal Barriga, 2007, pág. 19)

2.2.4.1. Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. (Rivva López, 2000, pág. 16)

Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto. (Portland Cement Association, 2004, pág. 103)

Ocupan aproximadamente las 3/4 partes del volumen del concreto, sus propiedades afectan la durabilidad y performance estructural del concreto. No son completamente inertes, ya que cuentan con características físicas, térmicas, químicas, etc., que influyen en el comportamiento del concreto. (Neville & Brooks, 2010, pág. 40)

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 400.037 o de la Norma ASTM C33, así como los de las especificaciones del proyecto. (Rivva López, 1992, pág. 16)

Los agregados que no cumplan con algunos de los requisitos indicados podrán ser utilizados únicamente si el Contratista demuestra, a satisfacción de la Inspección, mediante ensayos de laboratorio o certificaciones de experiencia en obra que, bajo condiciones similares a las que se espera, pueden producir concreto de las propiedades requeridas. (Rivva López, 1992, pág. 16)

Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar que: (Rivva López, 1992, pág. 17)

- a) La pérdida de finos será mínima.
- b) Se mantendrá la uniformidad del agregado.
- c) No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
- d) No se producirá rotura o segregación importante en ellos.

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son: (Rivva López, 2000, pág. 17)

- a) Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica del 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 resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

2.2.4.1.1. Agregado fino

Consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndose como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8" y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33. (Rivva López, 2004, pág. 17)

La arena es el árido de mayor responsabilidad. Puede decirse que no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 31)

Las mejores arenas son las de río, ya que, salvo raras excepciones, son cuarzo puro, por lo que no hay que preocuparse acerca de su resistencia y durabilidad. La arena de mina suele tener arcilla en exceso, por lo que generalmente es preciso lavarla. Las arenas de mar, si son limpias, pueden emplearse en hormigón armado, previo lavado con agua dulce.

La humedad de la arena tiene gran importancia en la dosificación de los hormigones. Por ello es siempre necesario tenerla en cuenta. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 32)

2.2.4.1.2. Agregado grueso

Material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma 400.037. Podrá consistir de partículas de roca partida, grava natural o triturada, o agregados metálicos naturales o artificiales. (Rivva López, 2004, pág. 19)

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4”. (Rivva López, 1992, pág. 21)

2.2.4.1.3. Cantera

Lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, utilizando diferentes procesos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales. (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

Para fines de muestreo y reducción de los agregados a tamaños de ensayo, se debe tener en cuenta las siguientes normas:

- Extracción y preparación de las muestras (NTP 400.010/ASTM D75).
- Reducción de las muestras a tamaño de ensayo (NTP 400.043/ASTM C702).

Según la *norma ASTM D75*, los tamaños mínimos de las muestras compuestas dependen del tamaño nominal, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla n° 2: Medida de las muestras.

Tamaño máximo nominal del agregado ^A	Masa mínima aproximada para la muestra de campo, kg ^B
Agregado fino	
2.36 mm	10
4.76 mm	10
Agregado grueso	
9.5 mm	10
12.5 mm	15
19.0 mm	25
25.0 mm	50
37.5 mm	75
50.00 mm	100
63.00 mm	125
75.00 mm	150
90.00 mm	175

^A Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

^B Para agregado global (por ejemplo base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg.

Fuente: Norma ASTM D75 (2003)

Para el caso del muestreo tomado de pilas de almacenamiento: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 197)

- a) De ser posible, evitar el muestreo tomado de pilas de almacenamiento.
- b) Para el muestreo tomado de una cara de la pila, inserte un escudo para muestras de un material rígido en la cara de la pila, para evitar que el material se segregue mientras se realiza el muestreo.
- c) Para el muestreo desde la parte superior de una pila, remueva un mínimo de 30 cm de la parte superior. Seleccione porciones al azar y combínelas para formar una muestra de campo, según se requiera.

2.2.4.1.4. Características físicas de los agregados para concreto

a) Forma y textura superficial (NTP 400.011/ASTM C125)

La forma del agregado depende mucho del tipo de roca que lo originó, ya que para ciertas piedras resulta determinante el sistema de clivaje, las posibles instrucciones en la roca y su estado de meteorización. (Sánchez de Guzmán, 1997, pág. 84)

Las formas de las partículas de un agregado no es un índice de la calidad de producción de resistencia. (Abanto Castillo, pág. 66)

Se considera que son indeseables partículas de perfil elongado o laminado en exceso del 10% al 15% del peso total del agregado grueso. (Rivva López, 2000, pág. 147)

En términos meramente descriptivos, la forma de los agregados se define en: (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 87)

1. Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
2. Subangular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
3. Subredondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
4. Redondeada: Bordes casi eliminados.
5. Muy redondeada: Sin caras ni bordes.

La textura, reviste especial importancia por su influencia en la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento, así como también, por su efecto sobre las propiedades del concreto endurecido, tales como, densidad, resistencia a la compresión y a la flexión, cantidad requerida de agua, etc. (Sánchez de Guzmán, 1997, pág. 86)

Tabla n° 3: Clasificación de la textura superficial de los agregados - norma BS-812.

Grupo	Textura superficial	Características
1	Vítrea	Fractura coloidal.
2	Lisa	Desgastada por el agua.
3	Granular	Más o menos uniformemente redondeados.
4	Áspera	Contiene partículas cristalinas no fácilmente visibles.
5	Cristalina	Contiene partículas cristalinas visibles.
6	Apanalada	Con poros y cavidades visibles.

Fuente: Sánchez de Guzmán (1997)

b) Análisis granulométrico (NTP 400.012/ASTM C136)

La distribución de los distintos tamaños de los granos que componen un árido tiene una importancia decisiva en las características del hormigón.

Los tamices normalmente empleados corresponden a las series ISO-565, UNE-7050 o serie americana Tyler, cuyas aberturas están en progresión geométrica de razón 2. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 33)

La diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular. (Abanto Castillo, pág. 25)

Las composiciones granulométricas de elevada compacidad dan lugar a masas poco trabajables y que se disgregan con facilidad; pero si se dispone de medios adecuados para su correcta puesta en obra y compactación, puede obtenerse con ellas hormigones muy resistentes, de mucha durabilidad y poca retracción. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 35)

Tabla n° 4: Series normalizadas de tamices.

Tamices	Abertura en milímetros									
	N°100	N°50	N°30	N°16	N°8	N°4	3/8"	3/4"	1 1/2"	3"
ISO-565	0.125	0.250	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	31.50	63.00
UNE-7050	0.160	0.320	0.63	1.25	2.50	5.00	10.00	20.00	40.00	80.00
Serie Tyler	0.149	0.297	0.59	1.19	2.38	4.76	9.50	19.00	38.00	76.00

Fuente: Jiménez Montoya et al. (2000)

Según la *norma ASTM C136*, se establece que: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 196)

1. Haga un muestreo de los agregados de acuerdo con el método apropiado que se da en ASTM D75.
2. Separe la muestra por el método de cuarteo o utilizando un separador de muestras.
3. Utilice los pesos mínimos de las muestras de pruebas según lo indica ASTM C136.
4. Seque la muestra hasta obtener un peso constante. Para el control rutinario de la granulometría, el agregado grueso no necesita ser secado.
5. Pese con una aproximación de 0.1 g para el agregado fino y 0.1 % para los agregados gruesos.
6. Coloque la muestra sobre un conjunto de tamices arreglados en tamaño descendente de aberturas, de arriba hacia abajo.
7. Sacuda los tamices hasta que no más del 1 % del peso del residuo en cualquiera de ellos pase el tamiz, durante un minuto de tamizado manual continuo.
8. Pese las cantidades retenidas en cada tamiz o malla y regístrelos en una hoja de trabajo (formato).
9. Calcule el porcentaje con base en el peso total de la muestra, incluyendo cualquier material más fino que la malla N° 200 (75 µm), determinado de acuerdo con ASTM C117.
10. El módulo de finura se puede calcular sumando los porcentajes acumulativos retenidos en los siguientes tamices y dividiendo entre 100: N° 100, 50, 30, 16,

8, 4, 3/8" (9.5 mm), 3/4" (19 mm), 1 1/2" (38 mm), y más grandes, que aumenten en una proporción de 2 a 1.

▪ **Husos granulométricos**

En general las normas establecen límites entre los cuales se deben encontrar las curvas granulométricas, para considerar al árido como adecuado para preparar el Hormigón. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 41)

Lo importante pues en cuanto a la granulometría es la gradación total por lo que puede darse el caso de agregados que no entren en los husos y que sin embargo mezclándolos adecuadamente, suministren una distribución de partículas eficiente. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 105)

El agregado utilizado en concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de resistencia de diseño o mayores, así como los utilizados en pavimentos de concreto, deberán cumplir: (Rivva López, 2000, pág. 166)

- La granulometría del agregado fino deberá corresponder a la graduación (gradación) C, de la siguiente tabla:

Tabla n° 5: Granulometría del agregado fino.

TAMIZ	GRUPO C (arena gruesa)	GRUPO M (arena intermedia)	GRUPO F (arena fina)
3/8"	100	100	100
N° 4	95 – 100	85 – 100	89 – 100
N° 8	80 – 100	65 – 100	80 – 100
N° 16	50 – 85	45 – 100	70 – 100
N° 30	25 – 60	25 – 80	55 – 100
N° 50	10 – 30	5 – 48	5 – 70
N° 100	2 – 10	0 – 12	0 – 12

Fuente: Rivva López (2000)

Tabla n° 6: Requisitos granulométricos ASTM C33 para agregado grueso en % pasante acumulativo en peso para cada malla estándar (abertura cuadrada).

Malla	Número de identificación de granulometría ASTM C33															
	1	2	3	357	4	457	5	56	57	6	67	7	8	89	9 ^A	
	3½" a 1½"	2½" a 1½"	2" a 1"	2" a #4	1½" a 3/4"	1½" a #4	1 a 1/2"	1" a 3/8"	1" a #4	3/4" a 3/8"	3/4" a #4	1/2" a #4	3/8" a #8	3/8" a #16	#4 a #16	
4"	100															
3 ½"	90 a 100															
3"	---	100														
2 ½"	25 a 60	90 a 100	100	100												
2"	---	35 a 70	90 a	95 a	100	100										
1 ½"	0 a 15	0 a 15	100	100	90 a 100	95 a 100	100	100	100							
1"	---	---	35 a 70	---	20 a 55	---	90 a	90 a 100	95 a	100	100					
3/4"	0 a 5	0 a 5	0 a 15	35 a 70	0 a 15	35 a 70	100	40 a 85	100	90 a 100	90 a 100	100				
1/2"			---	---	---	---	20 a 55	10 a 40	---	20 a 55	---	90 a 100	100	100		
3/8"			0 a 5	10 a 30	0 a 5	10 a 30	0 a 10	0 a 15	25 a 60	0 a 15	20 a 55	40 a 70	85 a 100	90 a 100	100	
# 4				---	---	0 a 5	0 a 5	0 a 5	---	0 a 5	0 a 10	0 a 15	10 a 30	20 a 55	85 a 100	
# 8				0 a 5					0 a 10		0 a 5	0 a 5	0 a 10	5 a 30	10 a 40	
# 16									0 a 5				0 a 5	0 a 10	0 a 10	
# 50														0 a 5	0 a 5	

^A Tamaño número 9 se define en terminología C125 como un agregado fino. Se incluye como un agregado grueso cuando se combina con un material número 8 para crear un tamaño número 89, que es un agregado grueso definido por terminología C125.

Fuente: Pasquel Carbajal (1998)

▪ **Módulo de finura**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.3 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para concreto de alta resistencia.

En las obras que se requiera buena textura superficial, como son los revestimientos de canales o pisos de concreto, se recomienda que la arena tenga un contenido de finos superior al 15% que pasa la malla N°50. (Abanto Castillo, pág. 28)

Los estudios de laboratorio indican que el escurrimiento plástico del concreto aumenta con incrementos en el módulo de fineza del agregado. (Rivva López, 2000, pág. 246)

▪ **Superficie específica**

Se define como superficie específica de una partícula de agregado al área superficial de la misma. Se expresa en cm²/g. Cuanto mayor es la superficie específica mayor el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas.

La consistencia del concreto disminuye conforme la superficie específica se incrementa. Por tanto, no es posible variar la superficie específica del agregado sin variar la consistencia. (Rivva López, 2000, pág. 169)

Tabla n° 7: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.

TAMIZ	ABERTURA (cm)	DIÁMETRO MEDIO (cm)
3"	7.62	---
2"	5.08	6.35
1 1/2"	3.81	4.44
1"	2.54	3.17
3/4"	1.90	2.22
1/2"	1.27	1.58

3/8"	0.95	1.11
N° 4	0.48	0.714
N° 8	0.238	0.357
N° 16	0.119	0.179
N° 30	0.059	0.089
N° 50	0.0297	0.044
N° 100	0.0149	0.022
N° 200	0.0074	0.011
N° 400	0.0037	0.0056

Fuente: Rivva López (2000)

Para obtener la superficie específica se divide, para cada uno de los tamices, el valor del porcentaje retenido parcial entre el valor de diámetro medio. La superficie específica del conjunto se determina por la ecuación:

$$SUPERFICIE ESPECÍFICA, \text{ en } cm^2/g = \frac{0.06 S}{G}$$

Donde:

S = suma de la superficie específica de cada tamiz.

G = gravedad específica de masa del agregado.

El valor de la superficie específica del agregado será igual a la suma de la superficie específica de cada tamiz. (Rivva López, 2000, pág. 170)

Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, lo cual ya introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 95)

▪ **Tamaño máximo (NTP 400.011/ASTM C125)**

La Norma NTP 400.037, lo define como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (Rivva López, 1992, pág. 69)

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 1 ½". En

tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento. (Abanto Castillo, pág. 28)

Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más del agregado grueso tamizado. (Lezama Leiva, 1996, pág. 18)

▪ **Tamaño máximo nominal (NTP 400.011/ASTM C125)**

La Norma NTP 400.037, lo define como aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (Rivva López, 1992, pág. 69)

c) **Material más fino que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018/ASTM C117)**

El suelo fino (material que pasa el tamiz No. 200-74µm) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del agregado, aun cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas. Si están presentes algunos tipos de limos y arcillas en cantidades excesivas, el agua necesaria en la mezcla puede aumentar considerablemente. (Rivera López, pág. 68)

Según la *norma ASTM C117*, establece que: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 197)

1. Prepare una muestra húmeda mezclándola, y reduciéndola, con un separador o por el método de cuarteo. La muestra de prueba mínima después de secarse hasta lograr un peso constante, debe ser:

Tabla n° 8: Tamaño de la muestra.

Tamaño Máximo Nominal	Masa mínima, g
4.75 mm (N° 4) o menor	300
9.5 mm (3/8")	1000
19.0 mm (3/4")	2500
37.5 mm (1 1/2") o mayor	5000

Fuente: Norma ASTM C117 (2003)

2. Coloque la muestra en un contenedor de un tamaño suficiente para permitir recubrir la muestra con agua, y que se pueda agitar vigorosamente sin pérdida.

3. Agite la muestra con suficiente energía para que resulte una separación completa de todas las partículas más finas que la malla N° 200 de las partículas gruesas, hasta que los finos queden en suspensión.
4. Vierta inmediatamente el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos sobre los tamices acoplados, con el N° 16 en la parte superior y el N° 200 en la parte inferior.
5. Agregue una segunda carga de agua al espécimen en el contenedor, y repita las operaciones de agitación y decantación. Repita esto hasta que el agua esté clara.
6. Devuelva todo el material retenido en el juego de tamices echándolo en la muestra lavada.
7. Seque el agregado lavado hasta obtener un peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, y péselo con aproximación al 0.1 % del peso de la muestra de prueba.
8. Calcule A, el porcentaje que pasa la malla N° 200, a una aproximación de 0.1 % como sigue:

$$A = 100 \times \frac{B - C}{B}$$

Donde:

B = peso seco original de la muestra, g.

C = peso seco de la muestra después del lavado, g.

Se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 105)

d) Resistencia mecánica de los agregados – abrasión (Método de Los Ángeles _NTP 400.019/ASTM C131)

La resistencia a la abrasión (desgaste) de un agregado frecuentemente se usa como un índice general de su calidad. La baja resistencia al desgaste de un agregado puede aumentar la cantidad de finos en el concreto durante el mezclado y, consecuentemente, puede haber un aumento en la demanda de agua, requiriéndose ajustes de la relación agua-cemento. (Portland Cement Association, 2004, pág. 117)

La prueba, según la *norma ASTM C131*, consiste en colocar una muestra del material con la carga abrasiva dentro de un tambor de acero y poner a girar la máquina un cierto número de revoluciones (la carga abrasiva y el número de revoluciones depende de la granulometría del material, de acuerdo a la normatividad respectiva); luego se retira el material de la máquina, se lava sobre el tamiz No. 12, el material retenido se pone a secar hasta masa constante y se halla su masa. (Rivera López, pág. 67)

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$$

Donde:

Pa = Masa de la muestra seca antes del ensayo (g).

Pb = Masa de la muestra seca retenida en el tamiz No. 12 (g).

e) Peso específico y absorción

El primero se refiere a la densidad de los agregados (de las partículas individuales). Y el segundo a la capacidad que tienen los agregados para llenar de agua sus vacíos permeables. (Lezama Leiva, 1996, pág. 6)

La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco (S) al estado saturado superficialmente seco (SSS). Normalmente se expresa en porcentaje. (Rivva López, 1992, pág. 124)

Según la *norma ASTM C127/NTP 400.021*, peso específico y absorción del agregado grueso, establece: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 198)

1. Selecciones aproximadamente 5 kg del agregado de la muestra por medio de partición o por cuarteo. Retire todo el material que pase la malla N° 4. O haciendo uso de la siguiente tabla.

Tabla n° 9: Tamaño de muestra.

Tamaño Máximo Nominal, mm (pulg.)	Masa mínima de ensayo, kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)

50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Fuente: Norma ASTM C127 (2001)

2. Lave completamente la muestra de prueba y séquela hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C. Déjese enfriar al aire a temperatura ambiente, y luego sumérjala en agua a temperatura ambiente durante 24 ± 4 horas.
3. Remueva el espécimen del agua y ruédelo en una toalla absorbente grande hasta que desaparezcan todas las películas visibles de agua. Pese el espécimen en esta condición saturada y superficialmente seca con una aproximación de 0.5 g.
4. Después de pesarlo, coloque inmediatamente el espécimen saturado y superficialmente seco en un contenedor de muestras (canasta de alambre de una malla N° 6 ó más fina, de aproximadamente 4000 a 7000 cm³) y pésele en agua a (23 ± 2 °C). El contenedor debe estar suspendido en agua, después debe agitarse para quitar el aire atrapado, y luego se debe apoyar sobre un alambre delgado.
5. Seque al horno el espécimen hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C, enfríelo a la temperatura del aire del ambiente de 1 a 3 horas, y péselo.
6. Calcule el peso específico bruto en base a la condición saturada y superficialmente seca como sigue:

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

Donde:

B = peso del espécimen SSS en el aire, en g.

C = peso del espécimen SSS en el agua, en g.

7. Calcule el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde: A = peso en el aire del espécimen secado al horno, en g.

Según la *norma ASTM C128/NTP 400.022*, peso específico de la masa y absorción del agregado fino, establece: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 198)

1. Seleccione, mediante separación o por cuarteo, aproximadamente 1000 g de agregado fino tomado de la muestra.
2. Seque la muestra en un recipiente apropiado hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C.
3. Permita que la muestra se enfríe, cúbrala con agua, y déjela que repose durante 24 ± 4 horas.
4. Decante el exceso de agua. Después, extienda la muestra en una superficie plana expuesta a circulación de aire caliente para asegurar el secado uniforme. Continúe hasta que el espécimen este en una condición de flujo libre.
5. Para verificar su sequedad, coloque una porción de la muestra en un molde cónico, mantenido firmemente sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro más grande abajo. Golpee ligeramente la superficie del agregado 25 veces con un apisonador metálico que pese 340 ± 14 g, y que tenga una cara plana circular de apisonamiento de aproximadamente 1" de diámetro (25 mm). Después levante el molde verticalmente.

Si aún queda presente humedad superficial, el agregado fino retendrá la forma del molde. Continúe secándolo al mismo tiempo que lo revuelve, y haga pruebas a intervalos frecuentes hasta que el agregado fino apisonado se desplome ligeramente al quitar el molde. Esto indica que ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco.

6. Introduzca inmediatamente 500.0 g del agregado fino SSS en el picnómetro (matraz) y llénelo con agua hasta aproximadamente 90 % de su capacidad. Ruede, invierta y agite el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire; agregue después agua hasta que el nivel alcance la capacidad calibrada. Mantenga la temperatura a $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$. Determine el peso total del picnómetro, del espécimen y del agua, aproximadamente a 0.1 g.

7. Quite el agregado fino del picnómetro, séquelo hasta obtener un peso constante a temperatura de 100 °C a 110 °C, enfríele en el aire a temperatura ambiente por 1 ± 1/2 h, y péselo.
8. Pese el picnómetro lleno de agua hasta su capacidad de calibración, a 23 °C ± 2 °C.
9. Calcule el peso específico del agregado:

$$\text{Peso específico de la masa SSS} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

$$\text{Peso específico de la masa seca} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

Donde:

A = peso de la muestra seca obtenida en el paso 7, en g.

B = peso del picnómetro lleno de agua, en g.

C = peso del picnómetro con el espécimen y agua, en g.

10. Determine la humedad de absorción del agregado fino; pese inmediatamente 500.0 g del agregado fino SSS, y séquelo hasta obtener un peso constante a temperatura de 100 °C a 110 °C. Déjelo que se enfríe y péselo con una aproximación de 0.1 g. Calcule el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Porcentaje de absorción, \%} = \frac{(500 - A)}{A} \times 100$$

Donde: A = peso en el aire del material secado al horno, en g.

f) Contenido de humedad (NTP 339.185/ASTM C566)

Es la cantidad total de agua que un agregado tiene y se determina por la diferencia entre su peso (H) y su peso seco (S): (Rivva López, 1992, pág. 124)

Según la *norma ASTM C566*, sobre contenido total de humedad del agregado por medio de secado, establece:

1. Seleccione una muestra representativa del agregado por separación o por medio de cuarteo, de no menos de los pesos indicados por ASTM C566.
2. Pese la muestra húmeda con precisión del 0.1 %.
3. Seque completamente la muestra hasta obtener un peso constante. Si se usa un horno ventilado, la temperatura debe ser de 110 °C ± 5°C. Si se usa un platillo caliente o una lámpara calorífica, se debe agitar la muestra constantemente para evitar sobrecalentamiento localizado.

4. Deje que la muestra seca se enfríe y pésela con aproximación de 0.1 %.
5. Calcule P, el contenido total de humedad (%) de la muestra como sigue:

$$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Donde:

W = peso de la muestra húmeda original, g.

D = peso de la muestra seca, g.

6. La humedad superficial (agua libre) es la diferencia entre el contenido total de humedad y la absorción conocida del agregado.

g) Peso unitario (NTP 400.017/ASTM C29)

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. El peso unitario varía con el contenido de humedad. (Rivva López, 2000, pág. 152)

El *contenido de vacíos* de los agregados típicos del hormigón variarán entre el 30% al 50%. Los vacíos en los agregados se pueden determinar (valor relativo, ya que depende del acomodo de las partículas) a partir de la relación: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 38)

$$\% \text{ Vacíos} = \left(1 - \frac{M}{S \times 62.3} \right) \times 100$$

Donde

S = gravedad específica de la masa (densidad relativa - adimensional), o como densidad en gr/cm^3 .

M = peso unitario del agregado compactado o varillado.

Para una densidad del agua = $1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 133.53 \text{ onzas/galón} = 62.3 \text{ lb/ft}^3 = 0.04 \text{ lb/pulg}^3$ (en condiciones de 1 Atm. de presión y 4 °C de temperatura).

Una manera indirecta de estimar la *porosidad de las partículas de agregados*, es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0% y 15% aunque por lo general el rango común es del 1% al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15% al 50%. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 77)

h) Esponjamiento de la arena

El esponjamiento del agregado fino es definido como el incremento del volumen de un peso dado de material debido a que la humedad superficial tiende a mantener las partículas separadas unas de otras. (Rivva López, 2000, pág. 160)

Para su determinación, desde que el volumen que ocupa el agregado fino en condición de saturado es igual al que ocupa al estado seco, la forma más conveniente de determinar el esponjamiento es medir la disminución de volumen de un agregado fino dado cuando es llevado al punto de saturación. Para ello: (Rivva López, 2000, pág. 162)

- a) Se llena un recipiente de volumen conocido con agregado húmedo suelto.
- b) Se vacía el agregado y se llena el recipiente parcialmente de agua y a continuación se echa el agregado gradualmente al interior del mismo, moviendo y varillando para expeler todo el aire.
- c) A continuación se determina el volumen de arena en el estado saturado.
- d) Calculamos el esponjamiento, con la siguiente ecuación:

$$E, \text{ en } \% = \frac{(V_m - V_s)}{V_s} \times 100$$

Donde:

E = esponjamiento.

V_m = volumen inicial del agregado fino.

V_s = volumen en el estado saturado.

Para dosificaciones en volumen, en obra, el ensayo deberá ser realizado por lo menos unos 20 minutos antes de comenzar los trabajos de hormigonado y las veces que sea necesario al evidenciarse cambio de la humedad de la arena.

Para su determinación se necesita una probeta de un litro de capacidad o un recipiente del mismo volumen calibrado cada 50 ml como máximo y un diámetro no mayor a los 10 cm. Para determinar el esponjamiento de la arena el ensayo correspondiente es: (Cerruto Anibarro & Vargas Roca, 2011, págs. 46-51)

- 1) Llenar el recipiente en un 80 % de su capacidad.

- 2) Dejarlo caer dos veces desde una altura de 5 cm. Prever que el golpe de caída sea seco y en toda la superficie de la base del recipiente.
- 3) Enrazar a un volumen conocido e inundar con agua.
- 4) Agitar vigorosamente y con una varilla metálica apisonar 30 veces con la finalidad de eliminar el aire.
- 5) Dejar reposar por 15 minutos y realizar la lectura de volumen final considerando aquel que corresponde exclusivamente al de las arenas, es decir sin tomar en cuenta la parte de finos.
- 6) El cálculo del esponjamiento se hará como se especifica en el procedimiento anterior. (Rivva López, 2000, pág. 162)
- 7) El cálculo de la Dosificación Operativa estará dada por:

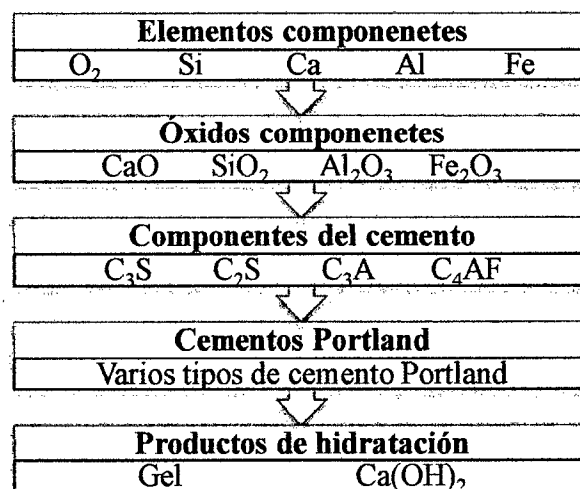
$$C : A * \left(1 + \frac{\%E}{100}\right) : G : a * \left(1 - \frac{3}{5} \frac{\%E}{100}\right)$$

2.2.4.2. Cemento

Materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva López, 2000, pág. 30)

Utiliza principalmente 2 materias primas: una caliza, con un alto contenido de cal en forma de óxidos de calcio, y un componente rico en sílice, constituido normalmente por arcilla o eventualmente por una escoria de alto horno. (Zabaleta G., 1988, pág. 11)

Figura n° 3: Representación esquemática de la formación e hidratación del cemento Pórtland.



Fuente: Portugal Barriga (2007)

2.2.4.2.1. Características del cemento Portland

El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg y un pie cúbico (1 pie³) de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15 g/cm³. (Abanto Castillo, pág. 16)

La hidratación del cemento es tanto más rápida y más completa cuando mayor sea la finura de su molido. (Aragón Masís & Solano Jiménez, Manual de consejos prácticos sobre el concreto, 2006, pág. 52)

Si se divide la resistencia de un concreto por su contenido de cemento, se obtiene una medida de la eficiencia del cemento: (Rivera López, pág. 105)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resistencia a la compresión (kg/cm}^2\text{)}}{\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de hidratación serán muy altos, se vuelve más susceptible a la meteorización y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 12)

2.2.4.2.2. Fraguado y endurecimiento

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: *a) Fraguado inicial* cuando la masa empieza a perder plasticidad; *b) Fraguado final*, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido. El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia. (Abanto Castillo, pág. 17)

Durante el desarrollo del endurecimiento de la pasta de cemento, se producen variaciones de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción si éste es bajo. (Zabaleta G., 1988, pág. 12)

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40-50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas. (Rivva López, 2000, pág. 78)

2.2.4.2.3. Los compuestos principales del cemento

Durante el proceso de fusión de la materia prima que ha de dar origen al Clinker se forman silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos de composición compleja. (Rivva López, 2000, pág. 49)

Tabla n° 10: Compuestos del cemento Portland (compuestos Bogue/componentes potenciales).

Compuestos	%	Calor de hidratación (cal/g)	Nombre común
Silicato Tricálcico: 3 CaO.SiO ₂ (C3S)	30 a 60	120	Alita
Silicato Bicálcico: 2 CaO.SiO ₂ (C2S)	15 a 37	62	Belita
Aluminato Tricálcico: 3 CaO.Al ₂ O ₃ (C3A)	7 a 15	207	-
Ferroaluminato Tetracálcico: 4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃ (C4AF)	8 a 10	100	Celita

Fuente: Rivva López (2000)

Tabla n° 11: Composición química del cemento (centesimal)

COMPONENTE	CANTIDAD (%)
CaO	60 al 67 (Cal)
SiO ₂	17 al 25 (Sílice)
Al ₂ O ₃	3 al 8 (Alúmina)
Fe ₂ O ₃	0.5 al 6 (Óxido de Fierro)
MgO	< 2.5 (Óxido de Magnesio)
K ₂ O + Na ₂ O	≤ 0.6 (Álcalis)
Perdida por calcinación	≤ 2.3 (PC)
Residuo insoluble	± 0.5 (RI)
SO ₃	2 al 4 (Anhídrido Sulfúrico)
CaO Residuo	< 2 (Cal libre)
Suma	100%

Fuente: Rivva López (2000)

2.2.4.3. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable. (Rivva López, 2004, pág. 56)

En todos aquellos casos en que la Supervisión desee comprobar la calidad del agua, el muestreo se efectuará de acuerdo a la Norma NTP 339.070. Los ensayos se efectuarán en un Laboratorio Oficial, autorizado o seleccionado por la supervisión, de acuerdo con la Norma NTP 339.088. (Rivva López, 2004, pág. 57)

Debe recordarse que no todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares. (Rivva López, 2000, pág. 254)

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites: (Rivva López, 2000, pág. 255)

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 g/l (5000 ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 g/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

2.2.4.3.1. Agua de lavado de agregados

Es la utilizada durante el proceso de trituración, para retirar impurezas y exceso de finos presentes en los conglomerantes de los que provienen, así como las partículas muy finas formadas durante la trituración. Debe ser lo suficientemente limpia como para no introducir contaminación. (Sánchez de Guzmán, 1997, pág. 60)

2.2.4.3.2. Agua de amasado o mezclado

Juega un doble papel en el hormigón. Por un lado, participa en las reacciones de hidratación del cemento; por otro, confiere al hormigón la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 27)

La norma ASTM C94 permite usar el agua de lavado que queda dentro de la mezcladora para la mezcla siguiente, siempre y cuando se pueda medir su cantidad con precisión. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 34)

2.2.4.3.3. Agua de curado

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del hormigón, tiene por objeto evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento e impedir una retracción prematura.

Tanto el agua de amasado como el agua de curado deben reunir ciertas condiciones para desempeñar eficazmente su función. En general, se debe ser más estricto en la aptitud de un agua para curado. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 27)

Tabla n° 12: Valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión (limos o arcillas)	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Abanto Castillo

Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruros indicado en la Tabla anterior, deberá disminuir a 50 ppm. (Rivva López, 1992, pág. 25)

El requerimiento de agua es mayor cuanto más angular y rugosos son los agregados usados, desventaja que se encuentra compensada por la mejor adherencia de la pasta de cemento a los mismos. El requerimiento de agua disminuye cuanto mayor es el TM del agregado usado bien gradado. También disminuye el requerimiento de agua con la incorporación de aire y puede ser significativamente reducido por el uso de ciertos aditivos. (Abanto Castillo, pág. 60)

De acuerdo a la relación agua-cemento empleada, el tiempo requerido para alcanzar segmentación de los poros capilares es el siguiente en una relación agua-cemento/tiempo: (Rivva López, 2000, pág. 80)

0.40	...	3 días
0.45	...	7 días
0.50	...	14 días
0.60	...	6 meses
0.70	...	12 meses
+ 0.70	...	imposible

2.2.4.4. Aire

Se sabe que en toda mezcla de concreto hay aire presente. Este puede estar en dos formas como aire atrapado o como aire incorporado. (Rivva López, 1992, pág. 227)

2.2.4.4.1. Determinación del contenido de aire

(Rivva López, 1992, pág. 228)

- Primero se deben conocer los pesos de los materiales por m³ y los pesos específicos de masa de los agregados.
- Determinación de los volúmenes absolutos de los ingredientes (cemento, agua de diseño, agregado fino y grueso secos), dividiendo los valores de diseño entre sus pesos específicos respectivos.
- El contenido de *aire total* de la mezcla será la diferencia entre la unidad y la sumatoria de los volúmenes absolutos de los ingredientes libres de aire (Vingredientes).
- Se procederá luego a determinar el peso del m³ del concreto libre de aire (cemento, agua de diseño, agregado fino y grueso secos), a fin de determinar el rendimiento de la mezcla o tanda (*Rtanda*) dividiendo dicho peso entre el peso unitario del concreto.
- Luego el porcentaje de *aire incorporado*, será:

$$\text{Aire incorporado} = \frac{R_{tanda} - V_{ingredientes}}{R_{tanda}} \times 100$$

- Y el porcentaje de *aire atrapado*, será:

$$\text{Aire atrapado} = \text{Aire total} - \text{Aire incorporado}$$

2.2.4.5. Aditivo

El ACI Comité 116 R (ASTM C125) define un aditivo como un material diferente del agua, agregados y cemento hidráulico que se utiliza como ingrediente del concreto o del mortero y se añade a la mezcla inmediatamente antes, o durante el mezclado. Las especificaciones pueden requerir o permitir el uso de aditivos en el concreto con uno o más de los siguientes propósitos: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 34)

- 1) Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o disminuir el contenido de agua conservando la misma fluidez.
- 2) Acelerar el desarrollo de las resistencias a edades tempranas.
- 3) Aumentar la resistencia.
- 4) Retardar o acelerar el fraguado inicial
- 5) Retardar o reducir el desarrollo de calor.
- 6) Modificar la rapidez o la cantidad de sangrado, o ambas.
- 7) Aumentar la durabilidad o la resistencia, en condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales removedores de hielo.
- 8) Controlar la expansión causada por la reacción de álcalis con ciertos constituyentes del agregado.
- 9) Disminuir el flujo capilar de agua.
- 10) Disminuir la permeabilidad al paso de líquidos.
- 11) Producir concreto celular.
- 12) Mejorar la penetración y facilidad de bombeo de lechadas y el bombeo del concreto.
- 13) Reducir o prevenir asentamientos, o crear expansión ligera en concreto o mortero utilizados para rellenar espacios en columnas y vigas o en la fijación de maquinaria, llenar los ductos de cables postensado o los vacíos en agregado precolado.
- 14) Aumentar la adherencia del concreto al acero.
- 15) Aumentar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.
- 16) Obtener concreto o mortero de colores.
- 17) Desarrollar propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas en concretos o morteros.

- 18) Inhibir la corrosión de metales corrosibles ahogados.
- 19) Disminuir el costo unitario del concreto.

El empleo de aditivos en el concreto cumplirá con las especificaciones de la Norma NTP 339.086 y su empleo y sistema de incorporación al concreto están sujetos a lo indicado en las especificaciones de obra o la aprobación previa de la Supervisión. (Rivva López, 2004, pág. 59)

La norma C494 de la ASTM es la especificación estándar para los aditivos químicos (reductores de agua, retardantes y acelerantes) para concreto. Esta especificación considera siete tipos de aditivos con propósitos diferentes, según se indica:

- Tipo A – Aditivos reductores de agua.
- Tipo B – Aditivos retardantes.
- Tipo C – Aditivos acelerantes.
- Tipo D – Aditivos reductores de agua y retardantes.
- Tipo E – Aditivos reductores de agua y acelerantes.
- Tipo F – Aditivos de alto rango reductores de agua.
- Tipo G – Aditivos retardantes de alto rango y reductores de agua.

2.2.4.5.1. Concreto de alta resistencia inicial

El concreto de alta resistencia inicial, también llamado de concreto de alta resistencia en edad temprana o fast track, logra su resistencia especificada más rápido que el concreto convencional. (Portland Cement Association, 2004, pág. 357)

Existen en el mercado una serie de aditivos aceleradores del fraguado y aceleradores de endurecimiento exentos de cloruro, que garantizan una rápida ganancia de resistencias en los concretos durante sus primeros días de existencia. (Aragón Masís & Solano Jiménez, Manual de consejos prácticos sobre el concreto, 2006, pág. 53)

Los aceleradores empleados para incrementar la magnitud del endurecimiento pueden ser contraproducentes en el desarrollo de resistencias a largo plazo. (Rivva López, 2002, pág. 29)

2.2.4.5.2. Acelerantes

El empleo de aceleradores tiene por objeto, en general, reducir el tiempo de desmolde o desencofrado, lo que adquiere gran importancia en prefabricación. También se utilizan en hormigonado en tiempo frío, para conseguir que el hormigón adquiera

resistencia rápidamente y contrarrestar el efecto retardador de las bajas temperaturas. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 40)

Debido a que la reacción entre el aditivo acelerante con el cemento es exotérmica y ésta se produce en un espacio de tiempo corto, la elevación de la temperatura del hormigón puede ser considerable con lo que se debe extremar el curado de dicho hormigón y evitar de ésta forma las fisuras que se podrían producir debido a la retracción térmica. (The Chemical Company, 2009, pág. 8)

Para evitar el riesgo de corrosión, cuando se trata de pavimentos con armadura de acero, como aquellos con refuerzo continuo, es recomendable utilizar aditivos aceleradores de la resistencia exentos de cloruros del tipo de los componentes orgánicos solubles, como la trietanolamina y el formiato de calcio. (González de la Cotera, 1993, pág. 4)

En general se acepta que la aceleración de la hidratación del cemento deberá significar una correspondiente ganancia en la resistencia. Sin embargo no siempre es así, y los estudios realizados utilizando porcentajes del 1%, 2% y 3% de cloruro de calcio indican que durante el proceso de hidratación inicial un efecto de hidratación máxima se obtiene con un porcentaje del 3.5%. Sin embargo no ocurre una correspondiente ganancia en la resistencia. De hecho, la experiencia de laboratorio indica que para dicho porcentaje ocurren los menores valores de desarrollo de la resistencia. (Rivva López, 2000, pág. 277)

Los acelerantes deben ser utilizados con precaución en climas cálidos a fin de evitar una rápida evolución del calor debida a la hidratación, fraguado rápido, y un incremento en el agrietamiento por contracción.

El empleo de una excesiva cantidad de algunos materiales acelerantes puede originar un fraguado o retardo muy rápido. El empleo de determinados aditivos permite obtener tiempos de fraguado tan cortos como 15 a 30 segundos. (Rivva López, 2000, pág. 283)

Los efectos de los aditivos acelerantes sobre el concreto endurecido incluyen en el caso de la resistencia: incremento significativo en la resistencia en compresión inicial, que puede estar en el rango del 100% al 200%, sin cambios importantes en la resistencia final. El efecto en la resistencia a la flexión es menor. (Rivva López, 2000, pág. 284)

Es importante recordar que no todos los acelerantes que no contienen cloruro de calcio son necesariamente no corrosivos, siendo ejemplo de ello el tiocianuro. (Rivva López, 2000, pág. 286)

Una particularidad que se debe tener muy presente en los acelerantes es que si bien provocan un incremento en la resistencia inicial en comparación con un concreto normal, por lo general producen resistencias menores a 28 días. Mientras más acelerante se emplea para lograr una mayor resistencia inicial, se sacrifica acentuadamente la resistencia a largo plazo.

Tienen una gran cantidad de álcalis por lo que aumenta el riesgo de reactividad alcalina con cierto tipo de agregados. Los concretos con acelerantes provocan una menor resistencia a los sulfatos y son más sensibles a los cambios volumétricos por temperatura. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 116)

2.2.4.5.3. Descripción del Aditivo CHEMA 3

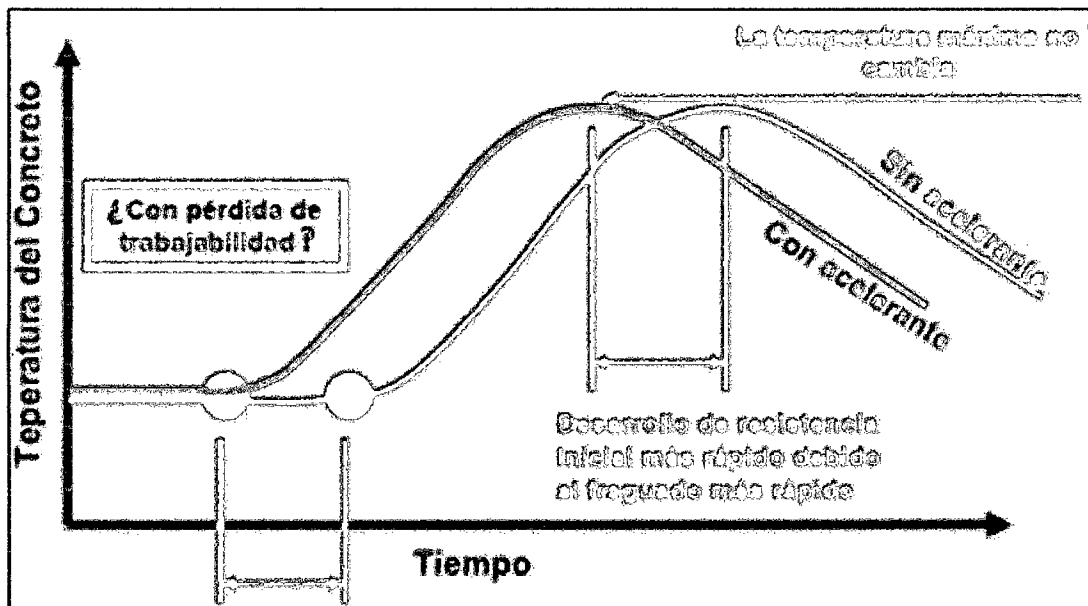
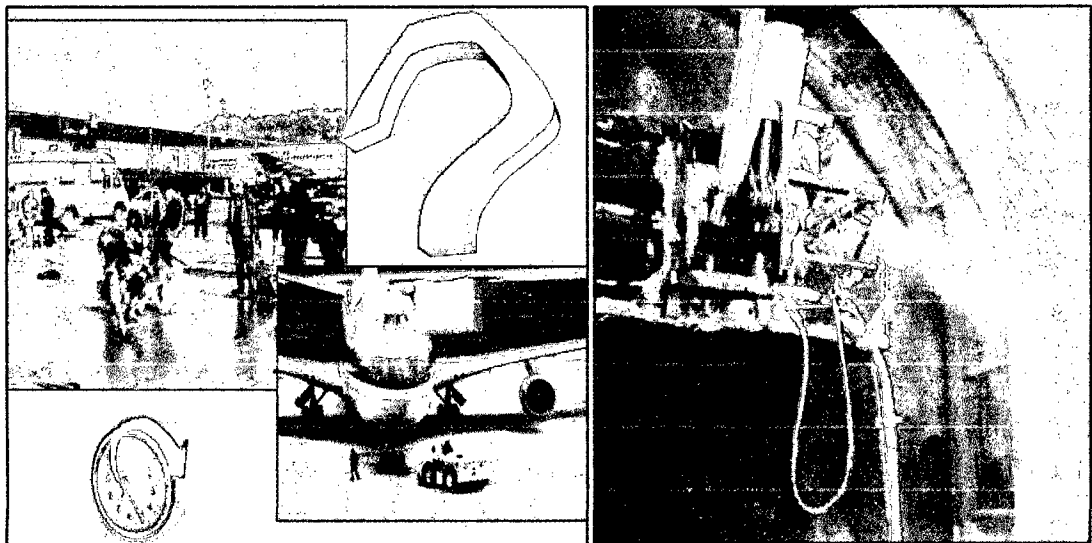
CHEMA 3 es un acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados centígrados. No contiene cloruros, trabaja además como un inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Su efecto como acelerante de fragua o anticongelante se hace más notorio a temperaturas más bajas. Este aditivo protege el concreto en su estado fresco de congelarse.

Su efecto es sobre toda mezcla de mortero y concreto, tanto con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos. Chema 3 es un producto adecuado a la norma ASTM C-494 y es muy resistente a las sales y sulfatos. Su uso es adecuado para los siguientes fines:

- Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere obtener una fuerza a la compresión del concreto en menor tiempo.
- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo a pesar de la baja temperatura funcionando a la vez como anticongelante.
- Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio.
- Para vaciados en terrenos sulfurosos.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales.

- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales.

Según sus características físico-químicas, podemos decir que dicho aditivo cuenta con un color amarillo, de apariencia líquida, con un pH entre 8.0 y 11.0, con una densidad entre 1.10 y 1.20 g/ml, además de ser un producto tóxico.



2.2.5. Método de diseño de mezcla, mediante el Módulo de Finura de la Combinación de Agregados

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto tanto en estado fresco como endurecido. (Rivva López, 1992, pág. 9)

En la selección de las proporciones de una mezcla de concreto están involucradas dos etapas: (Rivva López, 1992, pág. 12)

- a) Estimación preliminar de las proporciones de la unidad cúbica de concreto más convenientes. Para ello se podrá emplear información previa provenientes de obras anteriores; tablas y gráficos; requisitos de las especificaciones de obra; Normas y Reglamentos; resultados de laboratorio de los ensayos realizados en los materiales a ser utilizados; y condiciones de utilización del concreto.
- b) Comprobación, por medio de ensayo de muestras elaboradas en el laboratorio y en obra, de las propiedades del concreto que se ha preparado con los materiales a ser utilizados en obra y las proporciones seleccionadas en el gabinete.

La selección de las proporciones de la mezcla deberá ser para valores en peso. (Rivva López, 1992, pág. 14)

2.2.5.1. Pasos en el diseño de la mezcla

a. Desarrollo de la secuencia de diseño

1) Selección de $f'c$ promedio ($f'cr$, $f'cp$)

Notación: (Rivva López, 1992, pág. 9)

$f'c$... Resistencia en compresión especificada del concreto, indicada en los planos y especificaciones de obra. Se expresa en kg/cm^2 .

$f'cr$... Resistencia en compresión promedio requerida, utilizada para la selección de las proporciones de los materiales que intervienen en la unidad cúbica de concreto.

- **Cálculo de la resistencia promedio:**

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión, aún cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio, debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no, y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos de $f'c$ especificado. Se puede considerar la resistencia promedio con que

uno debe diseñar una mezcla, teniendo en cuenta lo siguiente: (Lezama Leiva, 1996, pág. 55)

Tabla n° 13: Resistencia promedio.

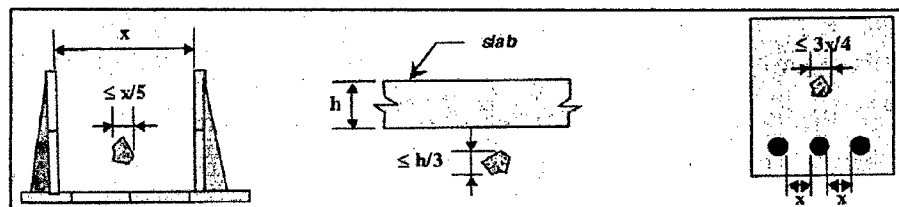
CONDICIÓN DE LA EJECUCIÓN EN OBRA	RELACIÓN APROXIMADA: f'_{cr} / f'_c
Excelentes.	1.15
Intermedias.	1.20 a 1.25
Corriente.	1.35 a 1.60

Fuente: Lezama Leiva (1996)

2) Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso

Según la Norma Técnica E.060 del RNE (pág. 17), el tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre las caras del encofrado, o
- Un tercio del peralte de la losa, o
- Tres cuartos del menor espacio libre entre barras de refuerzo individuales o en paquetes o tendones o ductos de presfuerzo.



Estas limitaciones pueden ser obviadas si, a criterio del Inspector, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación permiten colocar el concreto sin formación de vacíos o cangrejeras.

3) Selección del asentamiento (Slump)

El asentamiento a emplearse en obra será aquel indicado en las especificaciones. Si no lo indica, se seguirá uno de los siguientes criterios: (Rivva López, 1992, pág. 72)

- Se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3" y 4" si la consolidación es por vibración; y de 5" o menos si la compactación es por varillado.
- Seleccionando el valor más conveniente de la siguiente tabla:

Tabla n° 14: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

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

El asentamiento puede aumentarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración (varillado o picado).

Fuente: Rivva López (1992)

Podrá aceptarse en obra una tolerancia hasta de 25 mm, sobre el valor seleccionado para una muestra individual, siempre que el promedio de 5 muestras consecutivas no exceda del límite indicado. (Rivva López, 1992, pág. 72)

4) Selección del volumen unitario de agua

No presentándose generalmente el agregado en estado seco (tal como se toman para el diseño), la cantidad de agua seleccionada deberá posteriormente ser corregida en función de la humedad y absorción de los mismos. Igualmente la temperatura ambiente, así como la humedad relativa, pueden influir en la cantidad de agua a ser empleada. (Rivva López, 1992, pág. 75)

El empleo de las siguiente Tabla permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco. (Rivva López, 1992, pág. 75)

Tabla n° 15: Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en Its/m^3 , para los TMN de agregado grueso y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado.								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113

3" a 4"	228	216	203	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado.								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

- Esta Tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.
- Los valores de esta Tabla se emplearán en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponden a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C 33.

Si el valor del TMN es mayor de 1 ½", el asentamiento se determinará después de retirar, por cernido húmedo, las partículas mayores de 1 ½".

Fuente: Rivva López (1992)

5) Selección del contenido de aire

Podemos distinguir entre aire atrapado o aire natural y aire incorporado. Se denomina aire total a la suma de los volúmenes de los dos anteriores. (Rivva López, 1992, pág. 81)

Tabla nº 16: Contenido de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 ½"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: Rivva López (1992)

6) Selección de la relación Agua/Cemento (a/c)

La *relación a/c de diseño*, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco (SSS), es decir que no toma ni aporta agua. Mientras que *la relación a/c afectiva* se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado. (Rivva López, 1992, pág. 87)

Para condiciones de exposición severa, la relación a/c deberá mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con valores mayores. (Abanto Castillo, pág. 68)

- **Selección de la relación a/c por resistencia:**

Tabla n° 17: Relación a/c por resistencia.

f'_{cr} (28 días)	Relación a/c de diseño en peso.	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

- Esta Tabla es una adaptación de la confeccionada por el Comité 211 del ACI.
- La resistencia corresponde a ensayos en probetas cilíndricas de estándar de 15 cm × 30 cm, preparadas y curadas de acuerdo a la norma ASTM C31.
- La relación a/c se basa en TMN comprendidos entre 3/4" y 1". La resistencia producida por una relación a/c dada deberá incrementarse conforme el TMN disminuye.

Fuente: Rivva López (1992)

- **Selección de la relación a/c por durabilidad:**

En aquellos casos que deba seleccionarse la relación a/c por resistencia y durabilidad, se utilizará en la selección de las proporciones el menor de los dos valores, aún cuando con ello se obtengan resistencias en compresión mayores que la resistencia promedio seleccionada. (Rivva López, 1992, pág. 95)

Cuando los agregados tengan alto contenido de cloruros, deberán ser lavados antes de su utilización. (Rivva López, 1992, pág. 99)

- **Selección final y ajuste de la relación a/c:** (Rivva López, 1992, pág. 104)

- Si se emplean aditivos en solución, el agua de la solución deberá ser considerada como el agua de la mezcla, a fin de no alterar la relación a/c de diseño especificada.
- La relación a/c elegida será cuidadosamente controlada en obra, dentro de un límite de ± 0.02 .

7) Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Factor cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación } \frac{a}{c} \text{ (para } f'_{cp}\text{)}}$$

Si las especificaciones indican un contenido mínimo de cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que conduzca a una mayor cantidad de cemento. (Abanto Castillo, pág. 69)

La reducción del contenido de cemento por el empleo de aditivos químicos o de materiales puzolánicos, no es recomendable; salvo aprobación de la Inspección e Ing. Estructural. (Rivva López, 1992, pág. 105)

8) Selección del agregado

La selección de la combinación ideal de agregados en la práctica tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto. (Rivva López, 1992, pág. 109)

Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, puede incrementarse el valor del volumen de agregado grueso en 10% aproximadamente. (Abanto Castillo, pág. 71)

Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, el valor del volumen del agregado grueso puede reducirse hasta un 10%. (Abanto Castillo, pág. 71)

Tabla n° 18: Primera estimación del peso del concreto fresco.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso.	Primera estimación del peso del concreto, kg/m ³ .	
	Concreto sin aire incorporado.	Concreto con aire incorporado.
3/8"	2280	2200
1/2"	2310	2230
3/4"	2345	2275
1"	2380	2290
1 ½"	2410	2350
2"	2445	2395
3"	2490	2405
6"	2530	2435

* Los valores han sido calculados para concretos de riqueza meda (330 kg/m³) y asentamientos que corresponden a mezclas plásticas. Se ha considerado agregados que cumplen con la granulometría de la Norma ASTM C33 y tienen un peso específico promedio de 2.7.

** Si se desea, la estimación del peso puede ser corregida como sigue: por cada 5 lt de diferencia en el agua en relación con la Tabla respectiva, para valores del asentamiento de 3" a 4" corregir el peso por m³ en 8 kg en la dirección opuesta; por cada 20 kg de diferencia en el contenido de cemento corregir el peso por m³ en 3 kg en la misma dirección; por cada 0.1 de variación en el peso específico del agregado, en relación a 2.7, corregir 70 kg en la misma dirección.

Fuente: Rivva López (1992)

- **MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**

En la década de los 40, Henry Kennedy presenta un método de proporcionamiento basado en la relación agua-cemento y el módulo de fineza de la combinación de agregados para llegar a una adecuada proporción de las partículas de agregados fino y grueso. (Rivva López, 1992, pág. 5)

Hoy en los diseños de mezcla se considera que para mezclas ricas de alta resistencia, agregado de 1/2" a 3/8" puede ser el más conveniente, en tanto que en mezclas de resistencia media es más conveniente emplear agregado grueso de 3/4" a 1 1/2", y para mezclas pobres los mejores resultados se obtendrían con tamaños máximos mayores. (Rivva López, 1992, pág. 8)

o *Módulo de fineza de agregados combinados* (Abanto Castillo, pág. 30)

Cuando se combinan materiales de diferentes dimensiones como arena y grava, el procedimiento para determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados es el siguiente:

- a) Se calcula el módulo de fineza de cada uno de los agregados por separado.
- b) Se calcula el factor en que cada uno de ellos entra en la combinación.
- c) El módulo de fineza de la combinación de agregados será igual a la suma de los productos de los factores indicados por el módulo de fineza de cada agregado.

Es decir, si llamamos módulo de fineza de la combinación de agregados a m_c , módulo de fineza del A. fino a m_f y módulo de fineza del A. grueso a m_g , tenemos:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g$$

Para:

$$r_f = \frac{\text{Volumen absoluto del A. fino}}{\text{Vol. absoluto de los agregados}}$$

$$r_g = \frac{\text{Volumen absoluto del A. grueso}}{\text{Vol. absoluto de los agregados}}$$

Y:

$$r_f + r_g = 1$$

Donde:

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = \frac{\text{Peso seco del A. fino}}{\text{Peso específico de masa del A. fino}}$$

$$\text{Vol. Abs. A. grueso} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico de masa del A. grueso}}$$

Nota: Si se conoce m_f , m_g , m_c ; entonces:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f}$$

Tabla nº 19: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c) 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

* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

** Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

Fuente: Abanto Castillo (s.f.)

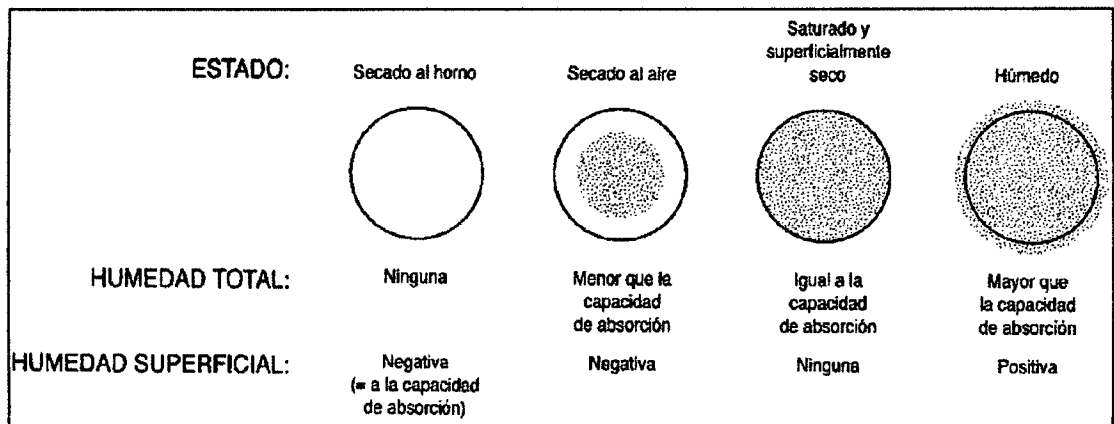
9) Ajustes por humedad del agregado

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados. La condición seca, es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado. (Rivva López, 1992, pág. 123)

- **Humedad superficial de los agregados** (Abanto Castillo, pág. 38)

Los agregados en obra pueden encontrarse en cuanto a humedad se refiere, en 4 condiciones: 1° totalmente secos, 2° semi-secos o secados al aire (algo de humedad pero menos de la necesaria para saturarse), 3° saturados pero superficialmente secos (condición ideal en que los agregados ni añaden ni quitan agua a la mezcla), 4° húmedos o mojados.

Figura n° 4: Variación de contenido de humedad en el agregado.



Fuente: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (1999)

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco (SSS), es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial, condición ideal que pocas veces se da en la práctica.

Para calcular el agua libre o el agua faltante de un agregado, que en general llamamos aporte de agua, se multiplicará la humedad superficial del mismo expresada en fracción decimal por el peso seco del agregado. Es decir:

$$\text{Aporte de agua} = \left[\frac{\text{Humedad Superficial}}{(\text{expresada en decimal})} \right] \times \text{peso seco}$$

$$\text{Aporte de agua} = \frac{\% w - \% a}{100} \times S$$

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo (kg)} = \left[\frac{\text{Peso del agregado grueso seco (kg)}}{\text{grueso seco (kg)}} \right] \times W_g \%$$

$$\text{Peso del agregado fino húmedo (kg)} = \left[\frac{\text{Peso del agregado fino seco (kg)}}{\text{fino seco (kg)}} \right] \times W_f \%$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{grueso seco (kg)}} \right] \times (W_g\% - a_g\%) = X \text{ (kg)}$$

$$\text{Agua en agregado fino} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{fino seco (kg)}} \right] \times (W_f\% - a_f\%) = Y \text{ (kg)}$$

$$\text{Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño (kg)} - (X + Y)$$

10) Selección de las proporciones del concreto

Se debe determinar las proporciones en peso de diseño (de los materiales sin corregir o ajustar) y de obra (de los materiales ya corregidos por humedad del agregado). Y los pesos por tanda de un saco o bolsa de cemento (cantidades de materiales por tanda de un saco). (Rivva López, 1992, pág. 168)

Fundamentalmente para evitar errores en el diseño originados por el esponjamiento del agregado fino, la selección de las proporciones se hace para proporciones en peso. (Rivva López, 1992, pág. 209)

11) Conversiones y rendimientos

Suele ocurrir que en obra no se cuenta con las facilidades necesarias para pesar los materiales integrantes del concreto, lo que obliga a trabajar con mezclas cuyas cantidades se miden en volumen (no recomendable). Lo que conlleva a convertir las proporciones en peso a una proporción en volumen aproximadamente equivalente y viceversa. (Rivva López, 1992, pág. 209)

Los rendimientos pueden emplearse para conocer la cantidad de cemento por m³; así como para estimar la cantidad de materiales requeridos en una obra dada. (Rivva López, 1992, pág. 210)

- **Conversión de dosificaciones en peso a volumen** (Rivva López, 1992, pág. 210)
 - a) Se parte de la dosificación en peso, ya corregida por humedad del agregado (valores de obra).
 - b) Conocer el contenido de humedad y el peso suelto seco de los agregados.
 - c) Determinación de la cantidad de materiales por tanda, a partir de la dosificación en peso, en base a un saco de cemento; multiplicando la dosificación por 42.5.

- d) Determinamos los pesos unitarios húmedos, multiplicando el peso unitario suelto seco por el contenido de humedad del mismo.
 - e) Determinar el peso por pie³ del agregado, sabiendo que $1 \text{ m}^3 \approx 35 \text{ pie}^3$, dividiendo el peso unitario suelto húmedo entre 35.
 - f) Para pasar a dosificación en volumen de obra, bastará dividir los pesos de cada uno de los materiales en la tanda de un saco entre los pesos por pie³, para obtener el número de pie³ necesarios para preparar una tanda de un saco.
- **Conversión de dosificaciones en volumen a peso** (Rivva López, 1992, pág. 212)
 - a) Se parte de la dosificación en volumen, ya corregida por humedad del agregado (valores de obra).
 - b) Conocer el contenido de humedad y el peso suelto seco de los agregados.
 - c) Determinamos los pesos unitarios húmedos, multiplicando el peso unitario suelto seco por el contenido de humedad del mismo.
 - d) Determinar el peso por pie³ del agregado, sabiendo que $1 \text{ m}^3 \approx 35 \text{ pie}^3$, dividiendo el peso unitario suelto húmedo entre 35.
 - e) Determinación de la cantidad de materiales por tanda, a partir de la dosificación en volumen, en base a un saco de cemento; multiplicando la dosificación por los pesos por pie³ de los materiales.
 - f) Para pasar a dosificación en peso equivalente de obra, bastará dividir los pesos de cada uno de los materiales en la tanda de un saco entre 42.5 (peso de un saco de cemento).
 - **Rendimiento de mezclas dosificadas en peso** (Rivva López, 1992, pág. 213)
 - a) *Rendimiento de una tanda de un saco*: Se debe calcular el peso total de los ingredientes que entran en la tanda (cemento, agua efectiva, agregado fino y grueso) y el resultado dividirlo entre el peso unitario del concreto por m³.
 - b) *Factor cemento de la unidad cúbica*: El número de sacos de cemento o tandas por m³ se obtendrá dividiendo la unidad entre el rendimiento de la tanda preparada en base a un saco de cemento.

- c) *Pesos de los materiales por m³*: Se obtendrán multiplicando el factor cemento por los pesos de los materiales de una tanda preparada en base a un saco de cemento, o dividiendo estos pesos entre el rendimiento por saco. Igualmente, a partir de estos valores húmedos se puede determinar los valores de diseño originales, conociendo los contenidos de humedad y absorción de los agregados.

2.2.5.2. Ajuste de las proporciones

Ya que para el diseño se emplean tablas y gráficos, la mayoría basados en experiencias de laboratorios extranjeros; finalizando el diseño de una mezcla de concreto, sus proporciones calculadas deberán ser comprobadas por medio de mezclas de prueba preparadas en el laboratorio y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASTM C192 (Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory) o por medio de tandas preparadas bajo condiciones de obra. (Rivva López, 1992, pág. 237)

Deben efectuarse todas las mezclas que sean necesarias, hasta conseguir un concreto que satisfaga todas las exigencias de las especificaciones de obra. (Rivva López, 1992, pág. 276)

2.2.5.2.1. Procedimiento

Si se desea conocer que ajustes deberá efectuarse en la mezcla para lograr un rendimiento adecuado, el asentamiento deseado, mantener la relación *a/c* y la resistencia de diseño; para concreto sin aire incorporado. (Rivva López, 1992, pág. 239)

1) Tanda de ensayo

Se prepara una tanda de ensayo en laboratorio. En la cual se verificará y obtendrá las condiciones anteriores, siendo necesario corregir algunas cantidades en los materiales, por ejemplo aumentar el agua (agua añadida).

2) Peso de la tanda (kg)

La tanda, para un volumen determinado de concreto y con la corrección en el agua efectuada, consistirá en la sumatoria de los pesos de los materiales (cemento, agregados húmedos, más agua añadida) para el volumen determinado de la tanda que se dan al multiplicar los pesos por m³ de obra por el volumen determinado.

3) Rendimiento de la tanda de ensayo

$$\text{Rendimiento de tanda de ensayo} = \frac{\text{Peso de la tanda}}{\text{PUconcreto}}$$

4) Agua de mezclado por tanda (lt/td)

Se debe determinar la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda; sumando al agua añadida en la tanda anterior (agua adicional) el aporte de humedad de los agregados (peso de diseño del agregado por el volumen determinado de concreto por la humedad superficial del mismo).

5) Agua de mezclado requerida (lt/m³)

$$\text{Agua de mezclado requerida} = \frac{\text{Agua de mezclado por tanda}}{\text{Rendimiento de tanda de ensayo}}$$

6) Corrección en el agua de mezclado (lt/m³)

En este caso, la cantidad de agua de mezclado requerida por m³ de concreto (nueva agua de mezclado) deberá ser incrementada en 2 litros por cada incremento de 1 cm, hasta obtener el asentamiento deseado.

7) Nuevo contenido de cemento (kg/m³)

$$\text{Nuevo contenido de cemento} = \frac{\text{Nueva agua de mezclado}}{\text{Relación a/c de diseño}}$$

8) Contenido de agregado grueso (kg/m³)

Estará en función de la trabajabilidad, si esta es satisfactoria la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto deberá mantenerse igual que en las mezclas de prueba. Por lo tanto:

$$AG \text{ húmedo} = \frac{\text{Peso en tanda}}{\text{Rendimiento de tanda de ensayo}}$$

$$AG \text{ seco} = \frac{AG \text{ húmedo}}{\left(1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100}\right)}$$

Si se diera el caso en que el concreto fuera encontrado sobrearenoso, la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen deberá ser incrementada en 10%; o viceversa.

9) Contenido de agregado fino, por el método de los pesos (kg/m³)

Con el nuevo peso unitario del concreto fresco medido en laboratorio (PUconcreto). El peso de AF requiere conocer primero el contenido de agregado grueso en el estado de SSS:

$$AG_{SSS} = AG \text{ seco} \times \left(1 + \frac{\text{Absorción}}{100}\right)$$

Luego:

$$AF_{SSS} = PU_{concreto} - (\text{Nuevo cemento} + \text{Agua corregida} + AG_{SSS})$$

$$AF \text{ seco} = \frac{AF_{SSS}}{\left(1 + \frac{\text{Absorción}}{100}\right)}$$

10) Contenido de agregado fino, por el método de volúmenes absolutos (kg/m^3)

En primer lugar se calcula el volumen absoluto de los diversos materiales integrantes de la mezcla, sin considerar el aire, y se suman (suma de volúmenes absolutos):

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Peso en tanda}}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Agua de mezclado por tanda}}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$AF \text{ seco} = \frac{(\text{Peso de diseño original} \times \text{Volumen determinado})}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$AG \text{ seco} = \frac{(\text{Peso de diseño original} \times \text{Volumen determinado})}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

Luego:

$$\text{Aire atrapado} = \text{Rend. de tanda de ensayo} - \text{Suma de volúmenes abs.}$$

Dicho procedimiento para la determinación del contenido de aire, está establecido por la norma ASTM C138 (Método gravimétrico).

Establecidas ya las proporciones ajustadas o corregidas de todos los componentes de la unidad cúbica de concreto, excepto el agregado fino (AF); tenemos:

$$\text{Vol. abs. AF seco} = 1 - \left[\sum \text{Vol. abs. (cem, agua, aire, AGseco)} \right]$$

$$AF \text{ seco} = \text{Vol. abs. AF seco} \times \text{Peso específico} \times 1000$$

11) Nuevos pesos secos de la tanda para 1 m^3 de concreto

De acuerdo a los ajustes efectuados, dichos valores deberán ser corregidos por condición de humedad de agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

2.2.6. Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto

El método estándar para la determinación de la resistencia del concreto, consiste en hacer y curar especímenes de prueba de resistencia. En las especificaciones del proyecto está especificado el número mínimo de especímenes requeridos. Todos los especímenes se deben hacer en, o cerca del sitio del curado inicial, para evitar posibles efectos perjudiciales al trasladarlos recién hechos.

2.2.6.1. Muestreo del concreto fresco (NTP 339.036/ASTM C172)

No se tomarán muestras ni del principio ni del final de la descarga. El muestreo podrá realizarse tomando porciones de, al menos, cinco lugares diferentes del montón formado. Además, la muestra tomada deberá ser remezclada y estar protegida del sol, del viento, de la lluvia y de la contaminación, durante el periodo entre su toma y su utilización no deberá ser superior a quince minutos. (Aragón Masís & Solano Jiménez, Manual de consejos prácticos sobre el concreto, 2006, pág. 26)

La *norma ASTM C172*, establece para el caso de mezcladoras estacionarias, hacer el muestreo mediante el paso de un receptáculo (recipiente) a través de la corriente de descarga a dos o más intervalos regularmente espaciados, durante la descarga de la porción media de la carga. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 187)

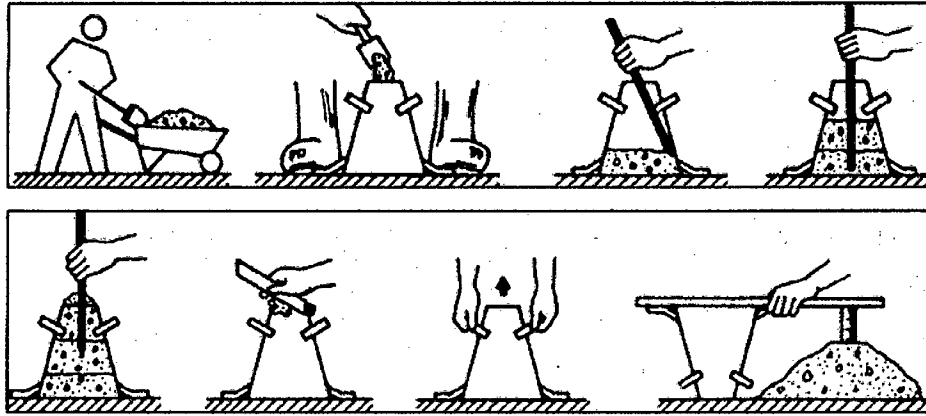
Los requisitos generales para las muestras son, que la cantidad de concreto muestreado sea más grande que el requerido para los especímenes o las pruebas, y no menor que 28 l para las pruebas de aceptación. Las muestras compuestas se deben mezclar (únicamente hasta lograr que sean uniformes) con una pala, y se deben usar en los primeros 15 minutos después de que ha comenzado el muestreo. Las pruebas para ver el contenido de aire y el revenimiento se deben comenzar en los primeros 5 minutos después de tener la muestra compuesta, y los especímenes para la prueba de resistencia se deben moldear en los primeros 15 minutos después. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 188)

2.2.6.2. Revenimiento en cono de Abrams (NTP 339.035/ASTM C143)

En la mayoría de los casos, la aceptación de un suministro de concreto depende de una variación de dos a tres centímetros en el asentamiento obtenido con el cono de Abrams. Realizar tres ensayos para obtener la determinación de la consistencia. No

utilizar nunca el concreto usado en el cono para fabricar cilindros destinados al ensayo de resistencia. (Aragón Masís & Solano Jiménez, 2006, pág. 29)

Figura n° 5: Ensayo de asentamiento.



Fuente: Sánchez de Guzmán (1997)

La *norma ASTM C143*, establece el siguiente procedimiento: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 188)

1. Coloque el cono húmedo y limpio sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente.
2. Llene el cono con concreto fresco en tres capas de igual volumen, con la capa superior amontonada encima del cono. Apisone con la varilla 25 veces cada capa. Mantenga el cono firmemente en su lugar durante el relleno y el varillado.
3. Después de que la última capa ha sido varillada, empareje el concreto al mismo nivel que la parte superior del cono; y
4. Levante el cono en un suave movimiento vertical, y mida el revenimiento con respecto al centro original con una aproximación de 6 mm.
5. Complete la prueba de revenimiento, a partir del llenado hasta la remoción del cono, en 2-1/2 min.

2.2.6.3. Temperatura del concreto fresco (NTP 339.184/ASTM C1064)

Este es un parámetro muy importante de controlar pues condiciona la velocidad con que se desarrolla el proceso de endurecimiento inicial del concreto. Para lo cual se debe contar con un termómetro de 0.5 °C de precisión en la lectura e introducir el termómetro por un tiempo mínimo de 2' hasta que se estabilice la lectura y un máximo de 5' desde la obtención de la muestra. El termómetro debe introducirse de manera que

esté cubierto con por lo menos 3” de concreto en todas las direcciones a su alrededor. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 342)

Según la *norma ASTM C1064*, la temperatura del concreto se toma cuando está recién mezclado, y también cuando está colocado para monitorear la elevación de la temperatura. Usualmente la temperatura inicial se toma con un termómetro de inmersión que esta graduado desde 0 °C hasta 66 °C. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 189)

Cuando se prevea que, dentro de las 48 horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0 °C. Debe suspenderse el hormigonado o tomar las precauciones del caso. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 67)

Como regla general y a pesar de las protecciones, no debe hormigonarse por encima de los 40 °C, o por encima de los 35 °C si se trata de elementos de mucha superficie (pavimentos, soleras, losas, etc.). (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 69)

2.2.6.4. Peso o masa volumétrica (Masa unitaria), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto (NTP 339.046/ASTM C138)

La prueba de peso volumétrico del concreto recién mezclado se usa también para determinar los factores de rendimiento del cemento y el contenido de aire.

La *norma ASTM C138* se basa en el pesaje del concreto en una medida unitaria de volumen conocido. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 189)

1. Llene el recipiente en tres capas iguales, varillando cada capa 25 veces, para un tamaño de 14 l ó menos, y 50 veces para recipientes de 28 l.
2. Golpee el recipiente de medición 10 veces o más, después de cada varillado, y luego enrace la parte superior, alisándola suavemente con una placa plana, que sea más grande que el diámetro del recipiente de medición.
3. Limpie el exterior y péselo.
4. La masa unitaria es la masa neta (masa total menos masa del medidor), multiplicado por el factor de calibración del medidor. El factor de calibración de un recipiente medidor puede determinarse determinando la masa neta del agua que puede contener, tal como se describe en ASTM C29.

Al depender el peso unitario del diseño teórico de la exactitud con que se hayan determinado las características físicas de los ingredientes, usualmente existe alguna diferencia entre éste y el real, que se cuantifica como el cociente del teórico entre el

práctico. Mientras el valor esté dentro del rango 0.98 a 1.02, el rendimiento es aceptable y no conviene hacer correcciones a las proporciones. Valores de Rendimiento fuera del rango indicado, son manifestaciones de que los datos de características físicas de los componentes adolecen de errores por lo que se tienen que determinar nuevamente con mayor precisión y replantear el diseño. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 343)

2.2.6.5. Elaboración de los especímenes

Para hacer especímenes cilíndricos de 15 cm × 30 cm de acuerdo con ASTM C31/NTP 339.033 (en campo) y ASTM C192/NTP 339.183 (en el laboratorio), el concreto debe ser muestreado tal como se describe en ASTM C172. El moldeo de los especímenes se debe comenzar en los primeros 15 minutos después de que la muestra ha sido compuesta, de la siguiente manera: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 190)

1. Llene el molde uniformemente en aproximadamente tres capas iguales con un cucharón o una cuchara (dos capas si se va a vibrar).
2. Varille cada capa 25 veces (los concretos con revenimiento de 2.5 cm o menos deben ser vibrados). Golpee ligeramente los lados después de cada varillado para cerrar los vacíos dejados por la varilla, y enrace la parte superior con una varilla o con una llana metálica o de madera.
3. Cubra el molde con vidrio, una placa metálica, una película de polietileno, o con una arpillera mojada, para evitar la rápida evaporación. Evite el contacto de los moldes de los cilindros hechos con cartón revestido con la arpillera mojada.

Todos los moldes se llenarán uniformemente, es decir, se colocará y compactará la primera capa en todos ellos, después la segunda capa en todos, etc. La tercera capa contendrá un exceso de concreto. (Aragón Masis & Solano Jiménez, Manual de consejos prácticos sobre el concreto, 2006, pág. 31)

Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio. Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar éste se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7.5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2.5 cm, para asentamientos entre 2.5 y 7.5 cm puede usarse varilla o vibrador preferiblemente el método empleado en la obra. (Rivera López, pág. 128)

2.2.6.6. Recomendaciones para la elaboración de una mezcla

En relación al tiempo de mezclado, las recomendaciones de fabricación del ACI 304, así como las recomendaciones usuales, recomiendan un minuto de mezclado por cada yarda cúbica (0.73 m³), más 1/4 de minuto por cada yarda cúbica adicional de capacidad (aproximadamente un tiempo total de dos minutos para dosificación y mezclado para concreto normal), y son empleadas como una guía satisfactoria para determinar el tiempo de mezclado.

El tiempo de mezclado se mide desde que todos los ingredientes están en la mezcladora. El mezclado prolongado puede causar pérdidas de humedad que dan por resultado una menor trabajabilidad, la cual a su turno puede requerir de reemplazo para restituir la trabajabilidad, reduciendo la resistencia potencial. (Rivva López, 2002, pág. 68)

Se establece las siguientes recomendaciones para la elaboración de una mezcla en obra: (Aragón Masís, 2006, pág. 10)

- 1) Curar el tambor, por 2 minutos, con un kilo de arena y un kilo de cemento.
- 2) Agregar la grava y después la arena; mezclar por 30 segundos.
- 3) Agregar el cemento y homogenizar, por 1 minuto.
- 4) Adicionar agua y mezclar por 3 minutos.
- 5) Detener el proceso cuando la mezcla tenga un color uniforme.
- 6) No debe sobremezclarse, pues los agregados pueden quebrarse y segregarse, lo que afecta la calidad de la mezcla endurecida.
- 7) La mezcla se vierte luego sobre las carretillas o en una batea limpia.
- 8) Hablando estrictamente, no es el tiempo de mezclado sino el número de revoluciones de la mezcladora lo que constituye el criterio de mezclado adecuado.
- 9) Generalmente, de 20 a 35 revoluciones o vueltas completas al trompo, son suficientes. El número de revoluciones y el tiempo de mezclado son interdependientes, pues hay una velocidad óptima de rotación que recomienda el fabricante de la mezcladora.
- 10) Se recomienda que todo el proceso (medida de los ingredientes, cargado en la batidora, mezclado y descarga) dure entre 4 y 6 minutos.

2.2.7. Curado

De las operaciones necesarias para la ejecución de elementos de hormigón, posiblemente sea el curado el más importante, por la influencia decisiva que tiene en la resistencia y demás cualidades del elemento final.

La duración e intensidad del curado están directamente relacionados con la temperatura y humedad del ambiente, de la acción del viento y del soleamiento directo, la cantidad de cemento, la relación a/c, las condiciones de exposición. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 69)

Como idea general y para unas condiciones medias diremos que, con cemento portland normal y para elemento de hormigón armado, el período de curado mínimo debe ser de 7 días, plazo que puede reducirse a la mitad si el cemento es de altas resistencias iniciales. Por el contrario, hay que aumentarlo a 15 días cuando se trate de cementos lentos. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 70)

Cuando se trate de probetas fabricadas con cemento Portland, el agua de la cámara de curación debe estar saturada de cal, pero no así si se trata de cemento portland con adiciones activas. (Jiménez, García, & Morán, 2000, pág. 110)

La adición de cal al agua (3 g/l) busca subirle el pH hasta un rango de 13 ó 14 para que no le quite cal al concreto (evita lixiviación). (Rodríguez Ríos, 2013, pág. 176)

El concreto, diferente del de alta resistencia temprana, debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10 °C y húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante los primeros 7 días contados a partir de su vaciado. El concreto de alta resistencia a edad temprana debe mantenerse a una temperatura por encima a 10 °C y húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante 3 días después de su vaciado. (Rivera López, pág. 150)

2.2.7.1. Curado de especímenes de compresión

(Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 190)

1. Los cilindros se curan en el campo durante las primeras 48 h, a una temperatura de 16 °C a 27 °C, para permitirles que desarrollen una resistencia adecuada para la transportación.
2. Los cilindros utilizados para verificar lo adecuado de la resistencia del concreto o como una base para la aceptación (que son los usos más comunes), se quitan de los moldes después de 24 h ± 8 h (a menos que sea transportado al laboratorio

para el curado estándar en las primeras 48 h) y después se almacenan en condiciones húmedas a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de las pruebas. Pueden sumergirse en agua saturada de cal, y se pueden colocar en gabinetes de curado o en cuartos para el curado (ASTM C511); y

3. Los cilindros que habrán de utilizarse para la determinación de la remoción de la cimbra o para decidir cuándo puede ponerse en servicio la estructura, o para verificar lo adecuado del curado, se almacenan en, o sobre la estructura, tan cerca como sea posible del punto donde se va a utilizar. Hasta donde es posible y práctico, reciben la misma protección y curado que la estructura. Los especímenes para determinar en qué momento una estructura se puede poner en servicio se quitan de los moldes al momento de la remoción de las cimbras.

2.2.8. Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034/ASTM C39)

Las pruebas de compresión de los cilindros de concreto se deben realizar sobre una máquina de pruebas calibrada, operada por motor, que proporcione una velocidad de carga uniforme de 1.4 a 3.5 kg/cm² por segundo, y que cumpla con los requisitos de ASTM E4 para las máquinas de prueba. Las superficies de apoyo deben ser planas y estar limpias, y el cilindro debe estar centrado en las cabezas de prueba.

Las pruebas de concretos con resistencias a compresión mayores de 420 kg/cm² requieren de atención especial de la resistencia de los materiales usados para el cabeceo, y a la rigidez de la máquina de pruebas. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 191)

Para un conjunto dado de materiales en una mezcla de concreto, hay un contenido dado de cemento el cual produce la máxima resistencia del concreto. Esta puede no siempre ser incrementada por el cemento añadido a la mezcla adicionalmente a este óptimo contenido de cemento. (Rivva López, 2002, pág. 60)

Para el ensayo de compresión deben sumergirse en agua los cilindros por 24±4 horas inmediatamente antes de la rotura para asegurar una condición uniforme de humedad; o deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo y se aplica carga a una velocidad constante (1.4 a 3.5 kg/cm²/s) hasta que el cilindro falle. (Rivera López, pág. 130)

La resistencia a la compresión se calcula así: (Rivera López, pág. 131)

$$RC = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Carga máxima aplicada en kg.

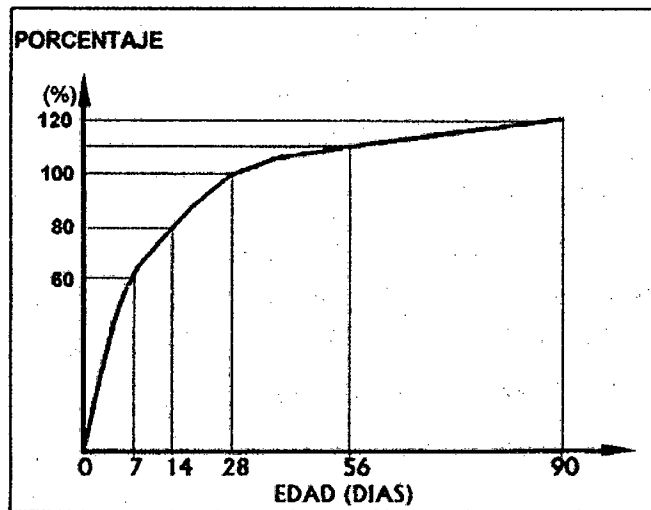
A = Área de la sección transversal en cm².

RC= Resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm², con aproximación a 1 kg/cm².

10 kg/cm² ≈ 1 MPa

Una práctica usual consiste en hacer una optimización preliminar antes de que las probetas de control tengan 28 días de edad (normalmente a 7 días), ya que es muy frecuente el tener la necesidad de contar con diseños aprobados a la brevedad. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 210)

Figura n° 6: Curva de resistencia a la compresión en función del tiempo.



Fuente: Sánchez de Guzmán (1997)

2.2.8.1. Tolerancia permisible para tiempo de ensayo

Todos los especímenes de prueba, serán rotos dentro de las tolerancias:

Tabla n° 20: Tolerancia permisible.

Edad de prueba	Tiempo de ensayo
24 h	± 0.5 h o 2.1%

3 días	2 h o 2.8%
7 días	6 h o 3.6%
28 días	20 h o 3.0%
90 días	2 días o 2.2%

Fuente: Norma ASTM C39 (2003)

2.2.8.2. Corrección por relación L/D del espécimen

Si L/D es 1.75 o menos, corregir el resultado de la resistencia a la compresión obtenido, multiplicando dicho valor por el factor, interpolar para casos especiales.

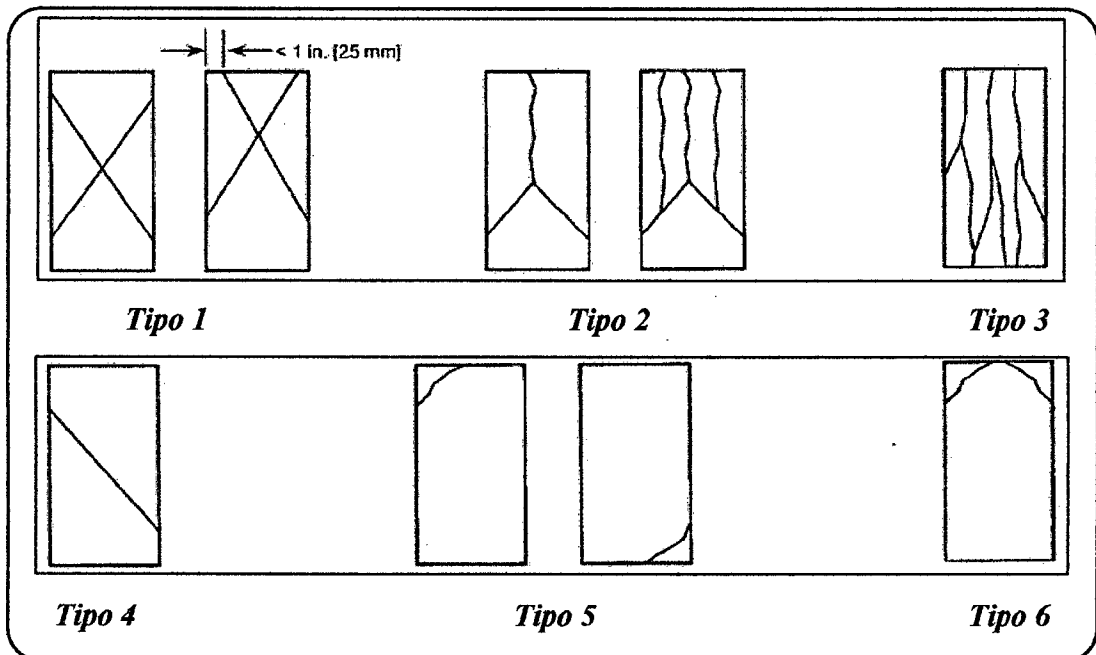
Tabla n° 21: Factor de corrección de la resistencia.

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
FACTOR:	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: Norma ASTM C39 (2003)

2.2.8.3. Tipos de falla (fractura) presentados en los ensayos a compresión

Figura n° 7: Tipos de falla de los cilindros de concreto.



Fuente: Norma ASTM C39 (2009)

2.2.8.4. Cabeceado de los especímenes cilíndricos de concreto para las pruebas de resistencia a la compresión

2.2.8.4.1. Almohadillas de neopreno (NTP 339.216/ASTM C1231)

Pueden usarse cojines elastoméricos no adheridos, restringidos por anillos de metal en las pruebas de los cilindros de concreto endurecidos en lugar de los cabeceos compuestos descritos en el ASTM C617. No se permiten las cabezas no adheridas para las pruebas de aceptación del concreto con resistencia a la compresión por debajo de 105 kg/cm² o por encima de 490 kg/cm², de acuerdo con el ASTM C1231. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 190)

2.2.8.5. Requisitos de aceptabilidad de la calidad del concreto

- El *ACI 318* reconoce que algunos resultados de ensayos pueden probablemente ser menores que la resistencia especificada. El concreto se considera aceptable si se cumplen los siguientes requisitos: (Rivva López, 2002, pág. 57)
 - a) El promedio de los resultados de todos los juegos de tres ensayos de resistencia consecutivos, deberá ser igual o exceder el valor de $f'c$ requerido.
 - b) Ningún ensayo individual de resistencia (promedio de dos cilindros o testigos) deberá estar por debajo de $f'c$ en más de 3.4 MPa (35 kg/cm²).
- Usualmente, en el Perú, se recomienda seguir los procedimientos estándar de la American Society for Testing and Materials (ASTM), excepto cuando los cambios son dictados por las peculiaridades de los concretos de alta resistencia. (Rivva López, 2002, pág. 79)
- La máquina de ensayos deberá cumplir con los requisitos de la norma ASTM C39 cuando es empleada para los ensayos de resistencia en compresión de las probetas cilíndricas. (Rivva López, 2002, pág. 79)
- Existe acuerdo en que la falla cónica es la más deseable y la más representativa de la resistencia del concreto. Igualmente que las fallas en corte o en columna, o una combinación de ambas, pueden no ser representativas de la resistencia real del concreto. (Rivva López, 2002, pág. 92)

Tabla n° 22: Normas para el control de calidad del concreto.

Variación Total					
Clase de operación	Desviación estándar para varias condiciones de control, kg/cm²				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Construcción general	< 28.1	28.1 – 35.2	35.2 – 42.2	42.2 – 49.2	> 49.2
Ensayo en laboratorio	< 14.1	14.1 – 17.6	17.6 – 21.1	21.1 – 24.6	> 24.6
Variación en Grupos de Prueba					
Clase de operación	Coefficiente de Variación, en Porcentaje				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Pruebas en campo	< 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	> 6
Ensayo en laboratorio	< 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	> 5

Fuente: American Concrete Institute (1980)

Tabla n° 23: Valores Mínimos en Pruebas de Resistencia a Compresión.

Número de pruebas consecutivas	Resistencia promedio para concreto calidad A, kg/cm²	Resistencia promedio para concreto calidad B, kg/cm²
1	$f'c - 50$	$f'c - 35$
2	$f'c - 28$	$f'c - 13$
3	$f'c - 17$	$f'c$
4	$f'c - 11$	-
5	$f'c - 7$	-
6	$f'c - 4$	-
7	$f'c$	-

Fuente: ACI Committee 214 (1977)

Se recomienda emplear concreto calidad A cuando se diseñe por el método de esfuerzos de trabajo, en pavimentos y en usos generales. El concreto clase B se

recomienda cuando se diseñe por el método de resistencia última, para concreto preesforzado y para estructuras especiales.

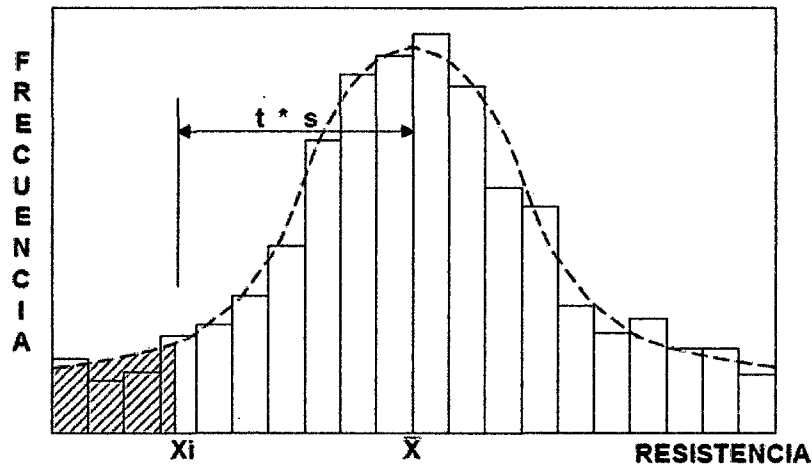
Cuando el número de pruebas es insuficiente (menos de 30), para el cálculo del promedio de pruebas consecutivas establecidas según la calidad del concreto, todos los promedios de pruebas consecutivas posibles de resultados obtenidos, deben ser igual o mayores que las cantidades indicadas en la Tabla anterior. (ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN - ONNCCE, 2004, pág. 14)

2.2.9. Estudio o análisis estadístico

Lo que prima es el criterio estadístico sobre el grupo y no un valor individual, que estadísticamente no permite concluir nada. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 332)

Se ha comprobado que los resultados de los ensayos de resistencia de una misma mezcla, se agrupan siguiendo una curva de distribución normal de frecuencias (distribución de Gauss o campana de Gauss). Lo anterior ha conducido a la presentación de procedimientos estadísticos sencillos, con base en los cuales se han fijado normas para la producción y aceptación de mezclas de concreto. (Rivera López, pág. 121)

Figura n° 8: Curva de distribución normal.



Fuente: Rivera López (s.f.)

De lo anterior podemos definir entonces la ecuación general de la curva de distribución normal.

$$\bar{X} = X_i + t * S$$

La ecuación de la curva de distribución normal también se puede expresar como:

$$\bar{X} = \frac{Xi}{1 - \frac{t * V}{100}}$$

En la siguiente tabla se muestran valores típicos del coeficiente de variación (V) y grado de uniformidad que puede esperarse en el concreto, bajo diferentes condiciones de producción. (Rivera López, pág. 123)

Tabla n° 24: Coeficiente de variación y grado de uniformidad en el concreto.

V (%)	UNIFORMIDAD DEL CONCRETO	CONDICIONES FRECUENTES EN QUE SE OBTIENE
0 – 5	Excelente	Condiciones de laboratorio.
5 – 10	Muy bueno	Preciso control de materiales y dosif. por masa.
10 – 15	Bueno	Buen control de materiales y dosif. por masa.
15 – 20	Mediano	Algún control de materiales y dosif. por masa.
20 – 25	Malo	Algún control de materiales y dosif. por volumen.
> 25	Muy malo	Ningún control de materiales y dosif. por volumen.

Fuente: Rivera López (s.f.)

2.2.9.1. Evaluación del grado de control

(Abanto Castillo, pág. 76)

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está ensayando y el cuidado con que se han hecho los ensayos.

La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el *promedio*, las más comunes de grado de uniformidad son la *desviación estándar* y el *coeficiente de variación*.

Tabla n° 25: Valores de V, para diferentes tipos de controles.

Coeficiente de Variación (V%)		Grado de control
Ensayos totales *		
Laboratorio	Campo	
< 5	< 10	Excelente
5 – 7	10 – 15	Bueno
7 – 10	15 – 20	Regular
> 10	> 20	Pobre
Ensayos internos **		Grado de control
Laboratorio	Campo	
< 3	< 4	Excelente
3 – 4	4 – 5	Bueno
4 – 5	5 – 6	Regular
> 5	> 6	Pobre

* Cuando se trabaja con varias muestras de hormigón (más de 15) falladas periódicamente.

** Cuando se trabaja con una muestra de hormigón (más de 2 cilindros) fallados simultáneamente.

Fuente: Giraldo Bolivar (1991)

2.2.9.2. Estudio estadístico del comportamiento mecánico del concreto

Los métodos estadísticos son aquellos que sirven para obtener conclusiones acerca de poblaciones a partir de muestras. Cuando se estudia una población, el interés se centra generalmente en una sola característica de los miembros de la población. Tal característica puede ser una variable continua, o una variable discreta. El término variable continua se aplica a variables capaces de tomar cualquier valor dentro de un intervalo de valores, *la resistencia a la compresión es una variable continua*, por esta razón, se empleará como distribución de frecuencia la distribución normal. Una propiedad muy importante de la curva normal es que su localización y forma quedan completamente determinadas por los valores de μ y σ . El primero establece el centro de la curva y el segundo, la dispersión de sus valores.

El área bajo la curva normal representa la frecuencia o probabilidad de ocurrencia. Para el desarrollo de esta investigación la probabilidad de encontrar resultados de los ensayos entre los límites $(\mu-\sigma)$ y $(\mu+\sigma)$ es de aproximadamente 95% y la probabilidad de encontrar una fracción defectuosa es del 5%. Cabe destacar que muchas de las propiedades de los materiales, y en particular la resistencia a la compresión del concreto, no se distribuyen estrictamente según una curva normal; sin embargo, las diferencias son relativamente pequeñas y quedan ampliamente compensadas por la ventaja de emplear la distribución normal.

2.2.9.2.1. Prueba de ajuste a una distribución normal

La distribución Normal es un modelo teórico desarrollado por el matemático Abraham de Moivre en 1773, y que comúnmente es aproximado en fenómenos naturales que generan variables aleatorias y continuas. Esta representa la distribución de frecuencias de una población de valores que hoy conocemos como curva normal, la cual tiene forma de una campana simétrica. (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 63)

Para poder aceptar que los valores de la muestra para la mezcla de concreto, se ajustan a una distribución normal es necesario que se cumplan los parámetros estadísticos, Coeficiente de Normalidad (P), debe encontrarse entre 0.05 y 1 para aceptar la estimación con un 95% de confiabilidad y el Estadístico de Contraste (W), debe ser lo más cercano a 1 pero mayor de 0.05.

2.2.9.2.2. Variable aleatoria “Z”

Una vez comprobado que los datos de las muestras se ajustan a una distribución normal, la variable aleatoria normal que es la resistencia a la compresión de los cilindros, se estandarizará a una variable aleatoria tipificada denominada Z.

Un tipo de distribución Normal especial es la distribución Normal Tipificada (0,1), simbolizada con la letra “Z”. Esta distribución se usa mucho en pruebas de hipótesis ya que cualquier dato “ X_i ” de una variable normal (μ, σ) se puede convertir en dato “ Z_i ” de una variable normal tipificada con la siguiente transformación: (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 64)

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Donde: X_i : valor dentro de un conjunto de datos (resistencia a la compresión).

μ : es la media del conjunto de datos.

σ : desviación estándar del conjunto de datos.

Generalmente para el estudio de este tipo de variables se escoge un valor de significancia del 5% debido a los errores en el laboratorio, es decir el 95% de probabilidad de ocurrencia (área bajo la curva normal) en donde métodos matemáticos avanzados han demostrado que el 95% del área total bajo la curva normal se encuentra en el intervalo $\mu - 2\sigma$ y $\mu + 2\sigma$, es decir, entre $Z = -2$ y $Z = 2$.

La probabilidad de ocurrencia del 95% denota que en el intervalo $-2\sigma \leq Z \leq 2\sigma$ la probabilidad de que la media de la población (μ) se encuentre presente es del 95% en donde los valores que se encuentren fuera de este rango se considerarán datos atípicos o fracción defectuosa. La mayoría de las observaciones de un conjunto de datos están a menos de dos desviaciones estándar de la media, por lo que Z presenta resultados menores a 2, es decir si el estadístico Z es mayor o igual a dos en valor absoluto el punto se encuentra fuera del intervalo considerado y debe ser rechazado.

2.2.9.2.3. Estadística descriptiva

Usualmente el investigador busca, en primer término, describir sus datos y posteriormente efectuar análisis estadísticos para relacionar sus variables; Es decir, realiza análisis de estadística descriptiva para cada una de sus variables y luego describe la relación entre éstas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1997, pág. 298)

A. Media

La media aritmética o simplemente media de un conjunto de mediciones es la medida de tendencia central más usada y conocida. Esta medida se simboliza como \bar{x} cuando representa la media de una muestra (ESTADÍSTICOS) y como μ para representar la media poblacional (PARÁMETROS). (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 21)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde x_i representa cada uno de los valores de la muestra y n , el número total de valores de la muestra.

B. Desviación estándar

El Desvío Estándar es la medida de dispersión más ampliamente usada y es la más estable ya que depende de todos los valores de la distribución. (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 28)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Donde i es cualquier valor de “1” a “ n ” o “ N ”, y “ n ” es el número total de datos de la muestra y “ N ” de la población.

C. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación, CV o V, es un cociente entre el desvío estándar y la media de los datos, expresado en porcentaje, $V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$. Este coeficiente permite comparar la variabilidad de diferentes muestras en una misma variable o la variabilidad existente entre variables diferentes. (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 29)

2.2.10. Economía del concreto

La economía en una mezcla de concreto se obtiene encontrando la combinación más apropiada entre los agregados disponibles, agua, cemento y cuando se requiera aditivos, utilizando la mínima cantidad de pasta (menos cemento) por unidad de volumen de concreto y que dé por resultado una mezcla que cumpla con los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para una estructura determinada. (Rivera López, pág. 105)

El costo del aditivo no solo se relaciona con la dosificación del concreto, sino también: por la cuantía mínima de cemento, el control de los requerimientos del agua, por los ahorros de energía, la economía en el tiempo de la colocación, disminución en los costos de las formaletas y encofrados debido al rápido desencofrado y la reutilización de los moldes, la facilidad en la colocación y compactación y el avance en forma considerable de la obra y puesta en servicio. (Rivera López, pág. 232)

En nuestro país, no es frecuente el empleo de aditivos por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria; pero si se hace un estudio detallado del incremento en el costo del m^3 de concreto (incremento que normalmente oscila entre el 0.5% al 5% dependiendo del producto en particular), y de la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento del equipo,

reducción de plazos de ejecución de las labores, mayor vida útil de las estructuras etc., se concluye en que el costo extra es sólo aparente en la mayoría de los casos, en contraposición a la gran cantidad de beneficios que se obtienen. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 113)

El análisis de costos para los diseños de mezcla, se realizará para 1m^3 de concreto tanto para el caso del concreto patrón (Mezcla A) como para el caso del concreto con aditivo (Mezcla B); teniendo en cuenta el costo de los insumos sin IGV y el empleo de los siguientes materiales para cada diseño de mezcla:

- Agregado fino de la cantera del río Chonta, planta de chancado “Roca Fuerte” de Baños del Inca.
- Agregado grueso de la cantera del río Chonta, planta de chancado “Roca Fuerte” de Baños del Inca.
- Cemento Pacasmayo tipo I, a precio de venta en la ciudad de Cajamarca.
- Aditivo acelerador de fragua para mortero y concreto tipo Chema 3, a precio de venta en la ciudad de Cajamarca.
- Agua de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.

2.2.10.1. Factores que influyen en la economía

(Rivera López, pág. 105)

- Gradación, forma y textura superficial de los agregados.
- Fluidez de la pasta.
- Tamaño máximo del agregado grueso.
- Porcentaje de arena en el agregado total.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- 1) **Aire atrapado (aire ocluido).**- Vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1 mm. (Portland Cement Association, 2004, pág. 397)
- 2) **Aire incluido (aire incorporado).**- Burbujas de aire microscópicas y esféricas-normalmente con diámetro entre 10 μm y 1000 μm – intencionalmente incorporadas en el concreto para suministrar resistencia a la congelación-deshielo y/o para mejorar la durabilidad. (Portland Cement Association, 2004, pág. 397)

- 3) **Anhídrido sulfúrico.-** Su contenido refleja el de yeso natural en el cemento. Se expresa como anhídrido sulfúrico, y actúa como regulador del fraguado. (Rivva López, 2000, pág. 125)
- 4) **Amasada.-** Cantidad de mortero u hormigón preparado de una sola vez. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. ii)
- 5) **Asimetría o Sesgo.-** La Asimetría es una medida necesaria para conocer cuánto se parece nuestra distribución a la distribución teórica de una “curva normal”.

$$Sesgo = \frac{3(\bar{x} - Mediana)}{S}$$

Sesgo estandarizado, es una medida que se calcula de la siguiente manera:

$$Sesgo_{estandarizado} = \frac{Sesgo}{\sqrt{6/n}}$$

Para datos que siguen una distribución normal, el sesgo estandarizado debe caer dentro de un intervalo (-2,+2). (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 31)

- 6) **Absorción.-** Es el proceso por el cual el hormigón ejerce atracción sobre los fluidos con los que está en contacto, de modo que las moléculas de estos penetren en él, llenando sus poros y capilares permeables. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 132)
- 7) **Adsorción.-** Es la retención, adhesión o concentración en la superficie de un sólido, de sustancias disueltas o dispersas de un fluido. Por lo general, cuando un sólido (hormigón) se halla en contacto con una disolución, la sustancia disuelta tiende a concentrarse en la superficie de contacto. Lo mismo ocurre con los gases que llevan alguna sustancia en suspensión. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 132)
- 8) **Aglomerante.-** Aglutinante, ligante. Material que posee la propiedad de aglutinar partículas sólidas para formar una masa coherente. (Sánchez Sabogal, 2005, pág. 3)
- 9) **Bachada.-** Cantidad de mezcla asfáltica o de concreto que se prepara durante un ciclo del mezclador en las plantas de tipo discontinuo o por peso. (Sánchez Sabogal, 2005, pág. 1)
- 10) **Chi-cuadrado (χ^2).**- La Ji cuadrada o Chi cuadrada, es una prueba estadística no paramétrica para evaluar hipótesis acerca de la relación entre dos variables categóricas (correlacionales).

Para saber si un valor de χ^2 es o no significativo, debemos calcular los grados de libertad. Éstos se obtienen mediante la siguiente fórmula: $Gf = (r-1)(c-1)$, de donde “r” es el número de renglones de la tabla de contingencia y “c” el número de columnas. Y acudimos con los grados de libertad que nos corresponden (v) a la tabla correspondiente (Distribución de Ji-cuadrada), eligiendo nuestro nivel de confianza (α). Si nuestro valor calculado de χ^2 es igual o superior al de la tabla, decimos que las variables están relacionadas (χ^2 fue significativa); caso contrario se rechaza la hipótesis de investigación y se acepta la nula. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1997, pág. 344)

- 11) Coeficiente de Normalidad (P).**- Corresponde al menor valor (P) arrojado por las pruebas: *Chi-cuadrado*, *Sesgo*, *Curtosis* y *Shapiro-Wilks*. La prueba de Chi-cuadrada divide el rango de los datos en clases igualmente probables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado de observaciones. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos. La prueba de Sesgo estandarizado busca falta de simetría en los datos. La prueba de Curtosis estandarizada busca si la forma de la distribución es más plana o picuda que la distribución normal. (Paquete estadístico Statgraphics, 2015)
- 12) Conglomerante.**- Material capaz de unir partículas de materiales inertes y dar cohesión al conjunto, por efecto de transformaciones físico-químicas en su masa. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. ii)
- 13) Concreto Rheoplástico.**- Concreto con excelentes características de manejabilidad manteniendo su cohesividad, lo cual permite su colocación de manera fluida y rápida, pudiendo bombearse de ser necesario. Se puede vaciar desde 5 metros de altura sin producir segregación. (Recuperado de: <http://www.unicon.com.pe/principal/categoria/rheoplastico/133/c-133>, el 24/11/14)
- 14) Concreto masivo.**- Concreto colado en la obra en volúmenes suficientemente grandes para requerir medidas que compensen los cambios de volumen causados por el aumento de la temperatura debido al calor de hidratación, a fin de que el agrietamiento sea el mínimo. (Portland Cement Association, 2004, pág. 399)

15) Curtosis.- La curtosis es una medida que indica o mide lo plano o puntiaguda que es una curva de distribución.

$$Curtosis = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 / n}{S^4}$$

Curtosis estandarizada, es una medida que se calcula de la siguiente manera:

$$Curtosis_{estandarizada} = \frac{Curtosis}{\sqrt{24/n}}$$

Para datos que siguen una distribución normal, la curtosis estandarizada debe caer dentro de un intervalo (-2,+2). (Dicovskiyy Riobóo, 2012, pág. 32)

16) Error de estimación.- Para que un intervalo contenga a la media poblacional con una probabilidad igual a $1 - \alpha$, ese error de estimación debe ser menor a la distancia $z_{(1-\alpha/2)}\sigma_x/\sqrt{n}$. Por extensión se puede decir que el error máximo ϵ_m permitido para que el intervalo contenga $(1-\alpha)$ 100% de las veces la media poblacional, es igual a: (Segnini, 2008, pág. 110)

$$\epsilon_m = |z_{(1-\alpha/2)}\sigma_x/\sqrt{n}|$$

17) Escarificar.- Acción de desprender la costra superficial del hormigón o del mortero, parcial o totalmente, por un procedimiento mecánico. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. ii)

18) Ecurrimiento plástico.- O flujo plástico, es la propiedad de muchos materiales mediante la cual ellos continúan deformándose a través de lapsos considerables bajo un estado constante de esfuerzo o carga. La velocidad del incremento de la deformación es grande al principio, pero disminuye con el tiempo, hasta que después de muchos meses alcanza asintóticamente un valor constante. (Recuperado de: <http://www.construaprende.com/docs/tesis/293-concreto-presforzado?start=27>, el 02/12/14)

19) Estadístico de Contraste (W).- Entre los numerosos métodos usados para probar la normalidad de un conjunto de datos, destaca la prueba de Shapiro-Wilk por ser una de la más sencilla y potentes. La única condición es que el tamaño de la muestra debe ser igual o menor a 50. (Segnini, 2008, pág. A1)

20) Etringita.- Compuesto cristalino en la forma de aguja que se produce por la reacción del C3A, yeso y agua en el concreto de cemento portland. (Portland Cement Association, 2004, pág. 400)

- 21) Falso fraguado.-** Fenómeno que se produce durante y después del mezclado y que se caracteriza con un espesamiento de la pasta o mortero sin desprendimiento apreciable de calor. Un mezclado prolongado restituye al material su plasticidad. (Rivva López, 2000, pág. 125)
- 22) Homogeneidad y Uniformidad.-** Homogeneidad es la cualidad que tiene un hormigón para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa (en una sola amasada). Y uniformidad se le llama cuando esta característica se da en varias amasadas. (Recuperado de: <http://html.rincondelvago.com/propiedades-del-hormigon-fresco.html>, el 24/11/14)
- 23) Juntas frías.-** Una junta o discontinuidad resultante de un retraso en el vaciado lo suficientemente largo para evitar la unión entre los materiales de dos capas sucesivas de hormigón o motero. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. iii)
- 24) Óxido de magnesio.-** Es la cantidad de magnesio contenido en el cemento y determinada como óxido de magnesio, el cual influye en cambios volumétricos de los morteros y concretos. (Rivva López, 2000, pág. 125)
- 25) Partes por millón (ppm).-** Unidad química equivalente a la cantidad de masa del soluto que hay en un millón de unidades de masa de la solución. (Sánchez de Guzmán, 1997, pág. 59)
- 26) pH.-** Logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas. (Sánchez de Guzmán, 1997, pág. 59)
- Símbolo químico para el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno en átomos gramo por litro, usado para expresar la acidez y la alcalinidad (base) de la solución en una escala de 0 a 14, donde menos que 7 representa acidez y más que 7 alcalinidad. (Portland Cement Association, 2004, pág. 402)
- 27) Rango.-** El Rango, Recorrido o Amplitud de un conjunto de mediciones, es la diferencia entre el valor mayor (máximo) y el valor menor (mínimo). Cuanto más grande es el rango, mayor será la dispersión de los datos de una distribución. (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 27)
- 28) Variable aleatoria “Z”.-** Un tipo de distribución Normal especial es la distribución Normal Tipificada (0,1), simbolizada con la letra “Z”. Esta

distribución se usa mucho en pruebas de hipótesis ya que cualquier dato “ X_i ” de una variable normal (μ, σ) se puede convertir en dato “ Z_i ” de una variable normal tipificada con la siguiente transformación: (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 64)

29) Varianza.- La varianza es el desvío estándar elevado al cuadrado y se simboliza con S^2 cuando es de una muestra, o σ^2 cuando es poblacional. Esta es una medida que se usa en muchas pruebas de Hipótesis estadísticas; pero para fines descriptivos se prefiere usar el desvío estándar en vez de la varianza, que suele ser un valor mayor y difícil de interpretar. (Dicovski Riobóo, 2012, pág. 29)

Es el parámetro estadístico de dispersión que mide el grado de variabilidad que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales entre los casos de una muestra (o varias muestras) respecto de una o varias variables numéricas continuas o cuantitativas.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA O ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), la cual se encuentra ubicada en la Av. Atahualpa N° 1050, en la ciudad de Cajamarca, Norte del Perú. Con coordenadas UTM: 9 206 975-N y 776 618-E y una altitud de 2687 msnm.

Figura n° 9: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Google Earth (2014)

3.2. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló en el lapso comprendido entre los meses de Setiembre de 2014 y Abril de 2015.

3.3. RECURSOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

- **Recursos Humanos:**
 - ✓ Tesista: Bach. Ing. PAUL JOAO INCIO ABANTO.
 - ✓ Asesor: Ing. JOSÉ LÁZARO LEZAMA LEIVA

- ✓ Otros colaboradores.
- **Recursos Materiales:**
 - ✓ Agregados finos (arena) y gruesos (grava) de río, para concreto.
 - ✓ Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo.
 - ✓ Agua de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.
 - ✓ Aditivo CHEMA 3 – acelerante de fragua para mortero y concreto.
 - ✓ Gas para cocina, aceite como antiadherente para ayudar el desencofrado de los cilindros, cal para agua de curado.
- **Maquinaria Utilizada:**
 - ✓ Máquina de Abrasión de Los Ángeles.
 - ✓ Máquina Universal para Compresión.
 - ✓ Movilidad para el transporte de los agregados y otros equipos, materiales, herramientas y personal.
- **Equipo Utilizado:**
 - ✓ Mezcladora para concreto (tipo trompo), carretillas y buggies.
 - ✓ Balanzas, tamices, horno, cepillo, brocha, taras (depósitos de diferentes tamaños de aluminio y plástico), charolas.
 - ✓ Tanque contenedor de agua para ensayo de peso específico del agregado grueso (peso sumergido).
 - ✓ Moldes cilindricos metálicos y plásticos, varilla de acero, placa de vidrio, espátula, cucharón, badilejo, combo o mazo de goma, cono de Abrams.
 - ✓ Computadora, cámara fotográfica.
 - ✓ Deformímetro (micrómetro), termómetro.
 - ✓ Cono y pisón para arena, fiola de 500 ml, probeta graduada, canastillas o cestas de alambre.
 - ✓ Guantes, franelas, plásticos, sacos (costales), bolsas, baldes, latas.
 - ✓ Cocina a gas para secado de muestras.
 - ✓ Tanque de curado para especímenes de concreto.
 - ✓ Cronómetro o reloj.
- **Herramientas Utilizadas:**
 - ✓ Palana (pala), pico, martillo, combo, cincel, wincha, regla, alicate.

3.4. METODOLOGÍA A SEGUIR EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- **PARÁMETROS FIJOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO**

Condiciones de laboratorio:

La determinación de las propiedades físico – mecánicas de los agregados, elaboración de las mezclas y las pruebas al concreto en estado fresco y endurecido se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC); efectuadas por el realizador de ésta investigación, a excepción de aquellas en que se requiera la colaboración de personal especializado en la utilización de algún tipo de equipo o máquina.

Agregados para el concreto:

El agregado fino y grueso son extraídos del río Chonta, Sector Otuzco, para ser procesados en la Planta de Chancado “Roca Fuerte” del Ing. José Ernesto Acosta Gálvez (Ingeniero Contratista), ubicada en Jr. Cahuide N° 340 – Los Baños del Inca – CAJAMARCA (Malecón del Chonta S/N – Sector Las Cacitas) con coordenadas UTM: 9 207 549-N y 779 664-E y una altitud de 2662 msnm.

Figura n° 10: Ubicación geográfica de la planta de chancado “Roca Fuerte” – cantera del río Chonta.



Fuente: Google Earth (2014)

Cemento:

El cemento que se usó para la elaboración de todas las mezclas de concreto es de origen local, cemento Portland Tipo I de la Empresa Pacasmayo, elaborado con base en la norma NTP 334.009 / ASTM C150.

Agua:

Para esta investigación se utilizó el agua extraída en el Campus de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.

Aditivo:

El tipo de aditivo que se utilizó para elaborar las mezclas de concreto pertenece a la familia de aditivos acelerantes (Tipo C). El aditivo es fabricado por la Empresa Chema, llamado Chema 3, que es un acelerante de fragua para concreto y mortero libre de cloruros y produce ganancias tempranas de la resistencia a la compresión, logra una reducción aproximada del 20% de tiempo de fragua. (Chema, 2014)

Método de proporcionamiento de las mezclas:

Las proporciones de los componentes de todas las mezclas de concreto de peso normal se obtuvieron mediante la utilización del método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados. Haciendo uso así mismo, de las tablas presentadas por el ACI, para el proporcionamiento de algunos componentes.

Resistencias a la compresión en estudio (especificada de diseño):

La resistencia a la compresión de diseño del concreto en estudio, está fijada en 210 kg/cm²; la que sirvió para el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

Revenimiento:

Este parámetro se fijó en el rango de 3 a 4 pulgadas, esto considerando una consistencia plástica para una mezcla trabajable.

Dosificación del aditivo acelerante:

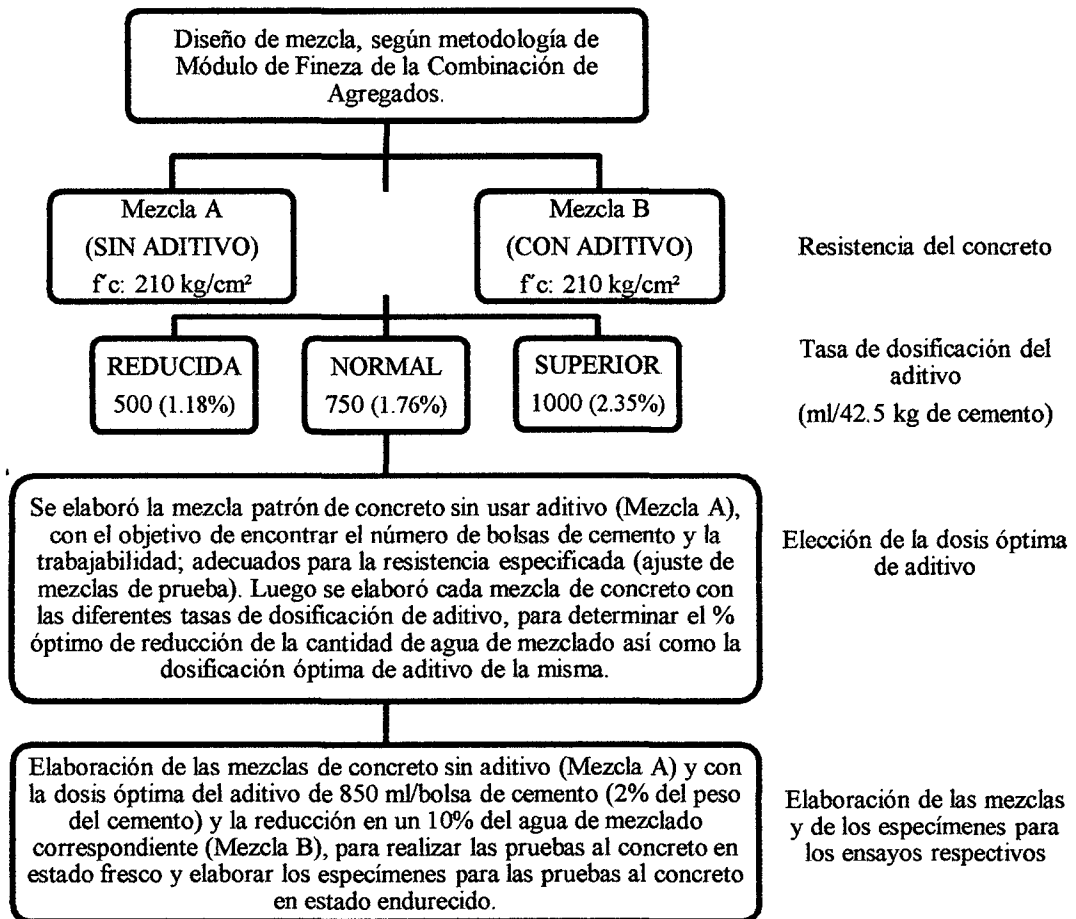
La dosificación se realizó de acuerdo al rango especificado en la Hoja o Ficha Técnica de dicho aditivo.

Antes de utilizar cualquier dosificación, es necesario que se elaboren mezclas de prueba sin aditivo, con el fin de determinar la cantidad de agua adicional a la establecida por el diseño, que ha de ser agregada al concreto para conseguir la trabajabilidad deseada, y establecer así una nueva cantidad de agua de mezclado sobre la que será aplicado el porcentaje de reducción de agua que genera una tasa de dosificación específica de aditivo acelerante. Para establecer el porcentaje o dosis adecuada para el aditivo utilizado, se aplicaron diferentes dosis a cada mezcla para poder obtener por prueba y error, la dosis óptima que genere la consistencia, trabajabilidad y resistencia deseada en el concreto.

• **PARÁMETROS VARIABLES EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO**

Temperatura del concreto fresco, contenido de humedad de los agregados, temperatura del agua de curado, temperatura y humedad relativa del ambiente, viento y lluvia.

Figura nº 11: Secuencia de actividades para elaborar las mezclas de concreto.



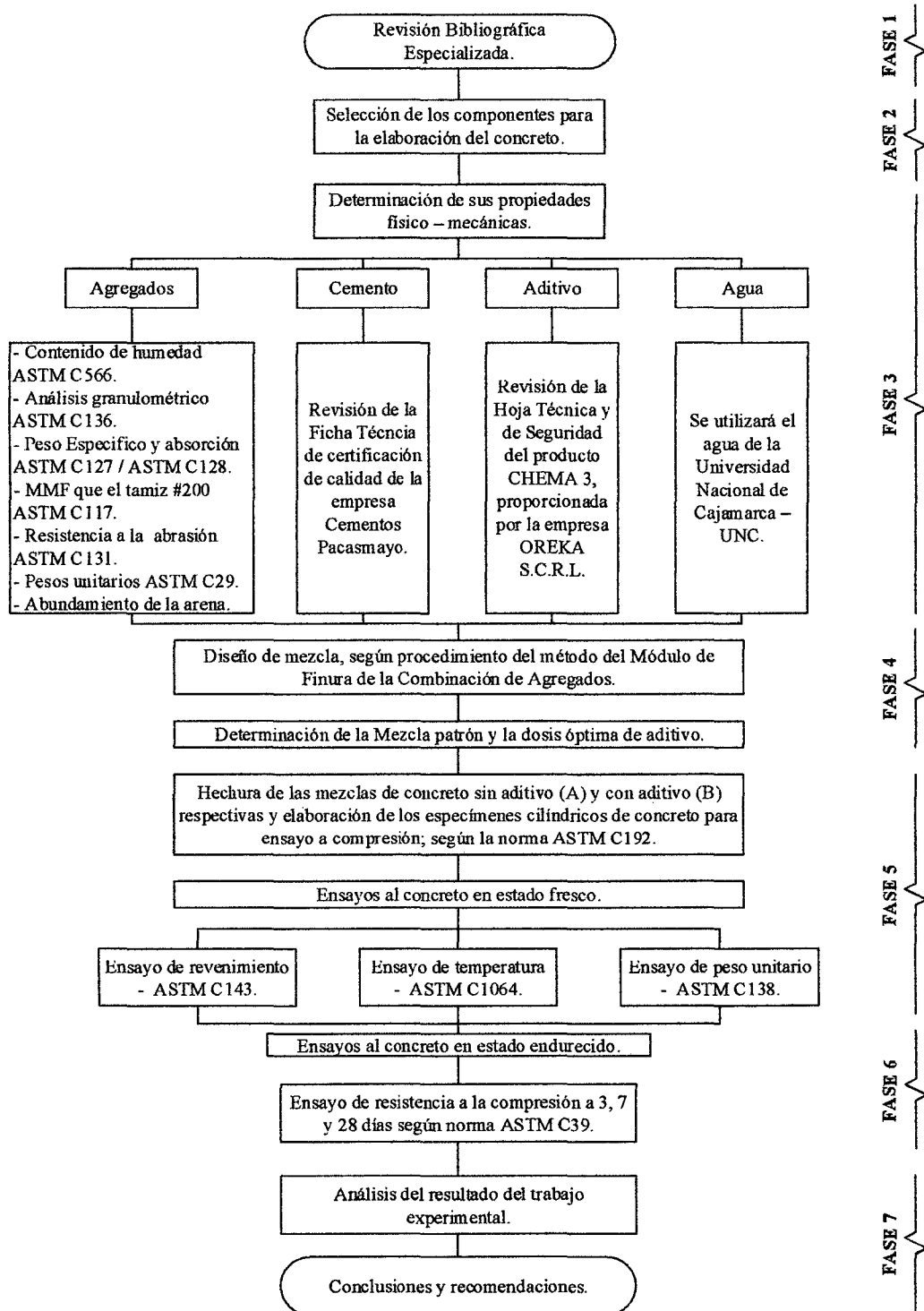
Fuente: Elaboración propia (2014)

• **UNIDADES DE ESTUDIO**

Cada una de las mezclas y unidades de estudio (especímenes cilíndricos de concreto) se elaboraron mecánicamente en una mezcladora de concreto tipo trompo, con una capacidad adecuada (9 – 11 pies³). Para cada una de las mezclas se elaboró concreto para 60 especímenes; 20 se ensayaron a las edades de 3 días, 20 a los 7 días y 20 a 28 días de edad; y de los cuales se utilizaron 15 especímenes para la determinación del Módulo de Elasticidad, 5 especímenes por edad (haciendo un total de 20 especímenes

por edad, 60 especímenes por tipo de mezcla y 120 especímenes entre las mezclas A y B).

Figura n° 12: Secuencia del proceso de investigación del trabajo de graduación.



Fuente: Elaboración propia (2014)

Figura n° 13: Codificación para los cilindros de concreto.

TIPO DE MEZCLA	-	F' C	-	DÍA	MES	AÑO	-	# DE ESPÉCIMEN
A	-	210	-	01	11	14	-	1

Fuente: Elaboración propia (2014)

3.5. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para esta etapa de la investigación, el tratamiento y análisis de los datos se realizó haciendo uso tanto de la estadística descriptiva, así como de la estadística inferencial.

Aunque hay tendencia a generalizar a toda la población, las primeras conclusiones obtenidas tras un análisis descriptivo, es un estudio calculando una serie de medidas de tendencia central, para ver en qué medida los datos se agrupan o dispersan en torno a un valor central. La segunda, ya que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determina propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma (muestra).

La presentación de resultados se hará haciendo uso de Tablas, Gráficos y Porcentajes; de los cuales se sacarán algunos comentarios en función de los objetivos e hipótesis planteadas.

Para el desarrollo del proceso indicado anteriormente, se hará uso de un software o programa computacional adecuado. Se trabaja con Microsoft Office Excel 2013 y STATGRAPHICS Centurion XVI.II en su versión: v16.2.04.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis, discusión e interpretación de los resultados obtenidos después de haber realizados los ensayos pertinentes.

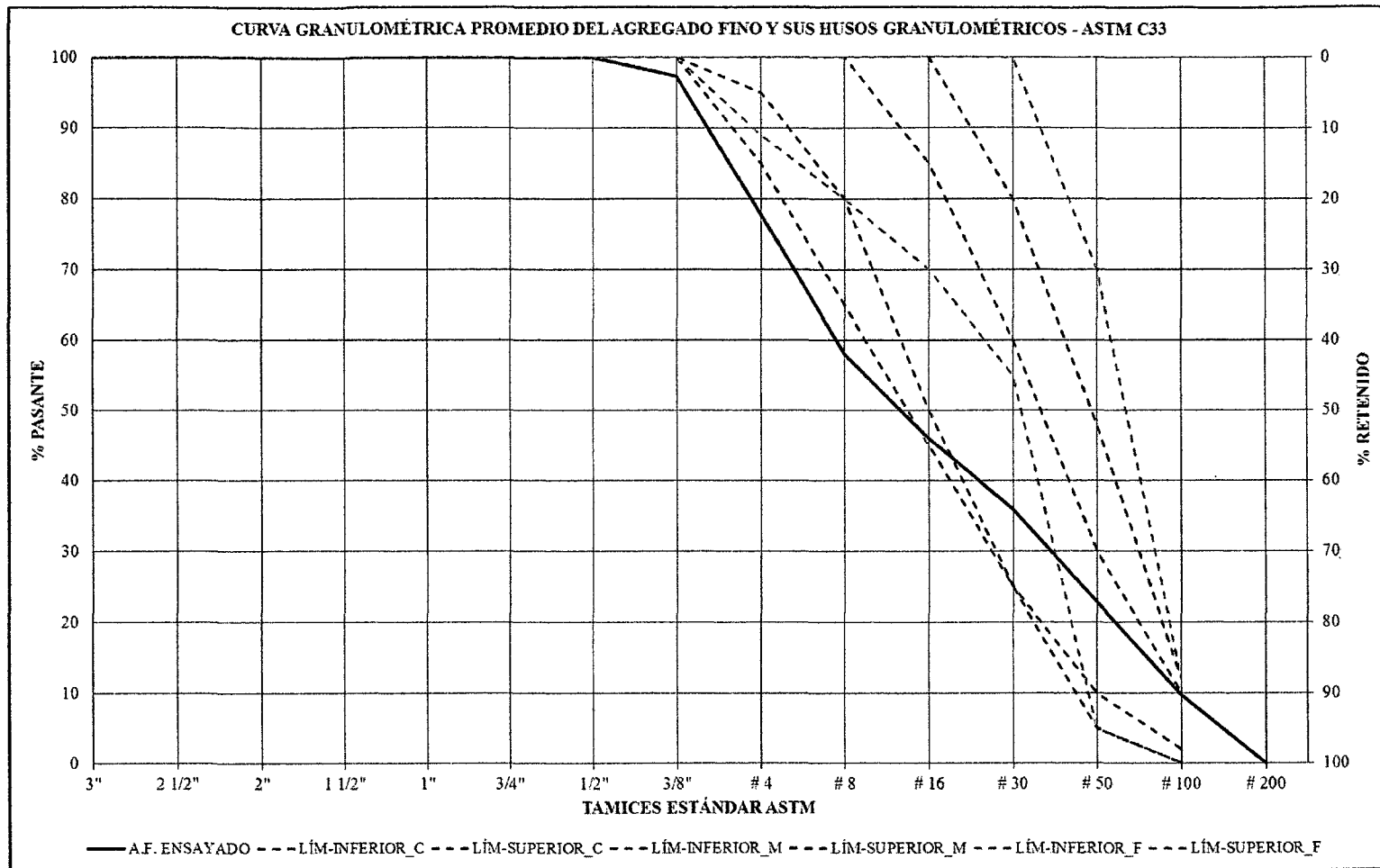
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO

Tabla n° 26: Propiedades físicas del agregado fino.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	SUB-ANGULAR
TEXTURA	ÁSPERA
MÓDULO DE FINEZA	3.52
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm ² /gr)	27.29
TAMAÑO MÁXIMO (")	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	-
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.53
% HUMEDAD	6.58
% ABSORCIÓN	1.74
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	6.53
% ABRASIÓN	-
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	16.845
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	0.501
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³) :	1663
PESO UNITARIO	
COMPACTADO (kg/m ³) :	1784
% ABUNDAMIENTO :	15.5

Fuente: Elaboración propia (2014)

Gráfico n° 1: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia (2014)

COMENTARIOS:

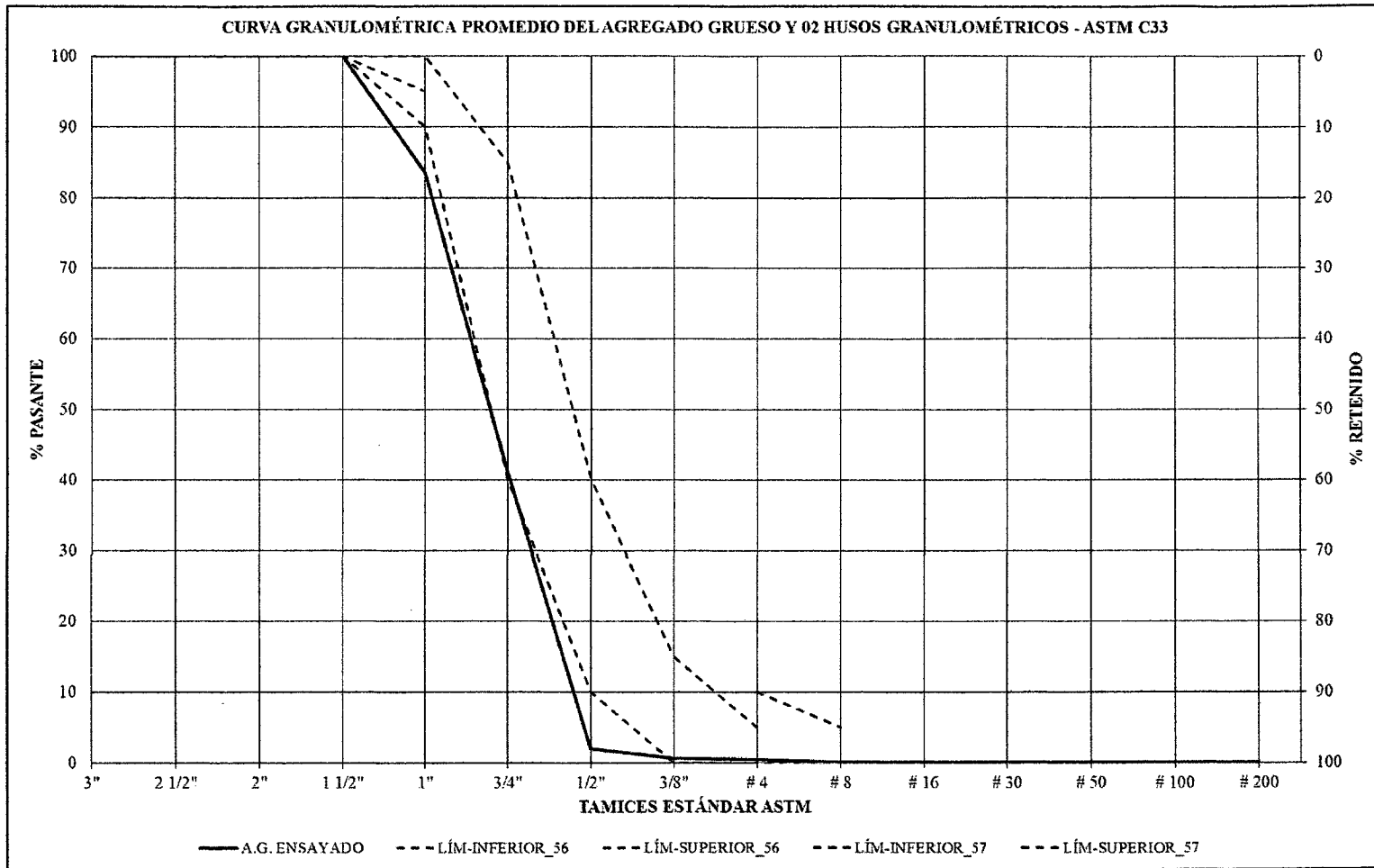
- Según el mf calculado de 3.52, se observa que está por encima de lo especificado por la Norma Técnica (entre 2.3 a 3.1). Esta deficiencia será sobrellevada gracias al empleo en el diseño de la mezcla del método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados; ya que ayuda a ajustar en forma inversamente proporcional (IP) la cantidad de arena óptima en función de su módulo de finura (mf).
- De acuerdo a la absorción, se puede decir que las partículas presentan una porosidad del orden del 1.9%.
- Un valor relativo del contenido de vacíos en un orden del 29.5%.
- La determinación del abudamiento de la arena se hace importante en las dosificaciones en volumen de obra. El abudamiento de 15.5% indica que corresponde a una arena gruesa.
- Respecto al material que pasa la malla N°200, se está cumpliendo con la especificación de máximo 7% para agregado fino chancado.
- El contenido de humedad de 6.58%, refleja la especificación de 8% aproximadamente. Ésta propiedad estará en función del clima que se presente.
- Se puede observar que la S.e. de la arena es bastante alta en comparación a la de la grava. Este valor es inversamente proporcional a la consistencia del concreto.
- Vemos que el Cu es mayor a 6.0 y el Cc no se encuentra dentro del rango de 1 a 3; lo que indica que cumple el primer parámetro, pero no el segundo.
- Según el gráfico mostrado se observa que la curva granulométrica del agregado fino analizado no se encuentra en su totalidad dentro de los Husos Granulométricos dados por la Norma Técnica, lo que indica que el agregado no es bien gradado.

Tabla n° 27: Propiedades físicas del agregado grueso.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	ANGULAR
TEXTURA	RUGOSA
MÓDULO DE FINEZA	7.58
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm²/gr)	1.16
TAMAÑO MÁXIMO (")	1 1/2"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	1"
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.59
% HUMEDAD	0.67
% ABSORCIÓN	1.05
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	0.26
% ABRASIÓN	27.27
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	1.685
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	1.001
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³) :	1332
PESO UNITARIO	
COMPACTADO (kg/m³) :	1512
% ABUNDAMIENTO :	-

Fuente: Elaboración propia (2014)

Gráfico nº 2: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia (2014)

COMENTARIOS:

- Con respecto a la granulometría de la grava, se pudo visualizar que presenta partículas de forma elongada y laminada. Respecto a su textura rugosa, se puede decir que presenta partículas que facilitarían la adherencia agregado – pasta de cemento.
- Se está cumpliendo con el contenido que pasa una malla y se retiene en la siguiente, inferior al 45%. Para ambos agregados.
- De acuerdo a la absorción, se puede decir que las partículas presentan una porosidad del orden del 1.2%.
- Un valor relativo del contenido de vacíos en un orden del 41.6%.
- Respecto al material que pasa la malla N°200, se está cumpliendo con la especificación de máximo 1%.
- El contenido de humedad de 0.67%, refleja que este agregado pierde humedad muy fácilmente o su capacidad de retención de humedad es bastante baja en comparación con el agregado fino.
- Al presentar una resistencia a la abrasión de 27.27%, se está cumpliendo con la norma que indica un valor máximo de 50% de desgaste. Además nos indica que se trata de un agregado de buena calidad.
- Presenta una S.e. baja, lo que indica mayor diámetro de las partículas y una menor área superficial a ser cubierta por la pasta y menor agua de mezclado.
- Vemos que el Cu no es mayor a 4.0 y el Cc se encuentra dentro del rango de 1 a 3; lo que indica que cumple el segundo parámetro, pero no el primero.
- Según el gráfico mostrado se observa que la curva granulométrica del agregado grueso analizado se encuentra sólo una parte dentro del Huso N° 56 dado por la Norma Técnica, lo que indica que el agregado no es bien gradado.

4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON 2% DE ADITIVO CHEMA 3 A LAS EDADES DE 3, 7 Y 28 DÍAS; COMPARÁNDOLO CON EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO SIN ADITIVO

El análisis se realizó por medio de histogramas de frecuencias, elaborados con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.II en su versión: v16.2.04; el cual es un programa que facilita el manejo de los datos a través de un poderoso sistema que permite producir análisis estadísticos avanzados, generando informes tabulares, gráficos, diagramas de distribuciones y tendencias, estadísticos descriptivos, entre otros.

También cabe indicar que se siguió las diferentes pruebas y procedimientos estadísticos precisados en la parte del Marco Teórico, presentando los diferentes resultados de forma pertinente y ordenada para cada caso.

4.2.1. Prueba de ajuste a una distribución normal

Utilizando como herramienta el paquete estadístico STATGRAPHICS, se procedió al cálculo del Valor Probabilístico (P) y el Estadístico de Contraste de Shapiro-Wilk (W), los cuales son indicativos sobre la aceptación o no de una distribución normal.

Tabla n° 28: Valores probabilísticos.

TIPO DE MEZCLAS		VALOR PROBABILÍSTICO “P”				ESTADÍSTICO DE CONTRASTE “W”
		Chi-Cuadrado	Shapiro-Wilk	Sesgo	Curtosis	
Sin Aditivo “A”	3 DÍAS	0.570438	0.625203	0.943305	0.756093	0.963942
	7 DÍAS	0.44931	0.430934	0.536909	0.833186	0.953343
	28 DÍAS	0.0887402	0.36701	0.897633	0.765799	0.949208
Con Aditivo “B”	3 DÍAS	0.910297	0.796228	0.579507	0.993715	0.972599
	7 DÍAS	0.570438	0.306106	0.487558	0.91208	0.944717
	28 DÍAS	0.0887402	0.68364	0.962234	0.383225	0.966869

Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En base a la tabla anterior se puede apreciar los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si las mezclas patrón y las mezclas elaboradas con aditivo

acelerador de fraguado CHEMA 3 ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días respectivamente, cumplen con una distribución normal y para todas las muestras, ningún valor probabilístico de P resultó menor a 0.05 y los valores de W están cercanos a la unidad y son mayores a 0.05, lo que indica que los datos de todas las muestras se ajustan satisfactoriamente a una distribución normal.

4.2.2. Variable aleatoria “Z”

A continuación se presentan las tablas de los valores de “Z” para cada una de las muestras, ya establecidos con sus respectivos gráficos de rango de aceptación e histogramas de frecuencias.

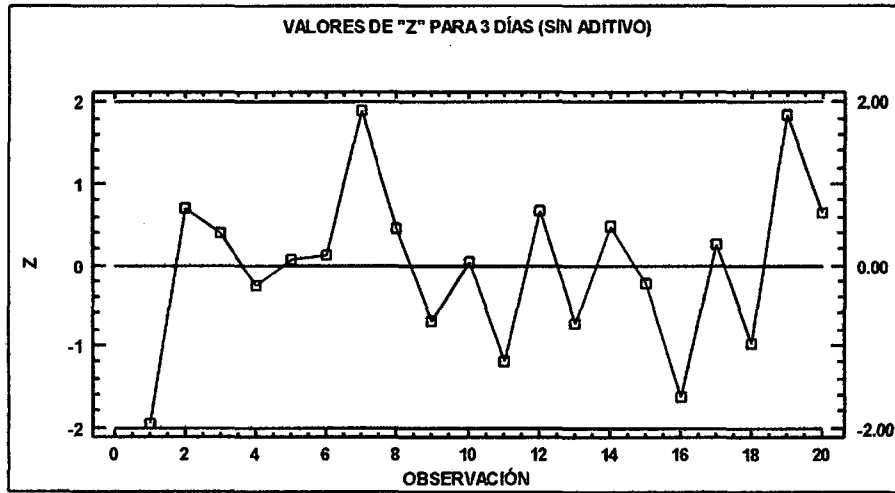
Tabla n° 29: Valores de “Z” para las resistencias a la compresión de la mezcla A (sin aditivo) a los 3, 7 y 28 días de edad.

N° DE ENSAYO	VALORES DE “Z”, POR EDAD		
	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
1	-1.95	0.76	1.77
2	0.71	0.25	1.18
3	0.40	-0.49	-1.98
4	-0.27	0.21	0.68
5	0.08	-1.42	-0.16
6	0.13	0.22	-0.31
7	1.89	-0.14	-0.31
8	0.46	-0.22	-0.18
9	-0.69	-2.00	-0.44
10	0.03	-0.34	-1.57
11	-1.18	-0.33	-0.57
12	0.68	0.71	1.15
13	-0.73	-1.88	-0.48
14	0.48	0.22	0.87
15	-0.22	-0.83	0.91
16	-1.64	1.58	-0.16
17	0.27	1.23	-0.10
18	-0.96	0.50	-1.31

19	1.84	1.60	-0.33
20	0.65	0.35	1.36

Fuente: Elaboración propia (2015)

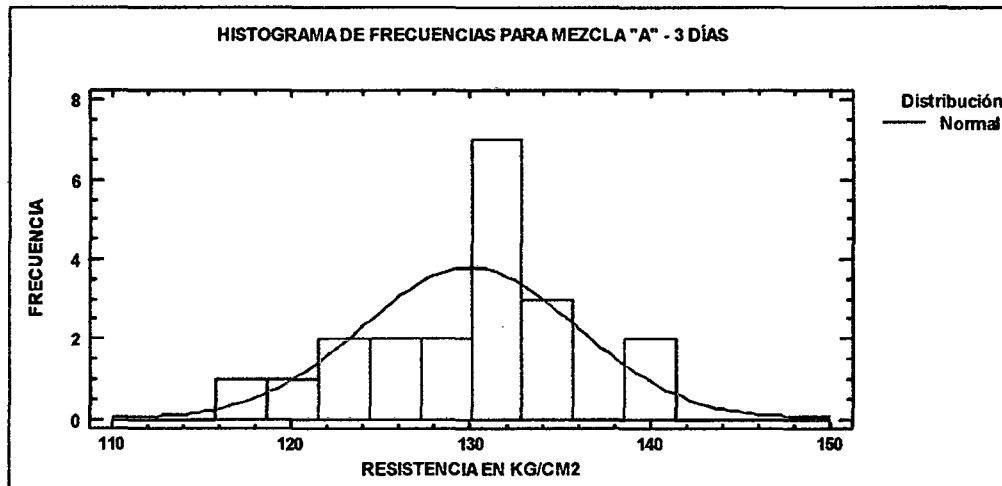
Gráfico n° 3: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 3 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

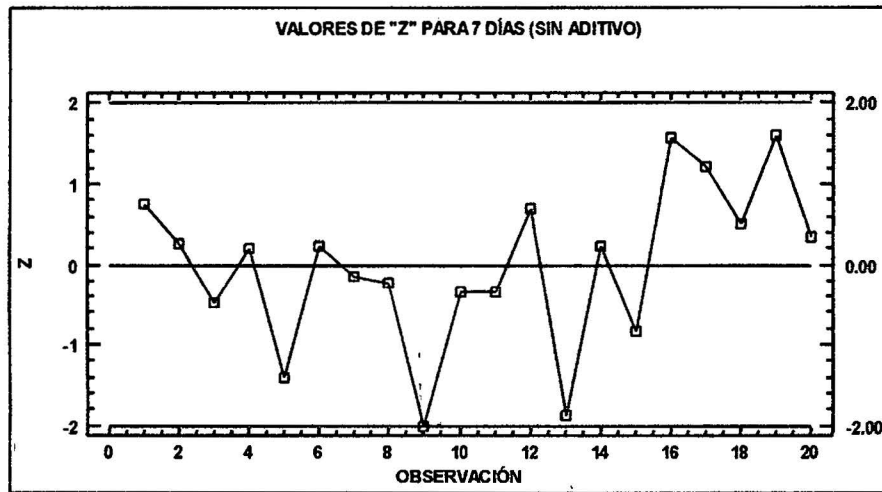
Gráfico n° 4: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 3 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En el histograma anterior se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

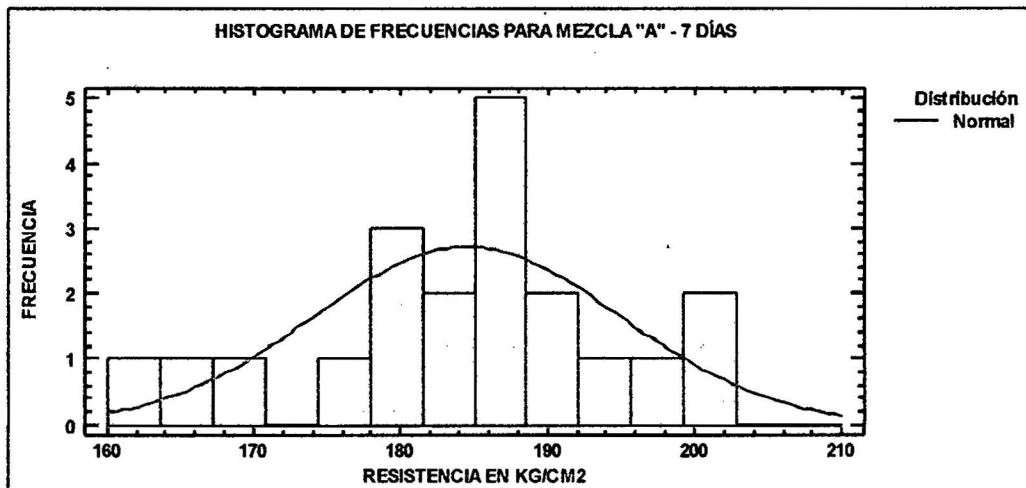
Gráfico n° 5: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 7 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

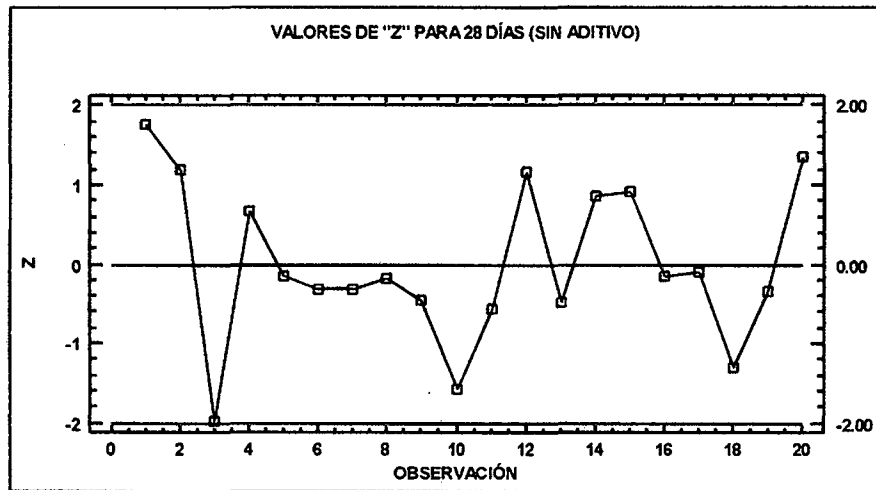
Gráfico n° 6: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 7 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En el histograma anterior se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

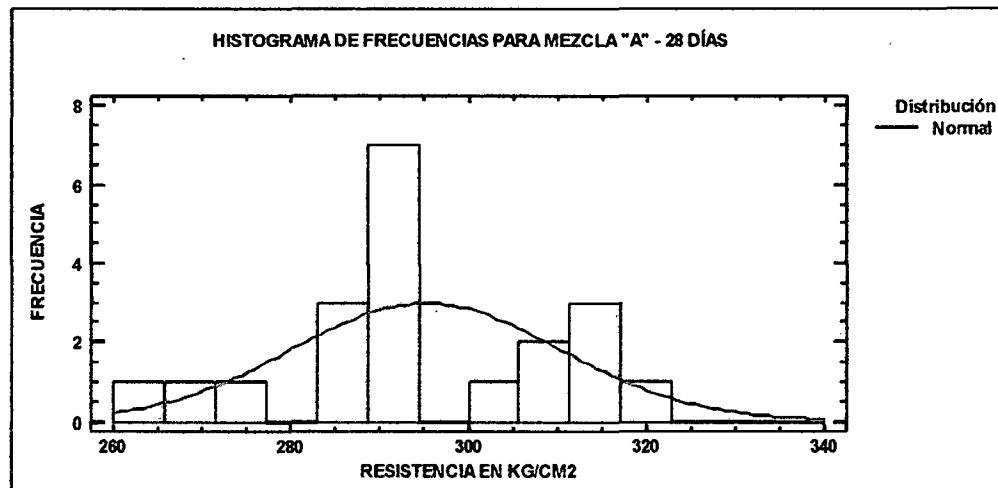
Gráfico n° 7: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 28 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

Gráfico n° 8: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla patrón, ensayados a la edad de 28 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

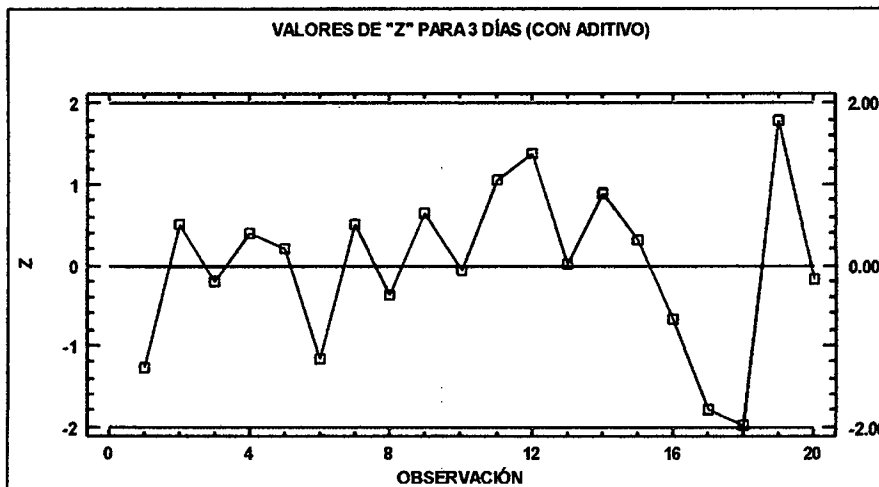
En el histograma anterior se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

Tabla n° 30: Valores de "Z" para las resistencias a la compresión de la mezcla B (con 2% de aditivo) a los 3, 7 y 28 días de edad.

N° DE ENSAYO	VALORES DE "Z", POR EDAD		
	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
1	-1.26	-0.33	0.69
2	0.51	1.20	1.38
3	-0.20	0.12	0.39
4	0.41	-0.24	1.56
5	0.20	0.01	-0.34
6	-1.16	-1.38	1.16
7	0.50	-0.49	0.57
8	-0.38	-0.60	-0.42
9	0.65	0.13	0.03
10	-0.08	-0.09	1.63
11	1.05	-1.98	-1.18
12	1.39	-0.01	-0.34
13	0.01	1.13	-0.92
14	0.90	1.32	0.22
15	0.32	0.59	-1.85
16	-0.67	0.55	-1.05
17	-1.78	0.91	-0.44
18	-1.99	-1.97	-1.34
19	1.78	-0.40	-0.35
20	-0.19	1.54	0.58

Fuente: Elaboración propia (2015)

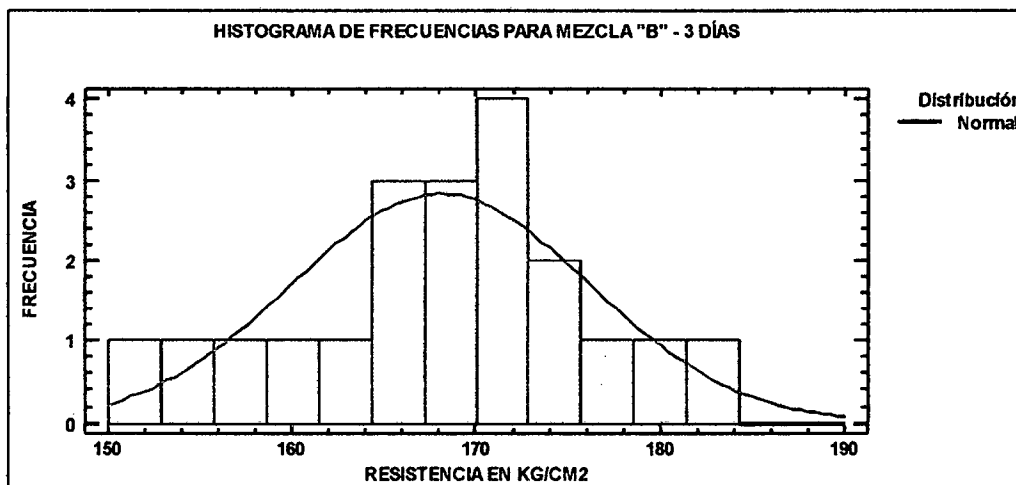
Gráfico n° 9: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 3 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

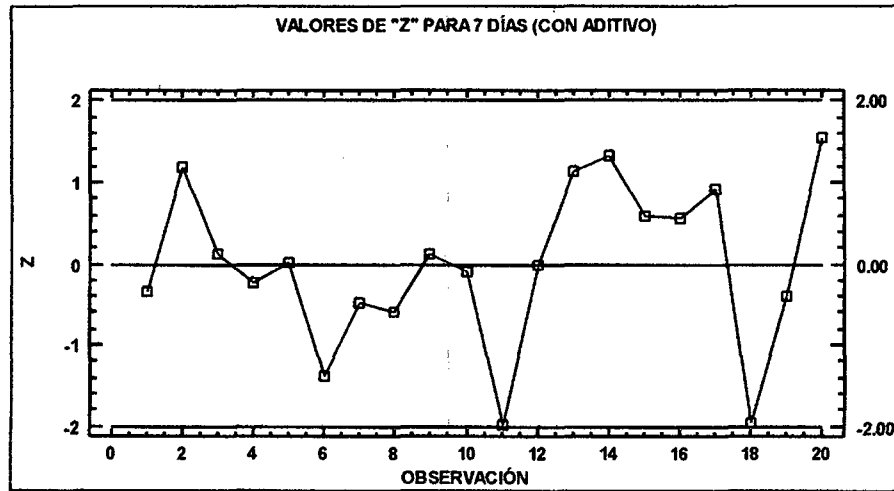
Gráfico n° 10: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 3 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En el histograma se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

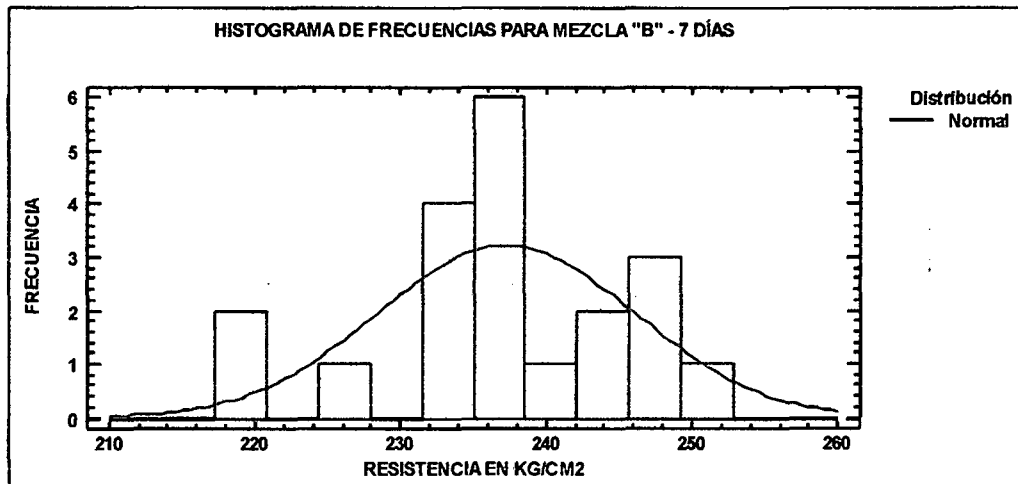
Gráfico n° 11: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 7 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

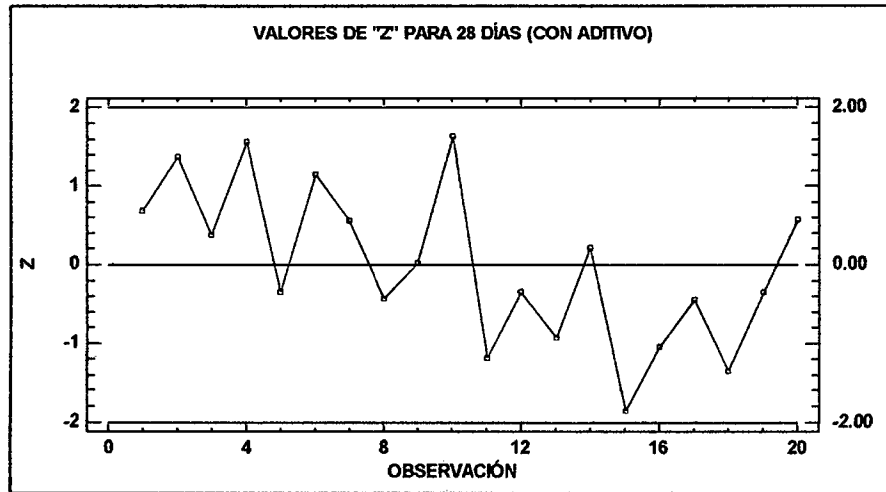
Gráfico n° 12: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 7 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En el histograma se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

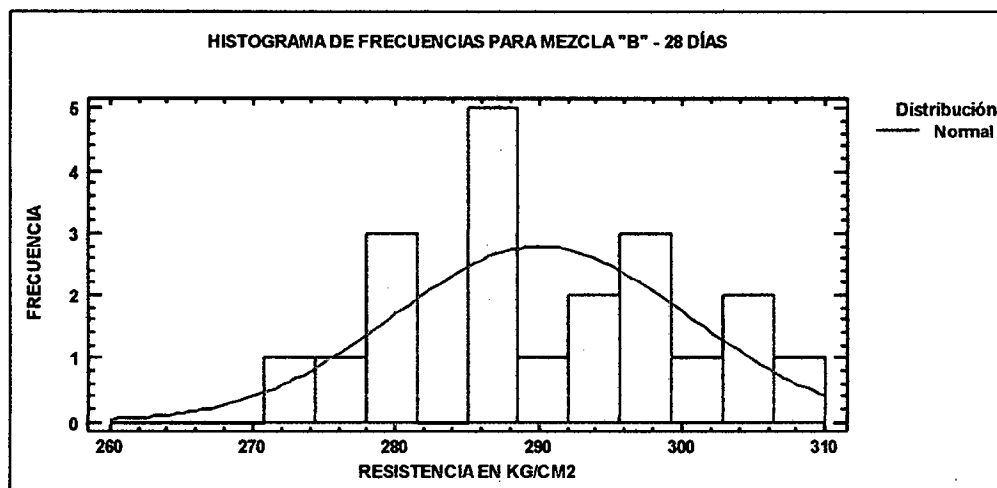
Gráfico n° 13: Diagrama de dispersión de los valores "Z" para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 28 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Tanto en la tabla como en el gráfico, se puede apreciar el rango de aceptación que va desde -2 a 2 en el cual están comprendidos los puntos o ensayos definitivos; por lo que todos los datos presentados para este caso serán aceptados.

Gráfico n° 14: Histograma de frecuencias para cilindros de concreto elaborados con la mezcla con 2% de aditivo, ensayados a la edad de 28 días.



Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En el histograma se observa, cómo los datos obtenidos se encuentran en mayor frecuencia en la parte central del gráfico. Es así que dichos datos se pueden adaptar a una Campana de Gauss (Curva de Distribución Normal) tal como se muestra.

4.2.3. Estadística descriptiva

A continuación se muestra una tabla resumen de los parámetros estadísticos obtenidos por medio del software STATGRAPHICS, los valores utilizados para la determinación de los parámetros estadísticos deben ajustarse a una distribución normal y a un proceso de descarte tanto para las mezclas elaboradas con aditivo CHEMA 3 como acelerador de resistencia y la mezcla patrón, ensayados a las edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla n° 31: Parámetros estadísticos para las mezclas de concreto, ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	MEZCLA PATRÓN			MEZCLA CON ADITIVO		
	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
Datos	20	20	20	20	20	20
Media	129.902	184.497	295.174	168.054	237.229	290.115
Coefficiente de Variación Porcentual	4.62812%	5.69607%	5.17203%	4.78171%	3.7179%	3.515%
Mínimo	118.19	163.47	264.93	152.07	219.77	271.28
Máximo	141.28	201.35	322.17	182.38	250.78	306.72
Error de Estimación	2.81371	4.9184	7.14495	3.7609	4.12786	4.77261
Intervalo de Confianza (Media ± Error de Estimación)	127.088	179.578	288.029	164.293	233.101	285.342
	132.715	189.415	302.319	171.814	241.357	294.888

Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

En la tabla podemos observar diferentes parámetros estadísticos, como la media o promedio de los datos la cual nos indica que tomando como punto de comparación el $f'c$ de diseño (210 kg/cm^2) se llegaron a las siguientes resistencias en porcentaje a los diferentes días y para las diferentes mezclas de: 61.86% (mezcla A, a los 3 días), 87.86% (mezcla A, a los 7 días), 140.56% (mezcla A, a los 28 días), 80.03% (mezcla B, a los 3 días), 112.97% (mezcla B, a los 7 días) y 138.15% (mezcla B, a los 28 días). Además es importante anotar que según el coeficiente de variación obtenido se trata de un estudio o trabajo en laboratorio dónde se ha dado de un muy buen a excelente grado de control en los diferentes ensayos.

4.2.4. Interpretación de los resultados

El objetivo fundamental de esta investigación fue evaluar la influencia del aditivo CHEMA 3 como acelerador de resistencia; comparando la resistencia a la compresión del concreto para las mezclas elaboradas con 2% de dicho aditivo, respecto a la mezcla patrón, ambas ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días. Para realizar dicha comparación es necesario realizar la prueba de hipótesis. El objetivo de esta prueba de hipótesis es comparar los parámetros de dos muestras para poder establecer conclusiones válidas sobre el comportamiento de la población en función de un 95% de confianza de los datos.

Dicha comparación consiste en determinar estadísticamente si la diferencia entre las medias muestrales ($\mu_1 - \mu_2$) de los cilindros de concreto es suficientemente apreciable para asegurar que las medias poblaciones son diferentes, y en caso de que si exista esa diferencia determinar un intervalo de confianza que encierre el valor aproximado de la diferencia de resistencia de ambos tipos de mezclas.

Al realizar la prueba de hipótesis, se parte de un valor supuesto (hipotético), donde debemos suponer que no existe diferencia entre las muestras ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$). Si la prueba rechaza la hipótesis nula (H_0), entonces se puede afirmar con justificación, que existe una diferencia real en las medias de ambas poblaciones (hipótesis alternativa – “ $H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$ ”), y en el caso contrario de que no se rechace la hipótesis nula (H_0) entonces existe una buena probabilidad de que la diferencia de muestras sea causada por errores de muestreo, bajo la suposición de que las dos medias son iguales.

Estos cálculos fueron realizados por medio del paquete estadístico STATGRAPHICS, en donde el mismo arroja como resultado un intervalo de confianza para la diferencia entre las dos medias asumiendo varianzas iguales, este intervalo representa el rango de valores en donde podría encontrarse el valor de esta diferencia de resistencias con un 95% de probabilidad. A continuación se presenta para cada caso el resultado estadístico con su correspondiente análisis y gráficas de comparación.

❖ **Comparación de medias entre cilindros de concreto para las mezclas elaboradas con 2% de aditivo CHEMA 3, respecto a la mezcla patrón, ensayadas a los 3 días.**

Estableciendo como hipótesis nula:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

Donde:

Ho: hipótesis nula.

μ_1 : media de f'c (3 días) para la mezclas con 2% de aditivo Chema 3.

μ_2 : media de f'c (3 días) mezcla patrón.

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de f'c (3 días) con aditivo:
168.054 +/- 3.7609 [164.293, 171.814]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de f'c (3 días) mezcla patrón:
129.902 +/- 2.81371 [127.088, 132.715]

Intervalos de confianza del 95.0% para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 38.152 +/- 4.54293 [33.6091, 42.6949]

Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. También puede usarse una Prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. Puesto que el valor-P=0.0 calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

❖ **Comparación de medias entre cilindros de concreto para las mezclas elaboradas con 2% de aditivo CHEMA 3, respecto a la mezcla patrón, ensayadas a los 7 días.**

Estableciendo como hipótesis nula:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

Donde:

Ho: hipótesis nula.

μ_1 : media de f'c (7 días) para la mezclas con 2% de aditivo.

μ_2 : media de f'c (7 días) mezcla patrón.

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de f'c (7 días) con aditivo:
237.229 +/- 4.12786 [233.101, 241.357]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de f'c (7 días) mezcla patrón:
184.497 +/- 4.9184 [179.578, 189.415]

Intervalos de confianza del 95.0% para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 52.7325 +/- 6.2105 [46.522, 58.943]

Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. También puede usarse una Prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. Puesto que el valor-P=0.0 calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

❖ **Comparación de medias entre cilindros de concreto para las mezclas elaboradas con 2% de aditivo CHEMA 3, respecto a la mezcla patrón, ensayadas a los 28 días.**

Estableciendo como hipótesis nula:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

Donde:

H_0 : hipótesis nula.

μ_1 : media de $f'c$ (28 días) para la mezclas con 2% de aditivo.

μ_2 : media de $f'c$ (28 días) mezcla patrón.

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de $f'c$ (28 días) con aditivo:
290.115 +/- 4.77261 [285.342, 294.888]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de $f'c$ (28 días) mezcla patrón:
295.174 +/- 7.14495 [288.029, 302.319]

Intervalos de confianza del 95.0% para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: -5.059 +/- 8.31059 [-13.3696, 3.25159]

Puesto que el intervalo contiene el valor 0, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. También puede usarse una Prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. Puesto que el valor-P=0.225395 calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

❖ **Resumen de resultados; para las mezclas elaboradas con 2% de aditivo CHEMA 3, respecto a la mezcla patrón, ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días.**

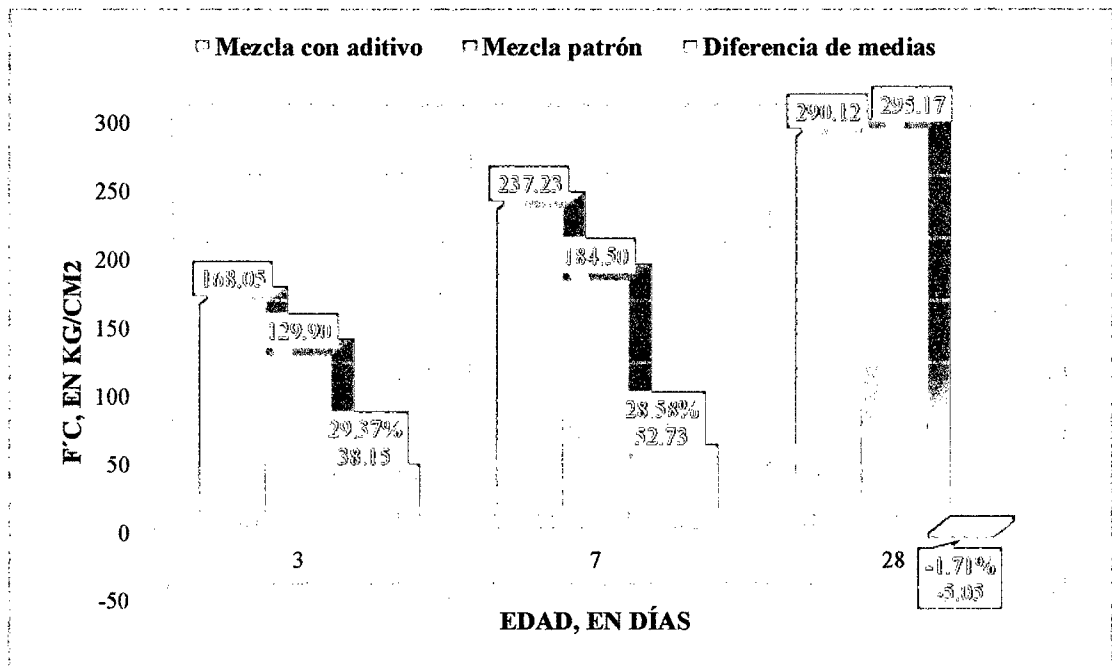
A continuación se muestra los resultados de las resistencias a la compresión, así como las diferencias de las medias y los intervalos de confianza de los diferentes ensayos.

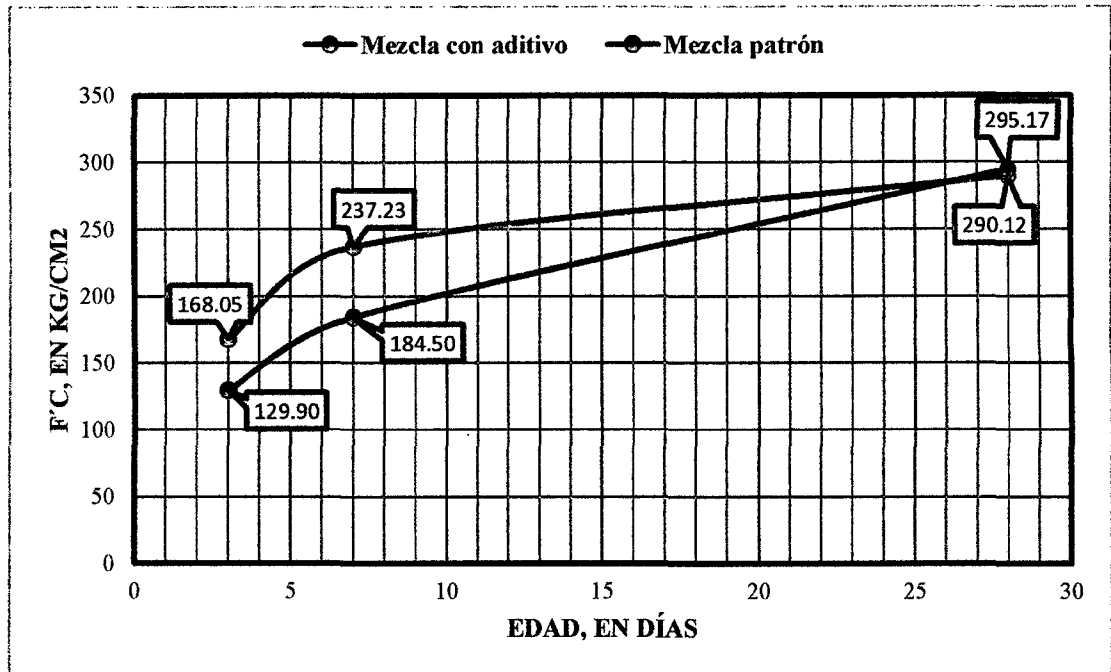
Tabla n° 32: Resumen de resultados obtenidos del concreto.

EDAD (días)	Mezcla patrón		Mezcla con 2% de aditivo		Diferencia de medias		Intervalo de confianza	
	f'c	% f'c	f'c	% f'c	f'c	% f'c	Mín.	Máx.
3	129.90	100%	168.05	129.37%	38.15	29.37%	33.61	42.69
7	184.50	100%	237.23	128.58%	52.73	28.58%	46.52	58.94
28	295.17	100%	290.12	98.29%	-5.05	-1.71%	-13.37	3.25

Fuente: Paquete estadístico Statgraphics (2015)

Gráfico n° 15: Comparación de medias de las mezclas con 2% de aditivo y patrón respectivamente.





Fuente: Elaboración propia (2015)

En base a los resultados obtenidos se puede observar que existe una diferencia porcentual significativa en las mezclas elaboradas con 2% de aditivo CHEMA 3 como acelerador de resistencia y la mezcla patrón ensayadas a los 3 días de edad del 29.37%, una diferencia de 28.58% en las mezclas ensayadas a los 7 días y una diferencia de -1.71% en las mezclas ensayadas a los 28 días; lo que indica un incremento de la resistencia a la compresión a tempranas edades (3 y 7 días), sin perjudicar la resistencia a la compresión a los 28 días donde se observa resistencias similares.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

☞ Estadísticamente existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto elaborados con la mezcla B (concreto con 2% de aditivo) respecto a los cilindros de concreto elaborados con la mezcla A (concreto sin aditivo) ensayados a la edad de 3 y 7 días del 29.37% y 28.58% indicando un incremento en la resistencia a la compresión de 38.15 kg/cm² y 52.73 kg/cm² respectivamente; respecto a los cilindros de concreto ensayados a los 28 días de edad entre ambas mezclas no se observó diferencia estadísticamente significativa.

Por lo anterior se concluye que el aditivo CHEMA 3 cumple con la función esperada como acelerador de resistencia, permitiendo alcanzar mayor resistencia a temprana edad sin afectar la resistencia de diseño a los 28 días la cual también se incrementó.

- ☞ Según la evaluación de resistencia a compresión del concreto de ambos tipos de mezcla, de acuerdo a los criterios del ACI 214 y los requisitos de aceptabilidad de la calidad del ACI 318; dicho concreto se puede poner en servicio a los 7 días de edad al utilizar aditivo acelerador Chema 3 con la dosis óptima de 850 ml/bolsa determinada (2%) y 6.3 bolsas de cemento por m³.
- ☞ De acuerdo al análisis de costos unitarios, se determinó que la elaboración de 1m³ de concreto sin aditivo costaría S/. 399.96 mientras que con 2% de aditivo Chema 3 costaría S/. 394.09, lo que generaría un concreto 1.47% más barato y además un mayor beneficio – costo. Este análisis fue realizado para condiciones similares de resistencia a los 7 días de edad para ambos tipos de mezcla.
- ☞ Respecto al coeficiente de variación obtenido, vemos que este está alrededor del 5%, lo que indica que para ser un estudio realizado en laboratorio, se cuenta con un muy buen control en los ensayos realizados.
- ☞ La velocidad de aplicación de la carga, en el ensayo a compresión de los especímenes cilíndricos de concreto en la máquina universal de ensayos, fue de aproximadamente 18816.3 kg/min; lo que indica una correcta y aceptable aplicación y control en la velocidad de la carga.

- ☞ Los Módulos de Elasticidad (E) del concreto obtenidos, mediante fórmula ACI 318, fueron para: 3días/A=165520.66, 3días/B=182549.38, 7días/A=198553.32, 7días/B=227413.02, 28días/A=254678.89 y 28días/B=255788.54; valores en kg/cm^2 . Se optó por dichos valores ya que en su determinación no influyen las deformaciones, las cuales fueron tomadas haciendo uso de un equipo no muy sofisticado (deformímetro o micrómetro mecánico o analógico) que inducía a errores en las lecturas de deformación realizadas. Para hacer uso de los métodos gráficos de forma segura se deberían tomar las deformaciones a través de sensores especiales.

Recomendaciones

- ☞ Realizar futuras investigaciones con la utilización de diferentes tipos de aceleradores de fraguado y resistencia, con la finalidad de evaluar su influencia en la resistencia a la compresión del concreto. Para dicho fin se pueden hacer uso de las variables presentadas en esta Tesis o variarlas como son el caso del $f'c$, edades de ensayo, propiedades de los agregados, tipo de cemento, condiciones ambientales, dosis de aditivo.
- ☞ Realizar futuras investigaciones, donde se haga un análisis de costos unitarios completo al utilizar el aditivo de la presente investigación u otro acelerador en una situación real, de tal manera de analizar el ahorro en mano de obra, maquinaria y equipo, herramientas, agua para curado entre otros; gracias a la rápida puesta en servicio de la estructura al emplear este tipo de aditivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (s.f.). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima: San Marcos.
- ACI Committee 214. (1977). *Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. Estados Unidos: Farmington Hills, MI 48333.
- American Concrete Institute. (1980). *Manual of Concrete Practice, Part 1*. WASHINGTON, D.C.: Redford Station.
- Aragón Masís, S. (2006). *Manual de elaboración de concreto en obra*. San José, Costa Rica: ICCYC.
- Aragón Masís, S., & Solano Jiménez, J. (2006). *Manual de consejos prácticos sobre el concreto*. San José, Costa Rica: ICCYC.
- Cámara Peruana de la Construcción. (2003). *Costos y Presupuestos en Edificación*. Lima: CAPECO.
- CENTRUM-Centro de Negocios. (26 de Mayo de 2010). Reporte Financiero Burkenroad Perú. *Sector Cementero del Perú*. Lima, Perú: Paper.
- Cerruto Anibarro, F., & Vargas Roca, S. A. (2011). *Corrección por esponjamiento de la arena en las dosificaciones volumétricas*. La Paz, Bolivia: UMSA.
- Chema. (19 de Noviembre de 2014). *Aditivos y productos para la construcción*. Obtenido de Chema. Calidad que construye: <http://www.chema.com.pe/>
- Department of Defense. (s.f.). American Society for Testing and Materials (ASTM). United States.
- Dicovskiy Riobóo, L. M. (2012). *Estadística Básica para Ingenieros*. Estelí, Nicaragua: UNI Norte.
- DINO. (2010). *Agregados para Concreto; Gestión de Calidad y Mejora Continua*. Lima.
- Giraldo Bolívar, O. (1991). *Control de calidad y uso de aditivos químicos en el hormigón*. Colombia: UNAL-Medellín.
- Gonzáles de la Cotera, M. (Setiembre de 1993). Mantenimiento de pavimentos de concreto. *El concreto fast track en reparación y rehabilitación de pavimentos*. Lima, Perú: Paper.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- INDECOPI. (s.f.). Norma Técnica Peruana (NTP). Lima, Perú.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (1999). *Manual para supervisar obras de concreto ACI311*. México: IMCYC.
- Jiménez, P., García, Á., & Morán, F. (2000). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SA.
- Laura Huanca, S. (Marzo de 2006). Diseño de mezclas de concreto. Puno, Perú: Paper.
- Lezama Leiva, J. L. (1996). *Tecnología del Concreto*. Cajamarca: UNC.
- Mayta Rojas, J. W. (2014). *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo (tesis de pregrado)*. Huancayo: UNCP.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2011). *Normas para Materiales y Ensayos de Materiales*. Paraguay.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete Technology*. England: Pearson.
- ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN - ONNCCE. (2004). *INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO (NMX-C-155)*. México, D.F.: MÉXICO MMV.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima: CIP.
- Portland Cement Association. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Estados Unidos: PCA.
- Portugal Barriga, P. (2007). *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño*. Arequipa: UNSA.
- Primi, A., & León, O. (2012). *Resistencia a compresión a los 28 días de cilindros de concreto húmedos y secos para un $f'c$ 250kg/cm² (tesis de pregrado)*. Obtenido de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-12-05298.pdf>
- Quiroz Crespo, M. V., & Salamanca Osuna, L. E. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de "Tecnología del Hormigón"*. Cochabamba, Bolivia: UMSS.
- Rey Carrillo, G. A. (s.f.). *Diseño de Mezclas*. PROPISOS S.A.
- Rivera López, G. A. (s.f.). *Concreto Simple*. Cauca, Colombia: Universidad del Cauca.

- Rivva López, E. (1992). *Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas*. Lima: UNI.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: ICG.
- Rivva López, E. (2002). *Concretos de Alta Resistencia*. Lima: ICG.
- Rivva López, E. (2004). *Control del Concreto en Obra*. Lima: ICG.
- Rodríguez Ríos, J. A. (Mayo de 2013). Diplomado en Residencia, Supervisión y Seguridad en Obras. *Tecnología del Concreto*. Ancash, Chimbote, Perú: Kaizen.
- Romo Proaño, M. (s.f.). *Temas de Hormigón Armado*. Ecuador.
- Sánchez de Guzmán, D. (1997). *Tecnología y Propiedades*. Colombia: Asocreto.
- Sánchez Sabogal, F. (2005). *Glosario de Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá, Colombia: Universidad del Cauca.
- Santiago Patricio, E. (2011). *Diferentes tipos de aditivos para el concreto (tesis de pregrado)*. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30367/1/SantiagoPatricio.pdf>
- Segnini, S. (2008). *Fundamentos de Bioestadística*. Mérida, Venezuela: Univ. de Los Andes.
- The Chemical Company. (2009). *Hormigón de altas resistencias iniciales*. BASF.
- Universidad Nacional de Colombia. (21 de Octubre de 2014). *Explotación subterránea de canteras, una alternativa económica y ambiental en zonas urbanas*. Recuperado el 16 de Marzo de 2014, de <http://www.angelfire.com/mi/cantera4/>
- Videla, C. (s.f.). *Tecnología del Hormigón. Dosificación de Hormigones*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Zabaleta G., H. (1988). *Compendio de Tecnología del Hormigón*. Santiago: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

ANEXOS

A. Resultados de las propiedades o características físicas de los agregados.

Contenido de humedad de los agregados ASTM C566 / NTP 339.185	
REALIZADO POR	: Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.
PROYECTO	: Proyecto de Tesis.
PROCEDENCIA	: Cant. "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
FECHA ENSAYO	: 11/11/2014

TIPO DE AGREGADO : Agregado fino (arena).			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	75.00	75.00	80.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	630.00	605.00	615.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	595.00	575.00	580.00
PESO DEL AGUA (g)	35.00	30.00	35.00
PESO M. SECA (g)	520.00	500.00	500.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.731	6.000	7.000
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			6.58
TIPO DE AGREGADO : Agregado grueso (grava).			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	155.00	170.00	230.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	3175.00	3190.00	3270.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	3155.00	3170.00	3250.00
PESO DEL AGUA (g)	20.00	20.00	20.00
PESO M. SECA (g)	3000.00	3000.00	3020.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.667	0.667	0.662
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			0.67

Abundamiento de la arena (Hinchamiento)			
CONTROL DE DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN			
REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.			
PROYECTO : Proyecto de Tesis.			
PROCEDENCIA : Cant. "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.			
FECHA ENSAYO : 11/11/2014			
ENSAYO N°	1	2	3
VOL. INICIAL MUESTRA (ml)	800.0	500.0	420.0
VOL. FINAL MUESTRA (ml)	710.0	410.0	375.0
ESPONJAMIENTO (%)	12.676	21.951	12.000
PROMEDIO DEL ESPONJAMIENTO (%) =			15.54

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
ASTM C136 / NTP 400.012	
REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.	
PROYECTO : Proyecto de Tesis.	
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.	
FECHA ENSAYO : 13/11/2014	

TIPO DE AGREGADO : Agregado grueso (grava).					
NÚMERO DE ENSAYO : 1					
Peso Inicial (g) = 6895.0					
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	2"
37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	1 1/2"
25.40	890.0	12.91	12.91	87.09	1"
19.00	3025.0	43.87	56.78	43.22	3/4"
12.70	2810.0	40.75	97.53	2.47	1/2"
9.51	115.0	1.67	99.20	0.80	3/8"
4.76	15.0	0.22	99.42	0.58	N° 4
Cazoleta	40.0	0.58	100.00	0.00	Total
Suma	6895.0				
Módulo de finura (mg) =			7.6		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1"		

NÚMERO DE ENSAYO : 2**Peso Inicial (g) = 7140.0**

Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	2"
37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	1 1/2"
25.40	1385.0	19.40	19.40	80.60	1"
19.00	3090.0	43.28	62.68	37.32	3/4"
12.70	2555.0	35.78	98.46	1.54	1/2"
9.51	80.0	1.12	99.58	0.42	3/8"
4.76	5.0	0.07	99.65	0.35	Nº 4
Cazoleta	25.0	0.35	100.00	0.00	Total
Suma	7140.0				

Módulo de finura (mg) = 7.6**Tamaño máximo nominal (TMN) = 1"****NÚMERO DE ENSAYO : 3****Peso Inicial (g) = 6815.0**

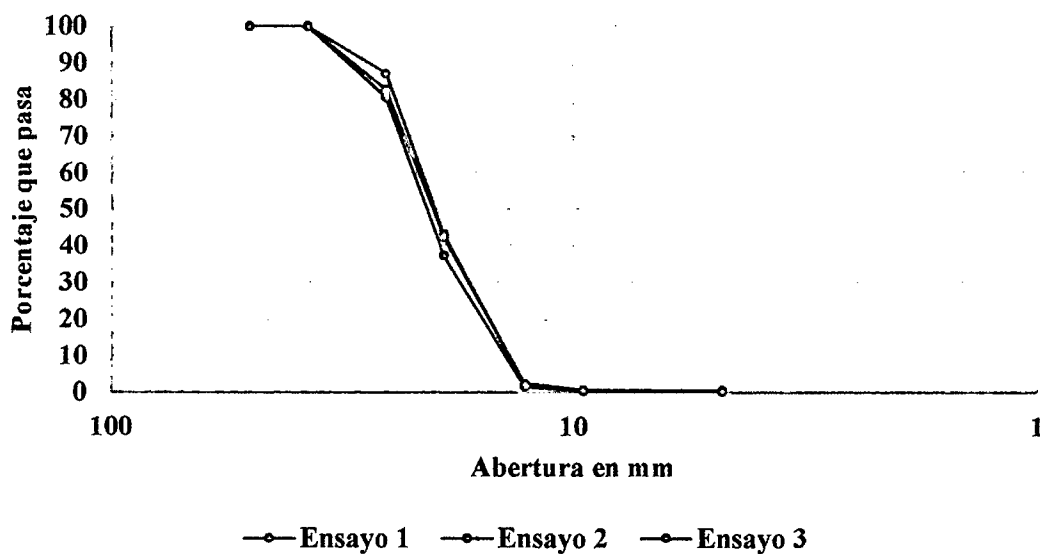
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	2"
37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	1 1/2"
25.40	1185.0	17.39	17.39	82.61	1"
19.00	2750.0	40.35	57.74	42.26	3/4"
12.70	2740.0	40.21	97.95	2.05	1/2"
9.51	100.0	1.47	99.41	0.59	3/8"
4.76	5.0	0.07	99.49	0.51	Nº 4
Cazoleta	35.0	0.51	100.00	0.00	Total
Suma	6815.0				

Módulo de finura (mg) = 7.6**Tamaño máximo nominal (TMN) = 1"****TIPO DE AGREGADO : Agregado fino (arena).****NÚMERO DE ENSAYO : 1****Peso Inicial (g) = 570.0**

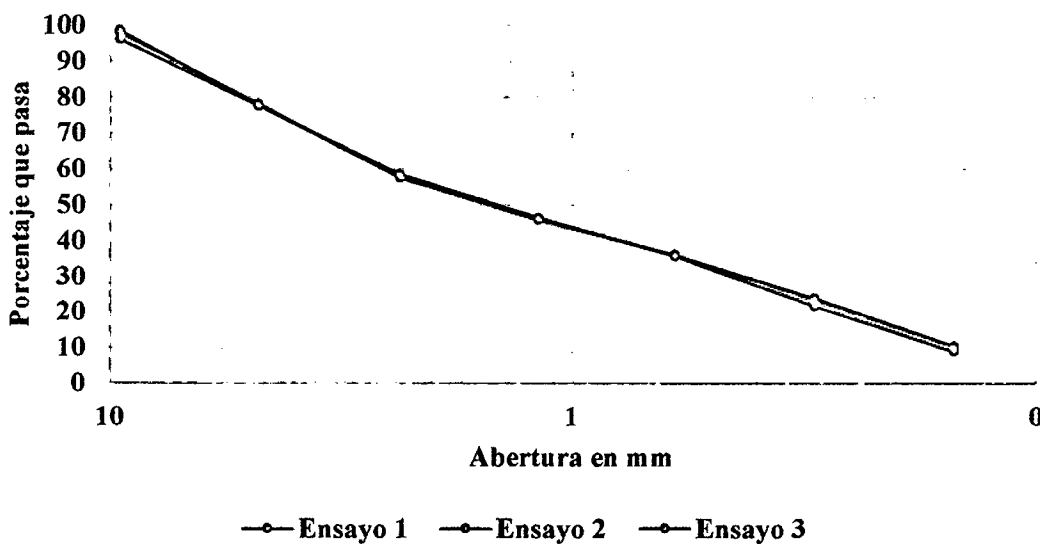
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
9.500	13.4	2.35	2.35	97.65	3/8"
4.760	110.4	19.37	21.72	78.28	Nº 4
2.360	118.7	20.82	42.54	57.46	Nº 8
1.180	66.5	11.67	54.21	45.79	Nº 16
0.600	55.5	9.74	63.95	36.05	Nº 30
0.300	75.2	13.19	77.14	22.86	Nº 50
0.150	74.1	13.00	90.14	9.86	Nº 100
Cazoleta	56.2	9.86	100.00	0.00	Total
Suma	570.0				

Módulo de finura (mf) = 3.5					
NÚMERO DE ENSAYO : 2					
Peso Inicial (g) = 650.0					
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
9.500	26.0	4.00	4.00	96.00	3/8"
4.760	119.9	18.45	22.45	77.55	Nº 4
2.360	122.9	18.91	41.35	58.65	Nº 8
1.180	79.6	12.25	53.60	46.40	Nº 16
0.600	69.1	10.63	64.23	35.77	Nº 30
0.300	91.4	14.06	78.29	21.71	Nº 50
0.150	82.6	12.71	91.00	9.00	Nº 100
Cazoleta	58.5	9.00	100.00	0.00	Total
Suma	650.0				
Módulo de finura (mf) = 3.5					
NÚMERO DE ENSAYO : 3					
Peso Inicial (g) = 590.0					
Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Malla (")
9.500	8.5	1.44	1.44	98.56	3/8"
4.760	123.6	20.95	22.39	77.61	Nº 4
2.360	117.6	19.93	42.32	57.68	Nº 8
1.180	68.2	11.56	53.88	46.12	Nº 16
0.600	58.6	9.93	63.81	36.19	Nº 30
0.300	72.4	12.27	76.08	23.92	Nº 50
0.150	80.2	13.59	89.68	10.32	Nº 100
Cazoleta	60.9	10.32	100.00	0.00	Total
Suma	590.0				
Módulo de finura (mf) = 3.5					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO ENSAYO 1, 2 Y 3



CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO ENSAYO 1, 2 Y 3



Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019			
REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.			
PROYECTO : Proyecto de Tesis.			
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.			
FECHA ENSAYO : 13/11/2014			
PESOS (g) :	PASA	RETENIDO	
	1 1/2"	1"	1250.0
	1"	3/4"	1250.0
	3/4"	1/2"	1250.0
	1/2"	3/8"	1250.0

NÚMERO DE ENSAYO : 1					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1"	"A"	12	5000.0	3585.00	28.30
NÚMERO DE ENSAYO : 2					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1"	"A"	12	5000.0	3660.00	26.80
NÚMERO DE ENSAYO : 3					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1"	"A"	12	5000.0	3665.00	26.70

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.			
PROYECTO : Proyecto de Tesis.			
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.			
FECHA ENSAYO : 14/11/2014			

NÚMERO DE ENSAYO : 1

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	555.0	520.0	6.31

NÚMERO DE ENSAYO : 2

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	525.0	490.0	6.67

NÚMERO DE ENSAYO : 3

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	530.0	495.0	6.60

NÚMERO DE ENSAYO : 1

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Grava	2530.0	2525.0	0.20

NÚMERO DE ENSAYO : 2

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Grava	2690.0	2685.0	0.19

NÚMERO DE ENSAYO : 3

IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado x malla #200 (g)	% DE FINOS
Grava	2550.0	2540.0	0.39

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
DE LOS AGREGADOS (AGREGADO FINO - ARENA)**

ASTM C128 / NTP 400.022

REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.
PROYECTO : Proyecto de Tesis.
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
FECHA ENSAYO : 20/11/2014

N° DE ENSAYO	PESOS (g)				ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS		
	Sat-Sup-Sec	Fiola + Agua	Fiola + Agua + Arena	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE
1	500.0	711.1	1019.2	493.3	1.36	2.571	2.606	2.664
2	500.0	712.4	1015.5	487.6	2.54	2.476	2.539	2.643
3	500.0	711.7	1017.1	493.5	1.32	2.536	2.569	2.624
PROMEDIOS = 1.74 2.53 2.57 2.64								
Observaciones: El volumen de la fiola utilizada es de 500 cm ³ .								

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
DE LOS AGREGADOS (AGREGADO GRUESO - GRAVA)**

ASTM C127 / NTP 400.021

REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.
PROYECTO : Proyecto de Tesis.
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
FECHA ENSAYO : 14/11/2014

N° DE ENSAYO	PESOS (g)			ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS			
	Sat-Sup-Sec	Sumergido	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE	
1	4890.0	3025.0	4845.0	0.93	2.598	2.622	2.662	
2	5905.0	3645.0	5845.0	1.03	2.586	2.613	2.657	
3	4615.0	2860.0	4560.0	1.21	2.598	2.630	2.682	
PROMEDIOS = 1.05 2.59 2.62 2.67								

**Peso unitario de los agregados
ASTM C29 / NTP 400.017**

REALIZADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.
PROYECTO : Proyecto de Tesis.
PROCEDENCIA : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
FECHA ENSAYO : 15/11/2014

VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm³)	5301.44	0.00530144 m ³
PESO DEL RECIPIENTE (g)	4070.0	
PESO DE LA PLACA DE VIDRIO (g)	1050.0	
PESO RECIP. + PLACA DE VIDRIO + AGUA (g)	10435.0	
PESO DEL AGUA CONTENIDA EN RECIP. (g)	5315.0	
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	16.7	
PESO UNITARIO DEL AGUA (kg/m³)	1000.00	
FACTOR DE CALIBRACIÓN (1/m³)	0.18815	

TIPO DE AGREGADO : Agregado fino (arena).

TIPO DE PRUEBA : Peso unitario suelto.

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4070	4070	4070	4070	4070
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	12845	12860	12915	12935	12980
PESO DEL MATERIAL (g)	8775	8790	8845	8865	8910
FACTOR (f)	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
PESO UNIT. SUELTO (kg/m³)	1651.0	1653.8	1664.2	1667.9	1676.4
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m³) =	1663				

UTILIZANDO EL VOLUMEN DEL MOLDE

PESO UNIT. SUELTO (kg/m³)	1655.2	1658.0	1668.4	1672.2	1680.7
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m³) =	1667				

TIPO DE PRUEBA : Peso unitario compactado.

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4070	4070	4070	4070	4070
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	13520	13525	13540	13580	13600
PESO DEL MATERIAL (g)	9450	9455	9470	9510	9530

FACTOR (f)	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m³)	1778.0	1778.9	1781.7	1789.3	1793.0
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m³) =					1784
UTILIZANDO EL VOLUMEN DEL MOLDE					
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m³)	1782.5	1783.5	1786.3	1793.9	1797.6
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m³) =					1789
TIPO DE AGREGADO : Agregado grueso (grava).					
TIPO DE PRUEBA : Peso unitario suelto.					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4070	4070	4070	4070	4070
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	11170	10905	11240	11170	11250
PESO DEL MATERIAL (g)	7100	6835	7170	7100	7180
FACTOR (f)	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
PESO UNIT. SUELTO (kg/m³)	1335.8	1286.0	1349.0	1335.8	1350.9
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m³) =					1332
UTILIZANDO EL VOLUMEN DEL MOLDE					
PESO UNIT. SUELTO (kg/m³)	1339.3	1289.3	1352.5	1339.3	1354.3
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m³) =					1335
TIPO DE PRUEBA : Peso unitario compactado.					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
PESO DE RECIPIENTE (g)	4070	4070	4070	4070	4070
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	12110	12085	12025	12105	12200
PESO DEL MATERIAL (g)	8040	8015	7955	8035	8130
FACTOR (f)	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m³)	1512.7	1508.0	1496.7	1511.8	1529.6
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m³) =					1512
UTILIZANDO EL VOLUMEN DEL MOLDE					
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m³)	1516.6	1511.9	1500.5	1515.6	1533.5
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m³) =					1516

B. Diseño de mezcla para el concreto Patrón – Sin Aditivo (Mezcla A).

DISEÑO PARA LA MEZCLA DE CONCRETO	
Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (M. - MFCA)	
ELABORADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.	
PROYECTO : Proyecto de Tesis.	
PROCEDENCIA DE AGREGADOS : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.	
1 - ESPECIFICACIONES	
Elemento estructural:	Estructuras armadas. Estructuras especiales. Concreto sin aire incorporado.
Consideraciones estructurales:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (28 días) Slump = 3 " - 4 "
2 - MATERIALES	
Cemento:	Portland Tipo I - Pacasmayo $P_c = 3.13 \text{ g/cm}^3$
Agua:	UNC – Cajamarca
Agregado fino:	
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m^3)</i>	1663
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m^3)</i>	1784
<i>Peso específico de masa (g/cm^3)</i>	2.53
<i>Contenido de humedad (%)</i>	5.56
<i>Absorción (%)</i>	1.74
<i>Módulo de fineza</i>	3.52
Agregado grueso:	
<i>Perfil</i>	Angular
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m^3)</i>	1332
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m^3)</i>	1512
<i>Peso específico de masa (g/cm^3)</i>	2.59
<i>Contenido de humedad (%)</i>	0.47
<i>Absorción (%)</i>	1.05
<i>Módulo de fineza</i>	7.58
<i>Tamaño máximo nominal (Pulg.)</i>	1
3 - RESISTENCIA PROMEDIO	
$f'cr = 252 \text{ kg/cm}^2$	
4 - TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	
TMN = 1 "	

5 - SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO
SLUMP = 3 " a 4 "
6 - CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO
Aire atrapado = 1.5 %
7 - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA
Volumen de agua = 193 litros
8 - RELACIÓN a/c POR RESISTENCIA
a/c por resistencia = 0.62
9 - RELACIÓN a/c POR DURABILIDAD
a/c por durabilidad = 0.50
10 - RELACIÓN a/c SELECCIONADA
a/c de diseño = 0.50
11 - FACTOR CEMENTO
FC = 386.0 kg/m ³ FC = 9.1 bolsas
12 - VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA
Cemento = 0.123 m ³ Agua de diseño = 0.193 m ³ Aire atrapado = 0.015 m ³ Volumen Absoluto de la Pasta = 0.331 m ³
13 - VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO
Volumen Absoluto de los agregados = 0.669 m ³
14 - MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS
m _c = 5.50
15 - CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO
r _f = 51.3 %
16 - CÁLCULO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS
Volumen Absoluto del agregado fino = 0.343 m ³ Volumen Absoluto del agregado grueso = 0.326 m ³
17 - PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS
Peso seco del agregado fino = 868.1 kg/m ³

Peso seco del agregado grueso = 843.2 kg/m^3

18 - VALORES DE DISEÑO

Cemento = 386.0 kg/m^3

Agua de diseño = 193.0 l/m^3

Agregado fino seco = 868.1 kg/m^3

Agregado grueso seco = 843.2 kg/m^3

19 - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso húmedo del agregado fino = 916.4 kg/m^3

Peso húmedo del agregado grueso = 847.1 kg/m^3

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 3.82%

Del agregado grueso = -0.58%

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 35.0 l/m^3

Del agregado grueso = -4.9 l/m^3

Aporte de humedad del agregado = 30.1 l/m^3

AGUA EFECTIVA A SER UTILIZADA EN OBRA

Agua efectiva = 162.9 l/m^3

20 - PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento = 386.0 kg/m^3

Agua efectiva = 162.9 l/m^3

Agregado fino húmedo = 916.4 kg/m^3

Agregado grueso húmedo = 847.1 kg/m^3

21 - PROPORCIÓN EN PESO

De diseño = $1 : 2.25 : 2.18 / 21.25 \text{ l/bolsa}$

De obra = $1 : 2.37 : 2.19 / 17.94 \text{ l/bolsa}$

Relación a/c de diseño = 0.50

Relación a/c efectiva = 0.42

22 - PROPORCIÓN EN VOLUMEN

PUS del Af, húmedo = 1755 kg/m^3

PUS del Ag, húmedo = 1338 kg/m^3

PUS del Af, húmedo = 50.2 kg/pie^3

PUS del Ag, húmedo = 38.2 kg/pie^3

Cemento = 42.5 kg/pie^3

De obra = $1 : 2.01 : 2.43 / 17.94 \text{ l/bolsa}$

23 - PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento = 42.5 kg/bolsa
 Agua efectiva = 17.9 l/bolsa
 Agregado fino húmedo = 100.7 kg/bolsa
 Agregado grueso húmedo = 93.1 kg/bolsa

24 - PESOS DE LOS MATERIALES POR TANDA ESPECIFICADA

Volumen de tanda = 0.025 m³
 Cemento = 10.1 kg/tanda
 Agua efectiva = 4.3 l/tanda
 Agregado fino húmedo = 24.1 kg/tanda
 Agregado grueso húmedo = 22.2 kg/tanda

Observaciones:

Para el cálculo de la Resistencia Promedio Requerida se aplicó un Coeficiente de Ampliación de 1.2.
 Los pesos de los materiales por tanda especificada, están multiplicados $\times 1.05$ (por desperdicios).

C. Ajuste del diseño de mezcla del concreto Patrón – Sin Aditivo (Mezcla A).**AJUSTE DE LAS PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO****Método de los Pesos y de los Volúmenes Absolutos**

ELABORADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.

PROYECTO : Proyecto de Tesis.

PROCEDENCIA DE AGREGADOS : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.

1 - TANDA DE ENSAYO

Volumen de C° preparado: 0.025 m³
 PU del C° fresco: 2372.0 kg/m³
 Asentamiento: Slump = 3.0 "
 Agua añadida: 4.5 l/tanda
 Aspecto de la mezcla: Satisfactoria
 Trabajabilidad: Satisfactoria

2 - PESOS DE LA TANDA DE ENSAYO

Cemento = 10.1 kg/tanda
 Agua añadida = 4.5 l/tanda
 Agregado fino húmedo = 24.1 kg/tanda
 Agregado grueso húmedo = 22.2 kg/tanda
 Peso por tanda = 60.9 kg/tanda

3 - RENDIMIENTO DE LA TANDA DE ENSAYORendimiento = 0.0257 m^3 **4 - AGUA DE MEZCLADO POR TANDA****HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO**

Del agregado fino = 3.82 %

Del agregado grueso = -0.58 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 0.8 l/tanda

Del agregado grueso = -0.1 l/tanda

Aporte de humedad del agregado = 0.7 l/tanda

AGUA DE MEZCLADO POR TANDA

Agua de mezclado por tanda = 5.2 l/tanda

5 - AGUA DE MEZCLADO REQUERIDAAgua de mezclado = 202.7 l/m^3 **6 - CORRECCIÓN EN EL AGUA DE MEZCLADO**

Asentamiento obtenido = 7.62 cm

Asentamiento requerido = 7.62 cm

Incremento o disminución (-) de agua
= 0.0 litros

Nueva agua de mezclado = 202.7 litros

7 - NUEVA RELACIÓN a/c

Relación a/c de diseño = 0.50

Nuevo contenido de cemento = 405.4 kg/m^3 **CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS PESOS****8 - CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

Aspecto de la mezcla: Satisfactoria

Relación b/bo = 0.00

Agregado grueso seco = 861.7 kg/m^3 Agregado grueso húmedo = 865.8 kg/m^3 Agregado grueso SSS = 870.7 kg/m^3 **9 - CONTENIDO DE AGREGADO FINO**Nuevo PU del C° fresco = 2372.0 kg/m^3 Agregado fino SSS = 893.1 kg/m^3 Agregado fino seco = 877.8 kg/m^3

10 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 405.4 kg/m³
 Agua de diseño = 202.7 l/m³
 Agregado fino seco = 877.8 kg/m³
 Agregado grueso seco = 861.7 kg/m³

CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS**11 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO**

Cemento = 0.0032 m³
 Agua de diseño = 0.0052 m³
 Agregado fino seco = 0.0086 m³
 Agregado grueso seco = 0.0081 m³
 Suma de volúmenes absolutos = 0.0252 m³
 Aire atrapado = 2.04 %

12 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO AJUSTADOS

Cemento = 0.1295 m³
 Agua de diseño = 0.2027 m³
 Aire atrapado = 0.020 m³
 Agregado grueso seco = 0.3327 m³
 Suma de volúmenes absolutos = 0.6854 m³
 Volumen absoluto de A. fino seco = 0.3146 m³
 Peso seco del A. fino = 796.1 kg/m³

13 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 405.4 kg/m³
 Agua de diseño = 202.7 l/m³
 Agregado fino seco = 796.1 kg/m³
 Agregado grueso seco = 861.7 kg/m³

Observaciones:

Los nuevos contenidos de humedad, deberán ser calculados antes de la preparación de una tanda, para el ajuste respectivo de los materiales de diseño.

D. Ajuste del diseño por Ley de Powers y nuevo diseño de mezcla (Mezcla A).

AJUSTE DE LAS PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO Ajuste de la Relación a/c, por Ley de Powers
ELABORADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto. PROYECTO : Proyecto de Tesis. PROCEDENCIA DE AGREGADOS : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
<p>1 - DATOS DE LABORATORIO</p> <p style="padding-left: 40px;">$f'c$ a los 7 días (75% de $f'c$) = 315 kg/cm²</p> <p style="padding-left: 40px;">$f'c$ a los 28 días (S) = 420.00 kg/cm²</p> <p>2 - CÁLCULO DE REL. GEL / ESPACIO (x)</p> <p style="padding-left: 40px;">$x = 0.56090689$</p> <p>3 - GRADO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO (α)</p> <p style="padding-left: 40px;">$\alpha = 0.59916899$</p> <p>4 - NUEVA RELACIÓN a/c PARA $f'c$ ESPECIFICADO</p> <p style="padding-left: 40px;">$f'c$ especificado (S) = 210 kg/cm²</p> <p style="padding-left: 40px;">$x = 0.44519210$</p> <p style="padding-left: 40px;">Nueva Rel. a/c = 0.68</p>

DISEÑO PARA LA MEZCLA DE CONCRETO Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (M. - MFCA)
ELABORADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto. PROYECTO : Proyecto de Tesis. PROCEDENCIA DE AGREGADOS : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.
<p>1 - ESPECIFICACIONES</p> <p style="padding-left: 40px;">Elemento estructural: Estructuras armadas. Estructuras especiales. Concreto sin aire incorporado.</p> <p style="padding-left: 40px;">Consideraciones estructurales: $f'c = 210$ kg/cm² (28 días) Slump = 3 " - 4 "</p>

2 - MATERIALES**Cemento:** Portland Tipo I - PacasmayoPe = 3.13 g/cm³**Agua:** UNC - Cajamarca**Agregado fino:**

<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1663
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1784
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.53
<i>Contenido de humedad (%)</i>	5.21
<i>Absorción (%)</i>	1.74
<i>Módulo de fineza</i>	3.52

Agregado grueso:

<i>Perfil</i>	Angular
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1332
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1512
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.59
<i>Contenido de humedad (%)</i>	0.85
<i>Absorción (%)</i>	1.05
<i>Módulo de fineza</i>	7.58
<i>Tamaño máximo nominal (Pulg.)</i>	1

3 - RESISTENCIA PROMEDIOf'cr = 252 kg/cm²**4 - TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO**

TMN = 1 "

5 - SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP = 3 " a 4 "

6 - CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Aire atrapado = 1.5 %

7 - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Volumen de agua = 202.7 litros

8 - NUEVA RELACIÓN a/c AJUSTADA POR POWERS

a/c de diseño = 0.68

9 - FACTOR CEMENTOFC = 298.2 kg/m³

FC = 7.0 bolsas

10 - VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 0.095 \text{ m}^3 \\ \text{Agua de diseño} &= 0.203 \text{ m}^3 \\ \text{Aire atrapado} &= 0.015 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen Absoluto de la Pasta} &= 0.313 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

11 - VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

$$\text{Volumen Absoluto de los agregados} = 0.687 \text{ m}^3$$

12 - MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$m_c = 5.34$$

13 - CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

$$r_f = 55.1 \%$$

14 - CÁLCULO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{Volumen Absoluto del agregado fino} &= 0.379 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen Absoluto del agregado grueso} &= 0.308 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

15 - PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{Peso seco del agregado fino} &= 958.5 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Peso seco del agregado grueso} &= 798.2 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

16 - VALORES DE DISEÑO

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 298.2 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua de diseño} &= 202.7 \text{ l/m}^3 \\ \text{Agregado fino seco} &= 958.5 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso seco} &= 798.2 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

17 - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

$$\begin{aligned} \text{Peso húmedo del agregado fino} &= 1008.4 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Peso húmedo del agregado grueso} &= 805.0 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

$$\begin{aligned} \text{Del agregado fino} &= 3.47 \% \\ \text{Del agregado grueso} &= -0.20 \% \end{aligned}$$

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

$$\begin{aligned} \text{Del agregado fino} &= 35.0 \text{ l/m}^3 \\ \text{Del agregado grueso} &= -1.6 \text{ l/m}^3 \\ \text{Aporte de humedad del agregado} &= 33.4 \text{ l/m}^3 \end{aligned}$$

AGUA EFECTIVA A SER UTILIZADA EN OBRA

$$\text{Agua efectiva} = 169.3 \text{ l/m}^3$$

18 - PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento = 298.2 kg/m³
 Agua efectiva = 169.3 l/m³
 Agregado fino húmedo = 1008.4 kg/m³
 Agregado grueso húmedo = 805.0 kg/m³

19 - PROPORCIÓN EN PESO

De diseño = 1 : 3.21 : 2.68 / 28.88 l/bolsa
 De obra = 1 : 3.38 : 2.7 / 24.13 l/bolsa
 Relación a/c de diseño = 0.68
 Relación a/c efectiva = 0.57

20 - PROPORCIÓN EN VOLUMEN

PUS del Af, húmedo = 1750 kg/m³
 PUS del Ag, húmedo = 1343 kg/m³
 PUS del Af, húmedo = 50.0 kg/pie³
 PUS del Ag, húmedo = 38.4 kg/pie³
 Cemento = 42.5 kg/pie³
 De obra = 1 : 2.87 : 2.99 / 24.13 l/bolsa

21 - PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento = 42.5 kg/bolsa
 Agua efectiva = 24.1 l/bolsa
 Agregado fino húmedo = 143.7 kg/bolsa
 Agregado grueso húmedo = 114.8 kg/bolsa

22 - PESOS DE LOS MATERIALES POR TANDA ESPECIFICADA

Volumen de tanda = 0.025 m³
 Cemento = 7.8 kg/tanda
 Agua efectiva = 4.4 l/tanda
 Agregado fino húmedo = 26.5 kg/tanda
 Agregado grueso húmedo = 21.1 kg/tanda

Observaciones:

Para el cálculo de la Resistencia Promedio Requerida se aplicó un Coeficiente de Ampliación de 1.2.
 Los pesos de los materiales por tanda especificada, están multiplicados × 1.05 (por desperdicios).

E. Diseño de mezcla para el concreto – Con 2% de Aditivo Chema 3 (Mezcla B).

DISEÑO PARA LA MEZCLA DE CONCRETO - CON ADITIVO Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (M. - MFCA)	
ELABORADO POR : Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto. PROYECTO : Proyecto de Tesis. PROCEDENCIA DE AGREGADOS : Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.	
1 - ESPECIFICACIONES	
Elemento estructural:	Estructuras armadas. Estructuras especiales. Concreto sin aire incorporado.
Consideraciones estructurales:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (28 días) Slump = 3 " - 4 "
2 - MATERIALES	
Cemento:	Portland Tipo I - Pacasmayo. $P_c = 3.13 \text{ g/cm}^3$
Aditivo:	Chema 3 - Tipo C. Modo de empleo: En agua de amasado. Especificación: Reducir hasta en :: 10 % la cantidad de agua. Dosis = 850 ml/bolsa
Agua:	UNC - Cajamarca
Agregado fino:	
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m^3)</i>	1663
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m^3)</i>	1784
<i>Peso específico de masa (g/cm^3)</i>	2.53
<i>Contenido de humedad (%)</i>	5.50
<i>Absorción (%)</i>	1.74
<i>Módulo de fineza</i>	3.52
Agregado grueso:	
<i>Perfil</i>	Angular
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m^3)</i>	1332
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m^3)</i>	1512
<i>Peso específico de masa (g/cm^3)</i>	2.59
<i>Contenido de humedad (%)</i>	2.03
<i>Absorción (%)</i>	1.05
<i>Módulo de fineza</i>	7.58
<i>Tamaño máximo nominal (Pulg.)</i>	1

3 - RESISTENCIA PROMEDIO

$$f'_{cr} = 252 \text{ kg/cm}^2$$

4 - TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

$$\text{TMN} = 1 \text{ "}$$

5 - SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

$$\text{SLUMP} = 3 \text{ " a } 4 \text{ "}$$

6 - CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

$$\text{Aire atrapado} = 1.5 \%$$

7 - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

$$\text{Volumen de agua} = 182.43 \text{ litros}$$

8 - NUEVA RELACIÓN a/c AJUSTADA POR POWERS

$$\text{a/c de diseño} = 0.68$$

9 - FACTOR CEMENTO

$$\text{FC} = 268.4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{FC} = 6.3 \text{ bolsas}$$

10 - VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

$$\text{Cemento} = 0.086 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 0.182 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto de la Pasta} = 0.283 \text{ m}^3$$

11 - VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

$$\text{Volumen Absoluto de los agregados} = 0.717 \text{ m}^3$$

12 - MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$m_c = 5.29$$

13 - CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

$$r_f = 56.5 \%$$

14 - CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

$$\text{Volumen Absoluto del agregado fino} = 0.405 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto del agregado grueso} = 0.312 \text{ m}^3$$

15 - PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

$$\text{Peso seco del agregado fino} = 1025.0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 807.2 \text{ kg/m}^3$$

16 - VALORES DE DISEÑO

Cemento = 268.4 kg/m³
 Agua de diseño = 182.4 l/m³
 Agregado fino seco = 1025.0 kg/m³
 Agregado grueso seco = 807.2 kg/m³

17 - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso húmedo del agregado fino = 1081.4 kg/m³
 Peso húmedo del agregado grueso = 823.6 kg/m³

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 3.76 %
 Del agregado grueso = 0.98 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 40.7 l/m³
 Del agregado grueso = 8.1 l/m³
 Aporte de humedad del agregado = 48.7 l/m³

AGUA EFECTIVA A SER UTILIZADA EN OBRA

Agua efectiva = 133.7 l/m³

18 - PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento = 268.4 kg/m³
 Agua efectiva = 128.330 l/m³
 Agregado fino húmedo = 1081.4 kg/m³
 Agregado grueso húmedo = 823.6 kg/m³
 Aditivo CHEMA 3 = 5.368 l/m³

19 - PROPORCIÓN EN PESO

De diseño = 1 : 3.82 : 3.01 / 28.88 l/bolsa
 De obra = 1 : 4.03 : 3.07 / 21.17 l/bolsa
 Relación a/c de diseño = 0.68
 Relación a/c efectiva = 0.50

20 - PROPORCIÓN EN VOLUMEN

PUS del Af, húmedo = 1754 kg/m³
 PUS del Ag, húmedo = 1359 kg/m³
 PUS del Af, húmedo = 50.1 kg/pie³
 PUS del Ag, húmedo = 38.8 kg/pie³
 Cemento = 42.5 kg/pie³
 De obra = 1 : 3.42 : 3.36 / 21.17 l/bolsa

21 - PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento	=	42.5 kg/bolsa
Agua efectiva	=	20.319 l/bolsa
Agregado fino húmedo	=	171.3 kg/bolsa
Agregado grueso húmedo	=	130.5 kg/bolsa
Aditivo CHEMA 3	=	0.850 l/bolsa

22 - PESOS DE LOS MATERIALES POR TANDA ESPECIFICADA

Volumen de tanda	=	0.020 m ³
Cemento	=	5.6 kg/tanda
Agua efectiva	=	2.695 l/tanda
Agregado fino húmedo	=	22.7 kg/tanda
Agregado grueso húmedo	=	17.3 kg/tanda
Aditivo CHEMA 3	=	0.113 l/tanda

Observaciones:



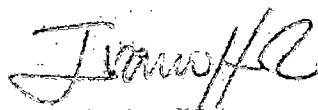
Para el cálculo de la Resistencia Promedio Requerida se aplicó un Coeficiente de Ampliación de 1.2.
Los pesos de los materiales por tanda especificada, están multiplicados $\times 1.05$ (por desperdicios).

F. Normativa referenciada.

DESCRIPCIÓN	NTP	ASTM
CEMENTOS		
▪ Especificación de norma para el cemento portland.....	334.009	C 150
AGREGADOS		
▪ Práctica de norma para el muestreo de agregados.....	400.010	D 75
▪ Práctica normalizada para la reducción de muestras de agregados para el tamaño de ensayo.....	400.043	C 702
▪ Método de ensayo para determinar el contenido de humedad evaporable total del agregado por secado.....	339.185	C 566
▪ Método de ensayo para el análisis granulométrico de los agregados fino y grueso.....	400.012	C 136
▪ Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos.....	400.021	C 127
▪ Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados finos.....	400.022	C 128
▪ Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión y al impacto del agregado grueso de pequeño tamaño en la máquina de Los Ángeles....	400.019	C 131
▪ Método de ensayo para determinar, a través de lavado, los materiales más finos que el tamiz 75- μm (No. 200) en agregados minerales.....	400.018	C 117
▪ Método de ensayo para determinar el peso volumétrico (Densidad Suelta, Peso Unitario, Masa Unitaria, Peso Específico) y vacíos en el agregado...	400.017	C 29
▪ Terminología de norma relacionada con el concreto y con los agregados para concreto.....	400.011	C 125
▪ Especificación de norma para agregados para concreto.....	400.037	C 33
AGUA		
▪ Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos.....	339.088	----
▪ Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland.....	339.070	----
ADITIVOS		
▪ Especificación de norma para aditivos químicos para concreto.....	339.086	C 494
CONCRETO		
▪ Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto de cemento portland fresco.....	339.184	C 1064
▪ Práctica normalizada para el uso de almohadillas no adherentes en la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecido.....	339.216	C 1231

▪ Práctica normalizada para el cabeceo de cilindros de concreto.....	339.057	C 617
▪ Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.....	339.046	C 138
▪ Método de ensayo para determinar el revenimiento (asentamiento) del concreto de cemento portland.....	339.035	C 143
▪ Práctica normalizada para el muestreo del concreto fresco.....	339.036	C 172
▪ Práctica normalizada para la producción y el curado de especímenes de concreto en laboratorio.....	339.183	C 192
▪ Práctica normalizada para producción y curado de especímenes de ensayo de concreto en el campo.....	339.033	C 31
▪ Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de cilindros de concreto.....	339.034	C 39
▪ Método estándar de prueba para Módulo Estático de Elasticidad y la Proporción de Poisson de concreto en compresión.....	----	C 469
▪ Especificación estándar para concreto premezclado.....	----	C 94
▪ Especificación estándar para moldes cilíndricos para preparación de concreto.....	----	C 470
▪ Práctica estándar para verificaciones de fuerza en máquinas de ensayo de compresión (calibración).....	----	E 4

G. Hoja técnica del cemento utilizado.

		CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad Teléfono 317 - 6000			
PACASMAYO				SGC-REG-06-G0002 Versión 01	
Cemento Portland Tipo I Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150 Pacasmayo, 14 de octubre 2014					
COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA		Requisito NTP 334.009 / ASTM C150	
MgO	%	2.6	Máximo 6.0		
SO3	%	2.6	Máximo 3.0		
Pérdida por ignición	%	1.7	Máximo 3.0		
Residuo Insoluble	%	0.37	Máximo 0.75		
PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA		Requisito NTP 334.009 / ASTM C150	
Contenido de Aire	%	10	Máximo 12		
Expansión en Autoclave	%	0.12	Máximo 0.80		
Superficie Específica	cm ² /g	3460	Mínimo 2800		
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA		
Resistencia Compresión :					
Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	25.4 (259)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)		
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	31.4 (321)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)		
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	41.2 (420)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)		
Tiempo de Fraguado Vicat :					
Fraguado Inicial	min	157	Mínimo 45		
Fraguado Final	min	307	Máximo 375		
<p>Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-09-2014 al 30-09-2014. La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de agosto 2014. (*) Requisito opcional.</p>					
 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.					

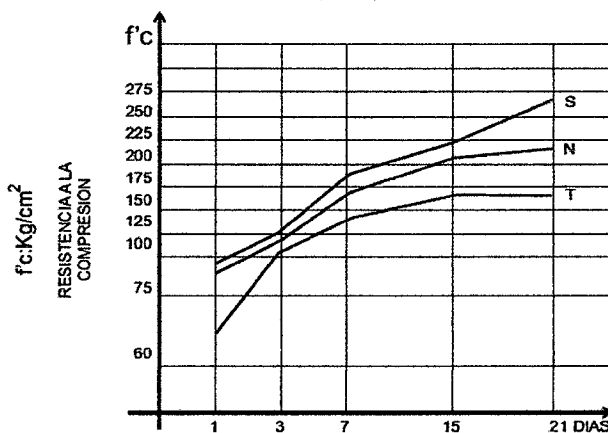
H. Hoja técnica del aditivo utilizado.

	<p>CHEM MASTERS DEL PERU S.A.</p> <p>Chema 3</p> <hr/> <p>Acelerante de fragua para mortero y concreto.</p>
Versión 2013	
<p>DESCRIPCIÓN: CHEMA 3 es un acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales como bajo cero grados centígrados. No contiene cloruros, trabaja además como un inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Su efecto como acelerante de fragua o anticongelante se hace más notorio a temperaturas más bajas. Este aditivo protege el concreto en su estado fresco de congelarse. Su efecto es sobre toda mezcla de mortero y concreto, tanto con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos. Chema 3 es un producto adecuado a la norma ASTM C-494 y es muy resistente a las sales y sulfatos.</p>	
<p>USOS: Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere obtener una fuerza a la comprensión del concreto en menor tiempo. Para desmoldar en menor tiempo estructuras de concreto armado. En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo a pesar de la baja temperatura funcionando a la vez como anticongelante. Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio. Para vaciados en terrenos sulfurosos. Para elementos de concreto pre fabricados. Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales Para morteros de inyección. Para morteros de andaje con altas resistencias mecánicas. Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales.</p>	
<p>DOSIFICACIÓN Y MODO DE EMPLEO: Utilizar según su necesidad, una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y necesidades: REDUCIDA: 500 ml (1/2 Litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado) NORMAL: 750 ml (3/4 Litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado) SUPERIOR: 1.000 ml (1 litro) x bolsa de cemento (en el agua de amasado) Utilice la dosificación requerida de Chema 3 en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. La relación a/c recomendada máxima deberá ser 0.45 o se debe reducir hasta en 10% la cantidad de agua.</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS: Color : Amarillo Apariencia : Líquido pH : 8.0 - 11.0 Densidad : 1.10 - 1.20 g/ml</p>	
<p>PRESENTACIÓN: Envases de 1 gal., 5 gal., y 55 gal.</p>	
<p>PRECAUCIONES: Producto tóxico, NO INGERIR Mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.</p>	
<p><small>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.</small></p>	
	<p>IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.</p> <p>Av. Industrial 765, Lima 1. Teléf. (511) 336-8407 - Fax (511) 336-8408 e-mail: chema@itcsa.com web: www.itcsa.com</p>
	

CUADRO N° 1:
 Tiempo de fragua y resistencias a la compresión alcanzados utilizando CHEMA 3 en el concreto.

EFECTOS		TESTIGO	SUPERIOR	NORMAL	REDUCIDA
Tiempo fragua	20° C.	5.30 Hrs.	4.0 Hrs.	4.30 Hrs.	5 Hrs.
GAN f'_c kg/cm ²	1d	44 (100%)	74 (168%)	72 (163%)	59 (134%)
GAN f'_c kg/cm ²	3d	96 (100%)	155 (161%)	135 (138%)	133 (138%)
GAN f'_c kg/cm ²	7d	133 (100%)	193 (145%)	169 (127%)	161 (121%)
GAN f'_c kg/cm ²	21d	145 (100%)	260 (133%)	190 (131%)	164 (110%)
Relación A/C	--	0.5	0.45	0.47	0.3
Tiempo fragua	6° C.	19 Hrs.	6.30 Hrs.	--	--

GRAFICO N° 1:
 Resistencia a la compresión en el tiempo con dosis superior y normal con el aditivo CHEMA 3 y testigo.



PRECAUCIONES:
 Producto tóxico, **NO INGERIR**, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
 No coma ni beba mientras manipula el producto.
 Lávese las manos luego de manipular el producto.
 Utilice guantes de seguridad, gafas y ropa protectoras de trabajo.
 Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
 En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.
 Si es ingerido, no provocar vómitos, procure buscar ayuda médica inmediata.

I. Análisis Físico – Químico del agua utilizada para la elaboración del concreto.

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL AGUA UTILIZADA EN LA
ELABORACIÓN DEL CONCRETO
(NTP 339.070 / NTP 339.088)**

SOLICITA : PAUL JOAO INCIO ABANTO
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA - UNC
FECHA : 16/12/2014

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROPIEDADES Y SUSTANCIAS DISUELTAS	VALORES DETERMINADOS
CLORUROS	40.12 ppm
SULFATOS	2.81 ppm
ALCALINIDAD TOTAL	182.28 ppm
PH	7
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	249.00 ppm
MATERIA ORGÁNICA	1.50 ppm

NOTA : La muestra fue alcanzada por el interesado, para su análisis respectivo.

OBSERVACIONES : Los Ensayos Respectivos fueron realizados por el ING. QUÍM. JUAN CARLOS FLORES CERNA. Docente de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Comentario: De acuerdo al análisis del agua que se muestra, se pudieron determinar en el laboratorio de Química de la UNC, los diferentes parámetros necesarios para evaluar la calidad del agua a utilizar en la elaboración de concreto. Los resultados mostrados indican que los valores de dichos parámetros se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) dados por la Norma Técnica.

J. Mezclas de Prueba y Dosis Óptima de Aditivo Chema 3.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																						
ASTM C39 / NTP 339.034																						
ELABORADO POR:										TIPO DE MEZCLA:												
Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										A												
PROYECTO:										CEMENTO:												
Proyecto de Tesis.										PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE AGREG.:										ADITIVO:												
Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BL										SIN ADITIVO												
UBICACIÓN:										f _{cr} REQUERIDA:												
UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										252 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:										f _c DE DISEÑO:												
09/12/2014										210 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:										f _c ESPERADO:												
17/12/2014										75 %												
EDAD:										# DE ESPECÍMENES:												
7 DÍAS										3												
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	A-ADI (ml)	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C ^o F (kg)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	f _c -PROM (%)	f _c -PROM (kg/cm ²)	
1.1	200.0	8.0	11.190	-	15.400	30.6	-	0.00569971	-	15.500	30.6	188.69	0.00577397	13.655	2365	56000.0	(6)	297	141	150	315	
1.2			11.195	-	15.500	30.5	-	0.00575510	-	15.400	30.5	186.27	0.00568108	13.510	2378	64000.0	(6)	344	164			
1.3			11.270	24.700	15.400	30.4	13.430	0.00566246	2372	15.400	30.5	186.27	0.00568108	13.455	2368	57000.0	(6)	306	146			
2.1	300.0	9.5	11.190	-	15.500	30.4	-	0.00573623	-	15.500	30.5	188.69	0.00575510	13.440	2335	55000.0	(5)	291	139	141	296	
2.2			8.750	21.860	15.200	30.5	13.110	0.00553448	2369	15.100	30.5	179.08	0.00546190	13.110	2400	52000.0	(5)	290	138			
2.3			4.070	-	15.000	30.7	-	0.00542514	-	15.100	30.8	179.08	0.00551562	13.015	2360	55000.0	(6)	307	146			
FECHA DE FABRIC.:										f _c DE DISEÑO:												
18/12/2014										210 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:										f _c ESPERADO:												
26/12/2014										75 %												
EDAD:										# DE ESPECÍMENES:												
7 DÍAS										4												
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	A-ADI (ml)	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C ^o F (kg)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	f _c -PROM (%)	f _c -PROM (kg/cm ²)	
1.1	0.0	10.0	11.180	24.620	15.400	30.4	13.440	0.00566246	2374	15.400	30.3	186.27	0.00564383	13.375	2370	33500.0	(3)	180	86	85	178	
1.2			8.735	21.670	15.200	30.3	12.935	0.00549819	2353	15.200	30.3	181.46	0.00549819	12.895	2345	32000.0	(3)	176	84			
1.3			-	-	-	-	-	-	-	-	15.400	30.1	186.27	0.00560658	13.245	2362	33700.0	(3)	181			86
1.4			-	-	-	-	-	-	-	-	15.400	30.2	186.27	0.00562520	13.255	2356	32300.0	(6)	173			83

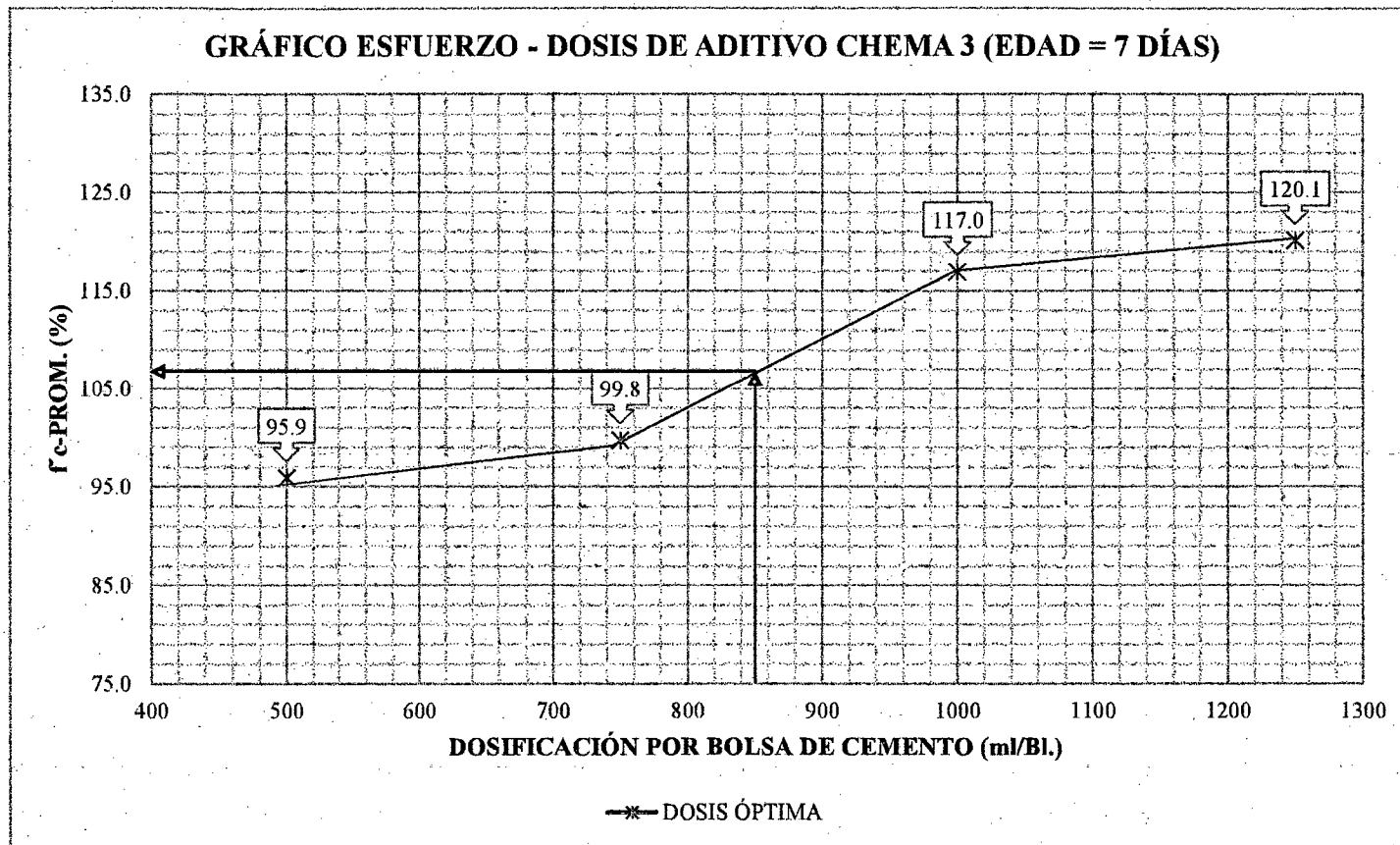
Comentario: Se realizaron 2 mezclas de prueba. La primera con agregado fino normal (tal como proviene de la cantera <1.1, 1.2, 1.3>) y la segunda con agregado fino ajustado (con $mf \leq 3.1$ <2.1, 2.2, 2.3>). Como se puede observar la mezcla <2> proporciona una resistencia parecida pero menor al de la mezcla <1>; esto se puede entender ya que al emplear el método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, se logra compensar la deficiencia en el mf. Y al cambiar la granulometría intencionalmente y usando este método se obtiene

mezclas muy sobrearenosas y con más requerimiento de cemento lo que generaría mezclas antieconómicas tanto por este hecho como por el desperdicio que se daría del agregado fino al querer cambiar su mf. Por todo lo dicho anteriormente, se optará por trabajar con el agregado fino tal como llega de la cantera. Se observan además, los resultados obtenidos (<1.1, 1.2, 1.3, 1.4>) luego del ajuste respectivo y el empleo de la Ley de Powers.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																					
ASTM C39 / NTP 339.034																					
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		B							
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO							
PROCED. DE AGREG.		Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BL										ADITIVO:		CON ADITIVO							
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²							
FECHA DE FABRIC.:		29/12/2014										f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²							
FECHA DE ENSAYO:		06/01/2015										f _c ESPERADO:		100 %							
EDAD:		7 DÍAS										# DE ESPÉCIMENES:		12							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	DOSIS (ml/Bl)	SLUMP (cm)	P-MOL. (kg)	P-MOL. + C ^o F (kg)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	f _c -PROM (%)	f _c -PROM (kg/cm ²)
1.1	500	8.3	11.195	24.600	15.400	30.4	13.405	0.00566246	2367	15.210	30.5	181.70	0.00554177	13.200	2382	38500.0	(3)	212	101	95.9	201
1.2			0.295	13.260	15.200	30.4	12.965	0.00551634	2350	15.300	30.4	183.85	0.00558916	13.090	2342	37200.0	(5)	202	96		
1.3			0.290	13.310	15.200	30.4	13.020	0.00551634	2360	15.320	30.4	184.33	0.00560378	13.105	2339	35000.0	(6)	190	90		
-																					
2.1	750	8.0	11.190	24.720	15.400	30.6	13.530	0.00569971	2374	15.300	30.5	183.85	0.00560754	13.350	2381	39600.0	(3)	215	103	99.8	209
2.2			0.290	13.230	15.200	30.4	12.940	0.00551634	2346	15.250	30.4	182.65	0.0055269	12.950	2332	37500.0	(6)	205	98		
2.3			0.280	13.310	15.200	30.4	13.030	0.00551634	2362	15.200	30.4	181.46	0.00551634	13.010	2358	37700.0	(6)	208	99		
-																					
3.1	1000	7.5	8.740	21.800	15.200	30.4	13.060	0.00551634	2368	15.180	30.5	180.98	0.00551993	13.015	2358	45500.0	(6)	251	120	117.0	246
3.2			0.290	13.280	15.200	30.4	12.990	0.00551634	2355	15.200	30.4	181.46	0.00551634	12.990	2355	44300.0	(6)	244	116		
3.3			0.290	13.350	15.200	30.4	13.060	0.00551634	2368	15.150	30.4	180.27	0.00548010	12.940	2361	43500.0	(3)	241	115		
-																					
4.1	1250	8.5	11.270	24.620	15.300	30.4	13.350	0.00558916	2389	15.290	30.4	183.61	0.00558185	13.330	2388	45200.0	(6)	246	117	120.1	252
4.2			0.285	13.365	15.200	30.4	13.080	0.00551634	2371	15.200	30.4	181.46	0.00551634	13.075	2370	48000.0	(6)	265	126		
4.3			0.285	13.240	15.200	30.4	12.955	0.00551634	2348	15.210	30.4	181.70	0.00552360	12.935	2342	44700.0	(6)	246	117		

Comentario: De acuerdo a la tabla y al gráfico presentado a continuación, elegiremos como dosificación óptima del aditivo = 850 ml/bolsa; ya que nos proporciona una resistencia por encima del f_c especificado (210 kg/cm²) de aproximadamente 7% cumpliendo así con los criterios

de aceptabilidad del concreto. Esta dosis fue elegida, por un aspecto económico, ya que en comparación a una dosis mayor; proporcionaría el mayor beneficio - costo.



K. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LAS EDADES DE 3, 7 Y 28 DÍAS; PARA LA MEZCLA PATRÓN (MEZCLA "A")

Tabla n° 33: Resistencia a la compresión del concreto a los 3 días de edad – mezcla A.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		A						
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACA S MAYO						
PROCED. DE ACREG:		Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - Bl.										ADITIVO:		SIN ADITIVO						
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²						
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015										f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015										f _c ESPERADO:		50 %						
EDAD:		3 DÍAS										# DE ESPECÍMENES:		20						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C°F (kg)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	MODO DE FALLA
A2101101151	19.30	10.50	11.270	24.520	15.331	30.4	13.250	0.00561183	2361	15.395	30.4	186.14	0.00565878	13.230	2338	22000.0	(6)	118.19	56.28	Frágil
A2101101152	-	10.00	-	-	-	-	-	-	-	15.401	30.5	186.29	0.00568182	13.240	2330	25000.0	(6)	134.20	63.90	Frágil
A2101101153	-	10.00	-	-	-	-	-	-	-	15.039	30.6	177.63	0.00543562	12.875	2369	23500.0	(6)	132.29	63.00	Frágil
A2101101154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.108	30.4	179.27	0.00544976	13.010	2387	23000.0	(3)	128.30	61.09	Dúctil
A2101101155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.149	30.4	180.24	0.00547938	12.895	2353	23500.0	(6)	130.38	62.09	Frágil
A2101101156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.132	30.3	179.84	0.00544910	12.860	2360	23500.0	(6)	130.67	62.23	Frágil
A2101101157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.070	30.4	178.37	0.00542238	12.845	2369	25200.0	(4)	141.28	67.28	Dúctil
A2101101158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.080	30.6	178.60	0.00546530	12.920	2364	23700.0	(6)	132.70	63.19	Frágil
A2101101159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.160	30.4	180.50	0.00548734	12.900	2351	22700.0	(6)	125.76	59.89	Frágil
A21011011510	-	-	0.285	13.290	15.228	30.3	13.005	0.00551846	2357	15.134	30.3	179.89	0.00545055	12.900	2367	23400.0	(6)	130.08	61.94	Frágil
A21011011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.102	30.5	179.13	0.00546335	12.935	2368	22000.0	(6)	122.82	58.49	Frágil
A21011011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.3	179.08	0.00542608	12.860	2370	24000.0	(3)	134.02	63.82	Dúctil
A21011011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.108	30.5	179.27	0.00546769	12.885	2357	22500.0	(6)	125.51	59.77	Frágil
A21011011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.106	30.3	179.22	0.00543040	12.860	2368	23800.0	(6)	132.80	63.24	Frágil
A21011011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.090	30.4	178.84	0.00543678	12.910	2375	23000.0	(3)	128.61	61.24	Dúctil
A21011011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.103	30.5	179.15	0.00546407	12.845	2351	21500.0	(3)	120.01	57.15	Dúctil
A21011011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.084	30.3	178.70	0.00541459	12.910	2384	23500.0	(6)	131.51	62.62	Frágil
A21011011518	-	-	0.285	13.187	15.132	30.4	12.902	0.00546709	2360	15.089	30.4	178.82	0.00543606	12.850	2364	22200.0	(6)	124.15	59.12	Frágil
A21011011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.324	30.5	184.43	0.00562515	12.860	2286	26000.0	(6)	140.97	67.13	Frágil
A21011011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.270	30.6	183.13	0.00560389	12.830	2289	24500.0	(3)	133.78	63.71	Dúctil
PROMEDIOS	19.30	10.17	-	-	-	-	-	-	2359	-	-	-	-	-	2355	-	-	129.90	61.86	30 %Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

Tabla n° 34: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de edad – mezcla A.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		A						
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO						
PROCED. DE AGREG:		Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - Bl.										ADITIVO:		SIN ADITIVO						
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²						
FECHA DE FABRIC.:		10/01/2015										f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015										f _c ESPERADO:		75 %						
EDAD:		7 DÍAS										# DE ESPECÍMENES:		20						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA										DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C°F (kg)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U (kg/m ³)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	MODO DE FALLA
A2101001151	19.90	9.50	11.270	24.610	15.331	30.4	13.340	0.00561183	2377	15.430	30.5	186.99	0.00570324	13.325	2336	36000.0	(6)	192.52	91.68	Frágil
A2101001152	-	9.60	-	-	-	-	-	-	-	15.430	30.4	186.99	0.00568454	13.255	2332	35000.0	(6)	187.17	89.13	Frágil
A2101001153	-	9.00	-	-	-	-	-	-	-	15.190	30.3	181.22	0.00549096	12.805	2332	32500.0	(6)	179.34	85.40	Frágil
A2101001154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.091	30.4	178.87	0.00543750	12.890	2371	33400.0	(5)	186.73	88.92	Frágil
A2101001155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.132	30.5	179.84	0.00548507	12.815	2336	30500.0	(6)	169.60	80.76	Frágil
A2101001156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.064	30.5	178.23	0.00543589	12.860	2366	33300.0	(4)	186.84	88.97	Dúctil
A2101001157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.106	30.4	179.22	0.00544832	12.810	2351	32800.0	(6)	183.01	87.15	Frágil
A2101001158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.071	30.3	178.39	0.00540526	12.990	2403	32500.0	(6)	182.18	86.75	Frágil
A2101001159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.081	30.4	178.63	0.00543030	12.810	2359	29200.0	(6)	163.47	77.84	Frágil
A21010011510	-	-	0.285	13.280	15.228	30.3	12.995	0.00551846	2355	15.122	30.5	179.60	0.00547783	13.000	2373	32500.0	(5)	180.96	86.17	Frágil
A21010011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.097	30.4	179.01	0.00544183	12.760	2345	32400.0	(6)	181.00	86.19	Frágil
A21010011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.128	30.5	179.74	0.00548217	12.985	2369	34500.0	(5)	191.94	91.40	Frágil
A21010011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.098	30.4	179.03	0.00544255	12.815	2355	29500.0	(3)	164.78	78.46	Dúctil
A21010011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.109	30.5	179.29	0.00546841	12.885	2356	33500.0	(3)	186.85	88.97	Dúctil
A21010011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.106	30.3	179.22	0.00543040	12.900	2376	31500.0	(5)	175.76	83.70	Frágil
A21010011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.097	30.5	179.01	0.00545973	12.835	2351	36000.0	(5)	201.11	95.77	Frágil
A21010011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.111	30.3	179.34	0.00543399	12.730	2343	35400.0	(4)	197.39	94.00	Dúctil
A21010011518	-	-	0.285	13.150	15.132	30.4	12.865	0.00546709	2353	15.105	30.5	179.20	0.00546552	12.875	2356	34000.0	(6)	189.74	90.35	Dúctil
A21010011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.088	30.4	178.79	0.00543534	12.855	2365	36000.0	(5)	201.35	95.88	Frágil
A21010011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.055	30.5	178.01	0.00542939	12.865	2370	33500.0	(3)	188.19	89.61	Dúctil
PROMEDIOS	19.90	9.37	-	-	-	-	-	-	2362	-	-	-	-	-	2357	-	-	184.50	87.86	30 %Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

Tabla n° 35: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad – mezcla A.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		A						
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO						
PROCED. DE AGREG:		Cantem "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.										ADITIVO:		SIN ADITIVO						
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm²						
FECHA DE FABRIC:		09/01/2015										f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm²						
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015										f'c ESPERADO:		100 %						
EDAD:		28 DÍAS										# DE ESPECÍMENES:		20						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL. (kg)	P-MOL. + C°F (kg)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
A2100901151	18.80	9.00	11.270	24.600	15.331	30.4	13.330	0.00561183	2375	15.270	30.7	183.13	0.00562220	13.515	2404	59000.0	(5)	322.17	153.41	Frágil
A2100901152	-	8.50	-	-	-	-	-	-	-	15.355	30.5	185.18	0.00564793	13.290	2353	58000.0	(3)	313.21	149.15	Dúctil
A2100901153	-	8.40	-	-	-	-	-	-	-	15.455	30.4	187.60	0.00570298	13.250	2323	49700.0	(6)	264.93	126.16	Frágil
A2100901154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.5	180.03	0.00549087	13.040	2375	55000.0	(6)	305.51	145.48	Dúctil
A2100901155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.410	30.6	186.51	0.00570711	13.180	2309	54600.0	(6)	292.75	139.40	Dúctil
A2100901156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.6	179.08	0.00547981	13.025	2377	52000.0	(6)	290.38	138.27	Dúctil
A2100901157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.385	30.7	185.90	0.00570720	13.165	2307	54000.0	(6)	290.48	138.32	Dúctil
A2100901158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.6	179.55	0.00549433	13.065	2378	52500.0	(4)	292.39	139.23	Dúctil
A2100901159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.295	30.7	183.73	0.00564062	13.220	2344	53000.0	(5)	288.46	137.36	Frágil
A21009011510	-	-	0.285	13.350	15.228	30.3	13.065	0.00551846	2368	15.090	30.6	178.84	0.00547255	13.185	2409	48500.0	(6)	271.19	129.14	Frágil
A21009011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.420	30.6	186.75	0.00571452	13.150	2301	53500.0	(6)	286.48	136.42	Frágil
A21009011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.6	179.08	0.00547981	13.090	2389	56000.0	(3)	312.71	148.91	Dúctil
A21009011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.095	30.8	178.96	0.00551197	13.260	2406	51500.0	(5)	287.77	137.04	Frágil
A21009011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.110	30.5	179.32	0.00546914	13.060	2388	55300.0	(6)	308.39	146.85	Frágil
A21009011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.5	179.55	0.00547638	13.090	2390	55500.0	(6)	309.10	147.19	Dúctil
A21009011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.425	30.5	186.87	0.00569954	13.080	2295	54700.0	(6)	292.72	139.39	Frágil
A21009011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.300	30.4	183.85	0.00558916	13.175	2357	54000.0	(6)	293.71	139.86	Frágil
A21009011518	-	-	0.285	13.175	15.132	30.4	12.890	0.00546709	2358	15.090	30.6	178.84	0.00547255	13.220	2416	49200.0	(3)	275.10	131.00	Dúctil
A21009011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.165	30.8	180.62	0.00556321	13.115	2357	52400.0	(6)	290.11	138.15	Frágil
A21009011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.090	30.4	178.84	0.00543678	12.875	2368	56500.0	(6)	315.92	150.44	Frágil
PROMEDIOS	18.80	8.63	-	-	-	-	-	-	2367	-	-	-	-	-	2362	-	-	295.17	140.56	45 %Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

L. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LAS EDADES DE 3, 7 Y 28 DÍAS; PARA LA MEZCLA CON 2.00% DE ADITIVO (MEZCLA "B")

Tabla n° 36: Resistencia a la compresión del concreto a los 3 días de edad – mezcla B.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		B						
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO						
PROCED. DE AGREG:		Cantera "Roca Fuerte", Río Chonta - BI.										ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)						
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²						
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015										f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015										f _c ESPERADO:		80 %						
EDAD:		3 DÍAS										# DE ESPÉCIMENES:		20						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C°F (kg)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U (kg/m ³)	DIÁM (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	MODO DE FALLA
B2101101151	19.20	8.00	8.740	21.650	15.131	30.5	12.910	0.00548435	2354	15.158	30.5	180.46	0.00550394	12.890	2342	28500.0	(6)	157.93	75.21	Dúctil
B2101101152	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-	15.385	30.5	185.90	0.00567002	13.480	2377	32000.0	(6)	172.13	81.97	Frágil
B2101101153	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.4	179.08	0.00544399	12.865	2363	29800.0	(6)	166.41	79.24	Frágil
B2101101154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.103	30.4	179.15	0.00544615	12.965	2381	30700.0	(3)	171.36	81.60	Dúctil
B2101101155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.081	30.5	178.63	0.00544816	12.860	2360	30300.0	(6)	169.63	80.77	Frágil
B2101101156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.121	30.5	179.58	0.00547710	12.920	2359	28500.0	(4)	158.71	75.57	Dúctil
B2101101157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.266	30.4	183.04	0.00556434	12.905	2319	31500.0	(6)	172.10	81.95	Frágil
B2101101158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.089	30.4	178.82	0.00543606	12.865	2367	29500.0	(6)	164.97	78.56	Frágil
B2101101159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.091	30.5	178.87	0.00545539	13.055	2393	31000.0	(6)	173.31	82.53	Dúctil
B21011011510	-	-	0.285	13.215	15.187	30.2	12.930	0.00547067	2364	15.106	30.4	179.22	0.00544832	12.935	2374	30000.0	(5)	167.39	79.71	Frágil
B21011011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.193	30.4	181.29	0.00551126	13.000	2359	32000.0	(6)	176.51	84.05	Dúctil
B21011011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.196	30.4	181.36	0.00551343	12.955	2350	32500.0	(5)	179.20	85.33	Frágil
B21011011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.149	30.5	180.24	0.00549740	12.975	2360	30300.0	(3)	168.11	80.05	Dúctil
B21011011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.103	30.5	179.15	0.00546407	13.005	2380	31400.0	(3)	175.27	83.46	Dúctil
B21011011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.085	30.4	178.72	0.00543318	12.965	2386	30500.0	(6)	170.66	81.26	Dúctil
B21011011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.067	30.5	178.30	0.00543805	12.975	2386	29000.0	(6)	162.65	77.45	Frágil
B21011011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.089	30.3	178.82	0.00541818	12.925	2385	27500.0	(6)	153.79	73.23	Frágil
B21011011518	-	-	0.280	13.265	15.115	30.2	12.985	0.00541892	2396	15.063	30.4	178.20	0.00541734	12.980	2396	27100.0	(6)	152.07	72.42	Frágil
B21011011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.293	30.9	183.69	0.00567589	13.315	2346	33500.0	(6)	182.38	86.85	Frágil
B21011011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.071	30.7	178.39	0.00547662	12.950	2365	29700.0	(3)	166.49	79.28	Dúctil
PROMEDIOS	19.20	7.67	-	-	-	-	-	-	2371	-	-	-	-	-	2367	-	-	168.05	80.03	45 %Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

Tabla n° 37: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de edad – mezcla B.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.										TIPO DE MEZCLA:		B						
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO						
PROCED. DE AGREG:		Cantem "Roca Fuerte", Río Chonta - Bl.										ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)						
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²						
FECHA DE FABRIC.:		10/01/2015										f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015										f _c ESPERADO:		100 %						
EDAD:		7 DÍAS										# DE ESPECÍMENES:		20						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL. (kg)	P-MOL. + C°F (kg)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	MODO DE FALLA
B2101001151	18.80	7.70	8.740	21.700	15.131	30.5	12.960	0.00548435	2363	15.198	30.5	181.41	0.00553302	12.955	2341	42500.0	(6)	234.28	111.56	Frágil
B2101001152	-	7.60	-	-	-	-	-	-	-	15.373	30.5	185.61	0.00566118	13.550	2393	46000.0	(3)	247.83	118.01	Dúctil
B2101001153	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-	15.105	30.4	179.20	0.00544760	12.905	2369	42700.0	(6)	238.28	113.47	Frágil
B2101001154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.028	30.4	177.37	0.00539220	12.910	2394	41700.0	(6)	235.10	111.95	Frágil
B2101001155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.064	30.6	178.23	0.00545371	12.980	2380	42300.0	(6)	237.34	113.02	Frágil
B2101001156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.043	30.5	177.73	0.00542074	12.970	2393	40000.0	(6)	225.06	107.17	Frágil
B2101001157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.063	30.5	178.20	0.00543516	13.105	2411	41500.0	(4)	232.88	110.90	Dúctil
B2101001158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.058	30.4	178.08	0.00541375	12.920	2387	41300.0	(4)	231.91	110.43	Dúctil
B2101001159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.066	30.4	178.27	0.00541950	12.930	2386	42500.0	(6)	238.40	113.52	Frágil
B21010011510	-	-	0.285	13.225	15.187	30.2	12.940	0.00547067	2365	15.074	30.3	178.46	0.00540741	12.950	2395	42200.0	(6)	236.46	112.60	Frágil
B21010011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.185	30.5	181.10	0.00552356	13.020	2357	39800.0	(4)	219.77	104.65	Dúctil
B21010011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.107	30.5	179.24	0.00546696	13.025	2382	42500.0	(5)	237.11	112.91	Frágil
B21010011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.308	30.5	184.05	0.00561341	13.040	2323	45500.0	(6)	247.22	117.72	Frágil
B21010011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.105	30.4	179.20	0.00544760	12.945	2376	44600.0	(4)	248.89	118.52	Dúctil
B21010011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.289	30.5	183.59	0.00559948	13.000	2322	44500.0	(3)	242.39	115.42	Dúctil
B21010011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.074	30.2	178.46	0.00538957	12.780	2371	43200.0	(3)	242.07	115.27	Dúctil
B21010011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.113	30.5	179.39	0.00547131	13.010	2378	44000.0	(6)	245.28	116.80	Frágil
B21010011518	-	-	0.280	13.210	15.115	30.2	12.930	0.00541892	2386	15.125	30.3	179.67	0.00544406	12.945	2378	39500.0	(6)	219.84	104.69	Frágil
B21010011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.217	30.8	181.86	0.00560143	13.250	2365	42500.0	(6)	233.69	111.28	Frágil
B21010011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.365	30.6	185.42	0.00567383	12.945	2282	46500.0	(3)	250.78	119.42	Dúctil
PROMEDIOS	18.80	7.60	-	-	-	-	-	-	2372	-	-	-	-	-	2369	-	-	237.23	112.97	40 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

Tabla n° 38: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad – mezcla B.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																				
ASTM C39 / NTP 339.034																				
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Paul J. Incio Abanto.								TIPO DE MEZCLA:		B								
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.								CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACA S M A Y O								
PROCED. DE AGREG:		Cantem "Roca Fuerte", Río Chonta - Bl.								ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)								
UBICACIÓN:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.								f _{cr} REQUERIDA:		252 kg/cm ²								
FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015								f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²								
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015								f _c ESPERADO:		100 %								
EDAD:		28 DÍAS								# DE ESPECÍMENES:		20								
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	P-MOL. (kg)	P-MOL. + C° F (kg)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f _c -OBT. (kg/cm ²)	f _c -OBT. (%)	MODO DE FALLA
B2100901151	19.00	8.00	8.740	21.710	15.131	30.5	12.970	0.00548435	2365	15.210	30.4	181.70	0.00552360	12.925	2340	54000.0	(6)	297.20	141.52	Dúctil
B2100901152	-	7.80	-	-	-	-	-	-	-	15.445	30.5	187.36	0.00571433	13.465	2356	57000.0	(3)	304.23	144.87	Dúctil
B2100901153	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-	15.075	30.4	178.49	0.00542598	12.945	2386	52500.0	(3)	294.14	140.07	Dúctil
B2100901154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.195	30.3	181.34	0.00549457	12.955	2358	55500.0	(5)	306.06	145.74	Frágil
B2100901155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.125	30.3	179.67	0.00544406	12.910	2371	51500.0	(6)	286.63	136.49	Frágil
B2100901156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.090	30.4	178.84	0.00543678	13.030	2397	54000.0	(6)	301.94	143.78	Frágil
B2100901157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.4	179.08	0.00544399	12.960	2381	53000.0	(5)	295.96	140.93	Frágil
B2100901158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.145	30.3	180.15	0.00545847	12.990	2380	51500.0	(3)	285.88	136.13	Dúctil
B2100901159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	13.030	2386	52000.0	(3)	290.38	138.27	Frágil
B21009011510	-	-	0.285	13.275	15.187	30.2	12.990	0.00547067	2374	15.110	30.4	179.32	0.00545120	13.030	2390	55000.0	(3)	306.72	146.06	Dúctil
B21009011511	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.055	30.4	178.01	0.00541159	13.025	2407	49500.0	(3)	278.07	132.41	Dúctil
B21009011512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.125	30.3	179.67	0.00544406	12.990	2386	51500.0	(4)	286.63	136.49	Frágil
B21009011513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.135	30.5	179.91	0.00548725	13.010	2371	50500.0	(6)	280.70	133.66	Frágil
B21009011514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.4	179.55	0.00545842	12.940	2371	52500.0	(3)	292.39	139.23	Dúctil
B21009011515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.165	30.4	180.62	0.00549096	12.995	2367	49000.0	(6)	271.28	129.18	Frágil
B21009011516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.095	30.3	178.96	0.00542249	12.955	2389	50000.0	(6)	279.39	133.04	Dúctil
B21009011517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.225	30.4	182.06	0.00553450	13.050	2358	52000.0	(6)	285.63	136.01	Dúctil
B21009011518	-	-	0.280	13.200	15.115	30.2	12.920	0.00541892	2384	15.130	30.3	179.79	0.00544766	13.065	2398	49700.0	(3)	276.43	131.63	Dúctil
B21009011519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.345	30.9	184.94	0.00571455	13.275	2323	53000.0	(6)	286.58	136.47	Frágil
B21009011520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.9	180.03	0.00556289	13.085	2352	53300.0	(6)	296.06	140.98	Frágil
PROMEDIOS	19.00	7.77	-	-	-	-	-	-	2375	-	-	-	-	-	2373	-	-	290.12	138.15	50 %Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2015)

M. Control de Calidad y Aceptabilidad del Concreto, según los Criterios del ACI.

Tabla n° 39: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 3 días, mezcla "A".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	11/01/2015	a	15/01/2015	TIPO DE MEZCLA: A	
f'c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	3 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f'c	Resist. > f'c - 35	
1	118.19	-	-	NO	
2	134.20	-	-	NO	
3	132.29	128.23	NO	NO	
4	128.30	131.60	NO	NO	
5	130.38	130.32	NO	NO	
6	130.67	129.78	NO	NO	
7	141.28	134.11	NO	NO	
8	132.70	134.88	NO	NO	
9	125.76	133.25	NO	NO	
10	130.08	129.51	NO	NO	
11	122.82	126.22	NO	NO	
12	134.02	128.97	NO	NO	
13	125.51	127.45	NO	NO	
14	132.80	130.78	NO	NO	
15	128.61	128.97	NO	NO	
16	120.01	127.14	NO	NO	
17	131.51	126.71	NO	NO	
18	124.15	125.22	NO	NO	
19	140.97	132.21	NO	NO	
20	133.78	132.97	NO	NO	
EVALUACIONES					
f'c (kg/cm ²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	129.90	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	6.01	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	6.49
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			0.0 %	0.0 %	

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla A, a los 3 días), no está cumpliendo con ninguno de los criterios de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que aún no sería recomendable la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.

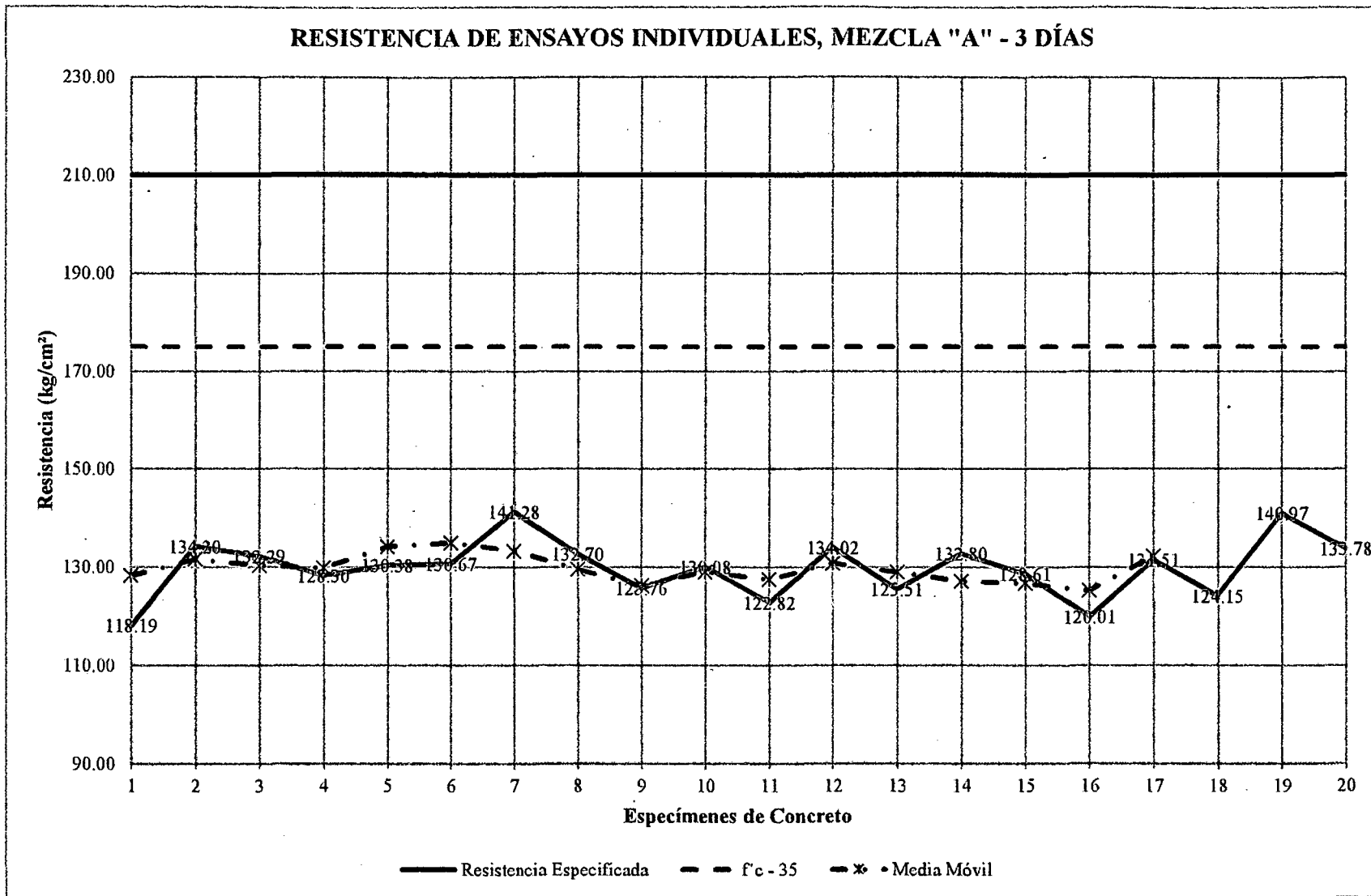


Tabla n° 40: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 3 días, mezcla "B".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río, en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	11/01/2015	a	15/01/2015	TIPO DE MEZCLA: B	
f'c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	3 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f'c	Resist. > f'c - 35	
1	157.93	-	-	NO	
2	172.13	-	-	NO	
3	166.41	165.49	NO	NO	
4	171.36	169.97	NO	NO	
5	169.63	169.13	NO	NO	
6	158.71	166.57	NO	NO	
7	172.10	166.81	NO	NO	
8	164.97	165.26	NO	NO	
9	173.31	170.13	NO	NO	
10	167.39	168.56	NO	NO	
11	176.51	172.41	NO	SI	
12	179.20	174.37	NO	SI	
13	168.11	174.61	NO	NO	
14	175.27	174.19	NO	SI	
15	170.66	171.34	NO	NO	
16	162.65	169.53	NO	NO	
17	153.79	162.36	NO	NO	
18	152.07	156.17	NO	NO	
19	182.38	162.75	NO	SI	
20	166.49	166.98	NO	NO	
EVALUACIONES					
f'c (kg/cm ²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	168.05	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	8.04	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	8.68
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			0.0 %	20.0 %	

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla B, a los 3 días), sólo cumple en un 20% el segundo criterio de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que aún no sería recomendable la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.

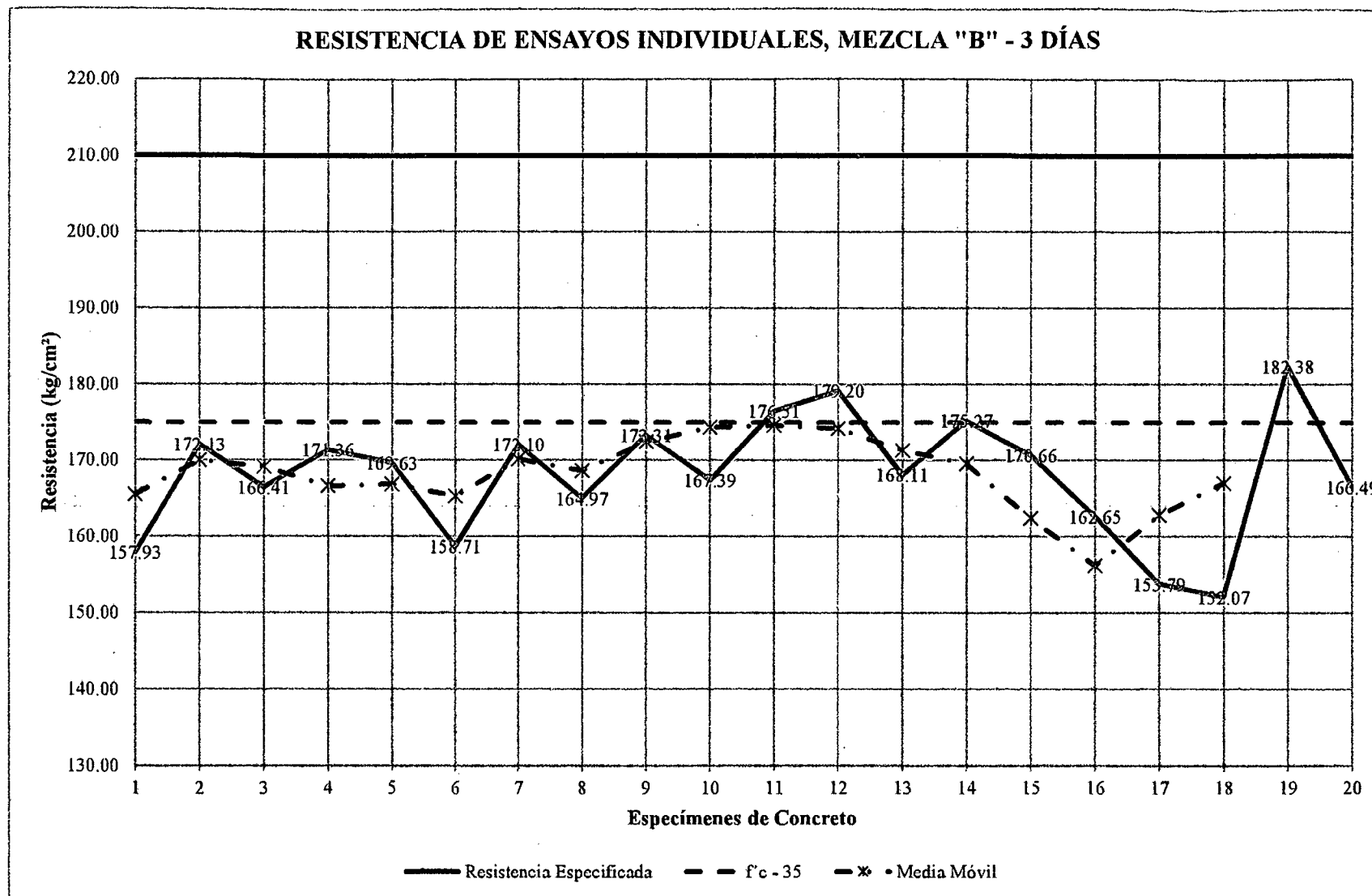


Tabla n° 41: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 7 días, mezcla "A".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	10/01/2015	a	18/01/2015	TIPO DE MEZCLA: A	
f'c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	7 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f'c	Resist. > f'c - 35	
1	192.52	-	-	SI	
2	187.17	-	-	SI	
3	179.34	186.35	NO	SI	
4	186.73	184.42	NO	SI	
5	169.60	178.56	NO	NO	
6	186.84	181.06	NO	SI	
7	183.01	179.82	NO	SI	
8	182.18	184.01	NO	SI	
9	163.47	176.22	NO	NO	
10	180.96	175.54	NO	SI	
11	181.00	175.14	NO	SI	
12	191.94	184.63	NO	SI	
13	164.78	179.24	NO	NO	
14	186.85	181.19	NO	SI	
15	175.76	175.79	NO	SI	
16	201.11	187.91	NO	SI	
17	197.39	191.42	NO	SI	
18	189.74	196.08	NO	SI	
19	201.35	196.16	NO	SI	
20	188.19	193.09	NO	SI	
EVALUACIONES					
f'c (kg/cm ²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	184.50	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	10.51	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	11.35
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			0.0 %	85.0 %	

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla A, a los 7 días), cumple con el 85% del segundo criterio de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que aún no sería recomendable la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.

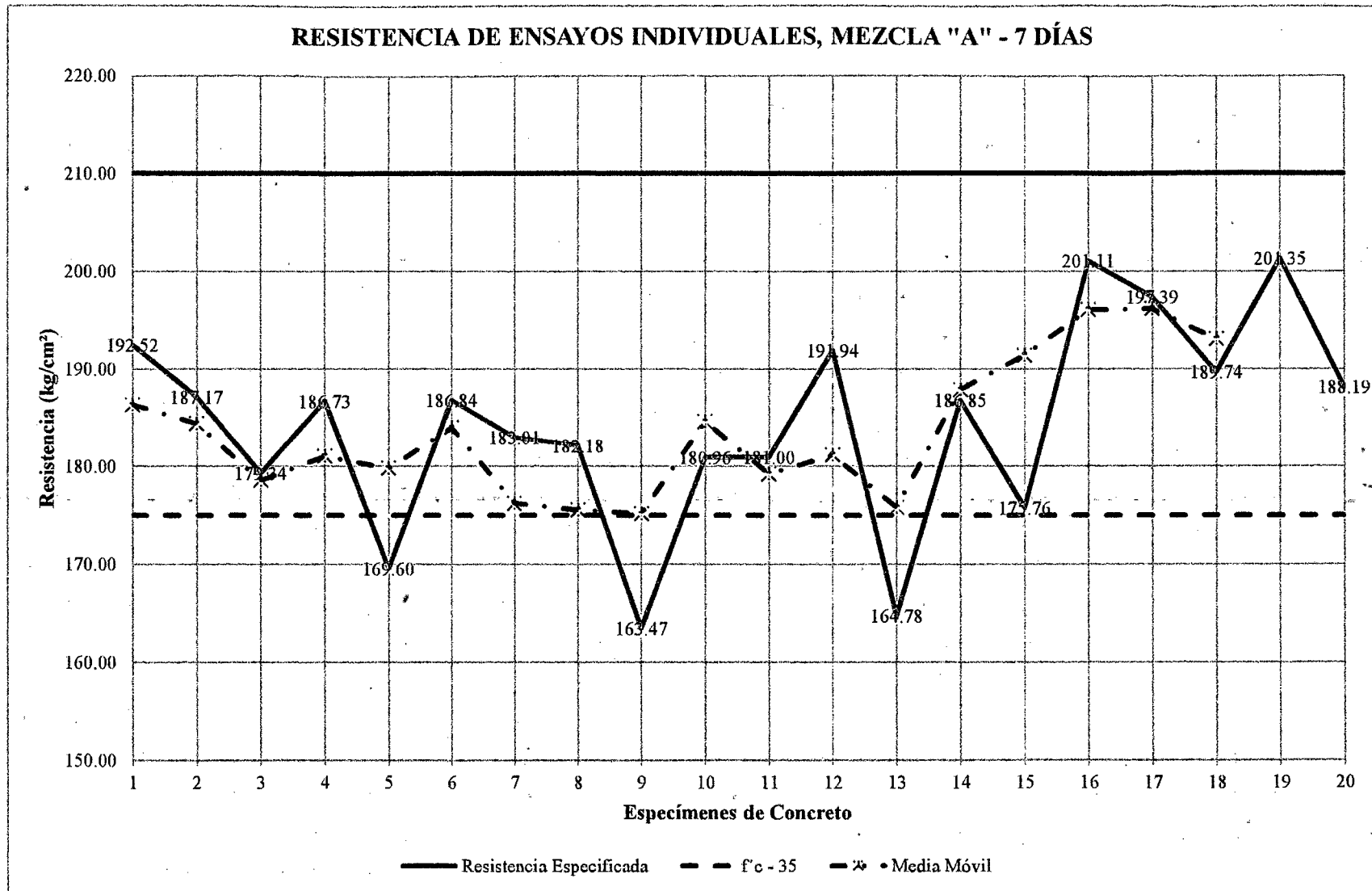


Tabla n° 42: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 7 días, mezcla "B".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	10/01/2015	a	18/01/2015	TIPO DE MEZCLA: B	
f'c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	7 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f'c	Resist. > f'c - 35	
1	234.28	-	-	SI	
2	247.83	-	-	SI	
3	238.28	240.13	SI	SI	
4	235.10	240.40	SI	SI	
5	237.34	236.91	SI	SI	
6	225.06	232.50	SI	SI	
7	232.88	231.76	SI	SI	
8	231.91	229.95	SI	SI	
9	238.40	234.40	SI	SI	
10	236.46	235.59	SI	SI	
11	219.77	231.54	SI	SI	
12	237.11	231.11	SI	SI	
13	247.22	234.70	SI	SI	
14	248.89	244.40	SI	SI	
15	242.39	246.17	SI	SI	
16	242.07	244.45	SI	SI	
17	245.28	243.25	SI	SI	
18	219.84	235.73	SI	SI	
19	233.69	232.94	SI	SI	
20	250.78	234.77	SI	SI	
EVALUACIONES					
f'c (kg/cm ²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	237.23	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	8.82	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	9.52
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			100.0 %	100.0 %	

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla B, a los 7 días), cumple con el 100% de los dos criterios de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que sí se recomendaría la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.

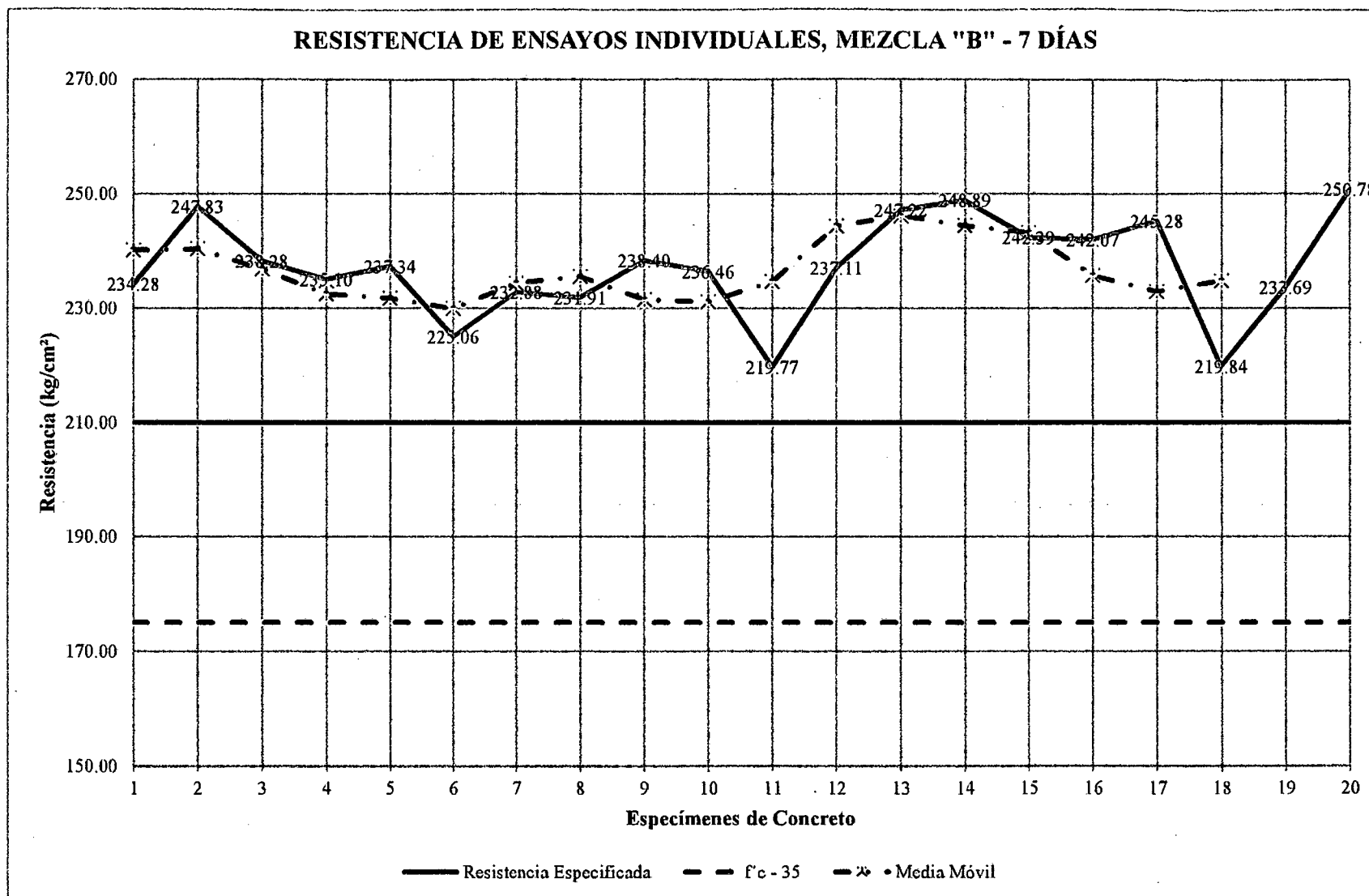


Tabla n° 43: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 28 días, mezcla "A".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	09/01/2015	a	07/02/2015	TIPO DE MEZCLA: A	
f'c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	28 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f'c	Resist. > f'c - 35	
1	322.17	-	-	SI	
2	313.21	-	-	SI	
3	264.93	300.10	SI	SI	
4	305.51	294.55	SI	SI	
5	292.75	287.73	SI	SI	
6	290.38	296.21	SI	SI	
7	290.48	291.20	SI	SI	
8	292.39	291.08	SI	SI	
9	288.46	290.44	SI	SI	
10	271.19	284.01	SI	SI	
11	286.48	282.04	SI	SI	
12	312.71	290.13	SI	SI	
13	287.77	295.66	SI	SI	
14	308.39	302.96	SI	SI	
15	309.10	301.76	SI	SI	
16	292.72	303.40	SI	SI	
17	293.71	298.51	SI	SI	
18	275.10	287.18	SI	SI	
19	290.11	286.31	SI	SI	
20	315.92	293.71	SI	SI	
EVALUACIONES					
f'c (kg/cm²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	295.17	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	15.27	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	16.49
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			100.0 %	100.0 %	

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla A, a los 28 días), cumple con el 100% de los dos criterios de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que sí se recomendaría la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.

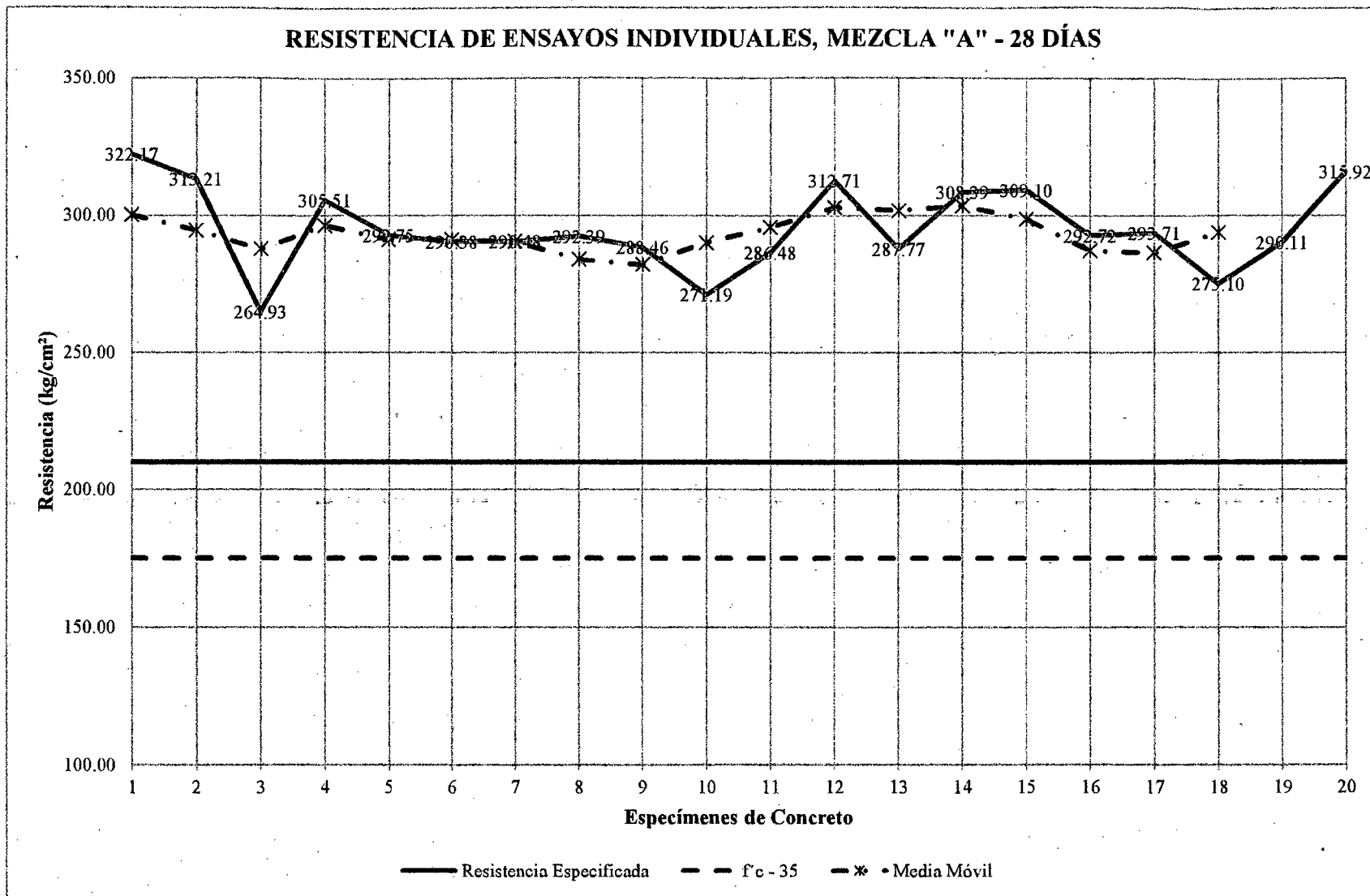
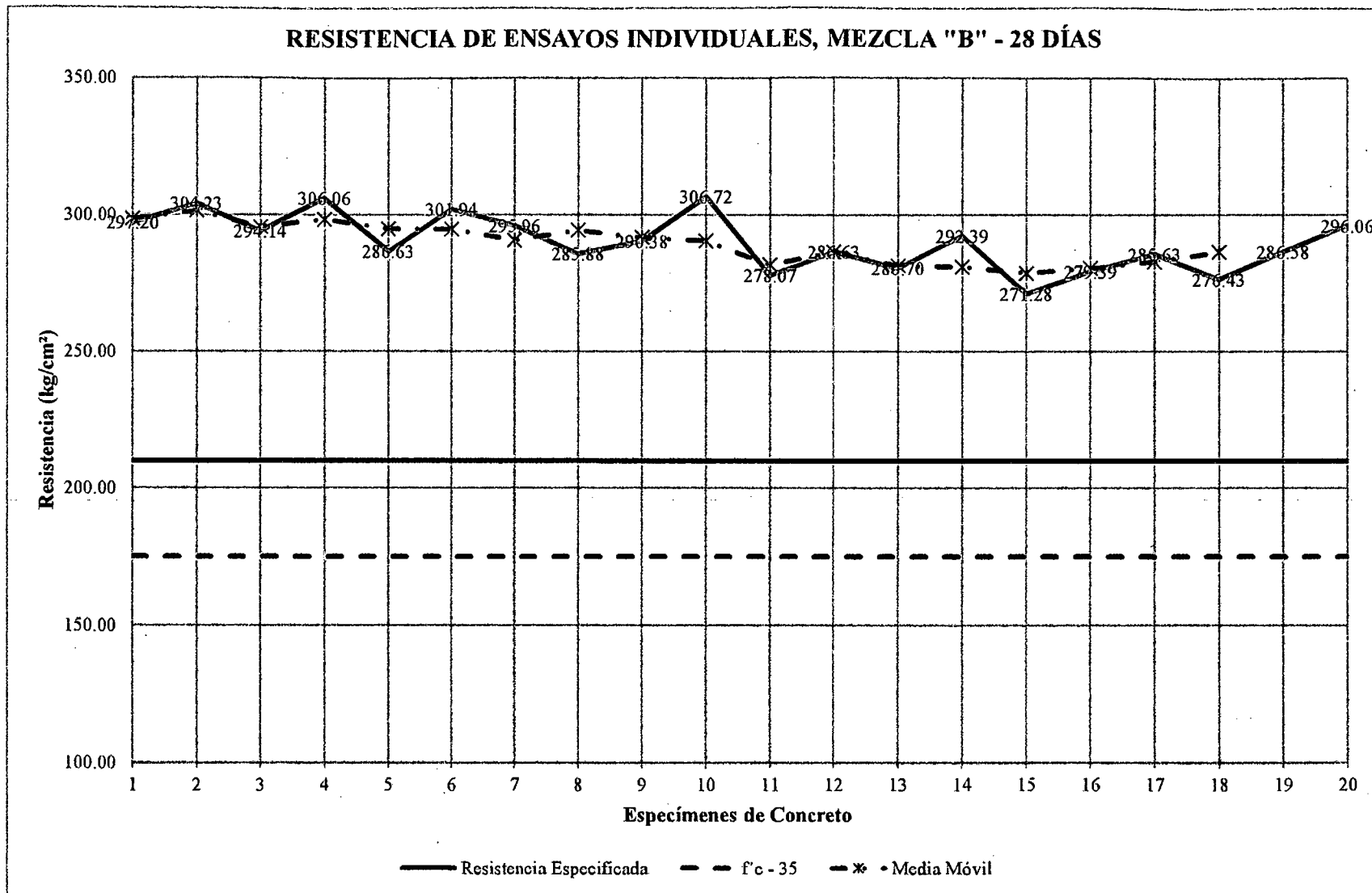


Tabla n° 44: Control de calidad y aceptabilidad del concreto, para especímenes ensayados a los 28 días, mezcla "B".

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ACI 214 - ACI 318.					
TESIS:	"Influencia del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto. Usando cemento Portland tipo I y agregados de río, en la ciudad de Cajamarca".				
PERÍODO:	09/01/2015	a	07/02/2015	TIPO DE MEZCLA: B	
f_c ESPECIFICADA:	210 kg/cm ²		EDAD:	28 días	
ENSAYO N°	RESISTENCIA EN kg/cm ²		CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
	Ensayo	Media Móvil	Media Móvil ≥ f _c	Resist. > f _c - 35	
1	297.20	-	-	SI	
2	304.23	-	-	SI	
3	294.14	298.52	SI	SI	
4	306.06	301.48	SI	SI	
5	286.63	295.61	SI	SI	
6	301.94	298.21	SI	SI	
7	295.96	294.85	SI	SI	
8	285.88	294.59	SI	SI	
9	290.38	290.74	SI	SI	
10	306.72	294.32	SI	SI	
11	278.07	291.72	SI	SI	
12	286.63	290.47	SI	SI	
13	280.70	281.80	SI	SI	
14	292.39	286.57	SI	SI	
15	271.28	281.46	SI	SI	
16	279.39	281.02	SI	SI	
17	285.63	278.77	SI	SI	
18	276.43	280.48	SI	SI	
19	286.58	282.88	SI	SI	
20	296.06	286.36	SI	SI	
EVALUACIONES					
f_c (kg/cm²)=	210.00	Resist. Promedio \bar{X} =	290.12	N° de Ensayos n =	20.00
D. Est. S =	10.20	Factor de Corrección =	1.08	S Corregida =	11.01
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE RESIST.:			100.0 %	100.0 %	

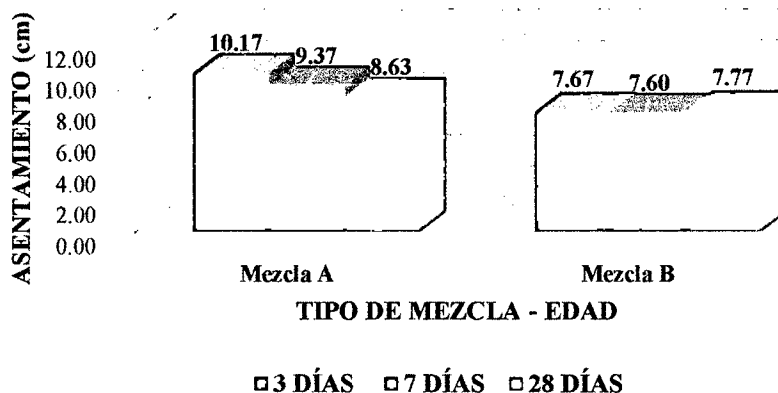
Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Según la tabla mostrada y el gráfico mostrado a continuación, se observa que éste tipo de concreto (mezcla B, a los 28 días), cumple con el 100% de los dos criterios de aceptación (requisitos de resistencia); por lo que sí se recomendaría la puesta en servicio del concreto en dichas condiciones.



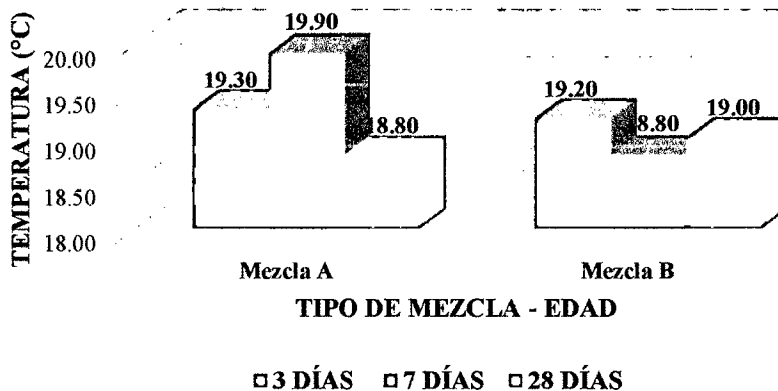
N. Resumen comparativo de las pruebas realizadas al concreto (Slump, Temperatura y Peso Unitario en estado fresco y endurecido).

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN EL CONO DE ABRAMS



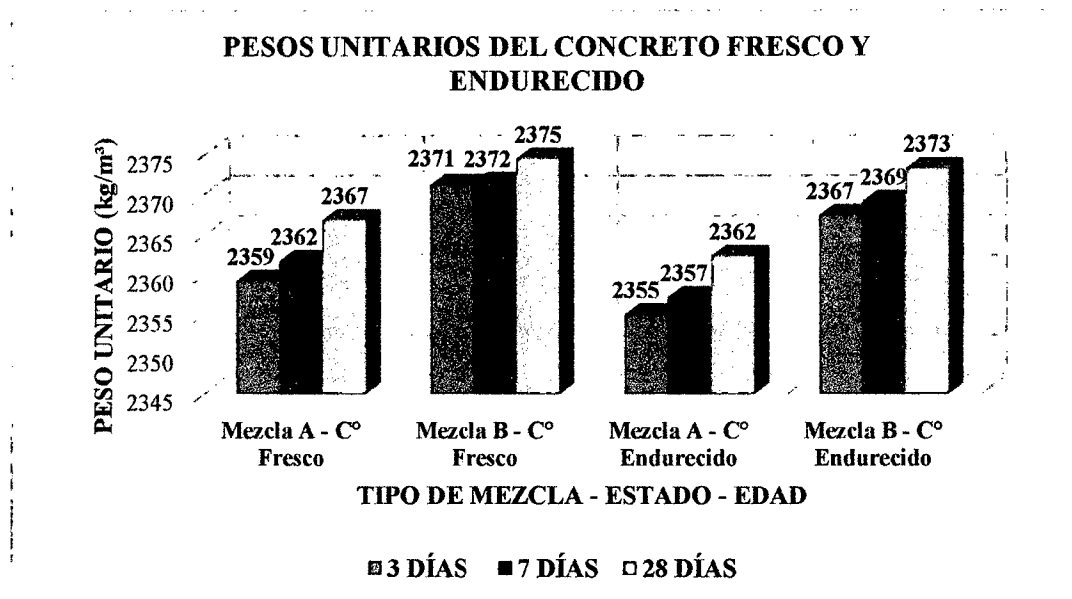
Comentario: Según el gráfico de barras mostrado se observa que el concreto sin aditivo (mezcla A) presenta mayor asentamiento que el concreto con 2% de aditivo Chema 3 (mezcla B). En la mezcla B se observa que el Slump está en el mínimo para un comportamiento plástico del concreto, lo que indica una reacción más rápida entre cemento y agua (proceso de hidratación).

TEMPERATURA DEL CONCRETO



Comentario: Según el gráfico de barras mostrado se observa que el concreto sin aditivo (mezcla A) presenta una temperatura que oscila aproximadamente en 19°C, muy parecida a la temperatura del concreto con 2% de aditivo Chema 3 (mezcla B). Esto nos indica que ambos tipos de concreto presentan igualdad en el desarrollo de temperaturas en su estado

fresco, lo que repercute en un tiempo adecuado para una buena trabajabilidad y correcto acabado.



Comentario: Según el gráfico de barras mostrado se observa que el concreto sin aditivo (mezcla A) presenta menor peso unitario que el concreto con 2% de aditivo Chema 3 (mezcla B). Esto nos indica que el concreto con aditivo presenta menos poros capilares y tiene mayor compacidad que un concreto normal lo que repercutiría en sus mayores resistencias obtenidas.

Respecto al peso unitario del concreto endurecido, este es menor que del concreto fresco para ambos tipos de mezcla y edades respectivas; este fenómeno se explica por la pérdida de agua presente en los poros capilares del concreto fresco la cual se evapora quedando dichos poros vacíos en el concreto endurecido.

O. Determinación del Módulo de Elasticidad del Concreto para las Mezclas A y B, ensayadas a las edades de 3, 7 y 28 días.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO						
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469						
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.			TIPO DE MEZCLA:		A				
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.			CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO				
PROBETA:		A 21011011515			ADITIVO:		SIN ADITIVO				
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015			f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015			DIÁMETRO (cm):		15.084				
EDAD:		3 DÍAS			LONGITUD (mm):		304.0				
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.			TIPO DE MEZCLA:		A				
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.			CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO				
PROBETA:		A 21011011517			ADITIVO:		SIN ADITIVO				
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015			f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015			DIÁMETRO (cm):		15.084				
EDAD:		3 DÍAS			LONGITUD (mm):		303.0				
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)		CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.0	0.03	0.10	5.59	6.84		1.0	0.01	0.03	5.60	2.16	
2.0	0.05	0.16	11.18	11.28		2.0	0.05	0.17	11.19	10.62	
3.0	0.07	0.23	16.77	15.62		3.0	0.09	0.30	16.79	18.79	
4.0	0.11	0.36	22.37	24.04		4.0	0.12	0.40	22.38	24.73	
5.0	0.12	0.39	27.96	26.09		5.0	0.15	0.50	27.98	30.51	
6.0	0.15	0.49	33.55	32.08		6.0	0.18	0.59	33.58	36.13	
7.0	0.20	0.66	39.14	41.62		7.0	0.23	0.76	39.17	45.13	
8.0	0.25	0.82	44.73	50.57		8.0	0.25	0.83	44.77	48.60	
9.0	0.30	0.99	50.32	58.94		9.0	0.30	0.99	50.36	56.98	
10.0	0.36	1.18	55.92	68.22		10.0	0.35	1.16	55.96	64.90	
12.0	0.40	1.32	67.10	73.94		12.0	0.42	1.39	67.15	75.24	
14.0	0.48	1.58	78.28	84.27		14.0	0.47	1.55	78.34	82.09	
16.0	0.56	1.84	89.46	93.10		16.0	0.55	1.82	89.54	92.11	
18.0	0.63	2.07	100.65	99.62		18.0	0.60	1.98	100.73	97.78	
20.0	0.70	2.30	111.83	104.99		20.0	0.68	2.24	111.92	105.94	
22.0	0.85	2.80	123.01	112.68		22.0	0.75	2.48	123.11	112.13	
23.0	0.91	2.99	128.61	114.29		23.5	0.88	2.90	131.51	121.29	
20.0	1.03	3.39	111.83	115.00	20.0	1.02	3.37	111.92	127.75		
18.0	1.16	3.82	100.65	111.99							
EC. DE ESF. CORREGIDA: -10.738x ² + 70.323x					EC. DE ESF. CORREGIDA: -8.246x ² + 65.71x						
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		2.99			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		1.32				
ESF. ROT (kg/cm ²):		114.29			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		115044.85				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		160358.33			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		61846.00				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		2.90			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		1.47				
ESF. ROT (kg/cm ²):		121.29			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		134122.10				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		165194.43			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		58527.77				

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A		ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	A21011011518	ADITIVO:	SIN ADITIVO		PROBETA:	A21011011519	ADITIVO:	SIN ADITIVO	
FECHA DE FABRIC:	11/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC:	11/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	15/01/2015	DIÁMETRO (cm):	15.089		FECHA DE ENSAYO:	15/01/2015	DIÁMETRO (cm):	15.324	
EDAD:	3 DÍAS	LONGITUD (mm):	3040		EDAD:	3 DÍAS	LONGITUD (mm):	3050	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.05	0.16	5.59	10.83	1.0	0.01	0.03	5.42	1.85
2.0	0.09	0.30	11.18	19.13	2.0	0.05	0.16	10.84	9.13
3.0	0.13	0.43	16.78	27.11	3.0	0.09	0.30	16.27	16.23
4.0	0.15	0.49	22.37	30.99	4.0	0.13	0.43	21.69	23.15
5.0	0.17	0.56	27.96	34.78	5.0	0.18	0.59	27.11	31.55
6.0	0.20	0.66	33.55	40.31	6.0	0.23	0.75	32.53	39.66
7.0	0.25	0.82	39.15	49.15	7.0	0.25	0.82	37.95	42.82
8.0	0.28	0.92	44.74	54.20	8.0	0.29	0.95	43.38	49.02
9.0	0.35	1.15	50.33	63.31	9.0	0.35	1.15	48.80	57.97
10.0	0.39	1.28	55.92	71.21	10.0	0.40	1.31	54.22	65.11
12.0	0.45	1.48	67.11	79.47	12.0	0.46	1.51	65.06	73.32
14.0	0.50	1.64	78.29	85.80	14.0	0.51	1.67	75.91	79.84
16.0	0.53	1.74	89.48	89.36	16.0	0.55	1.80	86.75	84.85
18.0	0.58	1.91	100.66	94.90	18.0	0.63	2.07	97.60	94.34
20.0	0.73	2.40	111.85	108.50	20.0	0.69	2.26	108.44	100.97
22.0	0.82	2.70	123.03	114.51	22.0	0.86	2.82	119.29	117.56
22.2	1.01	3.32	124.15	121.87	24.0	0.95	3.11	130.13	125.01
20.0	1.12	3.68	111.85	122.83	26.0	1.07	3.51	140.97	133.52
					24.0	1.25	4.10	130.13	143.22
<p>GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)</p> <p>$y = -9.2318x^2 + 67.352x$ $R^2 = 1$</p>					<p>GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)</p> <p>$y = -5.2763x^2 + 56.569x$ $R^2 = 1$</p>				
EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-9.232x^2 + 67.35x$				EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-5.276x^2 + 56.57x$			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.32	TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	1.40		DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.51	TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	2.00	
ESF. ROT (kg/cm ²):	121.87	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	92158.44		ESF. ROT (kg/cm ²):	133.52	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	88528.92	
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	165590.36	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	59422.27		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	173325.65	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	50738.91	

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO														
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469														
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		A		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B					
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
PROBETA:		A21011011520		ADITIVO:		SIN ADITIVO		PROBETA:		B21011011515		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)					
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.270		FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.085					
EDAD:		3 DÍAS		LONGITUD (mm):		306.0		EDAD:		3 DÍAS		LONGITUD (mm):		304.0					
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
1.0	0.03	0.10	5.46	6.67						1.0	0.02	0.07	5.60	4.75					
2.0	0.06	0.20	10.92	13.15						2.0	0.06	0.20	11.19	14.04					
3.0	0.09	0.29	16.38	19.44						3.0	0.08	0.26	16.79	18.57					
4.0	0.13	0.42	21.84	27.52						4.0	0.12	0.39	22.38	27.41					
5.0	0.15	0.49	27.30	31.43						5.0	0.15	0.49	27.98	33.84					
6.0	0.19	0.62	32.76	38.99						6.0	0.17	0.56	33.57	38.04					
7.0	0.25	0.82	38.22	49.69						7.0	0.22	0.72	39.17	48.22					
8.0	0.29	0.95	43.68	56.39						8.0	0.25	0.82	44.76	54.10					
9.0	0.33	1.08	49.14	62.75						9.0	0.32	1.05	50.36	67.18					
10.0	0.35	1.14	54.60	65.80						10.0	0.35	1.15	55.95	72.51					
12.0	0.38	1.24	65.53	70.21						12.0	0.41	1.35	67.14	82.67					
14.0	0.49	1.60	76.45	84.73						14.0	0.48	1.58	78.33	93.68					
16.0	0.58	1.90	87.37	94.68						16.0	0.55	1.81	89.52	103.79					
18.0	0.65	2.12	98.29	101.20						18.0	0.60	1.97	100.71	110.45					
20.0	0.77	2.52	109.21	109.94						20.0	0.69	2.27	111.90	121.29					
22.0	0.89	2.91	120.13	115.58						22.0	0.75	2.47	123.10	127.68					
24.0	0.94	3.07	131.05	117.02						24.0	0.81	2.66	134.29	133.41					
24.5	1.05	3.43	133.78	118.28	26.0	0.88	2.89	145.48	139.26										
22.0	1.10	3.59	120.15	117.59	28.0	0.95	3.13	156.67	144.20										
20.0	1.22	3.99	109.21	115.11	30.0	1.02	3.36	167.86	148.23										
18.0	1.35	4.41	98.29	108.48	30.5	1.08	3.55	170.66	150.97										
					28.0	1.20	3.95	156.67	154.45										
					26.0	1.33	4.38	145.48	155.23										
					24.0	1.40	4.61	134.29	154.35										
EC. DE ESF. CORREGIDA:					-10.078x ² + 69.051x					EC. DE ESF. CORREGIDA:					-8.53x ² + 72.8x				
DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.43		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		1.48		DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.55		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		2.05					
ESF. ROT (kg/cm ²):		118.28		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E1 (kg/cm ²):		87633.60		ESF. ROT (kg/cm ²):		150.97		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		97235.12					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		163134.54		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		60693.62		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		184304.97		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		64293.11					

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO						
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469						
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:	B		ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:	B	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YD		PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YD	
PROBETA:	B21011011516		ADITIVO:	CON ADITIVO (850 ml/bolsa)		PROBETA:	B21011011517		ADITIVO:	CON ADITIVO (850 ml/bolsa)	
FECHA DE FABRIC:	11/01/2015		f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC:	11/01/2015		f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	15/01/2015		DIÁMETRO (cm):	15.067		FECHA DE ENSAYO:	15/01/2015		DIÁMETRO (cm):	15.089	
EDAD:	3 DÍAS		LONGITUD (mm):	305.0		EDAD:	3 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.0	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	<p>GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)</p> <p>$y = -6.714x^2 + 66.001x$ $R^2 = 1$</p>	CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	<p>GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)</p> <p>$y = -6.107x^2 + 63.75x$ $R^2 = 1$</p>
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.0	0.02	0.05	5.61	3.23		1.0	0.03	0.10	5.59	6.25	
2.0	0.05	0.16	11.22	10.64		2.0	0.05	0.17	11.18	10.35	
3.0	0.07	0.23	16.83	14.79		3.0	0.10	0.33	16.78	30.37	
4.0	0.10	0.33	22.43	20.92		4.0	0.15	0.50	22.37	30.06	
5.0	0.15	0.49	28.04	30.84		5.0	0.17	0.56	27.96	33.85	
6.0	0.18	0.59	33.65	36.61		6.0	0.20	0.66	33.55	39.42	
7.0	0.23	0.75	39.26	45.95		7.0	0.25	0.83	39.15	48.44	
8.0	0.27	0.89	44.87	53.17		8.0	0.28	0.92	44.74	53.70	
9.0	0.30	0.98	50.48	58.42		9.0	0.33	1.09	50.33	62.19	
10.0	0.35	1.15	56.09	65.90		10.0	0.37	1.22	55.92	68.74	
12.0	0.40	1.31	67.30	75.01		12.0	0.44	1.45	67.11	79.70	
14.0	0.47	1.54	78.52	85.76		14.0	0.50	1.65	78.29	88.57	
16.0	0.55	1.80	89.74	97.19		16.0	0.55	1.82	89.48	95.60	
18.0	0.63	2.07	100.96	107.68		18.0	0.61	2.01	100.66	103.59	
20.0	0.70	2.30	112.17	116.11		20.0	0.70	2.31	111.85	114.68	
22.0	0.76	2.49	123.39	122.77		22.0	0.75	2.48	123.03	120.38	
24.0	0.80	2.62	134.61	126.93		24.0	0.80	2.64	134.21	125.74	
26.0	0.89	2.92	145.82	135.43		26.0	0.87	2.87	145.40	132.70	
28.0	0.97	3.18	157.04	142.00	27.5	0.99	3.27	153.79	143.10		
29.0	1.03	3.38	162.65	146.32	26.0	1.06	3.50	145.40	148.28		
26.0	1.13	3.70	145.82	152.37	24.0	1.18	3.89	134.21	155.65		
24.0	1.23	4.03	134.61	156.98							
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-6.714x ² + 66.001x				EC. DE ESF. CORREGIDA:	-6.107x ² + 63.75x					
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	3.38				DEF. ROT. UNIT. (×1000):	3.27					
ESF. ROT (kg/cm ²):	146.32				ESF. ROT (kg/cm ²):	143.10					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	181444.63				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	179434.26					
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	106256.68				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	112911.88					
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	59046.60				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	57253.89					

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO														
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469														
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B					
PROYECTO:		Proyecto de Tesis		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO					
PROBETA:		E21011011518		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)		PROBETA:		E21011011519		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)					
FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:		11/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.003		FECHA DE ENSAYO:		15/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.293					
EDAD:		3 DÍAS		LONGITUD (mm):		3040		EDAD:		3 DÍAS		LONGITUD (mm):		3090					
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
1.0	0.01	0.03	5.61	2.32						1.0	0.03	0.10	5.44	6.07					
2.0	0.05	0.16	11.22	11.43						2.0	0.05	0.16	10.89	10.07					
3.0	0.08	0.26	16.83	18.07						3.0	0.09	0.29	16.33	17.96					
4.0	0.11	0.36	22.45	24.53						4.0	0.13	0.42	21.78	25.68					
5.0	0.15	0.49	28.06	32.89						5.0	0.16	0.52	27.22	31.37					
6.0	0.18	0.59	33.67	38.97						6.0	0.19	0.61	32.66	36.98					
7.0	0.23	0.76	39.28	48.72						7.0	0.25	0.81	38.11	47.91					
8.0	0.25	0.82	44.89	52.48						8.0	0.28	0.91	43.55	53.25					
9.0	0.30	0.99	50.50	61.58						9.0	0.33	1.07	49.00	61.95					
10.0	0.35	1.15	56.12	70.21						10.0	0.37	1.20	54.44	68.73					
12.0	0.40	1.32	67.34	78.36						12.0	0.40	1.29	65.33	73.71					
14.0	0.45	1.48	78.56	86.05						14.0	0.45	1.46	76.22	81.82					
16.0	0.53	1.74	89.79	97.39						16.0	0.52	1.68	87.11	92.75					
18.0	0.59	1.94	101.01	105.10						18.0	0.59	1.91	97.99	103.21					
20.0	0.67	2.20	112.23	114.34						20.0	0.68	2.20	108.88	115.94					
22.0	0.73	2.40	123.46	120.48						22.0	0.75	2.43	119.77	125.29					
24.0	0.80	2.63	134.68	126.80						24.0	0.80	2.59	130.66	131.68					
26.0	0.85	2.80	145.90	130.74						26.0	0.87	2.82	141.55	140.21					
27.1	0.93	3.06	152.07	136.09						28.0	0.96	3.07	152.43	149.36					
26.0	0.99	3.26	145.90	139.31						30.0	1.03	3.33	163.32	157.88					
24.0	1.08	3.55	134.68	142.89						32.0	1.05	3.40	174.21	159.92					
22.0	1.15	3.78	123.46	144.62	33.5	1.10	3.56	182.38	164.82										
					30.0	1.19	3.85	163.32	173.04										
					28.0	1.28	4.14	152.43	180.46										
EC. DE ESF. CORREGIDA: $-8.644x^2 + 70.931x$					EC. DE ESF. CORREGIDA: $-4.697x^2 + 63.022x$														
DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.06		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		1.48		DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.56		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		2.00					
ESF. ROT (kg/cm ²):		136.09		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):		128482.99		ESF. ROT (kg/cm ²):		164.82		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):		105665.78					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²):		174986.77		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):		63056.54		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²):		192576.25		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):		57406.29					

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A		ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	A2101001153	ADITIVO:	SIN ADITIVO		PROBETA:	A2101001154	ADITIVO:	SIN ADITIVO	
FECHA DE FABRIC.:	10/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:	10/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	18/01/2015	DIÁMETRO (cm):	15.190		FECHA DE ENSAYO:	18/01/2015	DIÁMETRO (cm):	15.091	
EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	303.0		EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	304.0	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.02	0.07	5.52	5.05	1.0	0.03	0.10	5.59	7.11
2.0	0.04	0.13	11.04	10.03	2.0	0.07	0.23	11.18	16.39
3.0	0.07	0.23	16.55	17.35	3.0	0.10	0.33	16.77	23.18
4.0	0.09	0.30	22.07	22.15	4.0	0.15	0.49	22.36	34.21
5.0	0.12	0.40	27.59	29.20	5.0	0.17	0.56	27.95	38.51
6.0	0.15	0.50	33.11	36.10	6.0	0.20	0.66	33.54	44.85
7.0	0.20	0.66	38.63	47.22	7.0	0.23	0.76	39.14	51.05
8.0	0.23	0.76	44.15	53.68	8.0	0.28	0.92	44.73	61.09
9.0	0.28	0.92	49.66	64.07	9.0	0.33	1.09	50.32	70.74
10.0	0.33	1.09	55.18	74.02	10.0	0.38	1.25	55.91	80.02
12.0	0.35	1.16	66.22	77.87	12.0	0.42	1.38	67.09	87.17
14.0	0.39	1.29	77.25	85.35	14.0	0.49	1.61	78.27	99.09
16.0	0.45	1.49	88.29	96.03	16.0	0.53	1.74	89.45	108.57
18.0	0.49	1.62	99.33	102.78	18.0	0.58	1.91	100.63	113.33
20.0	0.52	1.72	110.36	107.66	20.0	0.65	2.14	111.82	123.55
22.0	0.58	1.91	121.40	116.92	22.0	0.69	2.27	123.00	129.06
24.0	0.67	2.21	132.44	129.59	24.0	0.75	2.47	134.18	136.86
26.0	0.78	2.57	143.47	143.07	26.0	0.80	2.63	145.36	142.95
28.0	0.85	2.81	154.51	150.51	28.0	0.85	2.80	156.54	148.65
30.0	0.96	3.17	165.54	160.39	30.0	0.91	2.99	167.72	155.00
32.0	1.05	3.47	176.58	166.85	32.0	0.99	3.26	178.91	162.61
32.5	1.09	3.60	179.34	169.25	33.4	1.12	3.68	186.73	172.91
30.0	1.15	3.80	165.54	172.30	30.0	1.20	3.95	167.72	177.97
28.0	1.22	4.03	154.51	175.03	28.0	1.35	4.44	156.54	184.84
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-8.338x ² + 77.04x				EC. DE ESF. CORREGIDA:	-7.018x ² + 77.79x			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.60				DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.68			
ESF. ROT (kg/cm ²):	169.25				ESF. ROT (kg/cm ²):	172.91			
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	195141.62				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	197241.37			
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	105953.31				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	102663.75			
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	68367.79				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	64699.33			

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO						
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469						
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		IA		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.	
PROBETA:		A2101001157		ADITIVO:		SIN ADITIVO		PROBETA:		A2101001158	
FECHA DE FABRIC:		10/01/2015		F _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC:		10/01/2015	
FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015		DIAMETRO (cm):		15.106		FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015	
EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		3040		EDAD:		7 DÍAS	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.01	0.03	5.58	1.63
2.0	0.05	0.16	11.16	8.15
3.0	0.09	0.30	16.74	14.66
4.0	0.13	0.43	22.32	21.16
5.0	0.17	0.56	27.90	27.64
6.0	0.23	0.76	33.48	37.34
7.0	0.26	0.86	39.06	42.18
8.0	0.31	1.02	44.64	50.23
9.0	0.37	1.22	50.22	59.86
10.0	0.42	1.38	55.80	67.86
12.0	0.48	1.58	66.96	77.44
14.0	0.55	1.81	78.12	88.58
16.0	0.61	2.01	89.28	98.09
18.0	0.66	2.17	100.43	105.99
20.0	0.69	2.27	111.59	110.73
22.0	0.75	2.47	122.75	120.17
24.0	0.80	2.63	133.91	128.02
26.0	0.86	2.83	145.07	137.41
28.0	0.92	3.03	156.23	146.77
30.0	0.98	3.22	167.39	156.11
32.0	1.05	3.49	178.55	168.50
32.8	1.12	3.68	183.01	177.77
30.0	1.25	4.11	167.39	197.74

GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

EC. DE ESF. CORREGIDA:		-0.377x ² + 49.64x		EC. DE ESF. CORREGIDA:		-2.6961x ² + 63.382x	
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		3.68		DEF. ROT. UNIT. (x1000):		3.47	
ESF. ROT (kg/cm ²):		177.77		ESF. ROT (kg/cm ²):		187.26	
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		199994.56		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		205265.92	
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		105549.81		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		127794.11	
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		49073.55		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		59860.41	

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO						
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469						
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		A		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.	
PROBETA:		A21010011511		ADITIVO:		SIN ADITIVO		PROBETA:		B2101001151	
FECHA DE FABRIC:		10/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC:		10/01/2015	
FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.097		FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015	
EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		3040		EDAD:		7 DÍAS	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. INIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)		CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. INIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.0	0.02	0.07	5.59	4.93		1.0	0.02	0.07	5.51	7.47	
2.0	0.07	0.23	11.17	16.99		2.0	0.03	0.10	11.02	11.16	
3.0	0.09	0.30	16.76	21.70		3.0	0.05	0.16	16.54	18.46	
4.0	0.12	0.39	22.35	28.65		4.0	0.08	0.26	22.05	29.17	
5.0	0.15	0.49	27.93	35.45		5.0	0.10	0.33	27.56	36.17	
6.0	0.19	0.63	33.52	44.29		6.0	0.12	0.39	33.07	43.04	
7.0	0.25	0.82	39.10	57.08		7.0	0.15	0.49	38.59	53.13	
8.0	0.29	0.95	44.69	65.29		8.0	0.18	0.59	44.10	62.95	
9.0	0.33	1.09	50.28	73.24		9.0	0.20	0.66	49.61	69.35	
10.0	0.35	1.15	55.86	77.11		10.0	0.23	0.75	55.12	78.73	
12.0	0.39	1.28	67.04	84.68		12.0	0.25	0.82	66.15	84.83	
14.0	0.45	1.48	78.21	95.55		14.0	0.27	0.89	77.17	90.81	
16.0	0.50	1.64	89.38	104.16		16.0	0.30	0.98	88.20	99.55	
18.0	0.56	1.84	100.55	113.98		18.0	0.35	1.15	99.22	113.53	
20.0	0.60	1.97	111.73	120.20		20.0	0.38	1.25	110.25	121.56	
22.0	0.64	2.11	122.90	126.16		22.0	0.40	1.31	121.27	126.77	
24.0	0.69	2.27	134.07	133.26		24.0	0.46	1.51	132.30	141.66	
26.0	0.75	2.47	145.25	141.25		26.0	0.52	1.70	143.32	155.48	
28.0	0.83	2.73	156.42	151.01	28.0	0.55	1.80	154.35	161.99		
30.0	0.88	2.89	167.59	156.58	30.0	0.58	1.90	165.37	168.23		
32.0	0.93	3.06	178.76	161.76	32.0	0.65	2.13	176.40	181.74		
32.4	1.01	3.32	181.00	169.21	34.0	0.67	2.20	187.42	185.34		
30.0	1.12	3.68	167.59	177.79	36.0	0.70	2.30	198.44	190.50		
28.0	1.25	4.11	156.42	185.43	38.0	0.77	2.52	209.47	201.51		
					40.0	0.89	2.92	220.49	216.97		
					42.0	0.97	3.18	231.52	224.89		
					42.5	1.12	3.67	234.28	234.60		
					40.0	1.25	4.10	220.49	237.58		
EC. DE ESF. CORREGIDA:	-7.392x + 75.489				EC. DE ESF. CORREGIDA:	-13.883x^2 + 114.87x					
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	3.32				DEF. ROT. UNIT. (×1000):	3.67					
ESF. ROT (kg/cm ²):	169.21				ESF. ROT (kg/cm ²):	234.60					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	195123.15				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	229749.93					
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	127962.46				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	140300.08					
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	67752.25				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	101386.53					

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:		B2101001152		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)		PROBETA:		B2101001153		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)	
FECHA DE FABRIC.:		10/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:		10/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.373		FECHA DE ENSAYO:		18/01/2015		DIÁMETRO (cm):		15.105	
EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		305.0		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		304.0	
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)		CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
1.0	0.01	0.03	5.39	3.78		1.0	0.03	0.10	5.58	10.63					
2.0	0.03	0.10	10.78	11.24		2.0	0.06	0.20	11.16	21.05					
3.0	0.05	0.16	16.16	18.58		3.0	0.09	0.30	16.74	31.25					
4.0	0.07	0.23	21.55	25.81		4.0	0.12	0.39	22.32	41.25					
5.0	0.10	0.33	26.94	36.43		5.0	0.15	0.49	27.90	51.04					
6.0	0.12	0.39	32.33	43.37		6.0	0.17	0.56	33.48	57.44					
7.0	0.15	0.49	37.71	53.55		7.0	0.20	0.66	39.06	66.87					
8.0	0.17	0.56	43.10	60.19		8.0	0.22	0.72	44.64	73.05					
9.0	0.20	0.66	48.49	69.92		9.0	0.25	0.82	50.22	82.13					
10.0	0.23	0.75	53.88	79.40		10.0	0.28	0.92	55.80	91.00					
12.0	0.25	0.82	64.65	85.57		12.0	0.32	1.05	66.97	102.49					
14.0	0.26	0.85	75.43	88.61		14.0	0.35	1.15	78.13	110.87					
16.0	0.30	0.98	86.20	100.47		16.0	0.39	1.28	89.29	121.71					
18.0	0.33	1.08	96.98	109.06		18.0	0.42	1.38	100.45	129.60					
20.0	0.35	1.15	107.75	114.64		20.0	0.45	1.48	111.61	137.27					
22.0	0.40	1.31	118.53	128.08		22.0	0.49	1.61	122.77	147.17					
24.0	0.46	1.51	129.30	143.23		24.0	0.51	1.68	133.93	151.98					
26.0	0.50	1.64	140.08	152.74		26.0	0.55	1.81	145.09	161.32					
28.0	0.53	1.74	150.85	159.56	28.0	0.58	1.91	156.25	168.08						
30.0	0.58	1.90	161.63	170.35	30.0	0.61	2.01	167.41	174.63						
32.0	0.64	2.10	172.40	182.32	32.0	0.65	2.14	178.57	183.03						
34.0	0.67	2.20	183.18	187.91	34.0	0.69	2.27	189.74	191.06						
36.0	0.70	2.30	193.95	193.23	36.0	0.73	2.40	200.90	198.71						
38.0	0.75	2.46	204.73	201.51	38.0	0.77	2.53	212.06	205.98						
40.0	0.80	2.62	215.50	209.06	40.0	0.80	2.63	223.22	211.19						
42.0	0.87	2.85	226.28	218.39	42.0	0.88	2.89	234.38	224.06						
44.0	0.95	3.11	237.05	227.29	42.7	0.95	3.13	238.28	234.08						
46.0	1.06	3.48	247.83	236.45	42.0	1.08	3.55	234.38	249.64						
44.0	1.20	3.93	237.05	242.96	40.0	1.20	3.95	223.22	260.49						
42.0	1.38	4.52	226.28	242.85											
EC. DE ESF. CORREGIDA: $y = -13.689x^2 + 115.61x$					EC. DE ESF. CORREGIDA: $y = -10.84x^2 + 108.78x$										
DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.48		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		2.28		DEF. ROT. UNIT. (×1000):		3.13		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		2.11	
ESF. ROT (kg/cm ²):		236.45		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		160262.02		ESF. ROT (kg/cm ²):		234.08		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		208609.46	
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		230655.02		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		102258.21		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		229494.19		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		97919.40	

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO																								
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469																								
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		A		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		A															
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO															
PROBETA:		A2100901154		ADITIVO:		SIN ADITIVO		PROBETA:		A2100901155		ADITIVO:		SIN ADITIVO															
FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015		F _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015		F _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²															
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015		DIÁMETRO (cm):		15.140		FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015		DIÁMETRO (cm):		15.410															
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		305.0		EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		306.0															
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)														
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						0.0	0.00	0.00	0.00	0.00															
1.0	0.01	0.03	5.55	4.39						1.0	0.02	0.07	5.36	8.27															
2.0	0.03	0.10	11.11	13.06						2.0	0.04	0.13	10.72	16.42															
3.0	0.05	0.16	16.66	21.61						3.0	0.05	0.16	16.09	20.45															
4.0	0.06	0.20	22.22	25.83						4.0	0.07	0.23	21.45	28.43															
5.0	0.09	0.30	27.77	34.50						5.0	0.10	0.33	26.81	40.17															
6.0	0.11	0.36	33.33	45.45						6.0	0.15	0.49	32.17	59.14															
7.0	0.13	0.43	38.88	54.48						7.0	0.17	0.56	37.53	66.52															
8.0	0.15	0.49	44.44	62.37						8.0	0.19	0.62	42.89	73.78															
9.0	0.18	0.59	49.99	73.96						9.0	0.20	0.65	48.26	77.37															
10.0	0.22	0.72	55.55	88.96						10.0	0.23	0.75	53.62	87.95															
12.0	0.25	0.82	66.66	99.87						12.0	0.26	0.85	64.34	98.27															
14.0	0.27	0.89	77.77	106.98						14.0	0.28	0.92	75.06	105.00															
16.0	0.33	1.08	88.87	127.52						16.0	0.32	1.05	85.79	118.10															
18.0	0.37	1.21	99.98	140.56						18.0	0.35	1.14	96.51	127.62															
20.0	0.39	1.28	111.09	146.88						20.0	0.40	1.31	107.23	142.88															
22.0	0.42	1.38	122.20	156.12						22.0	0.43	1.41	117.96	151.69															
24.0	0.45	1.48	133.31	165.07						24.0	0.45	1.47	128.68	157.41															
26.0	0.47	1.54	144.42	170.87						26.0	0.48	1.57	139.40	165.77															
28.0	0.49	1.61	155.53	176.54						28.0	0.50	1.63	150.13	171.19															
30.0	0.52	1.70	166.64	184.80						30.0	0.51	1.67	160.85	173.86															
32.0	0.55	1.80	177.75	192.77						32.0	0.57	1.86	171.58	189.25															
34.0	0.59	1.93	188.86	202.94						34.0	0.60	1.96	182.30	196.54															
36.0	0.61	2.00	199.97	207.82						36.0	0.65	2.12	193.02	208.10															
38.0	0.65	2.13	211.08	217.21						38.0	0.68	2.22	203.75	214.69															
40.0	0.68	2.23	222.19	223.90						40.0	0.72	2.35	214.47	223.05															
42.0	0.70	2.30	233.30	228.20						42.0	0.74	2.42	225.19	227.05															
44.0	0.73	2.46	244.41	238.38						44.0	0.77	2.52	235.92	232.83															
46.0	0.81	2.66	255.51	249.51	46.0	0.80	2.61	246.64	238.34																				
48.0	0.86	2.82	266.62	257.90	48.0	0.85	2.78	257.36	246.94																				
50.0	0.90	2.95	277.73	264.01	50.0	0.92	3.01	268.09	257.74																				
52.0	0.96	3.15	288.84	272.21	52.0	0.99	3.24	278.81	267.08																				
54.0	1.10	3.61	299.95	286.76	54.0	1.12	3.66	289.53	280.57																				
56.0	1.19	3.90	305.51	292.74	54.6	1.25	4.08	292.75	289.06																				
52.0	1.30	4.26	288.84	296.45	52.0	1.37	4.48	278.81	292.41																				
50.0	1.44	4.72	277.73	295.46	50.0	1.60	5.23	268.09	287.00																				
48.0	1.70	5.57	266.62	276.65																									
EC. DE ESF. CORREGIDA:					-15.188x ² + 134.29x					EC. DE ESF. CORREGIDA:					-13.876x ² + 117.44x														
DEF. ROT. UNIT. (x1000):					3.90					DEF. ROT. UNIT. (x1000):					4.08														
ESF. ROT (kg/cm ²):					292.74					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E1 (kg/cm ²):					153941.16														
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):					256644.95					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):					118467.54														
					TIEMPO DE ENSAYO (minutos):					1.57					DEF. ROT. UNIT. (x1000):					289.06									
															MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):					255024.65									
																				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):					112555.75				

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	A2100901156	ADITIVO:	SIN ADITIVO	
FECHA DE FABRIC.:	09/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2015	DIÁMETRO (cm):	15.100	
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	306.0	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.01	0.03	5.58	4.50
2.0	0.04	0.13	11.17	17.78
3.0	0.06	0.20	16.75	26.45
4.0	0.10	0.33	22.34	43.34
5.0	0.12	0.39	27.92	51.37
6.0	0.14	0.46	33.50	59.65
7.0	0.16	0.52	39.09	67.57
8.0	0.19	0.62	44.67	79.19
9.0	0.20	0.65	50.26	82.99
10.0	0.22	0.72	55.84	90.47
12.0	0.25	0.82	67.01	101.42
14.0	0.30	0.98	78.18	118.93
16.0	0.35	1.14	89.35	135.52
18.0	0.38	1.24	100.51	145.02
20.0	0.40	1.31	111.68	151.18
22.0	0.45	1.47	122.85	165.91
24.0	0.46	1.50	134.02	168.75
26.0	0.48	1.57	145.19	174.31
28.0	0.50	1.63	156.36	179.72
30.0	0.53	1.73	167.52	187.56
32.0	0.55	1.80	178.69	192.60
34.0	0.60	1.96	189.85	204.56
36.0	0.63	2.06	201.03	211.29
38.0	0.65	2.12	212.20	215.59
40.0	0.69	2.25	223.37	223.76
42.0	0.72	2.35	234.53	229.49
44.0	0.76	2.48	245.70	236.61
46.0	0.80	2.61	256.87	243.15
48.0	0.88	2.88	268.04	254.44
50.0	0.92	3.01	279.21	259.19
52.0	1.00	3.27	290.38	266.93
48.0	1.15	3.76	308.04	275.05
46.0	1.28	4.18	256.87	275.36
44.0	1.50	4.90	245.70	261.63

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm²)

DEFORMACIÓN UNITARIA (x1000)

$y = -17.324x^2 + 138.29x$
 $R^2 = 1$

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-17.324x ² + 138.29x
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.27
ESF. ROT (kg/cm ²):	266.93
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	245069.67
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	210516.58
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	122319.72
TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	2.23

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	A	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	A2100901157	ADITIVO:	SIN ADITIVO	
FECHA DE FABRIC.:	09/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2015	DIÁMETRO (cm):	15.385	
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	307.0	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.03	0.10	5.38	12.40
2.0	0.04	0.13	10.76	16.47
3.0	0.07	0.23	16.14	28.50
4.0	0.09	0.29	21.52	36.37
5.0	0.10	0.33	26.90	40.26
6.0	0.12	0.39	32.28	47.95
7.0	0.14	0.46	37.65	55.51
8.0	0.17	0.55	43.03	66.63
9.0	0.20	0.65	48.41	77.48
10.0	0.23	0.75	53.79	88.05
12.0	0.25	0.81	64.55	94.95
14.0	0.28	0.91	75.31	105.07
16.0	0.32	1.04	86.07	118.13
18.0	0.35	1.14	96.83	127.61
20.0	0.40	1.30	107.58	142.80
22.0	0.45	1.47	118.34	157.24
24.0	0.47	1.53	129.10	162.80
26.0	0.50	1.63	139.86	170.91
28.0	0.53	1.73	150.62	178.75
30.0	0.56	1.82	161.38	186.31
32.0	0.57	1.86	172.13	188.77
34.0	0.60	1.95	182.89	195.97
36.0	0.62	2.02	193.65	200.62
38.0	0.65	2.12	204.41	207.36
40.0	0.69	2.25	215.17	215.93
42.0	0.73	2.38	225.93	224.01
44.0	0.77	2.51	236.68	231.60
46.0	0.82	2.67	247.44	240.41
48.0	0.88	2.87	258.20	249.58
50.0	0.92	3.00	268.96	255.75
52.0	0.98	3.19	279.72	263.49
54.0	1.09	3.55	290.48	274.85
52.0	1.18	3.84	279.72	281.40
50.0	1.29	4.20	268.96	286.07
48.0	1.45	4.72	258.20	286.29

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm²)

DEFORMACIÓN UNITARIA (x1000)

$y = -14.323x^2 + 128.26x$
 $R^2 = 1$

EC. DE ESF. CORREGIDA:	-14.323x ² + 128.26x
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	3.55
ESF. ROT (kg/cm ²):	274.85
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	248677.09
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	177263.97
MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	113764.47
TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	2.29

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO																																		
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469																																		
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.			TIPO DE MEZCLA:		A																																
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.			CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO																																
PROBETA:		A31009011520			ADITIVO:		SIN ADITIVO																																
FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015			f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²																																
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015			DIÁMETRO (cm):		15.090																																
EDAD:		28 DÍAS			LONGITUD (mm):		3040																																
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.			TIPO DE MEZCLA:		B																																
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.			CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO																																
PROBETA:		B2100901151			ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/bolsa)																																
FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015			f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²																																
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015			DIÁMETRO (cm):		15.210																																
EDAD:		28 DÍAS			LONGITUD (mm):		3040																																
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (*1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)		CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (*1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)																													
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00																													
1.0	0.02	0.07	5.59	8.39		1.0	0.01	0.03	5.50	3.83																													
2.0	0.04	0.13	11.18	16.68		2.0	0.05	0.16	11.01	18.92																													
3.0	0.07	0.23	16.77	28.90		3.0	0.07	0.23	16.51	26.31																													
4.0	0.09	0.30	22.37	36.92		4.0	0.09	0.30	22.01	33.60																													
5.0	0.12	0.39	27.96	48.75		5.0	0.10	0.33	27.52	37.21																													
6.0	0.15	0.49	33.55	60.33		6.0	0.15	0.49	33.02	54.88																													
7.0	0.17	0.56	39.14	67.92		7.0	0.18	0.59	38.53	65.18																													
8.0	0.20	0.66	44.73	79.11		8.0	0.20	0.66	44.03	71.93																													
9.0	0.23	0.76	50.32	90.05		9.0	0.23	0.76	49.53	81.85																													
10.0	0.25	0.82	55.92	97.21		10.0	0.25	0.82	55.04	98.35																													
12.0	0.29	0.95	67.10	111.22		12.0	0.29	0.95	66.04	101.03																													
14.0	0.30	0.99	78.28	114.65		14.0	0.33	1.09	77.05	113.32																													
16.0	0.35	1.15	89.46	131.43		16.0	0.34	1.10	88.06	114.83																													
18.0	0.37	1.22	100.65	137.95		18.0	0.39	1.28	99.07	131.01																													
20.0	0.40	1.32	111.83	147.53		20.0	0.45	1.48	110.07	147.79																													
22.0	0.43	1.41	123.01	156.87		22.0	0.49	1.61	121.08	158.48																													
24.0	0.45	1.48	134.20	162.97		24.0	0.53	1.74	132.09	168.77																													
26.0	0.49	1.61	145.38	174.84		26.0	0.55	1.81	143.10	173.77																													
28.0	0.53	1.74	156.56	186.28	28.0	0.59	1.94	154.10	183.46																														
30.0	0.55	1.81	167.75	191.84	30.0	0.61	2.01	165.11	188.16																														
32.0	0.58	1.91	178.93	199.98	32.0	0.65	2.14	176.12	197.25																														
34.0	0.60	1.97	190.11	205.27	34.0	0.69	2.27	187.12	205.94																														
36.0	0.62	2.04	201.30	210.46	36.0	0.73	2.40	198.13	214.24																														
38.0	0.65	2.14	212.48	218.04	38.0	0.75	2.47	209.14	218.24																														
40.0	0.69	2.27	223.66	227.77	40.0	0.78	2.57	220.15	224.05																														
42.0	0.72	2.37	234.84	234.79	42.0	0.80	2.63	231.15	227.79																														
44.0	0.75	2.47	246.03	241.57	44.0	0.85	2.80	242.16	236.73																														
46.0	0.80	2.63	257.21	252.34	46.0	0.89	2.98	253.17	243.42																														
48.0	0.85	2.80	268.39	262.43	48.0	0.91	2.99	264.18	246.62																														
50.0	0.93	3.06	279.58	277.20	50.0	0.97	3.19	275.18	255.62																														
52.0	0.97	3.19	290.76	283.94	52.0	1.05	3.45	286.19	266.22																														
54.0	1.15	3.78	301.94	308.99	54.0	1.15	3.78	297.20	277.22																														
56.0	1.20	3.95	313.13	314.41	52.0	1.25	4.11	286.19	285.72																														
56.5	1.25	4.11	315.92	319.17	50.0	1.45	4.77	275.18	295.25																														
54.0	1.52	5.00	301.94	333.31	48.0	1.59	5.23	264.18	295.97																														
EC. DE ESF. CORREGIDA:					-12.34x ² + 128.36x					EC. DE ESF. CORREGIDA:					-11.534x ² + 116.91x																								
DEF. ROT. UNIT. (*1000):					4.11					TIEMPO DE ENSAYO (minutos):					2.26					DEF. ROT. UNIT. (*1000):					3.78					TIEMPO DE ENSAYO (minutos):					2.21				
ESF. ROT (kg/cm ²):					319.17					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):					151131.37					ESF. ROT (kg/cm ²):					277.22					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):					155488.43				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²):					267978.09					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):					113946.68					MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²):					249748.65					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):					164108.73				

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO					DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO														
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469					ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469														
ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B		ELABORADO POR:		Paul J. Incio Abanto.		TIPO DE MEZCLA:		B					
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
PROBETA:		E2100901152		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/boha)		PROBETA:		E2100901153		ADITIVO:		CON ADITIVO (850 ml/boha)					
FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²		FECHA DE FABRIC.:		09/01/2015		f _c DE DISEÑO:		210 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015		DIÁMETRO (cm):		15.445		FECHA DE ENSAYO:		07/02/2015		DIÁMETRO (cm):		15.075					
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		305.0		EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		304.0					
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
1.0	0.02	0.07	5.34	7.82						1.0	0.01	0.03	5.60	4.02					
2.0	0.05	0.16	10.67	19.37						2.0	0.04	0.13	11.21	15.92					
3.0	0.08	0.26	16.01	30.70						3.0	0.06	0.20	16.81	23.71					
4.0	0.10	0.33	21.35	38.13						4.0	0.09	0.30	22.41	35.18					
5.0	0.13	0.43	26.69	49.09						5.0	0.15	0.49	28.01	57.37					
6.0	0.15	0.49	32.02	56.28						6.0	0.18	0.59	33.62	68.09					
7.0	0.17	0.56	37.36	63.37						7.0	0.20	0.66	39.22	75.09					
8.0	0.20	0.66	42.70	73.83						8.0	0.23	0.76	44.82	85.38					
9.0	0.23	0.75	48.04	84.07						9.0	0.25	0.82	50.42	92.11					
10.0	0.25	0.82	53.37	90.77						10.0	0.29	0.95	56.03	105.22					
12.0	0.29	0.95	64.05	103.88						12.0	0.31	1.02	67.23	111.60					
14.0	0.32	1.05	74.72	113.47						14.0	0.35	1.15	78.44	124.04					
16.0	0.35	1.15	85.40	122.83						16.0	0.38	1.25	89.64	133.07					
18.0	0.38	1.25	96.07	131.97						18.0	0.40	1.32	100.85	138.95					
20.0	0.40	1.31	106.75	137.95						20.0	0.45	1.48	112.05	153.16					
22.0	0.43	1.41	117.42	146.73						22.0	0.49	1.61	123.26	164.03					
24.0	0.45	1.48	128.10	152.46						24.0	0.53	1.74	134.46	174.44					
26.0	0.49	1.61	138.77	163.63						26.0	0.57	1.88	145.67	184.41					
28.0	0.51	1.67	149.45	169.07						28.0	0.60	1.97	156.87	191.59					
30.0	0.55	1.80	160.12	179.66						30.0	0.63	2.07	168.08	198.51					
32.0	0.60	1.97	170.80	192.35						32.0	0.65	2.14	179.29	202.99					
34.0	0.63	2.07	181.47	199.67						34.0	0.69	2.27	190.49	211.61					
36.0	0.66	2.16	192.15	206.78						36.0	0.73	2.40	201.70	219.78					
38.0	0.69	2.26	202.82	213.67						38.0	0.75	2.47	212.90	223.70					
40.0	0.75	2.46	213.50	226.78						40.0	0.78	2.57	224.11	229.36					
42.0	0.78	2.56	224.17	233.01						42.0	0.80	2.63	235.31	232.99					
44.0	0.80	2.62	234.85	237.04						44.0	0.83	2.73	246.52	238.24					
46.0	0.85	2.79	245.52	246.70	46.0	0.85	2.80	257.72	241.59										
48.0	0.90	2.95	256.20	255.75	48.0	0.88	2.89	268.93	246.41										
50.0	0.95	3.11	266.87	264.19	50.0	0.92	3.03	280.13	252.45										
52.0	0.99	3.25	277.55	270.50	52.0	0.99	3.26	291.34	261.93										
54.0	1.05	3.44	288.22	279.25	52.5	1.13	3.72	294.14	276.77										
56.0	1.10	3.61	298.90	285.87	50.0	1.29	4.24	280.13	286.99										
57.0	1.20	3.93	304.23	297.29	48.0	1.45	4.77	268.93	290.03										
54.0	1.36	4.46	288.22	310.51	46.0	1.60	5.26	257.72	286.35										
52.0	1.45	4.75	277.55	315.21															
EC. DE ESF. CORREGIDA: -11.294x ² + 120x					EC. DE ESF. CORREGIDA: -12.97x ² + 122.67x					EC. DE ESF. CORREGIDA: -12.97x ² + 122.67x									
DEF. ROT. UNIT. (x1000): 3.93					TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 2.27					DEF. ROT. UNIT. (x1000): 3.73					TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 3.03				
ESF. ROT (kg/cm ²): 297.29					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²): 153683.57					ESF. ROT (kg/cm ²): 276.77					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²): 161184.44				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²): 258631.29					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²): 106919.87					MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E ₁ (kg/cm ²): 249546.38					MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²): 108526.45				

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	B	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	B2106901154	ADITIVO:	CON ADITIVO (850 ml/bolsa)	
FECHA DE FABRIC.:	09/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	07/02/2015	DIÁMETRO (cm):	15.195	
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	303.0	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.01	0.03	5.51	3.73
2.0	0.02	0.07	11.03	7.44
3.0	0.06	0.20	16.54	22.13
4.0	0.08	0.26	22.06	29.38
5.0	0.10	0.33	27.57	36.57
6.0	0.14	0.46	33.09	50.76
7.0	0.16	0.53	38.60	57.77
8.0	0.19	0.63	44.12	68.16
9.0	0.20	0.66	49.63	71.59
10.0	0.23	0.76	55.15	81.79
12.0	0.25	0.83	66.17	88.52
14.0	0.27	0.89	77.20	95.18
16.0	0.34	1.12	88.23	118.01
18.0	0.39	1.29	99.26	133.85
20.0	0.40	1.32	110.29	136.98
22.0	0.43	1.42	121.32	146.25
24.0	0.46	1.52	132.35	155.38
26.0	0.49	1.62	143.38	164.38
28.0	0.50	1.65	154.41	167.34
30.0	0.53	1.75	165.44	176.15
32.0	0.55	1.82	176.47	181.95
34.0	0.60	1.98	187.49	196.16
36.0	0.63	2.08	198.52	204.51
38.0	0.66	2.18	209.55	212.71
40.0	0.69	2.28	220.58	220.78
42.0	0.71	2.34	231.61	226.07
44.0	0.76	2.51	242.64	239.05
46.0	0.79	2.61	253.67	246.65
48.0	0.83	2.74	264.70	256.96
50.0	0.89	2.94	275.73	270.97
52.0	0.95	3.14	286.76	284.82
54.0	1.00	3.30	297.78	295.94
55.5	1.09	3.60	306.06	314.97
52.0	1.20	3.96	286.76	336.53

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

EC. DE ESF. CORREGIDA: $-7.115x^2 + 113.15x$

DEF. ROT. UNIT. (×1000): 3.60

TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 2.16

ESF. ROT (kg/cm²): 314.97

MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 197182.64

MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²): 266211.59

MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 104180.44

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
ELABORADO POR:	Paul J. Incio Abanto.	TIPO DE MEZCLA:	B	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROBETA:	B2100901155	ADITIVO:	CON ADITIVO (850 ml/bolsa)	
FECHA DE FABRIC.:	09/01/2015	f _c DE DISEÑO:	210 kg/cm ²	
FECHA DE ENSAYO:	07/02/2015	DIÁMETRO (cm):	15.125	
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	303.0	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.02	0.07	5.57	8.34
2.0	0.04	0.13	11.13	16.57
3.0	0.06	0.20	16.70	24.68
4.0	0.09	0.30	22.26	36.64
5.0	0.10	0.33	27.83	40.56
6.0	0.13	0.43	33.39	52.18
7.0	0.15	0.50	38.96	59.78
8.0	0.17	0.56	44.53	67.26
9.0	0.20	0.66	50.09	78.28
10.0	0.23	0.76	55.66	89.04
12.0	0.25	0.83	66.79	96.07
14.0	0.28	0.92	77.92	106.40
16.0	0.30	0.99	89.05	113.15
18.0	0.33	1.09	100.18	123.06
20.0	0.35	1.16	111.31	129.52
22.0	0.39	1.29	122.45	142.10
24.0	0.45	1.49	133.58	160.12
26.0	0.48	1.58	144.71	168.74
28.0	0.50	1.65	155.84	174.35
30.0	0.53	1.75	166.97	182.55
32.0	0.55	1.82	178.10	187.87
34.0	0.60	1.98	189.23	200.68
36.0	0.63	2.08	200.36	208.03
38.0	0.66	2.18	211.50	215.12
40.0	0.69	2.28	222.63	221.95
42.0	0.74	2.44	233.76	232.76
44.0	0.77	2.54	244.89	238.91
46.0	0.80	2.64	256.02	244.81
48.0	0.88	2.90	267.15	259.27
50.0	0.96	3.17	278.28	271.91
51.5	1.09	3.60	286.63	288.56
48.0	1.25	4.13	267.15	302.45

GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)

EC. DE ESF. CORREGIDA: $-13.067x^2 + 127.22x$

DEF. ROT. UNIT. (×1000): 3.60

TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 2.33

ESF. ROT (kg/cm²): 288.56

MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 180646.64

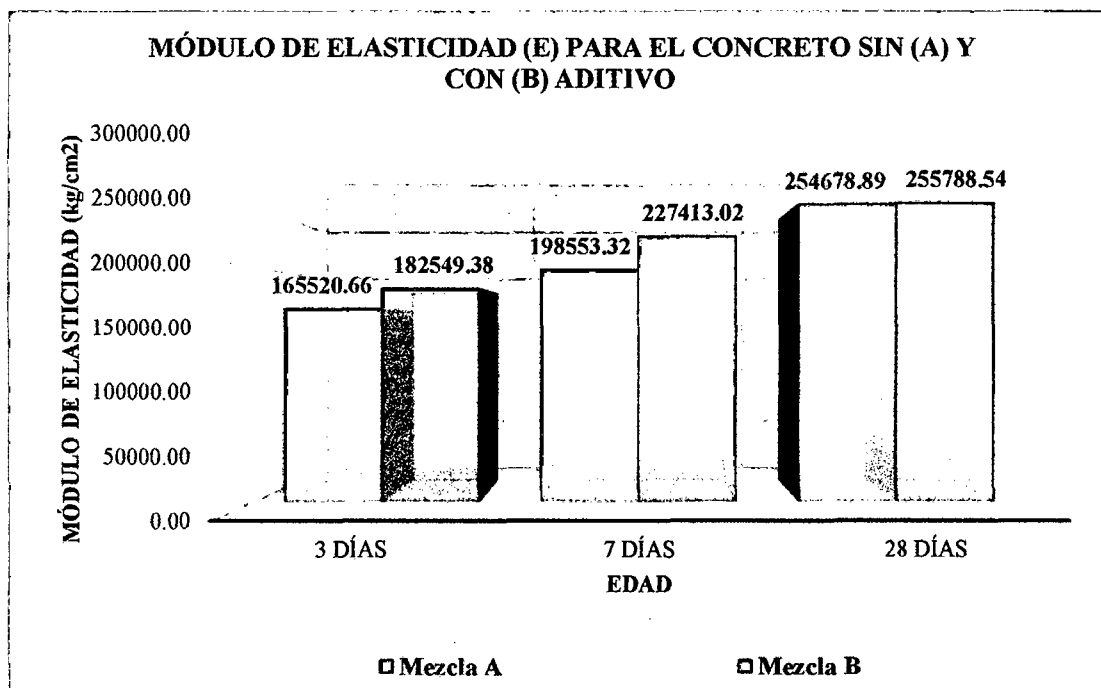
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²): 254804.78

MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 113320.11

Tabla n° 45: Resumen de Módulos de Elasticidad (E), para mezclas A y B; a diferentes edades.

RESUMEN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD		
EDAD	Mezcla A	Mezcla B
	E1 (kg/cm ²)	E1 (kg/cm ²)
3 DÍAS	165520.66	182549.38
7 DÍAS	198553.32	227413.02
28 DÍAS	254678.89	255788.54

Fuente: Elaboración propia (2015)



Comentario: Se observa que éste valor (E) está en función directa de la resistencia del concreto ($f'c$). Para su determinación se empleó 3 procedimientos: (E_1) por fórmula ACI 318, (E_2) gráficamente para el 20% de la deformación unitaria, y (E_3) gráficamente para el 40% del esfuerzo de rotura según Norma ASTM C469; que se pueden observar en los gráficos de Esfuerzo – Deformación.

Se ha considerado el valor de E_1 , ya que nos proporciona valores más cercanos a la realidad de acuerdo al $f'c$ especificado de diseño (210 kg/cm²). Además debido a que los otros dos métodos (gráficos) se basan en las deformaciones las cuales fueron determinadas mediante un deformímetro mecánico que de una u otra manera conlleva a error en las lecturas (como saltos de la aguja que mide las deformaciones, errores visuales), arrojando valores para E no muy confiables.

P. Análisis de Costos Unitarios para 1 m³ de Concreto, Sin Aditivo y Con 2% de Aditivo.

Tabla n° 46: Comparación de costos unitarios del concreto Sin y Con 2% de aditivo Chema 3.

Análisis de Costos Unitarios							
Partida	CONCRETO F' C=210 KG/CM2 CON 0.00 % DE ADITIVO CHEMA 3						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por: m3			399.96
Código	Descripción del Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0470001	OPERARIO		HH	2.0000	1.6000	16.79	26.86
0470002	OFICIAL		HH	2.0000	1.6000	13.92	22.27
0470003	PEON		HH	10.0000	8.0000	12.43	99.44
							148.58
Materiales							
0390004	AGUA		M3		0.2030	2.50	0.51
0040005	AGREGADO FINO		M3		0.3600	50.00	18.00
0050006	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA TMN 1"		M3		0.3140	50.00	15.70
0210007	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO (42.5 KG)		BLS		8.2000	23.60	193.52
							227.73
Equipos							
0370009	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	148.58	4.46
0480010	MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TROMPO 9 - 11 P3		HM	1.0000	0.8000	14.00	11.20
0490011	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		HM	1.0000	0.8000	10.00	8.00
							23.66
Partida	CONCRETO F' C=210 KG/CM2 CON 2.00 % DE ADITIVO CHEMA 3 (850 ML/BOL. DE CEMENTO)						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por: m3			394.09
Código	Descripción del Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
0470001	OPERARIO		HH	2.0000	1.6000	16.79	26.86
0470002	OFICIAL		HH	2.0000	1.6000	13.92	22.27
0470003	PEON		HH	10.0000	8.0000	12.43	99.44
							148.58
Materiales							
0390004	AGUA		M3		0.1820	2.50	0.46
0040005	AGREGADO FINO		M3		0.4050	50.00	20.25
0050006	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA TMN 1"		M3		0.3120	50.00	15.60
0210007	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO (42.5 KG)		BLS		6.3000	23.60	148.68
0300008	ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUA - CHEMA 3		GLN		1.4182	26.00	36.87
							221.86
Equipos							
0370009	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	148.58	4.46
0480010	MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TROMPO 9 - 11 P3		HM	1.0000	0.8000	14.00	11.20
0490011	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		HM	1.0000	0.8000	10.00	8.00
							23.66

Fuente: Elaboración propia (2015)

Comentario: Se observa que el concreto con 2% de aditivo Chema 3 (como acelerador de resistencias), es 1.47% más económico que el concreto normal. Para este análisis, el rendimiento de Mano de Obra y de Equipos y las Cuadrillas se tomaron de lo indicado por CAPECO para un concreto de un f'c=210 kg/cm²; y los Costos de Mano de Obra se tomó de los costos de Hora Hombre para obras que ejecuta el Gobierno Regional de Cajamarca (escalas vigentes del 01-06-14 al 31-05-15).

Q. Cuadro comparativo entre los aspectos positivos (ventajas) y negativos (desventajas) que puede generar el uso del aditivo CHEMA 3 en el concreto normal.

ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
<input checked="" type="checkbox"/> Empleándolo con dosis adecuadas disminuye el tiempo de fraguado y aumenta las resistencias iniciales en comparación al concreto patrón.	<input checked="" type="checkbox"/> Empleándolo en dosis muy reducidas puede comportarse como un retardador y ser contraproducente a sus funciones.
<input checked="" type="checkbox"/> Se obtiene mayores resistencias a tempranas edades (3 y 7 días).	<input checked="" type="checkbox"/> Con altas dosis ocasiona aumento de la temperatura y retracciones con fisuramiento y/o agrietamiento del concreto si no se le da un curado adecuado.
<input checked="" type="checkbox"/> Al ser un aditivo sin cloruros y poseer inhibidores de corrosión puede ser utilizado en concreto armado, post y pretensado sin que se presente problemas de corrosión en la armadura (acero de refuerzo).	<input checked="" type="checkbox"/> A los 28 días se va perdiendo el aumento de la resistencia y ésta se va igualando a la del concreto normal.
<input checked="" type="checkbox"/> Es utilizado en climas fríos para contrarrestar el efecto retardador de las bajas temperaturas.	<input checked="" type="checkbox"/> Si se da un incorrecto compactado o manipulación incorrecta del concreto, puede producir exudación.
<input checked="" type="checkbox"/> Respecto al agua de mezcla, ésta puede ser disminuida hasta en un 10%.	<input checked="" type="checkbox"/> Con dosis elevadas del aditivo se obtienen concretos más caros que uno normal (mezcla antieconómica).
<input checked="" type="checkbox"/> Disminuye el efecto de segregación de los agregados.	<input checked="" type="checkbox"/> Se debe tener mucho cuidado en el sistema de curado, principalmente a tempranas edades.
<input checked="" type="checkbox"/> La reacción cemento - agua (hidratación) es más rápida.	<input checked="" type="checkbox"/> Aumenta la dilatación y la contracción del concreto a temperaturas altas.
<input checked="" type="checkbox"/> Empleando el aditivo se puede desencofrar en menor tiempo. Aplicable en prefabricados y reutilización más rápida de encofrados.	<input checked="" type="checkbox"/> Puede disminuir la durabilidad y resistencia a los sulfatos a largo plazo.
<input checked="" type="checkbox"/> Se logran acabados de losas en menor tiempo reduciendo costos de mano de obra.	<input checked="" type="checkbox"/> Después de la ganancia rápida en resistencia hay una baja en la evolución de la misma.

R. Panel Fotográfico.

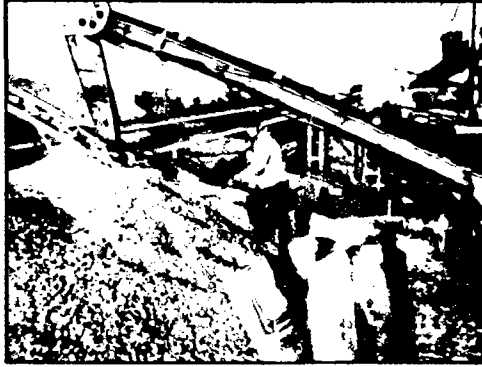


Foto 1: Muestreo de agregados para determinación de sus propiedades físicas. Cantera del río Chonta – “Roca Fuerte”, Baños del Inca.



Foto 2: Reducción de muestras a tamaño de ensayo, mediante el método del cuarteo.

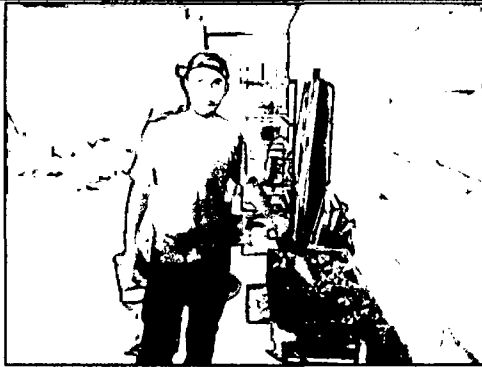


Foto 3: Utilización de cocina a gas para el rápido secado de muestras de ensayo, para el ensayo de granulometría del agregado grueso.

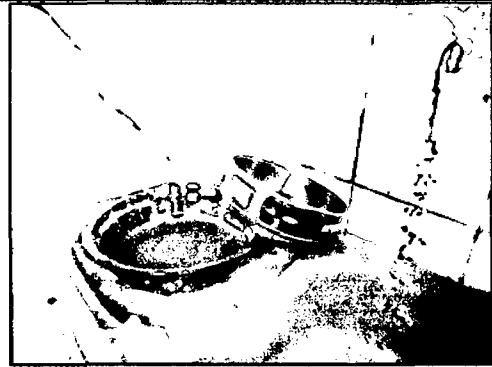


Foto 4: Lavado de la arena por la malla #200, para determinar el material más fino que pase dicha malla.



Foto 5: Realización del ensayo de abundamiento de la arena (agregado fino), haciendo uso de una probeta graduada de 1 litro.



Foto 6: Realizando el ensayo de granulometría del agregado grueso, haciendo uso de los tamices estándar.

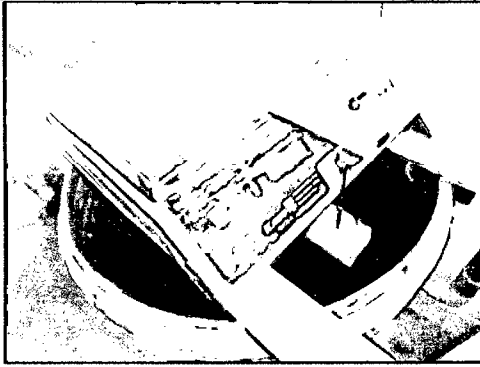


Foto 8: Peso sumergido de la grava, para la determinación de su peso específico y absorción.



Foto 9: Máquina de los Ángeles para realizar el ensayo de Abrasión del agregado grueso.



Foto 10: Agregado grueso luego del ensayo de Abrasión.

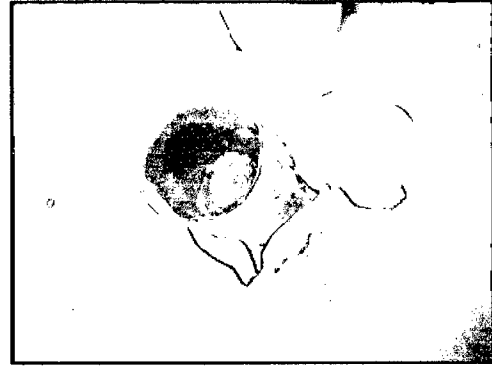


Foto 11: Calibración del recipiente para el ensayo de peso unitario de los agregados.

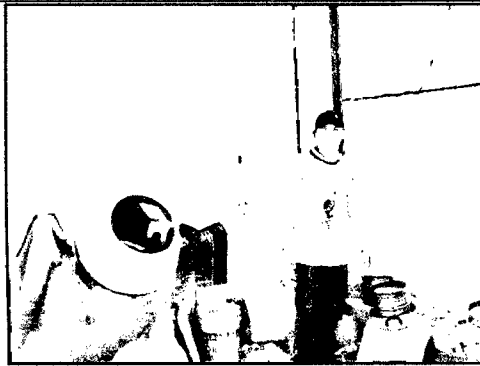


Foto 12: Realizando el ensayo de granulometría de la arena, haciendo uso de los tamices estándar.

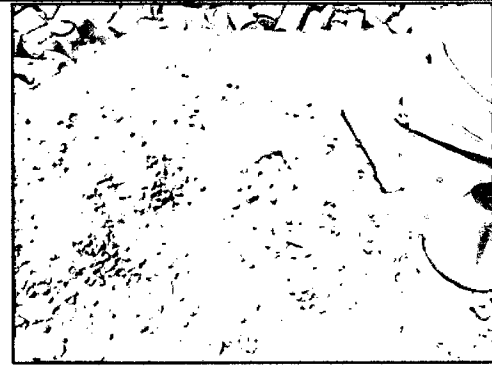


Foto 13: Determinación de la condición saturada superficialmente seca (SSS) de la arena para el ensayo de peso específico y absorción.

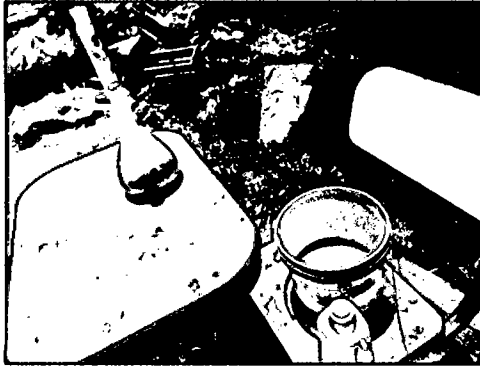


Foto 14: Realizando el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

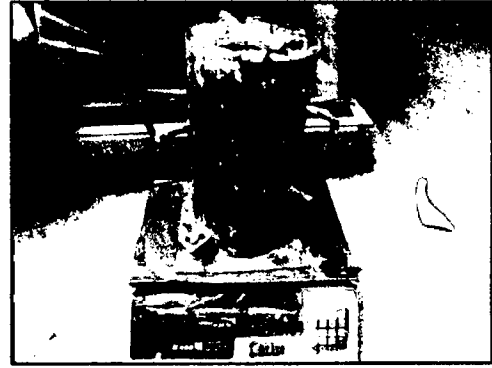


Foto 15: Peso del agregado grueso en balanza, para determinación de su peso unitario.



Foto 16: Tomando puntos de ubicación haciendo uso de un GPS navegador.



Foto 17: Sacando las dimensiones de los moldes utilizados para fabricar las probetas cilíndricas de concreto, usando el vernier.



Foto 18: Sacando dimensiones de probetas cilíndricas de concreto endurecidas antes del ensayo a compresión de las mismas.

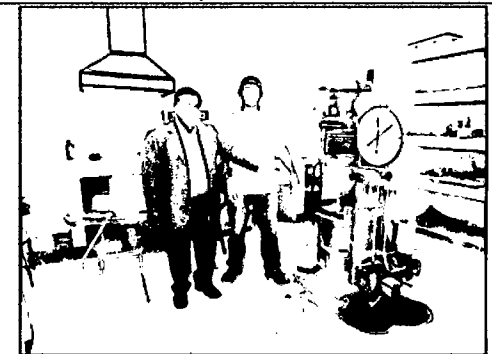


Foto 19: Realizando el ensayo a compresión de probetas cilíndricas en la Máquina Universal, en presencia del Ingeniero Asesor (en Lab. de Ensayo de Materiales de la U.N.C.).



Foto 20: Vista de la probeta antes de ser ensayada a compresión, además se observa la nomenclatura empleada y el deformímetro (micrómetro) para la lectura de deformaciones.



Foto 21: Sometiendo un espécimen al ensayo de compresión en la Máquina Universal.



Foto 22: Medición de la temperatura del concreto.

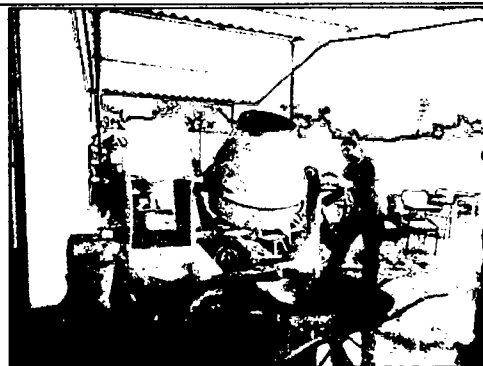


Foto 23: Operando la máquina mezcladora (trompo de 9 pies cúbicos de capacidad).



Foto 24: Realizando la medición del asentamiento del concreto fresco (Slump).



Foto 25: Medición del volumen de aditivo CHEMA 3, pertinente.

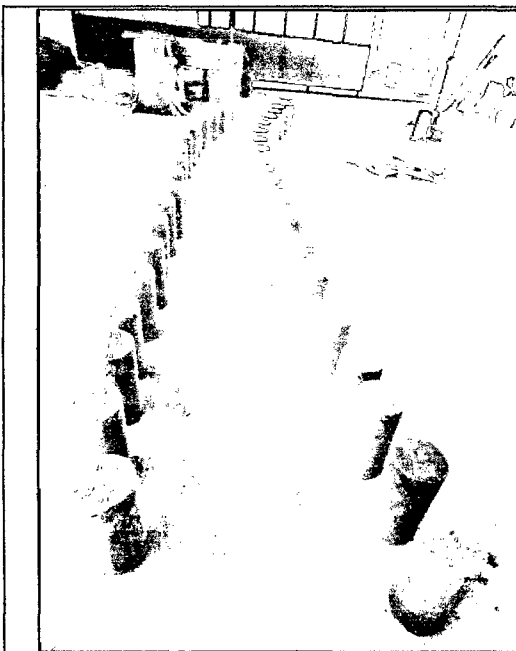


Foto 26: Probetas de concreto luego de ser desencofradas e identificadas.



Foto 27: Probetas de concreto en poza de curado hasta que cumplan los días de curado necesarios para ser ensayadas a compresión.