

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210$
KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

BLEGER FREDDY GARCÍA CHAMBILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PROMOCION 2014

PUNO - PERÚ
2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c=210$ KG/CM² EN LA CIUDAD DE
PUNO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. BLEGER FREDDY GARCÍA CHAMBILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL



APROBADO POR:

PRESIDENTE:


Ing. EMILIO AUGUSTO MOLINA CHAVEZ

PRIMER MIEMBRO:


Ing. JOSE LUIS CURIPA ARAPA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

DIRECTOR DE TESIS:


Ing. FELIX ROJAS CHAHUARES

Área: Construcciones.

Tema: Efecto de la fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas del Concreto.

Línea de investigación: Construcciones y Gerencia

DEDICATORIA.

Bleger Freddy.

*Quiero dedicar este trabajo, a las
personas mas importantes de mi vida, a
mis padres Celedonio y Nancy, por
haber sido mi apoyo incondicional en
mi formacion profesional...*

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy a gracias a Dios, por haberme dado la vida, fuerza y valor para culminar el presente trabajo.

A mi Director de Tesis, Ing. Félix Rojas Chahuares, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción de este proyecto.

Al Jurado Dictaminador: Ing. Emilio Augusto Molina Chávez, Ing. José Luis Cutipa Arapa y al Ing. Gino Frank Laque Córdova, quienes con sus conocimientos y experiencia me brindaron tiempo y consejos valiosos, buscando siempre una mejor versión del trabajo presentado.

A toda mi familia, por el apoyo infinito e incondicional y aliento constante.

A mis compañeros y amigos por su apoyo y sugerencias.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1 Problema general	13
1.1.1 Problemas específicos	13
1.2 JUSTIFICACIÓN	13
1.3 HIPÓTESIS	14
1.3.1 Hipótesis general	14
1.3.1 Hipótesis específicos	14
1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	14
1.4.1 Objetivo general	14
1.4.2 Objetivos específicos	15
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LA LITERATURA	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.2 EL CONCRETO	18
2.2.1 Componentes del Concreto	18
2.2.2 Propiedades del Concreto	20
2.3 FIBRA DE VIDRIO	21
2.3.1 Definición	21
2.3.2 Características de la fibra de vidrio	22
2.3.3 Tipos de fibra de Vidrio	23
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	24
2.4.1 Análisis estadístico.	24
2.4.2 Prueba de hipótesis	26
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 MATERIALES	31
3.2 DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO	32
3.2.2 Diseño de Mezcla $f'c$ 210 kg/cm ² – Método: Comité 211 del ACI	33
3.3 PROPORCIONES DE LA MEZCLA	39
3.4 ELABORACIÓN DEL CONCRETO	41
3.5 ENSAYOS REALIZADOS	43
3.5.1 Ensayos en estado fresco del concreto	43
3.5.2 Ensayos en estado endurecido del concreto	45

	CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		48
4.1 ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO		48
4.1.1 Comparación de la resistencia a compresión		48
4.1.2 Comparación del Slump del concreto		54
4.2 ANÁLISIS DE COSTOS		54
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS		57
4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO		58
4.5 PRUEBA DE HIPÓTESIS		62
	CAPITULO V	
CONCLUSIONES		65
5.1 CONCLUSIÓN GENERAL		65
5.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS		65
	CAPITULO VI	
RECOMENDACIONES		66
	CAPITULO VII	
REFERENCIAS		67
	CAPITULO VIII	
ANEXOS		70
ANEXO 01		71
Diseño de Mezclas – Método Comité 211 Del ACI		71
ANEXO 02		80
Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto (ASTM C 31/ C 31M – 03A)		80
ANEXO 03		86
Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto (ASTM C39/C39M – 14)		86
ANEXO 04		94
Datos Obtenidos Del Ensayo De Resistencia a la Compresión Simple		94
ANEXO 05		99
Cuadros Estadísticos		99
ANEXO 06		101
Precio de la Fibra de Vidrio		103

ÍNDICE FIGURAS

Figura 3. 1 Dosificación de materiales por peso	42
Figura 3. 2 Elaboración de probetas cilíndricas	42
Figura 3. 3 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams	44
Figura 3. 4 Ensayo de compresión del concreto	46
Figura 3. 5 Tipo de falla de cilindros de prueba estándar	47
Figura 4. 1 Evolución de la resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días, para los grupos de prueba	50
Figura 4. 2 Efecto del % de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.....	50
Figura 4. 3 Efecto del 0.025% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.....	51
Figura 4. 4 Efecto del 0.075% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.....	52
Figura 4. 5 Efecto del 0.125% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.....	53
Figura 4. 6 Efecto del % de fibras de vidrio en el asentamiento de las mezclas de concreto.....	54

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Consistencia de mezcla de concreto.	21
Tabla 2. Coeficiente de variación y desviación estándar	24
Tabla 3. Determinación del nivel de significancia.....	28
Tabla 4. Características de los agregados	32
Tabla 5. Resistencia Promedio	34
Tabla 6. Volumen unitario de agua	35
Tabla 7. Contenido de aire atrapado	35
Tabla 8. Relación agua cemento a/c	36
Tabla 9. Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto	37
Tabla 10. Volúmenes absolutos de	38
Tabla 11. Valores de Diseño	39
Tabla 12. Diseño de mezcla final	39
Tabla 13. Diseño de Mezcla para Concreto Patrón (CP). Resistencia 210 Kg/cm ²	40
Tabla 14. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 1 (CE 1). Resistencia 210 Kg/cm ²	40
Tabla 15. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 2 (CE 2). Resistencia 210 Kg/cm ²	41
Tabla 16. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 3 (CE 3). Resistencia 210 Kg/cm ²	41
Tabla 17. Resistencia a la compresión 210 Kg/cm ² , concreto patrón (CP) y Concreto experimental (CE 1).....	48
Tabla 18. Resistencia a la compresión 210 Kg/cm ² , Concreto Experimental (CE 2) y Concreto Experimental (CE 3).	49
Tabla 19. Evolución de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm ²	49
Tabla 20. Medición del Slump en Laboratorio.	54
Tabla 21. Costo unitario de materiales para el concreto normal	56
Tabla 22. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de 0.025 % de fibra de vidrio.....	57
Tabla 23. Análisis Estadístico CP– Resistencia a la Compresión - 28 días	58
Tabla 24. Análisis Estadístico CE 1– Resistencia a la Compresión - 28 días.	59
Tabla 25. Análisis Estadístico CE 2– Resistencia a la Compresión - 28 días.	60
Tabla 26. Análisis Estadístico CE 3– Resistencia a la Compresión - 28 días	61

LISTA DE ACRÓNIMOS

CP	: Concreto patrón ($f'c$ 210 kg/cm ²).
CE 1	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 0.025% de fibra de vidrio incorporada.
CE 2	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 0.075% de fibra de vidrio incorporada.
CE 3	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 0.125% de fibra de vidrio incorporada.
$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm ² .
u	: Media aritmética.
σ^2	: Varianza.
σ	: Desviación estándar.
Ho	: Hipótesis nula.
Ha	: Hipótesis alternativa.
α	: Nivel de significancia.
Zo	: Estadístico de prueba.
A°F°	: Agregado fino.
A°G°	: Agregado grueso
W%	: Contenido de humedad
TM	: Tamaño máximo del agregado.
TMN	: Tamaño máximo nominal del agregado.
a/c	: Relación agua/cemento.
P.U.	: Precio unitario.
ACI	: American Concrete Institute.
ASTM	: American Society of Testing Materials.
NTP	: Norma técnica peruana.

RESUMEN

Esta investigación describe un estudio experimental de la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras de vidrio. Asimismo, esta investigación está diseñada para conocer el efecto que tiene la incorporación de fibras de vidrio en la resistencia a la compresión y el costo de producción del Concreto Normal $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Las variables dependientes estudiadas son la resistencia a la compresión y costo de producción del concreto. Y como variable independiente la fibra de vidrio incorporada en 0.025%, 0.075% y 0.125% con respecto al peso de los materiales.

Los resultados indican que la resistencia a la compresión incrementa en 6.65%, 2.26% y 1.26% incorporando fibra de vidrio en 0.025%, 0.075% y 0.125% respectivamente, y el costo de producción disminuye en 2.94% con 0.025% de fibra de Vidrio.

Palabras claves: Fibra de vidrio, resistencia a la compresión, concreto.

ABSTRACT

This research describes an experimental study of the compressive strength of glass fiber reinforced concrete. Also, this research is designed to know the effect of the incorporation of glass fibers in the compressive strength and the cost of production of Normal Concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ at 7, 14 and 28 days respectively. The dependent variables studied are the compressive strength and cost of production of the concrete. And as an independent variable the fiberglass incorporated in 0.025%, 0.075% and 0.125% with respect to the weight of the materials.

The results indicate that the compressive strength increases by 6.65%, 2.26% and 1.26%, incorporating glass fiber by 0.025%, 0.075% and 0.125% respectively, and the production cost decreases by 2.94% with 0.025% glass fiber.

Keywords: Glass fibers, compressive strength, concrete.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

“A lo largo de la historia, la idea de reforzar con materiales fibrosos se remonta al antiguo Egipto en donde se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol.” (Millán, 2013)

El refuerzo del concreto mediante la adición de fibras durante el amasado del mismo es una técnica que se ha implantado desde hace varias décadas encontrando diversas aplicaciones dentro del campo de los concretos estructurales y que actualmente sigue siendo objeto de estudio de numerosos investigadores, produciendo un gran avance en la industria de la construcción.

La adición de fibra en el concreto busca mejorar algunas de sus propiedades mecánicas tales como rigidez, tenacidad, resistencia a la compresión y a la tracción. Sin embargo los constructores utilizan estas fibras sin considerar sus propiedades, por ende esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos garantizar cómo influirá la fibra en el concreto.

1.1.1 Problema general

- ¿Cómo influye la incorporación de fibras de vidrio en la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c$ 210 kg/cm² y costo unitario de producción?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la incorporación de fibras de vidrio en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con adición de diferentes porcentajes de fibra de vidrio en 0.025%, 0.075% y 0.125% respecto al peso de los materiales?
- ¿Cuál es la relación costo beneficio entre el concreto normal y el concreto adicionado con fibras de vidrio?

1.2 Justificación

En nuestro país, en la industria de la construcción se producen grandes volúmenes de concreto, por lo que actualmente los concretos no son fabricados solo con agregados, cemento y agua, existen con adiciones de fibras de polipropileno y fibras de acero, que ya han pasado a formar parte de una mezcla de concreto convencional, que constituyen hoy los denominados concretos reforzados, que es resultado de la evolución de la tecnología del concreto, cuyas propiedades optimizadas hacen que sean utilizados en diferentes aplicaciones y necesidades estructurales de una obra.

Según Zapata y Arango (2013), el concreto reforzado con fibras se usa en diferentes tipos de elementos como por ejemplo en vigas, columnas, muros estructurales, pisos industriales, concretos lanzados, pasadores de pavimentos rígidos y en reparación de concretos.

Dado la cantidad de obras que se vienen realizando en la ciudad de Puno, es necesario, producir concretos con resistencia a compresión mejorada el cual se puede lograr con la adición de fibra de vidrio, para lo cual se debe los criterios básicos de composición, dosificación y elaboración de concreto. Por lo que, se considera importante realizar esta investigación, para que la información generada sea útil para el logro de un concreto con mejor resistencia a la compresión, asimismo el resultado de esta investigación permitirá la aplicación de un nuevo material de construcción (fibras de vidrio) en la ejecución de obras de la Ciudad de Puno sobre todo en aquellas donde se utiliza el concreto pre-mezclado.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

- La incorporación de fibras de vidrio, mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, lo cual permite disminuir el costo de producción.

1.3.2 Hipótesis específicos

- La incorporación de fibras de vidrio en 0.025%, 0.075% y 0.125% respecto al peso de los materiales, mejora la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$.
- El costo del concreto normal $f'c 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionado con fibras de vidrio resulta menor al concreto normal $f'c 210 \text{ Kg/cm}^2$.

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de vidrio y costo de producción.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de diferentes porcentajes de fibras de vidrio en 0.025%, 0.075% y 0.125% con respecto al peso de los materiales.
- Evaluar los costos de producción del concreto normal y adicionado con fibras de vidrio.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes

Castiblanco y Carrero (2015), en su investigación “Estudio Teórico y Experimental del Comportamiento del Hormigón con Materiales no Convencionales: Fibras de vidrio y Fibra de Carbono, Sometido a Esfuerzos de Compresión”, realizada en la Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Los investigadores estudiaron el comportamiento del concreto sometido a compresión, en el cual encontró información a partir de prácticas de laboratorio implementando briquetas cilíndricas de concreto con incorporación de fibras de vidrio y fibras de carbono. Los resultados de esta investigación muestran que se incrementa la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibras de vidrio en un 45% en comparación con el concreto simple sin fibras de vidrio. Además concluye que el porcentaje de fibras de vidrio fue de 0.8% del total de los componentes del concreto, con cantidades mínimas se puede llegar a mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

Gowri y Angeline (2013), en su investigación “Effect of glass wool fibres on mechanical properties of concrete”, realizado in the Department of Civil

Engineering, India. Los investigadores añaden fibras de vidrio al concreto normal. En esta investigación los parámetros de resistencia a la compresión y a la tracción fueron estudiados con adición de fibras de vidrio de 0.025% hasta 0.075% del peso del concreto. Los resultados de esta investigación muestran que la resistencia a la compresión del concreto con adición de fibras de vidrio desde 0.025% hasta 0.075% del peso del concreto con respecto al concreto normal se incrementa desde 5.15% hasta 15.68% a los 28 días, también se encontró que la formación de grietas es mayor en el caso del concreto sin fibras de vidrio.

Abdullah y Jallo (2011), en su investigación “Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete”, realizado in the Department of Civil Engineering, University of Mosul. Los investigadores realizaron estudios experimentales de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de vidrio. La investigación se ha diseñado para determinar el efecto de las fibras de vidrio de (0 g, 600 g, 1000 g y 1400 g) por metro cubico en las propiedades mecánicas del concreto con y sin refuerzo de fibra de vidrio. Los resultados indican que la adición de fibra de vidrio en (0 g, 600 g, 1000 g y 1400 g) por metro cubico aumenta la resistencia a la compresión del concreto en (3.6 %, 7.1 %, 9.3%) respectivamente.

Zapata y Arango (2013), en su proyecto de investigación “Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto”, realizado en la Universidad EAFIT, Colombia. Los investigadores realizaron ensayos de resistencia a la compresión con porcentajes de fibra de vidrio de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% del peso total de la mezcla. Durante su proyecto lograron concluir que la fibra de vidrio como adición a las mezclas de concreto aporta de manera positiva

en cuanto a la resistencia en compresión hasta 1% de fibra de vidrio, pero a mayores cantidades la resistencia en compresión disminuye.

2.2 El Concreto

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto, 1995)

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 1995)

2.2.1 Componentes del Concreto

2.2.1.1 Cemento

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de fraguar y endurecer, 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, 2010).

2.2.1.2 Agregados

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica de concreto. (Rivva López, 2010)

Los agregados también son llamados áridos, que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta cemento.

Se clasifican en:

- Agregados Finos
- Agregados Gruesos
- Hormigón: corresponde a mezcla natural de Grava y Arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc. El emplear el hormigón en la elaboración del concreto este deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto. (Abanto Castillo, 1994)

Si se emplea, con autorización del proyectista, el agregado integral denominado “Hormigón” deberá cumplirse con lo indicado en el acápite 3.2.12 de la Norma Técnica E.060. (Rivva López, 2007)

2.2.1.2.1 Agregado fino

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas, que pasan por el tamiz 3/8” (9.52mm) y que es retenida en el tamiz N°200 (0.074mm) NTP400.037. (Abanto Castillo, 1994)

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC E 204-2000, El cual está basado según a las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos

que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 para separar el agregados grueso y fino.

2.2.1.2.2 Agregado Grueso

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

2.1.1.3 Agua

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

2.2.2 Propiedades del Concreto

2.2.2.1 Propiedades en Estado Fresco

a) Trabajabilidad

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto, 1995)

Tabla 1. Consistencia de mezcla de concreto.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49.

2.1.2.2 Propiedades en Estado Endurecido

a) Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

2.3 Fibra de Vidrio

2.3.1 Definición

Son las más utilizadas como refuerzo en los composites aplicados a la construcción, debido fundamentalmente, a la excelente relación existente entre características y precio (Olivares, Galán y Roa, 2003).

Las fibras de vidrio están elaboradas con las mismas materias primas que el vidrio: sílice, cal, alúmina y magnésita, a las cuales se le añaden ciertos óxidos en porcentajes muy estrictos, según los tipos de fibras que se quieran obtener.

Todos estos componentes se mezclan y trituran hasta conseguir una mezcla homogénea que se introduce en un horno de fusión a temperatura de 1550 °C, en el cual la mezcla pasa progresivamente a un estado líquido. El vidrio en estado líquido pasa por las hileras, por centenares de orificios de 1 a 2 mm de diámetro, a la salida de los cuales son estirados mecánicamente hasta conseguir unos filamentos de 5 a 24 micras, dependiendo de las aplicaciones. Posteriormente se revisten estos filamentos con una dispersión acuosa de compuestos, generalmente

orgánicos operación denomina “ensimaje” que garantiza la unión entre filamentos y la protección del hilo. Los filamentos, una vez revestidos, se reúnen para formar el hilo al que finalmente se le da un acabado textil o plástico.

2.3.2 Características de la fibra de vidrio

Según Olivares et al. (2003), las principales características de las fibras de vidrio son las siguientes:

- Buenas resistencias mecánicas.
- Buen aislante eléctrico.
- Baja densidad.
- Incombustibilidad.
- Estabilidad dimensional.
- imputrescibilidad
- Buena flexibilidad
- Bajo costo.
- Buena resistencia a agentes químicos.
- Baja rigidez.
- Menor resistencia a la fatiga que otras fibras.
- Alta dureza.

Según Muñoz (2007), las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio son:

Descripción	Vidrio E	Vidrio D	Vidrio R
Densidad (g/cm ³)	2.6	2.14	2.56
Resistencia a la tensión (Mpa)	3400	2500	4400
Módulo elástico (Mpa)	72	55	86
Resistencia a la ruptura (%)	4.5	4.5	5.2

2.3.3 Tipos de fibra de Vidrio

2.3.3.1 Fibra de vidrio E

Es la más utilizada, ya que representa el 90% del refuerzo utilizado en los composites. También es la que más se utiliza en la industria textil. Tiene muy buenas propiedades eléctricas. Es durable y de bajo coste, Poca absorción de humedad (Olivares et al., 2003).

2.3.3.2 Fibra de vidrio A

Tiene un alto porcentaje de sílice, Sus propiedades mecánicas son inferiores y tiene un módulo más bajo que el vidrio E, Se utiliza como reforzante y tiene una gran resistencia química, Es resistente a medios alcalinos (Olivares et al., 2003).

2.3.3.3 Fibra de vidrio S

Es borosilicato de calcio de bajo contenido en álcalis, De gran durabilidad, posee excelentes propiedades eléctricas (Olivares et al., 2003).

2.3.3.4 Fibra de vidrio C

De altas resistencias químicas. Es un vidrio intermedio entre el A y el E. Se utiliza en las capas superficiales de elementos expuestos a la corrosión o de estructuras anticorrosión (Olivares et al., 2003).

2.3.3.5 Fibra de vidrio R

Tiene unas altas resistencias mecánicas, siendo su resistencia a la tracción y su módulo de elasticidad muy superiores a los de los otros vidrios. Se emplea, sobre todo, en los campos de la aeronáutica, aviación, armamento y, en general, cuando se exigen materiales muy resistentes a la fatiga, la temperatura y la humedad (Olivares et al., 2003).

2.3.3.5 Fibra de vidrio D

Tiene unas altas propiedades dieléctricas por lo que su empleo es recomendado en la construcción de materiales electrónicos, de comunicación y como material permeable a las ondas electromagnéticas. Se utiliza en la fabricación de radares y ventanas electromagnéticas (Olivares et al., 2003).

2.4 Análisis estadístico y prueba de hipótesis

2.4.1 Análisis estadístico.

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluar los resultados de resistencia a la compresión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación standard, en función de la siguiente tabla:

Tabla 2. Coeficiente de variación y desviación estándar

DISPERSIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en Laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (VT), PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en Laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal

Con la certeza de tener confiabilidad de los datos, se realizará la gráfica de la distribución de frecuencia de datos, que deben cumplir la distribución normal o distribución de Gauss y ajustarse a ella.

2.4.1.1 Funciones estadísticas

a) Promedio, u . La resistencia promedio de todas las pruebas individuales

Una prueba se define como la resistencia promedio de todos los cilindros de la misma edad, elaborados de una muestra tomada de una única mezcla de concreto, así como se muestra en la siguiente fórmula:

$$u = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Donde: X_1, X_2, \dots, X_n son los resultados de la resistencia de las pruebas individuales y n es el número total de pruebas efectuadas.

b) Desviación estándar (σ)

La medida de dispersión más reconocida es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las resistencias, en relación con la resistencia promedio, dividido entre el número de resultados menos uno:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

c) Coeficiente de variación (V)

La desviación estándar, expresada como un porcentaje de la resistencia promedio, se llama coeficiente de variación:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

2.4.2 Prueba de hipótesis

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma.

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama “PRUEBA DE HIPÓTESIS”.

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene la muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta. (Morales, 2012)

Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos deberán representar una distribución Normal, lo cual se ha de comprobar en el análisis estadístico. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas conocidas.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “u” es el siguiente:

a) Identificar el parámetro de interés:

Es decir en base a qué parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ μ ” de la Población.

Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia a la compresión promedio de cada grupo de concreto en estudio, se denotará como “ μ ”.

b) Establecer la hipótesis nula (H_0):

La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor exacto del parámetro poblacional, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad ($\mu_1 = \mu_2$).

Sin embargo para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$.

c) Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H_a):

Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si $H_a: \mu_1 > \mu_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si $H_a: \mu_1 < \mu_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea, $H_a: \mu_1 > \mu_2$.

d) Seleccionar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10):

Los niveles de significancia más recomendados son:

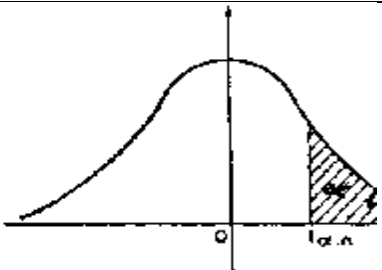
$\alpha = 0.10$ con 90% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determina t_{tabla} , de las tablas estadísticas.

Tabla 3. Determinación del nivel de significancia



$\alpha/2$ \ gf	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145

Fuente: Del anexo 05, tablas estadísticas.

De donde, para un nivel de significancia de 0.050, $t_{tabla} = 1.782$. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

e) Estadístico de prueba – Distribución T de Student

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Requisitos:

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo
- Muestras independientes y menores a 30

Procedimiento de cálculo:

- El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente

S_1^2 y S_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente

- A continuación se mide la significación del estadístico t_p , comparando ese valor con el valor de un estadístico t_{tabla} que se obtiene mirando las tablas correspondientes.
- Para identificar el t_{tabla} que nos corresponde hemos de fijarnos en el número de colas que tiene nuestra hipótesis (una cola o dos colas), en el nivel de significación (α) con el que pretendemos rechazar la hipótesis nula; y en los grados de libertad del test ($n_1 + n_2 - 2$).

- Si $t_p \geq t_{tabla} \Rightarrow$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

- Si $t_p < t_{tabla} \Rightarrow$ se acepta H_0 y se rechaza H_1 . (Universidad de Alcalá,

Departamento de Ecología, 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Cemento

Para la presente investigación se ha utilizado Cemento Portland Tipo IP, marca RUMI con peso específico 2.82 g/cm³. (Ver Anexo 01).

3.1.2 Agregado Fino

El agregado fino utilizado para la presente investigación fue extraído de la cantera Viluyo, con las características de la tabla 4. (Las mismas que se presentan en el Anexo 01).

3.1.3 Agregado Grueso

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Viluyo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 67 (ASTM C 33). Y éstos presentan características de la tabla 4. (Las mismas que se presentan en el Anexo 01):

Tabla 4. Características de los agregados

Descripcion	Unidad	Cemento	Agregados	
			Fino	Grueso
Descripcion		Tipo IP Rumi	-	-
Tamaño Máximo nominal	pulg	-	Nº4	3/4"
Peso Específico	gr/cc	-	2.468	2.469
Peso unitario suelto (seco)	Kg/m ³	-	1597.25	1483.76
Peso unitario compactado (seco)	Kg/m ³	-	1757.46	1616.12
Contenido de humedad	%	-	1.284%	0.735%
Absorción	%	-	3.952%	3.343%
Modulo de fineza		-	3.01	6.71

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Fibra de Vidrio

Según Gowri y Angeline (2013) indica que con 0.025%, 0.05% y 0.075% de fibra de vidrio incorporada al concreto la resistencia a compresión se incrementa desde 5.15% hasta 15.68%, además, con cantidades mínimas se puede llegar a mejorar la resistencia a compresión Castiblanco y Carrero (2015), de la misma manera Zapata y Arango (2013) indican que con incorporación de fibras de vidrio mayores a 1% la resistencia disminuye.

Por lo que los porcentajes adoptados de la fibra de vidrio que se consideraron en la presente investigación son 0.025%, 0.075% y 0.125% con respecto al peso de los materiales, los cuales fueron determinados de acuerdo a las conclusiones y recomendaciones de los antecedentes de investigación.

3.1.5 Agua

Se usó agua potable de la Ciudad Universitaria (UNA-Puno).

3.2 Diseño de Mezclas del Concreto

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Comité 211 del ACI, este método desarrolla un procedimiento de diseño de mezclas basadas en algunas

tablas, las mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

La resistencia a la compresión de diseño se plantea 210 kg/cm² (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales.

3.2.2 Diseño de Mezcla $f'c$ 210 kg/cm² – Método: Comité 211 del ACI

A continuación se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto patrón (Concreto Patrón - CP).

a) Cálculo de la resistencia promedio

En el caso de contar con un registro de ensayos de resistencia en compresión, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 s$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 s - 35$$

Donde:

$f'c$: Resistencia en compresión especificada del concreto.

f'_{cr} : Resistencia en compresión promedio requerida.

s : Desviación estándar

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 5. Resistencia Promedio

f_c	f_{cr}
menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
sobre 350	$f_c + 98$

Fuente: Enrique Riva Lopez,
"Diseño de mezclas". Pág. 46.

Por lo tanto para una resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 , se considera el factor de 84 kg/cm^2 , obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm^2 .

b) Tamaño máximo nominal del agregado

La Norma E.060 (2017) de concreto armado recomienda que el tamaño máximo nominal del agregado grueso, en ningún caso excederá los siguientes valores:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- 1/3 del peralte de las losas.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras de refuerzo.

Por otro lado Montejo (2013), indica que la elección del TMN puede no estar limitada por la dimensión mínima del elemento a construir, sino de otros factores como el equipo disponible para mezclar o el método de colocación del concreto requerido, y cuando se trate de concreto bombeado recomienda el uso de agregados cuyo TMN varía entre 19 mm ($3/4''$) y 37.5 mm ($1 \text{ } 1/2''$).

Por lo que, el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso considerado para la presente investigación es de $3/4''$, siendo el tamaño máximo $1''$.

c) Selección del asentamiento

Se ha considerado realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de $3''$ a $4''$.

d) Volumen unitario de agua

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la siguiente tabla establecida por el ACI 211:

Tabla 6. Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, en lt/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incluido							
1" a 2"	250	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	205	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	-

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 58.

Por lo tanto para una mezcla de consistencia plástica (revenimiento de 3" a 4"), y de tamaño máximo nominal de 3/4", se tiene un volumen unitario de 205 l/m³.

e) Selección del contenido de aire

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

Tabla 7. 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 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 62.

Por lo tanto para un tamaño máximo nominal de 3/4", se tiene 2.0% de aire atrapado en la mezcla.

f) Selección de la relación agua/cemento

En este paso se ha considerado, la elección de la relación agua/cemento según a las condiciones de exposición del concreto a procesos de congelación y deshielo, garantizando así su durabilidad.

Tabla 8. Relación agua cemento a/c

Condiciones de exposición	Rel. a/c máxima en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concreto con agregado liviano
Concretos de baja permeabilidad		
- Expuesto a agua dulce	0.50	
- Expuesto a agua de mar	0.45	260
- Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda		
- Sardineles, cunetas y secciones delgadas	0.45	300
- Otros elementos	0.50	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina, o rocío de ésta agua.	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45	300

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 101.

Considerando que el concreto diseñado en la ciudad de Puno estará expuesto a condiciones severas, se establece 0.50 como relación a/c.

g) Factor cemento

Determinamos el factor cemento por la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{205 \text{ l/m}^3}{0.50} = 410 \text{ kg/m}^3$$

h) Selección del contenido de agregado grueso

La selección del contenido del agregado grueso, se determina mediante la siguiente tabla que está en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino. Obteniéndose de esta tabla el

coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica del concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en Kg/m³

Tabla 9. *Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/b ₀)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 121.

Con un módulo de finura de 3.01 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" se encuentra un valor de $b/b_0 = 0.6$ metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto. Por lo tanto, se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Peso del Agregado Grueso seco y compactado} &= 0.6 \times 1616.120 \\ &= 969.67 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

i) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso

Volumen absoluto de:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P.e. del cemento}} = \frac{410 \text{ kg}}{2820 \text{ kg/m}^3} = 0.145 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol. unit. agua}}{\text{P. e. del agua}} = \frac{205 \text{ l}}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 2.0 \% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{Peso Ag. Sec y Compactado}}{\text{p. e. del Ag}} = \frac{969.67 \text{ kg}}{2469 \text{ kg/m}^3} = 0.393 \text{ m}^3$$

Tabla 10. Volúmenes absolutos de

Volumenes absolutos	
Cemento	0.145 m ³
Agua	0.205 m ³
Aire	0.02 m ³
Agregado Grueso	0.393 m ³
Suma de Vol. Conocidos	0.763 m ³

Fuente: Elaboración propia

j) Cálculo del contenido de agregado fino

El Volumen absoluto del agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

$$\text{Vol. absoluto de agregado fino} = \text{Vol. total (1)} - \text{Vol. absoluto conocidos}$$

$$\text{Vol. absoluto de agregado fino} = 1 - 0.763 = 0.237 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 0.237 \text{ m}^3 \times 2468 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 584.92$$

k) Valores de Diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Tabla 11. Valores de Diseño

Materiales	En peso (Kg/m ³)
Cemento	410.00
Agregado fino seco	584.92
Agregado grueso seco	969.67
Agua	205.00
Total	2169.59

Fuente: Elaboración propia.

l) Corrección por humedad del agregado

Una vez obtenido los valores de diseño en proporciones secas, estas deben ser corregidas en función de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Tabla 12. Diseño de mezcla final

Materiales	Pesos secos (Kg/m ³)	% w	% a	Pesos corregidos (Kg/m ³)
Cemento	410.00			410.00
Agregado fino humedo	584.92	1.284%	3.952%	592.43
Agregado grueso numedo	969.67	0.735%	3.343%	976.80
Agua efectiva	205.00			245.90

Fuente: Elaboración propia.

Se ha considerado la dosificación en peso con fines de eliminar posibles errores en medición. Además las correcciones por humedad fueron consideradas para cada fecha de elaboración de concreto.

3.3 Proporciones de la Mezcla

Culminado el diseño paso a paso y obtenidas las dosificaciones, calculamos en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la

elaboración de los especímenes cilíndricos de 6" x 12", para ser sometidos a los ensayos de compresión.

La incorporación de fibras de vidrio se realizó en 0.025%, 0.075% y 0.125% respecto al peso de los materiales. Los cuales representan, conforme a las siguientes tablas:

Tabla 13. Diseño de Mezcla para Concreto Patrón (CP). Resistencia 210 Kg/cm².

Materiales	En peso (Kg/m ³)	% en peso
Cemento	410.00	18.426 %
Agregado fino humedo	592.43	26.625 %
Agregado grueso numedo	976.80	43.899 %
Agua efectiva	245.90	11.051 %
Total	2225.12	100%
Fibra de Vidrio	0.00	0.000 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 1 (CE 1). Resistencia 210 Kg/cm².

Materiales	En peso (Kg/m ³)	% en peso
Cemento	410.00	18.426 %
Agregado fino	592.43	26.625 %
Agregado grueso	976.80	43.899 %
Agua	245.90	11.051 %
Total	2225.12	100%
Fibra de Vidrio	0.56	0.025 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 2 (CE 2). Resistencia 210 Kg/cm².

Materiales	En peso (Kg/m ³)	% en peso
Cemento	410.00	18.426 %
Agregado fino	592.43	26.625 %
Agregado grueso	976.80	43.899 %
Agua	245.90	11.051 %
Total	2225.12	100%
Fibra de Vidrio	1.67	0.075 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Diseño de Mezcla para Concreto Experimental 3 (CE 3). Resistencia 210 Kg/cm².

Materiales	En peso (Kg/m ³)	% en peso
Cemento	410.00	18.426 %
Agregado fino	592.43	26.625 %
Agregado grueso	976.80	43.899 %
Agua	245.90	11.051 %
Total	2225.12	100%
Fibra de Vidrio	2.78	0.125 %

Fuente: Elaboración propia

3.4 Elaboración del concreto

Una vez obtenido el diseño de mezcla, se procedió a la elaboración de concreto para el vaciado del mismo en todos los moldes necesarios para realizar los ensayos contemplados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación, siendo el procedimiento consistente con la norma ASTM C31 (Anexo 02), y se describe a continuación:

- Se procedió a pesar cada uno de los materiales para la elaboración de concreto, siendo la fibra de vidrio pesada en balanza de precisión.
- Fueron preparados todos los moldes considerados para el vaciado.
- Se consideró para el primer ciclo de mezclado la totalidad de agua y cemento, para después incorporar agregados y las fibras de vidrio; teniéndose un total de ciclo de mezclado entre 1 y 2 minutos, sin embargo se pudo observar que

el concreto elaborado con fibras de vidrio incorporadas necesitó un tiempo adicional de mezclado para que éstas se distribuyan uniformemente en la mezcla.

- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes necesarios.



Figura 3. 1 Dosificación de materiales por peso

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas de acuerdo a la normatividad del *Anexo 02*, con un diámetro de 6" y una altura de 12". Además fue considerado el apisonado respectivo con una varilla lisa de 5/8" en tres etapas y 25 golpes distribuidos por cada etapa, con la finalidad de reducir vacíos en las probetas.



Figura 3. 2 Elaboración de probetas cilíndricas

3.5 Ensayos realizados

3.5.1 Ensayos en estado fresco del concreto

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar el vaciado del concreto en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla de concreto, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

3.5.1.1 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams (ASTM-C143).

El presente ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143. Y para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto, 1995)

▪ Equipo utilizado

- Varilla Lisa de 5/8”.
- Cono de Abrams.

▪ Descripción del proceso

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

- Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



Figura 3. 3 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams

3.5.2 Ensayos en estado endurecido del concreto

3.5.2.1 Ensayo de resistencia a compresión

Este ensayo fue realizado en conformidad con la norma ASTM C39, y consiste en la aplicación de carga axial en la parte superior de la probeta, de forma constante hasta alcanzar la rotura del espécimen de prueba, siendo la resistencia a la compresión el cociente resultante de la máxima carga aplicada entre el área promedio de la probeta antes de que ocurra la rotura de la misma.

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 1994)

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Dónde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto. (kg/cm²).

P : Carga de rotura (kg).

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A : Área promedio de la probeta (cm²).

- Equipo utilizado
 - Máquina de prueba.
 - Bloques de acero con caras duras. (Anillos con neopreno).



Figura 3. 4 Ensayo de compresión del concreto

▪ **Tipo de fractura**

Según la norma ASTM C39, los tipos de fractura que pueden presentarse son:

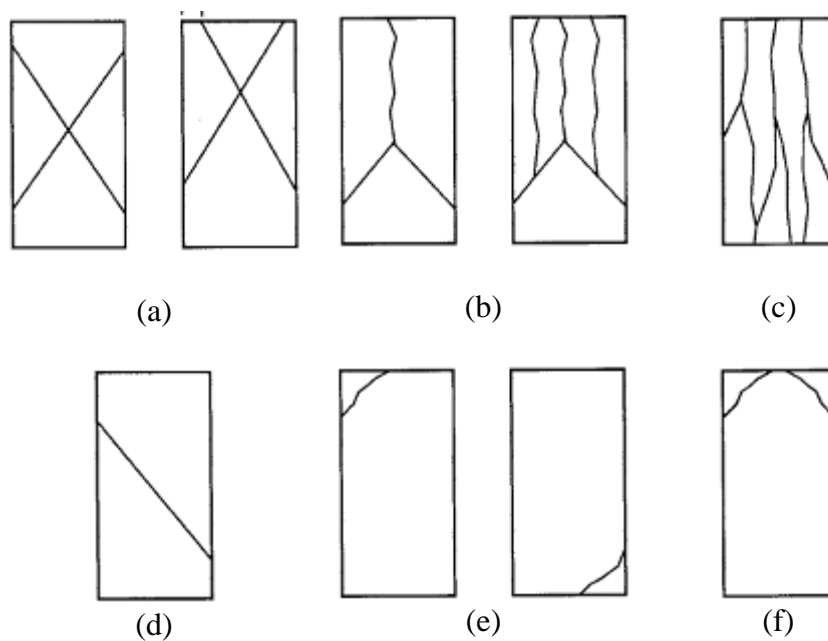


Figura 3. 5 Tipo de falla de cilindros de prueba estándar

- a. Conos bien formados en ambos extremos.
- b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales.
- c. Grietas columnares y conos mal formados.
- d. Fractura diagonal, sin grietas.
- e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior.
- f. Fracturas laterales en la parte superior.

Fuente:ASTM C39

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ensayos en estado endurecido del concreto

4.1.1 Comparación de la resistencia a compresión

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla. El resultado muestra que a medida que el porcentaje de fibra de vidrio aumenta en la mezcla hay un aumento correspondiente en la resistencia.

Tabla 17. Resistencia a la compresión 210 Kg/cm², concreto patrón (CP) y Concreto experimental (CE1).

Descripción	Edad (días)	% Fibra de vidrio	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resistencia		% Resistencia	%Promed. Resistencia	Promedio (u)
					Rotura (Kg/cm ²)	Diseño (Kg/cm ²)			
CP - 33	28	0%	183.25	39760	216.97	210	103.32%		
CP - 34	28	0%	182.77	39392	215.52	210	102.63%		
CP - 35	28	0%	183.13	40024	218.55	210	104.07%		
CP - 36	28	0%	182.30	39128	214.64	210	102.21%	102.33%	214.89
CP - 37	28	0%	182.18	39136	214.83	210	102.30%		
CP - 38	28	0%	183.61	38960	212.18	210	101.04%		
CP - 39	28	0%	182.65	38632	211.50	210	100.72%		
CE 1 - 40	28	0.025%	182.30	42392	232.55	210	110.74%		
CE 1 - 41	28	0.025%	182.53	42152	230.93	210	109.96%		
CE 1 - 42	28	0.025%	183.61	41568	226.39	210	107.80%		
CE 1 - 43	28	0.025%	181.46	41784	230.27	210	109.65%	109.13%	229.17
CE 1 - 44	28	0.025%	182.89	41520	227.02	210	108.10%		
CE 1 - 45	28	0.025%	183.25	41536	226.66	210	107.93%		
CE 1 - 46	28	0.025%	183.01	42168	230.41	210	109.72%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resistencia a la compresión 210 Kg/cm², Concreto Experimental (CE 2) y Concreto Experimental (CE 3).

Descripción	Edad (días)	% Fibra de vidrio	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resistencia		% Resistencia	% Promed. Resistencia	Resistencia promedio (u)
					Rotura (Kg/cm ²)	Diseño (Kg/cm ²)			
CE 2 - 47	28	0.075%	183.01	40840	223.15	210	106.26%		
CE 2 - 48	28	0.075%	181.94	40200	220.96	210	105.22%		
CE 2 - 49	28	0.075%	183.13	39600	216.24	210	102.97%		
CE 2 - 50	28	0.075%	183.01	39992	218.52	210	104.06%	104.64%	219.75
CE 2 - 51	28	0.075%	183.25	39904	217.75	210	103.69%		
CE 2 - 52	28	0.075%	182.53	39984	219.05	210	104.31%		
CE 2 - 53	28	0.075%	182.89	40704	222.56	210	105.98%		
CE 3 - 54	28	0.125%	181.94	40040	220.08	210	104.80%		
CE 3 - 55	28	0.125%	183.61	39920	217.41	210	103.53%		
CE 3 - 56	28	0.125%	182.53	40160	220.01	210	104.77%		
CE 3 - 57	28	0.125%	183.37	39200	213.77	210	101.80%	103.62%	217.60
CE 3 - 58	28	0.125%	183.01	40032	218.74	210	104.16%		
CE 3 - 59	28	0.125%	183.01	39168	214.02	210	101.91%		
CE 3 - 60	28	0.125%	182.53	40008	219.18	210	104.37%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Evolución de la resistencia a la compresión 210 Kg/cm².

Descripción	% Fibra de Vidrio	Resistencia promedio (u)	edad (días)
CP	0%	140.03	7
CP	0%	184.00	14
CP	0%	214.89	28
CE 1	0.025%	149.38	7
CE 1	0.025%	196.41	14
CE 1	0.025%	229.17	28
CE 2	0.075%	143.16	7
CE 2	0.075%	188.38	14
CE 2	0.075%	219.75	28
CE 3	0.125%	141.84	7
CE 3	0.125%	186.27	14
CE 3	0.125%	217.60	28

Fuente: Elaboración propia

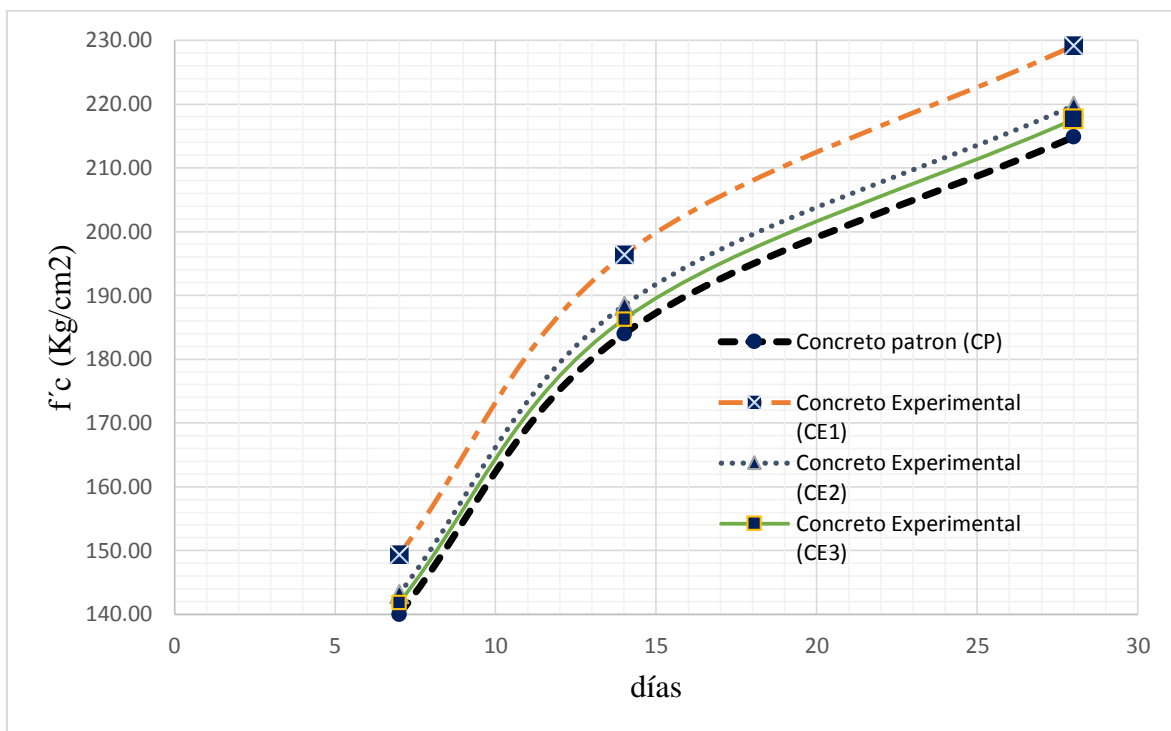


Figura 4. 1 Evolución de la resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días, para los grupos de prueba

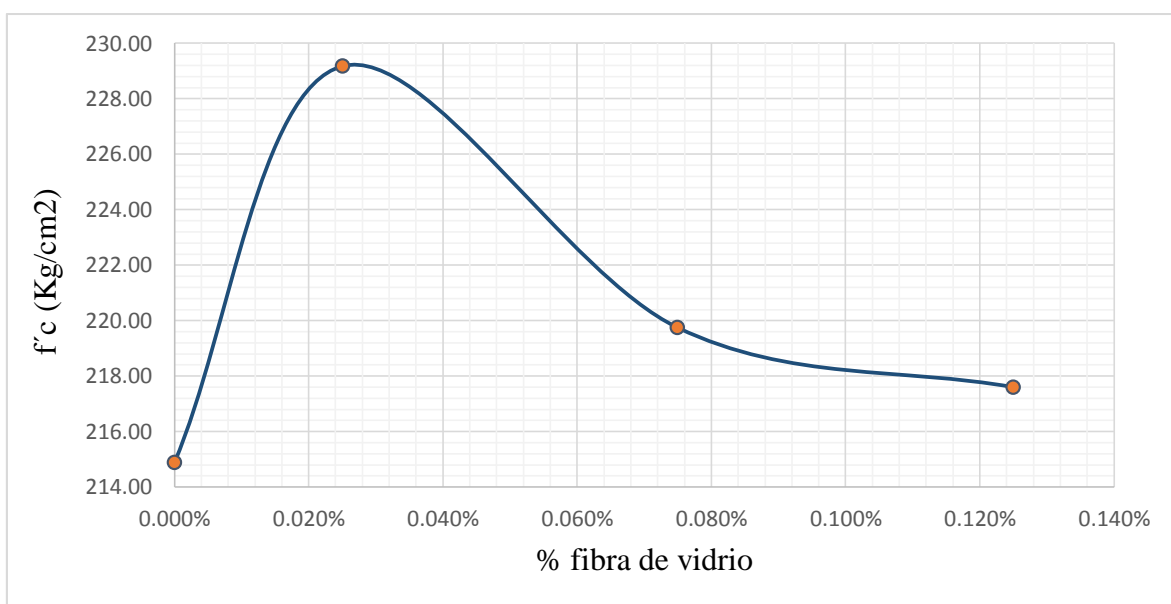


Figura 4. 2 Efecto del % de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.

Analizando los datos de la Fig. 4.1, se puede notar que la resistencia a la compresión a los 28 días de edad que se obtiene para el concreto patrón (CP), es de 214.89 kg/cm^2 , alcanzado así la resistencia de diseño (210 kg/cm^2). En cuanto a los resultados de las probetas en las que fueron añadidas fibras de vidrio en diferentes porcentajes 0.025%, 0.075% y 0.125% con respecto al peso de los materiales, se puede observar que la resistencia a la compresión a los 28 días es superior al concreto patrón (CP), en todos los grupos de control.

4.1.1.1 Interpretación de datos: Concreto Patrón (CP) - Concreto con fibra de vidrio incorporada al 0.025% con respecto al peso los materiales (CE 1)

De acuerdo a la siguiente figura se observa que:

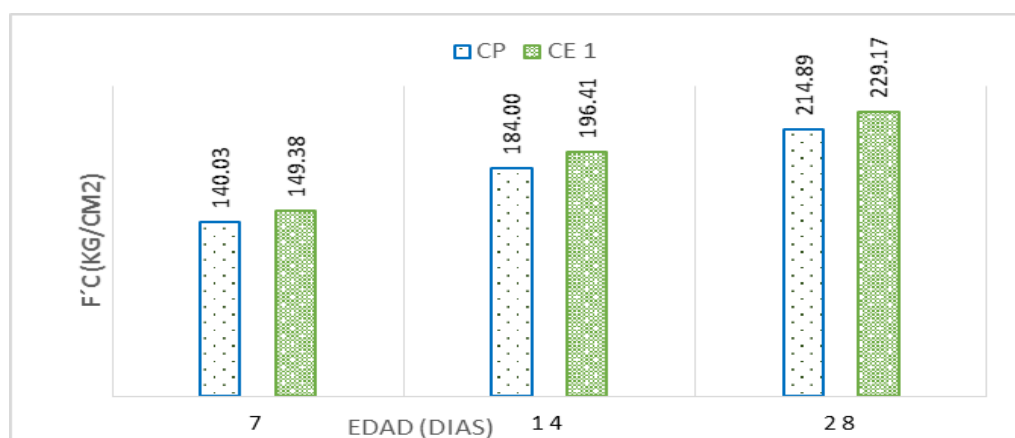


Figura 4. 3 Efecto del 0.025% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.025% es de 149.38 kg/cm^2 , y representa el 106.68% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 140.03 kg/cm^2 . Incrementándose la resistencia a la compresión en 6.68%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.025% es de 196.41 kg/cm^2 , y representa el 106.74% respecto a

la resistencia alcanzada por el concreto patrón 184.00 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 6.74%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.025% es de 229.17 kg/cm², y representa el 106.65% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 214.89 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 6.65%.

4.1.1.2 Interpretación de datos: Concreto Patrón (CP) - Concreto con fibra de vidrio incorporada al 0.075% con respecto al peso los materiales (CE 2)

De acuerdo a la siguiente figura se observa que:

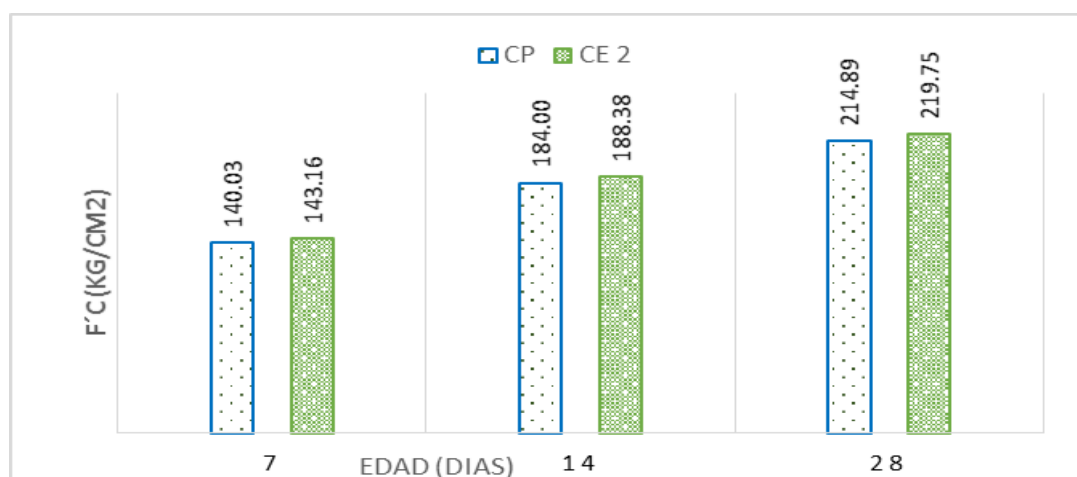


Figura 4. 4 Efecto del 0.075% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.075% es de 143.16 kg/cm², y representa el 102.24% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 140.03 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 2.24%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.075% es de 188.38 kg/cm², y representa el 102.38% respecto a

la resistencia alcanzada por el concreto patrón 184.00 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 2.38%.

El f'_c promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.075% es de 219.75 kg/cm², y representa el 102.26% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 214.89 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 2.26%.

4.1.1.3 Interpretación de datos: Concreto Patrón (CP) - Concreto con fibra de vidrio incorporada al 0.125% con respecto al peso los materiales (CE 3)

De acuerdo a la siguiente figura se observa que:

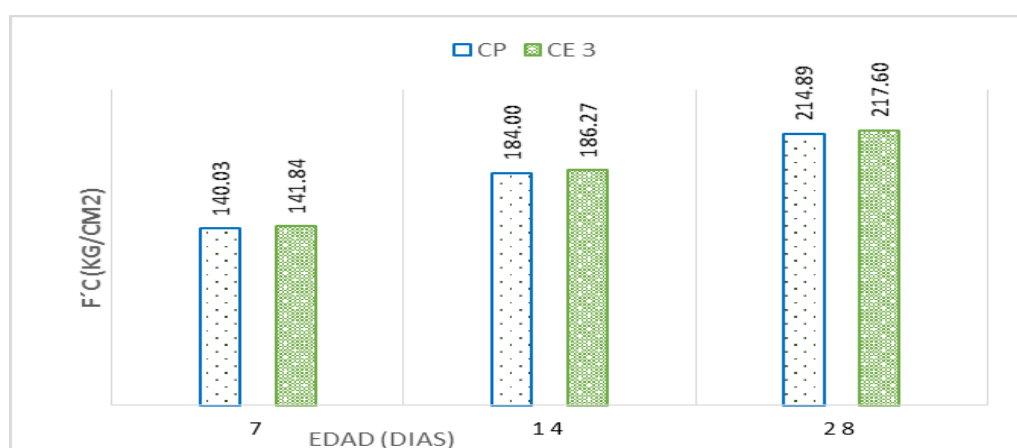


Figura 4. 5 Efecto del 0.125% de fibra de Vidrio en la Resistencia a la Compresión.

El f'_c promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.125% es de 141.84 kg/cm², y representa el 101.29% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 140.03 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 1.29%.

El f'_c promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.125% es de 186.27 kg/cm², y representa el 101.23% respecto a

la resistencia alcanzada por el concreto patrón 184.00 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 1.23%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con fibras de vidrio incorporadas en 0.125% es de 217.60 kg/cm², y representa el 101.26% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 214.89 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 1.26%.

4.1.2 Comparación del Slump del concreto

La consistencia de la mezcla es afectada por la adición de fibras de vidrio, así como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 20. Medición del Slump en Laboratorio.

Descripción	% Fibra de vidrio	Asentamiento Medido (pulg)			Trabajabilidad
		1er ensayo	2do ensayo	Slump (pulg)	
Concreto Patrón (CP)	0%	3.7	3.6	3.65	trabajable
Concreto Experimental (CP 1)	0.025%	2.95	3.05	3.00	trabajable
Concreto Experimental (CP 2)	0.075%	2.45	2.35	2.40	poco trabajable
Concreto Experimental (CP 3)	0.125%	2.1	1.8	1.95	poco trabajable

Fuente: Elaboración propia

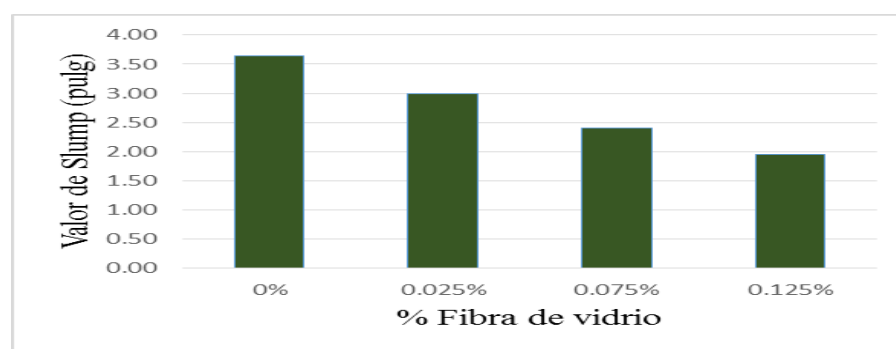


Figura 4. 6 Efecto del % de fibras de vidrio en el asentamiento de las mezclas de concreto.

4.2 Análisis de Costos

El cálculo de volumen se realizó al elemento estructural columna, con las siguientes consideraciones:

- a) Según Morales (2006), las columnas se predimensionan con:

$$bD = \frac{P}{n f'c}$$

Donde:

D= dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna.

b= la otra dimensión de la sección de la columna.

P= carga total que soporta la columna.

n= valor que depende del tipo de columna.

f'c= resistencia del concreto a la compresión simple.

- b) Una columna tipo C2 (columna extrema) con área tributaria 20m², altura 2.5m, cargas total que soporta la columna 1000 Kg/m², de 10 niveles.
- c) Predimensionamiento de la columna con concreto normal y concreto adicionado con fibras de vidrio

$$P = \frac{1000kg}{m^2} * 20m^2 = 20000kg$$

$$n = 0.25$$

- Predimensionamiento de la columna, concreto normal

$$f'c=214.89kg/cm^2$$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 214.89} = 4653.544cm^2$$

- Predimensionamiento de la columna, concreto con adición de 0.025% fibra de vidrio f'c=229.17kg/cm²

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 229.17} = 4363.573cm^2$$

d) Volumen de Concreto

- Volumen de concreto normal

$$V1 = 4653.544cm^2 * 2.5m = 1.163m^3$$

- Volumen de concreto adicionado 0.025% fibra de vidrio

$$V2 = 4363.573cm^2 * 2.5m = 1.091m^3$$

4.2.1. Cálculo del costo del Concreto

Con el fin de obtener costos unitarios de los materiales, se realizaron cotizaciones:

- Según Isidro (2017), los costos unitarios por metro cúbico del agregado fino y grueso en la región de Puno es S/. 34.10 y S/. 27.44 respectivamente.
- La cotización de la fibra de vidrio se presenta en el Anexo 06.

En las tablas 21 y 22 se muestra los costos unitarios del concreto normal y el concreto con adición de 0.025% fibra de vidrio.

Tabla 21. Costo unitario de materiales para el concreto normal

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U	Parcial
Cemento	bol.	9.647	22	212.23
Agregado fino humedo	m3	0.371	34.1	12.65
Agregado grueso humedo	m3	0.658	27.44	18.06
Agua efectiva	m3	0.246	4.5	1.11
Fibra de Vidrio	Kg	0.000	15.09	0.00
Costo unitario para 1m3				S/. 244.05
Volumen de Concreto m3				1.163
Costo Total				S/. 283.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de 0.025 % de fibra de vidrio.

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U	Parcial
Cemento	bol.	9.647	22	212.23
Agregado fino humedo	m3	0.371	34.1	12.65
Agregado grueso humedo	m3	0.658	27.44	18.06
Agua efectiva	m3	0.246	4.5	1.11
Fibra de Vidrio	Kg	0.56	15.09	8.45
Costo unitario para 1m3				S/. 252.50
Volumen de Concreto m3				1.091
Costo Total				S/. 275.48

Fuente: Elaboración propia

4.3 Discusión de resultados

4.3.1 Efecto del % de fibra de vidrio en la resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión del concreto incrementó 6.65%, 2.26% y 1.26% incorporando 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio respectivamente, en la figura 4.2 se puede observar claramente que a medida que se incrementa % de fibra de vidrio la resistencia a la compresión es menor.

4.3.2 Costos de producción del concreto normal y concreto adicionado 0.025% de fibra de vidrio.

En la tabla 20 y tabla 21, se observa que el resultado de costo unitario de los materiales del concreto para 1m³ sin fibra de vidrio es S/.283.83 y con 0.025% fibra de vidrio es S/. 275.48, lo que representa un 97.06% con respecto al concreto normal, por lo tanto el costo del concreto disminuye en 2.94%.

4.3.3 Efecto del % de fibra de vidrio en el slump.

El resultado demuestra que la consistencia del concreto es afectada por la adición de fibras de vidrio. Se observó que el valor de asentamiento para el concreto Patrón fue de 3.65” disminuyendo en 3”, 2.4” y 1.95” con 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio respectivamente.

4.4 Análisis estadístico

4.4.1 Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión – Concreto Patrón (CP).

Tabla 23. Análisis Estadístico CP– Resistencia a la Compresión - 28 días

Muestra			X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	-	33	216.97	2.08	4.33
CP	-	34	215.52	0.64	0.41
CP	-	35	218.55	3.67	13.44
CP	-	36	214.64	-0.24	0.06
CP	-	37	214.83	-0.06	0.00
CP	-	38	212.18	-2.70	7.29
CP	-	39	211.50	-3.38	11.44

n	=	7
ΣX	=	1,504.20
u	=	214.89
$\Sigma(X_n - u)^2$	=	36.97
σ	=	2.48
v	=	1.16%

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar), para este grupo la desviación estándar se califica como:

σ	=	2.48 (<i>Excelente</i>), ya que:
σ	<	14.00

y el coeficiente de variación se considera

v	=	1.16% (<i>Excelente</i>), ya que:
v	<	2%

4.4.2 Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión – Concreto Experimental
(CE1 – con 0.025 % de fibra de vidrio).

Tabla 24. Análisis Estadístico CE 1– Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra			X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CE 1	-	40	232.55	3.37	11.38
CE 1	-	41	230.93	1.75	3.07
CE 1	-	42	226.39	-2.78	7.76
CE 1	-	43	230.27	1.09	1.20
CE 1	-	44	227.02	-2.16	4.65
CE 1	-	45	226.66	-2.51	6.32
CE 1	-	46	230.41	1.24	1.53

n	=	7
ΣX	=	1,604.21
u	=	229.17
$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	=	35.90
σ	=	2.45
V	=	1.07%

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar), para este grupo la desviación estándar se califica como:

σ	=	2.45 (<i>Excelente</i>), ya que:
σ	<	14.00

y el coeficiente de variación se considera

V	=	1.07% (<i>Excelente</i>), ya que:
V	<	2%

4.4.3 Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión – Concreto Experimental
(CE2 – con 0.075 % de fibra de vidrio).

Tabla 25. Análisis Estadístico CE 2– Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra			X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CE 2	-	47	223.15	3.41	11.61
CE 2	-	48	220.96	1.21	1.47
CE 2	-	49	216.24	-3.51	12.32
CE 2	-	50	218.52	-1.23	1.50
CE 2	-	51	217.75	-1.99	3.97
CE 2	-	52	219.05	-0.70	0.49
CE 2	-	53	222.56	2.81	7.89

n	=	7
ΣX	=	1,538.22
u	=	219.75
$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	=	39.25
σ	=	2.56
v	=	1.16%

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estandar), para este grupo la desviación estándar se califica como:

σ	=	2.56 (<i>Excelente</i>), ya que:
σ	<	14.00

y el coeficiente de variacion se considera

v	=	1.16% (<i>Excelente</i>), ya que:
v	<	2%

4.4.4 Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión – Concreto Experimental (CE3 – con 0.125% de fibra de vidrio).

Tabla 26. Análisis Estadístico CE 3– Resistencia a la Compresión - 28 días

Muestra			X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CE 3	-	54	220.08	2.48	6.13
CE 3	-	55	217.41	-0.19	0.04
CE 3	-	56	220.01	2.41	5.82
CE 3	-	57	213.77	-3.83	14.67
CE 3	-	58	218.74	1.14	1.29
CE 3	-	59	214.02	-3.58	12.85
CE 3	-	60	219.18	1.58	2.49

n	=	7
ΣX	=	1,523.21
u	=	217.60
$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	=	43.29
σ	=	2.69
v	=	1.23%

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estandar), para este grupo la desviación estándar se califica como:

σ	=	2.69 (<i>Excelente</i>), ya que:
σ	<	14.00

y el coeficiente de variación se considera

v	=	1.23% (<i>Excelente</i>), ya que:
v	<	2%

4.5 Prueba de hipótesis

4.5.1. Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental (CE 1 con 0.025% de fibra de vidrio)

a. Parametro de interés

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	Concreto Patron (CP)	Concreto Experimental (CE 1)
% de Fibra de Vidrio	0.000%	0.025%
Numero de muestras (n)	7	7
Media (u)	214.89	229.17
Desviación estándar (σ)	2.48	2.45

b. Hipotesis

Hipotesis Nula Ho: $u_2 \leq u_1$
 Hipotesis Alternativa H1: $u_2 > u_1$

c. Nivel de significancia

Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (Ver Anexo) se obtiene $t=1.782$ (positivo). Por lo que se plantea:
 Rechazar Ho: $u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$ (no se rechaza H1: $u_2 > u_1$, "se acepta")

d. Estadistico de Prueba t-student con n_1+n_2-2 grados de libertad, es:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{u_2 - u_1}{s_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$s_p = 2.46 \qquad t_p = 10.85$$

e. Conclusión

Puesto que $t < t_p$ $1.782 < 10.85$ *"Se rechaza Ho"*
 fibra de vidrio en **0.025%** *se concluye que adicionando incrementa la resistencia a la compresión*

4.5.2. Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental (CE 2 con 0.075% de fibra de vidrio)

a. Parametro de interés

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	Concreto Patron (CP)	Concreto Experimental (CE 2)
% de Fibra de Vidrio	0.000%	0.075%
Numero de muestras (n)	7	7
Media (u)	214.89	219.75
Desviación estándar (σ)	2.48	2.56

b. Hipotesis

Hipotesis Nula Ho: $u_2 \leq u_1$
 Hipotesis Alternativa H1: $u_2 > u_1$

c. Nivel de significancia

Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (Ver Anexo) se obtiene $t=1.782$ (positivo). Por lo que se plantea:
 Rechazar Ho: $u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$ (no se rechaza H1: $u_2 > u_1$, "se acepta")

d. Estadístico de Prueba t-student con n_1+n_2-2 grados de libertad, es:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{u_2 - u_1}{s_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$s_p = 2.52 \qquad t_p = 3.61$

e. Conclusión

"Se rechaza Ho"

Puesto que $t < t_p$ 1.782 < 3.61 *se concluye que adicionando fibra de vidrio en 0.075% incrementa la resistencia a la compresión*

4.5.3. Prueba de hipótesis a los 28 días del Concreto Patrón (CP) con respecto al concreto experimental (CE 3 con 0.125% de fibra de vidrio).

a. Parametro de interés

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	Concreto Patron (CP)	Concreto Experimental (CE 3)
% de Fibra de Vidrio	0.000%	0.125%
Numero de muestras (n)	7	7
Media (u)	214.89	217.60
Desviación estándar (σ)	2.48	2.69

b. Hipotesis

Hipotesis Nula Ho: $u_2 \leq u_1$
 Hipotesis Alternativa H1: $u_2 > u_1$

c. Nivel de significancia

Como ya se describió en el ítem anterior $\alpha = 0.05$ para todos los casos, además de la tabla estadística (Ver Anexo) se obtiene $t=1.782$ (positivo). Por lo que se plantea:
 Rechazar Ho: $u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$ (no se rechaza H1: $u_2 > u_1$, "se acepta")

d. Estadístico de Prueba t-student con n_1+n_2-2 grados de libertad, es:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad t_p = \frac{u_2 - u_1}{s_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$s_p = 2.59 \qquad t_p = 1.96$$

e. Conclusión

Puesto que $t < t_p$ $1.782 < 1.96$ *"Se rechaza Ho"*
 fibra de vidrio en **0.125%** *se concluye que adicionando incrementa la resistencia a la compresión*

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusión General

- Incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y 0.125%, la resistencia a la compresión es superior al concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye.

5.2 Conclusiones Específicas

- La incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal $f'c$ 210 kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende mejora la resistencia a la compresión, aceptándose la hipótesis general planteada.
- La incorporación de 0.025% fibra de vidrio en el concreto normal $f'c$ 210 kg/cm² disminuye el costo de producción en 2.94%.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

6.1 Recomendaciones

- Se recomienda incorporar fibra de vidrio al concreto hasta 0.025 % con respecto al peso de los materiales ya que la resistencia a la compresión disminuye mientras mayor sea la cantidad de fibra de vidrio.
- Para un adecuado proceso de mezclado del concreto con fibras de vidrio incorporado, se recomienda la siguiente secuencia: vaciar en la mezcladora agua efectiva, cemento, agregado grueso y fino, finalmente las fibras de vidrio, para así obtener una mejor distribución de la fibra en la mezcla.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS Y TESIS

- Abdullah M. y Jallo E. (2011). “Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete”. Department of Civil Engineering. University of Mosul.
- Abanto Castillo, F. (1995). Tecnología del concreto, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.
- Castiblanco C. D. y Carrero L. A. (2015). “Estudio Teórico y Experimental del Comportamiento del Hormigón con Materiales no Convencionales: Fibras de vidrio y Fibras de carbono, Sometido a Esfuerzos de Compresión”. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Gowri R. Angeline M. (2013). “Effect of glass wool fibres on mechanical properties of concrete”. Department of Civil Engineering. India.
- Isidro Perca, G. (2017). Influencia de las Fibras de Polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210kg/cm². Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

- Millán M. (2013). Comportamiento Del Hormigón Reforzado Con Fibras De Polipropileno Y Su Influencia En Sus Propiedades Mecánicas En El Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua. Tesis de Grado. Ecuador: Universidad Técnica De Ambato.
- Montejo Fonseca A., Montejo Piratova F. y Montejo Piratova A. (2013). Tecnología y patología del concreto armado, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Morales Morales, R. (2006). Diseño en Concreto Armado. Lima, Perú. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Muñoz C. J. 2007. Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio. Tesis de grado. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- Pasquel Carbajal E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima, Perú.
- Olivares S., Galán C. y Roa J. (2003). “Los composites: características y aplicaciones en la edificación”. Informes de la Construcción, vol. 54, nº 484.
- Rivva López, E. (2014). *Diseño de Mezclas* (Segunda Edición). Lima.
- Salinas Seminario, M. (2015). Elaboración de Expedientes Técnicos. Lima, Perú. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología. (2005). Método de análisis de datos. Obtenido de Universidad de Córdoba:
- Zapata Sierra J. A y Arango Córdoba S. (2013). “Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto”. Universidad EAFIT, Colombia.

NORMAS Y REPORTE

- *ASTM C 31/ C 31M. (2003). -Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto. USA: ASTM Internacional.*
- *ASTM C39/C39M. (2014). Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto. USA: ASTM Internacional.*
- NTP_400.012. (2002). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global. Norma Técnica Peruana.
- NTP_400.021. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso. Norma Técnica Peruana.
- RNE (2017). Reglamento Nacional de Edificaciones. E.060 Concreto Armado. Perú.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO 01. Diseño de Mezclas –Método del 211 del ACI

ANEXO 02. Practica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto (ASTM C 31).

ANEXO 03. Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De CONCRETO (ASTM C39).

ANEXO 04. Datos Obtenidos Del Ensayo De Resistencia A La Compresión Simple.

ANEXO 05. Datos Estadísticos.

ANEXO 06. Precio de la Fibra de Vidrio.

ANEXO 01
Diseño De Mezclas – Método Comité 211 del
ACI



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICA:

Que el Sr. **BLEGER FREDDY GARCIA CHAMBILLA**, CON DNI 47221238
bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil, ha realizado ensayos de laboratorio
para investigación de su tesis *“Efecto De La Fibra De Vidrio en las
Propiedades Mecánicas del Concreto $F'c=210$ Kg/Cm² en la Ciudad de
Puno”*, del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- **Diseño de mezclas**
 - 01 ensayo de contenido de humedad para agregado grueso y fino
 - 01 ensayo de peso unitario de los agregados grueso y fino.
 - 01 ensayo de granulometría para agregado grueso y fino.
 - 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.
 - 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.
- **Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto**
 - 15 briquetas: incorporado 0% fibra de vidrio.
 - 15 briquetas: incorporado 0.025% fibra de vidrio.
 - 15 briquetas: incorporado 0.075% fibra de vidrio.
 - 15 briquetas: incorporado 0.125% fibra de vidrio.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que
vea por conveniente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA

MSc. Ing. Gino E. Lora de Córdova
JEFE DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIDAD



CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Míncimo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.80	4.00 Míncimo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.33	5.00 Míncimo
<u>REQUERIMIENTOS FISICOS:</u>		
Peso Específico (g/cm ³)	2.82	No Especifico
Exposición en Autoclave, %	-0.03	0.80 Míncimo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	224	45 Míncimo
Tiempo de Fraguado (Final)	269	420 Míncimo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	12.00 Míncimo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifico
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kg/cm ²)		Míncimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifico
03 días	20.01 (204)	15.0 (153)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.25 (329)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

Arequipa, 02 de Enero 2017



[Signature]
Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díaz Gansco 527 - Arequipa
Tel.: (51 54) 495080 / 225000



Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Construcciones
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADOS FINO Y GRUESO

TESISTA : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO
 F'c=210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO".
 CANTERA : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el Tesista
 DISEÑO : F'c = 210 Kg/cm2.

I. AGREGADO FINO

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	16.52	16.16	16.92
Peso de Tara + M. Humeda	82.9	90.9	85
Peso de Tara + M. Seca	82.06	89.98	84.11
Peso de Agua	0.84	0.92	0.89
Peso Muestra Seca	65.54	73.82	67.19
Contenido de humedad W%	1.28%	1.25%	1.32%
Promedio cont. Humedad W%	1.28%		

II. AGREGADO GRUESO

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	16.76	20.2	16.5
Peso de Tara + M. Humeda	98.9	140	123.06
Peso de Tara + M. Seca	98.09	139.17	122.4
Peso de Agua	0.81	0.83	0.66
Peso Muestra Seca	83.99	118.97	121.74
Contenido de humedad W%	0.96%	0.70%	0.54%
Promedio cont. Humedad W%	0.73%		



Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Construcciones
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)



PESO ESPECIFICO UNITARIO
AGREGADOS FINO Y GRUESO

TESISTA : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO".
 CANTERA : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el Tesista
 DISEÑO : F'c = 210 Kg/cm2.

I. AGREGADO FINO

1.1. PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (g)	7355.00	7355.00	7355.00
PESO MOLDE + MUESTRA (g)	16200.00	16245.00	16290.00
PESO DE LA MUESTRA (g)	8845.00	8890.00	8935.00
VOLUMEN DEL MOLDE cm3,	5565.80	5565.80	5565.80
PESO UNITARIO g/cm3,	1.59	1.60	1.61
PESO UNITARIO SECO kg/m3,		1597.25	

1.2. PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (g)	7355.00	7355.00	7355.00
PESO MOLDE + MUESTRA (g)	17095.00	17160.00	17155.00
PESO DE LA MUESTRA (g)	9740.00	9805.00	9800.00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3),	5565.80	5565.80	5565.80
PESO UNITARIO g/cm3,	1.75	1.76	1.76
PESO UNITARIO SECO kg/m3,		1757.46	

II. AGREGADO GRUESO

2.1. PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (g)	7355.00	7355.00	7355.00
PESO MOLDE + MUESTRA (g)	15655.00	15590.00	15595.00
PESO DE LA MUESTRA (g)	8300.00	8235.00	8240.00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3),	5565.80	5565.80	5565.80
PESO UNITARIO (g/cm3),	1.49	1.48	1.48
PESO UNITARIO SECO (kg/m3),		1483.76	

2.2. PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE (g)	7355.00	7355.00	7355.00
PESO MOLDE + MUESTRA (g)	16335.00	16395.00	16320.00
PESO DE LA MUESTRA (g)	8980.00	9040.00	8965.00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3),	5565.80	5565.80	5565.80
PESO UNITARIO (g/cm3),	1.61	1.62	1.61
PESO UNITARIO SECO (kg/m3),		1616.12	



PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN
AGREGADOS FINO Y GRUESO PARA DISEÑO DE MEZCLAS

TESISTA : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO".
 CANTERA : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el Tesista
 DISEÑO : F'c = 210 Kg/cm2.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

I- DATOS

A	PESO DE LA ARENA SSS (g)	504.01
B	PESO DE LA ARENA sss + PESO FIOLA + PESO DEL AGUA (g)	1687.55
C	PESO FIOLA + PESO DEL AGUA (23 °C) (g)	1379.97
D	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (g)	484.85

II- RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS (g/cm3): P.E.S. $A/(A+C-B)$	2.566
2	PESO ESPECIFICO MASA (g/cm3) $D/(A+C-B)$	2.468
3	PORCENTAJE DE ABSORCION: % ABS $(A-D)/D$	3.95%

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

I- DATOS

A	PESO DE LA ARENA SSS (g)	674.48
B	PESO DE LA ARENA sss + PESO PICNOMETRO + PESO DEL AGUA (g)	1966.99
C	PESO PICNOMETRO + PESO DEL AGUA (23 °C) (g)	1556.80
D	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (g)	652.66

II- RESULTADOS

4	PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS (g/cm3): P.E.S. $A/(A+C-B)$	2.552
5	PESO ESPECIFICO MASA (g/cm3) $D/(A+C-B)$	2.469
6	PORCENTAJE DE ABSORCION: % ABS $(A-D)/D$	3.34%



Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Construcciones
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)

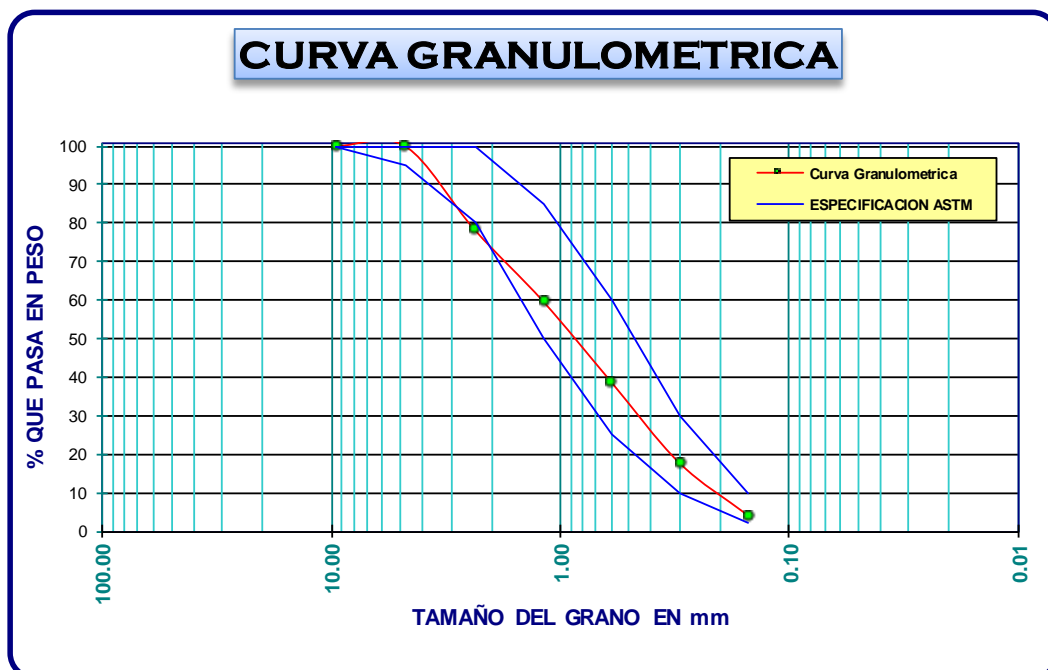


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

SOLICITANTE : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 PROYECTO : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO".
 UBICACIÓN : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el Tesista
 DISEÑO : F'c = 210 Kg/cm2.

Tamices	Abertura	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especif. ASTM	Descripción de la Muestra
1/2"	12.70						P.L. 290.10
3/8"	9.53				100.00	100	P.F. 289.57
Nº 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	95	% PERDIDA 0.18%
Nº 8	2.36	62.80	21.69	21.69	78.31	80	
Nº 16	1.18	54.10	18.68	40.37	59.63	50	
Nº 30	0.60	59.84	20.67	61.04	38.96	25	
Nº 50	0.30	61.54	21.25	82.29	17.71	10	
Nº 100	0.15	39.64	13.69	95.98	4.02	2	
Nº 200	0.08	10.98	3.79	99.77	0.23	10	
Fondo		0.67	0.23	100.00	0.00		
Total		289.57	100.00				

Módulo de Fineza 3.01
 El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o





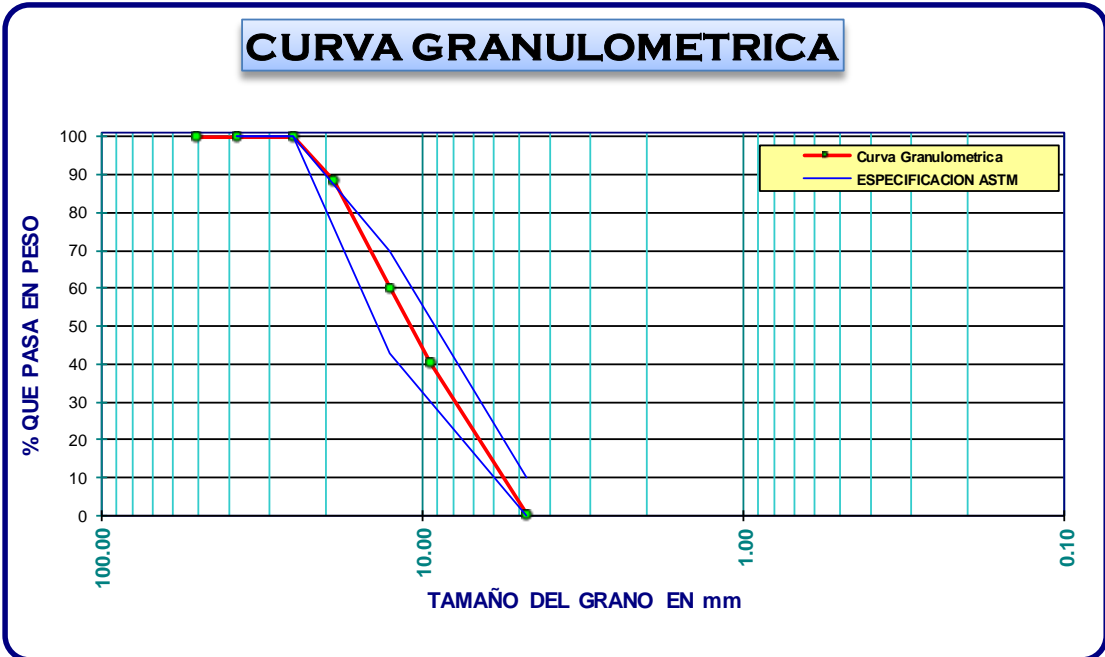
Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Construcciones
Av. Jorge Basadre S/N (Ciudad Universitaria)



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D 422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

SOLICITANTE : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 PROYECTO : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO".
 UBICACIÓN : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el solicitante (piedra chancada)
 DISEÑO : f'c= 280;175; 140 Kg/cm2

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso ETENID	% Retenido PARCIAL	% Retenido CUMULADO	% Que pasa	ESPECIF. 1"		Descripción de la Muestra	
						ASTM	C33-57		
3"	76.20							P.I	11010.0
2 1/2"	63.50	0	0.00	0.00	100.00	100		P.F.	11000.0
2"	50.60	0	0.00	0.00	100.00	100		% PEI	0.09%
1 1/2"	38.10	0	0.00	0.00	100.00	100			
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00	100		Tamaño Maximo:	1"
3/4"	19.05	1284	11.67	11.67	88.33	90	100	TMN	3/4"
1/2"	12.70	3104	28.22	39.89	60.11	-		MODULO DE	
3/8"	9.53	2189	19.90	59.79	40.21	20	55	FINEZA :	6.71
No4	4.76	4394	39.95	99.74	0.26	0	10	OBS: Tamizar por la malla N° 4 para separar el Ag. Gueso del Ag. Fino	
FONDO		29	0.26	100.00	0.00				
TOTAL		11000	100.00						





DISEÑO DE MEZCLAS

CONCRETO $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

METODO: Comité 211 del ACI

SOLICITANTE : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 PROYECTO : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ EN LA CIUDAD DE PUNO".
 UBICACIÓN : Viluyo
 MUESTRA : Proporcionado por el Tesista
 DISEÑO : $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Descripcion	Unidad	Cemento	Agregados	
			Fino	Grueso
Descripcion		Tipo IP Rumi	-	-
Tamaño Máximo nominal	pulg	-	Nº4	3/4"
Peso Especifico	gr/cc	-	2.468	2.469
Peso unitario suelto (seco)	Kg/m3	-	1597.25	1483.76
Peso unitario compactado (seco)	Kg/m3	-	1757.46	1616.12
Contenido de humedad	%	-	1.284%	0.735%
Absorcion	%	-	3.952%	3.343%
Modulo de fineza		-	3.01	6.71

DOSIFICACION

f_c prom.	TMN	Slump	Agua	Aire	Agua/cem	F.C.
f_c (Kg/m2)	(pulg)	(pulg)	(lit/m3)	(%)	A/C	(bol/m3)
294.00	3/4"	3" - 4"	205.00	2%	0.50	9.65

DOSIFICACION EN PESO

Materiales	En peso (Kg/m3)
Cemento	410.00
Agregado fino seco	584.92
Agregado grueso seco	969.67
Agua	205.00
Total	2169.59

DOSIFICACION EN PESO - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Materiales	Pesos secos (Kg/m3)	% w	% a	Pesos corregidos (Kg/m3)
Cemento	410.00			410.00
Agregado fino humedo	584.92	1.284%	3.952%	592.43
Agregado grueso numedo	969.67	0.735%	3.343%	976.80
Agua efectiva	205.00			245.90

ANEXO 02

Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto (ASTM C 31/ C 31M – 03a)



Designation: C 31/C 31M – 03a

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹

This standard is issued under the fixed designation C 31/C 31M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers procedures for making and curing cylinder and beam specimens from representative samples of fresh concrete for a construction project.

1.2 The concrete used to make the molded specimens shall be sampled after all on-site adjustments have been made to the mixture proportions, including the addition of mix water and admixtures. This practice is not satisfactory for making specimens from concrete not having measurable slump or requiring other sizes or shapes of specimens.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated may not be exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two units may result in nonconformance.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete²
- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete²
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete²
- C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly

Mixed Concrete by the Volumetric Method²

C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²

C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method²

C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete²

C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance²

C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically²

C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³

C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²

C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete²

2.2 *American Concrete Institute Publication:*⁴

CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I

309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology C 125.

4. Significance and Use

4.1 This practice provides standardized requirements for making, curing, protecting, and transporting concrete test specimens under field conditions.

4.2 If the specimens are made and standard cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

4.2.1 Acceptance testing for specified strength,

4.2.2 Checking adequacy of mixture proportions for strength, and

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 10, 2003. Published April 2003. Originally approved in 1920. Last previous edition approved in 2003 as C 31/C 31M-03.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

C 31/C 31M – 03a

4.2.3 Quality control.

4.3 If the specimens are made and field cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

4.3.1 Determination of whether a structure is capable of being put in service,

4.3.2 Comparison with test results of standard cured specimens or with test results from various in-place test methods,

4.3.3 Adequacy of curing and protection of concrete in the structure, or

4.3.4 Form or shoring removal time requirements.

5. Apparatus

5.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Molds shall be watertight during use as judged by their ability to hold water poured into them. Provisions for tests of water leakage are given in the Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage section of Specification C 470/C 470M. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive form release material before use.

5.2 *Cylinder Molds*—Molds for casting concrete test specimens shall conform to the requirements of Specification C 470/C 470M.

5.3 *Beam Molds*—Beam molds shall be of the shape and dimensions required to produce the specimens stipulated in 6.2. The inside surfaces of the molds shall be smooth. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed 1/8 in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more. Molds shall produce specimens at least as long but not more than 1/16 in. [2 mm] shorter than the required length in 6.2.

5.4 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod with the dimensions conforming to those in Table 1, having the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

5.5 *Vibrators*—Internal vibrators shall be used. The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [150 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one-fourth the diameter of the cylinder mold or one-fourth the width of the beam mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the

circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm]. The vibrator frequency shall be checked periodically.

NOTE 1—For information on size and frequency of various vibrators and a method to periodically check vibrator frequency see ACI 309.

5.6 *Mallet*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] shall be used.

5.7 *Small Tools*—Shovels, hand-held floats, scoops, and a vibrating-rod tachometer shall be provided.

5.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143/C 143M.

5.9 *Sampling Receptacle*—The receptacle shall be a suitable heavy gage metal pan, wheelbarrow, or flat, clean nonabsorbent board of sufficient capacity to allow easy remixing of the entire sample with a shovel or trowel.

5.10 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of Test Methods C 173/C 173M or C 231.

5.11 *Temperature Measuring Devices*—The temperature measuring devices shall conform to the applicable requirements of Test Method C 1064/C 1064M.

6. Testing Requirements

6.1 *Cylindrical Specimens*—Compressive or splitting tensile strength specimens shall be cylinders cast and allowed to set in an upright position. The length shall be twice the diameter. The cylinder diameter shall be at least 3 times the nominal maximum size of the coarse aggregate. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the concrete sample shall be treated by wet sieving through a 2-in. [50-mm] sieve as described in Practice C 172. For acceptance testing for specified compressive strength, cylinders shall be 6 by 12 in. [150 by 300 mm] or when specified 4 × 8 in. [100 × 200 mm] (Note 2).

NOTE 2—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

6.2 *Beam Specimens*—Flexural strength specimens shall be beams of concrete cast and hardened in the horizontal position. The length shall be at least 2 in. [50 mm] greater than three times the depth as tested. The ratio of width to depth as molded shall not exceed 1.5. The standard beam shall be 6 by 6 in. [150 by 150 mm] in cross section, and shall be used for concrete with nominal maximum size coarse aggregate up to 2 in. [50 mm]. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the smaller cross sectional dimension of the beam shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate. Unless required by project specifications, beams made in the field shall not have a width or depth of less than 6 in. [150 mm].

6.3 *Field Technicians*—The field technicians making and curing specimens for acceptance testing shall be certified ACI Field Testing Technicians, Grade I or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations, as outlined in ACI CP-1.

TABLE 1 Tamping Rod Requirements

Diameter of Cylinder or Width of Beam in. [mm]	Rod Dimensions ^a	
	Diameter in. [mm]	Length of Rod in. [mm]
6 [150]	3/8 [10]	12 [300]
6 [150]	5/8 [16]	20 [500]
9 [225]	5/8 [16]	26 [650]

^a Rod tolerances length ± 4 in. [100 mm] and diameter ± 1/16 in. [2 mm].

C 31/C 31M – 03a

7. Sampling Concrete

7.1 The samples used to fabricate test specimens under this standard shall be obtained in accordance with Practice C 172 unless an alternative procedure has been approved.

7.2 Record the identification of the sample with respect to the location of the concrete represented and the time of casting.

8. Slump, Air Content, and Temperature

8.1 *Slump*—Measure and record the slump of each batch of concrete from which specimens are made immediately after remixing in the receptacle, as required in Test Method C 143/ C 143M.

8.2 *Air Content*— Determine and record the air content in accordance with either Test Method C 173/C 173M or Test Method C 231. The concrete used in performing the air content test shall not be used in fabricating test specimens.

8.3 *Temperature*— Determine and record the temperature in accordance with Test Method C 1064/C 1064M.

NOTE 3—Some specifications may require the measurement of the unit weight of concrete. The volume of concrete produced per batch may be desired on some projects. Also, additional information on the air content measurements may be desired. Test Method C 138/C 138M is used to measure the unit weight, yield, and gravimetric air content of freshly mixed concrete.

9. Molding Specimens

9.1 *Place of Molding*— Mold specimens promptly on a level, rigid surface, free of vibration and other disturbances, at a place as near as practicable to the location where they are to be stored.

9.2 *Casting Cylinders*—Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or the proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine molding requirements from Table 4. Select a small tool of a size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle will be representative and small enough so concrete is not lost when being placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer of concrete shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation.

9.3 *Casting Beams*— Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine the molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine the molding requirements from Table 4. Determine the number of roddings per layer, one

TABLE 2 Method of Consolidation Requirements

Slump in. (mm)	Method of Consolidation
≥ 1 [25]	rodding or vibration
< 1 [25]	vibration

TABLE 3 Molding Requirements by Rodding

Specimen Type and Size	Number of Layers of Approximately Equal Depth	Number of Roddings per Layer
Cylinders:		
Diameter, in. [mm]		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Beams:		
Width, in. [mm]		
6 [150] to 8 [200]	2	see 9.3
>8 [200]	3 or more equal depths, each not to exceed 6 in. [150 mm].	see 9.3

TABLE 4 Molding Requirements by Vibration

Specimen Type and Size	Number of Layers	Number of Vibrator Insertions per Layer	Approximate Depth of Layer, in. [mm]
Cylinders:			
Diameter, in. [mm]			
4 [100]	2	1	one-half depth of specimen
6 [150]	2	2	one-half depth of specimen
9 [225]	2	4	one-half depth of specimen
Beams:			
Width, in. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	1	see 9.4.2	depth of specimen
over 8 [200]	2 or more	see 9.4.2	8 [200] as near as practicable

for each 2 in.² [14 cm²] of the top surface area of the beam. Select a small tool, of the size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so concrete is not lost when placed in the mold. Each layer shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Place the concrete so that it is uniformly distributed within each layer with a minimum of segregation.

9.4 *Consolidation*— The methods of consolidation for this practice are rodding or internal vibration.

9.4.1 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the required number of roddings. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the roddings uniformly over the cross section of the mold. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use cylinder molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade each layer of the concrete along the sides and ends of beam molds with a trowel or other suitable tool. Underfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer. Overfilled molds shall have excess concrete removed.

 C 31/C 31M – 03a

9.4.2 *Vibration*—Maintain a uniform duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete has become relatively smooth and large air bubbles cease to break through the top surface. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete (see Note 4). Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers. Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. In compacting the specimen, insert the vibrator slowly and do not allow it to rest on the bottom or sides of the mold. Slowly withdraw the vibrator so that no large air pockets are left in the specimen. When placing the final layer, avoid overfilling by more than $\frac{1}{4}$ in. [6 mm].

NOTE 4—Generally, no more than 5 s of vibration should be required for each insertion to adequately consolidate concrete with a slump greater than 3 in. [75 mm]. Longer times may be required for lower slump concrete, but the vibration time should rarely have to exceed 10 s per insertion.

9.4.2.1 *Cylinders*—The number of insertions of the vibrator per layer is given in Table 4. When more than one insertion per layer is required distribute the insertion uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate through the layer being vibrated, and into the layer below, approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold at least 10 times with the mallet, to close holes that remain and to release entrapped air voids. Use an open hand to tap cardboard and single-use metal molds that are susceptible to damage if tapped with a mallet.

9.4.2.2 *Beams*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen. For specimens wider than 6 in., use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. (25 mm). After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold sharply at least 10 times with the mallet to close holes left by vibrating and to release entrapped air voids.

9.5 *Finishing*—After consolidation, strike off excess concrete from the surface and float or trowel as required. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and that has no depressions or projections larger than $\frac{1}{8}$ in. [3.3 mm].

9.5.1 *Cylinders*—After consolidation, finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See section on Capping Materials of Practice C 617.

9.5.2 *Beams*—After consolidation of the concrete, use a hand-held float to strike off the top surface to the required tolerance to produce a flat, even surface.

9.6 *Identification*—Mark the specimens to positively identify them and the concrete they represent. Use a method that will not alter the top surface of the concrete. Do not mark the

removable caps. Upon removal of the molds, mark the test specimens to retain their identities.

10. Curing

10.1 *Standard Curing*—Standard curing is the curing method used when the specimens are made and cured for the purposes stated in 4.2.


10.1.1 *Storage*—If specimens cannot be molded at the place where they will receive initial curing, immediately after finishing move the specimens to an initial curing place for storage. The supporting surface on which specimens are stored shall be level to within $\frac{1}{4}$ in. per ft [20 mm per m]. If cylinders in the single use molds are moved, lift and support the cylinders from the bottom of the molds with a large trowel or similar device. If the top surface is marred during movement to place of initial storage, immediately refinish.

10.1.2 *Initial Curing*—Immediately after molding and finishing, the specimens shall be stored for a period up to 48 h in a temperature range from 60 and 80°F [16 and 27°C] and in an environment preventing moisture loss from the specimens. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, the initial curing temperature shall be between 68 and 78°F [20 and 26°C]. Various procedures are capable of being used during the initial curing period to maintain the specified moisture and temperature conditions. An appropriate procedure or combination of procedures shall be used (Note 5). Shield all specimens from the direct sunlight and, if used, radiant heating devices. The storage temperature shall be controlled by use of heating and cooling devices, as necessary. Record the temperature using a maximum-minimum thermometer. If cardboard molds are used, protect the outside surface of the molds from contact with wet burlap or other sources of water.

NOTE 5—A satisfactory moisture environment can be created during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) immediately immerse molded specimens with plastic lids in water saturated with calcium hydroxide, (2) store in properly constructed wooden boxes or structures, (3) place in damp sand pits, (4) cover with removable plastic lids, (5) place inside plastic bags, or (6) cover with plastic sheets or nonabsorbent plates if provisions are made to avoid drying and damp burlap is used inside the enclosure, but the burlap is prevented from contacting the concrete surfaces. A satisfactory temperature environment can be controlled during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) use of ventilation, (2) use of ice, (3) use of thermostatically controlled heating or cooling devices, or (4) use of heating methods such as stoves or light bulbs. Other suitable methods may be used provided the requirements limiting specimen storage temperature and moisture loss are met. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, heat generated during the early ages may raise the temperature above the required storage temperature. Immersion in water saturated with calcium hydroxide may be the easiest method to maintain the required storage temperature. When specimens are to be immersed in water saturated with calcium hydroxide, specimens in cardboard molds or other molds that expand when immersed in water should not be used. Early-age strength test results may be lower when stored at 60°F [16°C] and higher when stored at 80°F [27°C]. On the other hand, at later ages, test results may be lower for higher initial storage temperatures.

10.1.3 Final Curing:

10.1.3.1 *Cylinders*—Upon completion of initial curing and within 30 min after removing the molds, cure specimens with

 C 31/C 31M – 03a

free water maintained on their surfaces at all times at a temperature of $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] using water storage tanks or moist rooms complying with the requirements of Specification C 511, except when capping with sulfur mortar capping compound and immediately prior to testing. When capping with sulfur mortar capping compound, the ends of the cylinder shall be dry enough to preclude the formation of steam or foam pockets under or in cap larger than $\frac{1}{4}$ in. [6 mm] as described in Practice C 617. For a period not to exceed 3 h immediately prior to test, standard curing temperature is not required provided free moisture is maintained on the cylinders and ambient temperature is between 68 and 86°F [20 and 30°C].

10.1.3.2 *Beams*—Beams are to be cured the same as cylinders (see 10.1.3.1) except that they shall be stored in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] at least 20 h prior to testing. Drying of the surfaces of the beam shall be prevented between removal from water storage and completion of testing.

NOTE 6—Relatively small amounts of surface drying of flexural specimens can induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

10.2 *Field Curing*—Field curing is the curing method used for the specimens made and cured as stated in 4.3.

10.2.1 *Cylinders*—Store cylinders in or on the structure as near to the point of deposit of the concrete represented as possible. Protect all surfaces of the cylinders from the elements in as near as possible the same way as the formed work. Provide the cylinders with the same temperature and moisture environment as the structural work. Test the specimens in the moisture condition resulting from the specified curing treatment. To meet these conditions, specimens made for the purpose of determining when a structure is capable of being put in service shall be removed from the molds at the time of removal of form work.

10.2.2 *Beams*—As nearly as practicable, cure beams in the same manner as the concrete in the structure. At the end of 48 ± 4 h after molding, take the molded specimens to the storage location and remove from the molds. Store specimens representing pavements of slabs on grade by placing them on the ground as molded, with their top surfaces up. Bank the sides and ends of the specimens with earth or sand that shall be kept damp, leaving the top surfaces exposed to the specified curing treatment. Store specimens representing structure concrete as near the point in the structure they represent as possible, and afford them the same temperature protection and

moisture environment as the structure. At the end of the curing period leave the specimens in place exposed to the weather in the same manner as the structure. Remove all beam specimens from field storage and store in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] for 24 ± 4 h immediately before time of testing to ensure uniform moisture condition from specimen to specimen. Observe the precautions given in 10.1.3.2 to guard against drying between time of removal from curing to testing.

10.3 *Structural Lightweight Concrete Curing*—Cure structural lightweight concrete cylinders in accordance with Specification C 330.

11. Transportation of Specimens to Laboratory

11.1 Prior to transporting, cure and protect specimens as required in Section 10. Specimens shall not be transported until at least 8 h after final set. (See Note 7). During transporting, protect the specimens with suitable cushioning material to prevent damage from jarring. During cold weather, protect the specimens from freezing with suitable insulation material. Prevent moisture loss during transportation by wrapping the specimens in plastic, wet burlap, by surrounding them with wet sand, or tight fitting plastic caps on plastic molds. Transportation time shall not exceed 4 h.

NOTE 7—Setting time may be measured by Test Method C 403.

12. Report

12.1 Report the following information to the laboratory that will test the specimens:

- 12.1.1 Identification number,
- 12.1.2 Location of concrete represented by the samples,
- 12.1.3 Date, time and name of individual molding specimens,
- 12.1.4 Slump, air content, and concrete temperature, test results and results of any other tests on the fresh concrete and any deviations from referenced standard test methods, and
- 12.1.5 Curing method. For standard curing method, report the initial curing method with maximum and minimum temperatures and final curing method. For field curing method, report the location where stored, manner of protection from the elements, temperature and moisture environment, and time of removal from molds.

13. Keywords

13.1 beams; casting samples; concrete; curing; cylinders; testing

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO 03

Método De Prueba Estándar Para Resistencia a la Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto (ASTM C39/C39M – 14)



Designation: C39/C39M – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the [Manual of Aggregate and Concrete Testing](#) are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*²
- C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
 - C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2014. Published February 2014. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2012 as C39/C39M–12a. DOI: 10.1520/C0039_C0039M-14.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 |

Downloaded/printed by

Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

- C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds
- C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines
- Manual of Aggregate and Concrete Testing

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C31/C31M, C192/C192M, C617, and C1231/C1231M and Test Methods C42/C42M and C873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

 C39/C39M – 14

operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verify calibration of the testing machines in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required:

5.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

5.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification

device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10% of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 3), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3% greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any 150 mm [6 in.] of blocks 150 mm [6 in.] in diameter or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 4). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3%

C39/C39M – 14

greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 4—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 25 mm [1 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

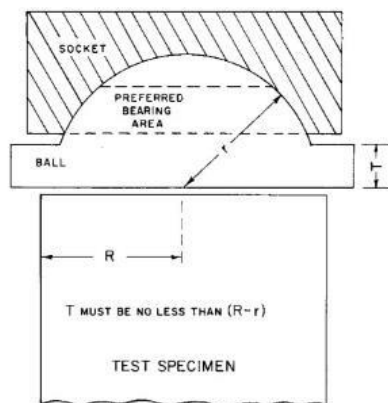
Diameter of Test Specimens, mm [in.]	Maximum Diameter of Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTE 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 6—The preferred contact area is in the form of a ring (described as "preferred bearing area") as shown on Fig. 1.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 3
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5.2.2.4 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the machine. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 7—To ensure uniform seating, the spherically seated head is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.2.2.7 If the ball portion of the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (NOTE 8). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times, until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1 mm [0.04 in.] and 2 mm [0.06 in.]. When the spacing is between 2 and 3 mm [0.06 and 0.12 in.], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read.

 C39/C39M – 14

The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.4 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617 or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 If the purchaser of the testing services requests measurement of density of test specimens, determine the mass of specimens before capping. Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen using a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged

under water at 23.0 ± 2.0 °C [73.5 ± 3.5 °F], and computing the volume according to 8.3.1.

6.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retaining ring or rings and center the unbonded cap or caps on the cylinder. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (**Note 10**). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (**Note 11**) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 11—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [$1/20$ inches in 12 inches]

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

C39/C39M – 14

7.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (See Note 12). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 12—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

7.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

7.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak

load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617 or Practice C1231/C1231M.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 0.1 MPa [10 psi].

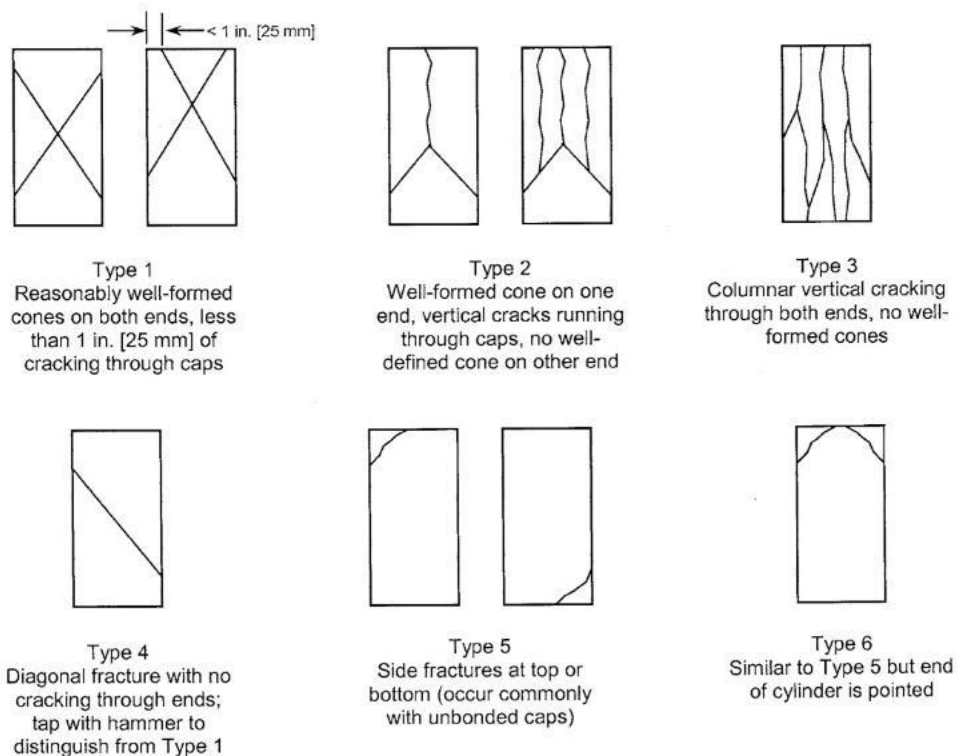


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 5
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M – 14

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

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

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 13—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m³ [100 and 120 lb/ft³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above³.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³] as follows:

$$\text{Density} = \frac{W}{V} \tag{2}$$

where:

- W = mass of specimen, kg [lb], and
- V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, m³ [ft³]

8.3.1 When the volume is determined from submerged weighing, calculate the volume as follows:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \tag{3}$$

where:

- W_s = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and
- γ_w = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m³ [62.27 lbs/ft³].

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,
 - 9.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
 - 9.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
 - 9.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
 - 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
 - 9.1.6 Type of fracture (see Fig. 2),
 - 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
 - 9.1.8 Age of specimen.
- 9.1.9 When determined, the density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³].

10. Precision and Bias

10.1 Precision

³ Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

10.1.1 *Within-Test Precision*—The following table provides the within-test precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range ⁴ of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

10.1.2 The within-test coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the within-test coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 15 to 55 MPa [8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The within-test coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵ The within-test coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

10.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %⁴; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %⁴ of the average (See Note 14). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 14—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

10.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 x 300 mm [6 x 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 15—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precisions statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁴ These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1006.

 C39/C39M – 14

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12a, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2014)

(1) Modified 7.4.

(2) Added 7.4.2 and Note 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12, that may impact the use of this test method. (Approved September 1, 2012)

(1) Revised 5.1.1.1.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

ANEXO 04

Datos Obtenidos Del Ensayo De Resistencia A La Compresión Simple



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TESISTA : Bach. GARCIA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F'c =210kg/Cm2 EN LA CIUDAD DE PUNO"
 Lugar : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C..... UNA PUNO

N°	DESCRIPCION	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD dias	DIAMETRO cm	AREA cm ²	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=Kg/Cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c =Kg/cm2	% RESISTENCIA
1	CP - 1	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.16	181	25,104	139	210	66%
2	CP - 2	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.23	182	26,512	146	210	69%
3	CP - 3	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.24	182	25,216	138	210	66%
4	CP - 4	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.25	183	25,056	137	210	65%
5	CE 1-5	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.24	182	27,510	151	210	72%
6	CE 1-6	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.21	182	27,010	149	210	71%
7	CE 1-7	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.25	183	27,000	148	210	70%
8	CE 1-8	3"-4"	20/06/2017	27/06/2017	7	15.23	182	27,350	150	210	72%
9	CE 2-9	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.33	185	26,200	142	210	68%
10	CE 2-10	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.23	182	26,312	145	210	69%
11	CE 2-11	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.25	183	26,050	143	210	68%
12	CE 2-12	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.29	183	26,325	143	210	68%
13	CE 3-13	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.25	183	25,900	142	210	68%
14	CE 3-14	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.26	183	25,965	142	210	68%
15	CE 3-15	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.27	183	25,910	142	210	67%
16	CE 3-16	3"-4"	22/06/2017	29/06/2017	7	15.26	183	25,975	142	210	68%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el tesista.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - F.I.C.A.
 MSc. Ing. Gino F. Leque Córdova
 JEFE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 Facultad de Ingeniería - E.P. Ing. Gino F. Leque Córdova
 Laboratorio de Construcciones - F.I.C.A.
 PUNO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - F.I.C.A.
 Ing. Guillermo Isidro Perca
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TESISTA : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F'c = 210kg/Cm2 EN LA CIUDAD DE PUNO"
 Lugar : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C UNA PUNO

N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD dias	DIAMETRO cm	AREA cm ²	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=Kg/Cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO Fc = Kg/cm2	% RESISTENCIA
17	CP - 17	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.26	183	33.416	183	210	87%
18	CP - 18	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.27	183	33.578	183	210	87%
19	CP - 19	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.31	184	33.950	185	210	88%
20	CP - 20	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.29	183	34.000	185	210	88%
21	CE 1-21	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.21	182	35.785	197	210	94%
22	CE 1-22	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.24	182	36.000	197	210	94%
23	CE 1-23	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.29	183	35.800	195	210	93%
24	CE 1-24	3"-4"	20/06/2017	04/07/2017	14	15.26	183	35.865	196	210	93%
25	CE 2-25	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.25	183	34.268	188	210	89%
26	CE 2-26	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.25	183	34.450	189	210	90%
27	CE 2-27	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.21	182	34.400	189	210	90%
28	CE 2-28	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.25	183	34.315	188	210	89%
29	CE 3-29	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.25	183	33.987	186	210	89%
30	CE 3-30	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.25	183	34.012	186	210	89%
31	CE 3-31	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.23	182	34.084	187	210	89%
32	CE 3-32	3"-4"	22/06/2017	06/07/2017	14	15.28	183	34.028	186	210	88%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el tesista.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C
 Ing. Guillermo Hidro Percca
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C
 JEFATURA
 - PUNO -

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C
 MSc. Ing. Gino P. Espino Córdova
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TESISTA : Bach. GARCÍA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F_c=210kg/Cm² EN LA CIUDAD DE PUNO"
 Lugar : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C ---- UNA PUNO

N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD dias	DIAMETRO cm	AREA cm ²	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA f _c =Kg/Cm ²	RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =Kg/cm ²	% RESISTENCIA
33	CP - 33	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.28	183	39,760	217	210	103%
34	CP - 34	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.26	183	39,392	216	210	103%
35	CP - 35	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.27	183	40,024	219	210	104%
36	CP - 36	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.24	182	39,128	215	210	102%
37	CP - 37	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.23	182	39,136	215	210	102%
38	CP - 38	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.29	184	38,960	212	210	101%
39	CP - 39	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.25	183	38,632	212	210	101%
40	CE 1 -40	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.24	182	42,392	233	210	111%
41	CE 1 -41	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.25	183	42,152	231	210	110%
42	CE 1 -42	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.29	184	41,568	226	210	108%
43	CE 1 -43	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.20	181	41,784	230	210	110%
44	CE 1 -44	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.26	183	41,520	227	210	108%
45	CE 1 -45	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.28	183	41,536	227	210	108%
46	CE 1 -46	3"-4"	13/06/2017	11/07/2017	28	15.27	183	42,168	230	210	110%

OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes y datos informativos fueron proporcionados por el tesista.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
 AV. FLORAL (CIUDAD UNIVERSITARIA)



CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TESISTA : Bach. GARCIA CHAMBILLA, Bleger Freddy
 TESIS : "EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO F'c=210kg/Cm2 EN LA CIUDAD DE PUNO"
 Lugar : LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C..... UNA PUNO

N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD dias	DIAMETRO cm	AREA cm ²	LECTURA DEL DIAL kg	RESISTENCIA ALCANZADA f'c=kg/Cm2	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
47	CE2 - 47	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.27	183	40,840	223	210	106%
48	CE2 - 48	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.22	182	40,200	221	210	105%
49	CE2 - 49	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.27	183	39,600	216	210	103%
50	CE2 - 50	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.27	183	39,992	219	210	104%
51	CE2 - 51	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.28	183	39,904	218	210	104%
52	CE2 - 52	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.25	183	39,984	219	210	104%
53	CE2 - 53	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.26	183	40,704	223	210	106%
54	CE 3 - 54	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.22	182	40,040	220	210	105%
55	CE 3 - 55	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.29	184	39,920	217	210	104%
56	CE 3 - 56	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.25	183	40,160	220	210	105%
57	CE 3 - 57	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.28	183	39,200	214	210	102%
58	CE 3 - 58	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.27	183	40,032	219	210	104%
59	CE 3 - 59	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.27	183	39,168	214	210	102%
60	CE 3 - 60	3"-4"	15/06/2017	13/07/2017	28	15.25	183	40,008	219	210	104%

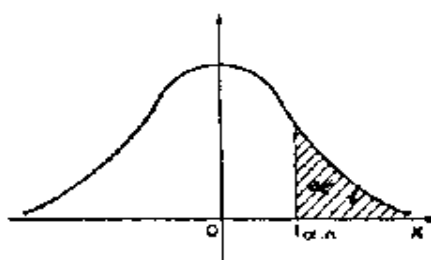
OBSERVACIONES: Los respectivos especimenes y datos Informativos fueron proporcionados por el tesista.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Pedroza
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-E.P.I.C.
 Ing. Gino Laque Córdova
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 05

Cuadro Estadístico



$\alpha/2$ gl	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,648	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	0,255	0,528	0,849	1,298	1,676	2,009	2,403	2,678	3,262	3,495
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,232	3,460
80	0,254	0,527	0,846	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,195	3,415
100	0,254	0,526	0,845	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626	3,174	3,389
200	0,254	0,525	0,843	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	3,131	3,339
500	0,253	0,525	0,842	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586	3,106	3,310
∞	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

ANEXO 06

Precio de la Fibra de Vidrio

PRECIO DE LA FIBRA DE VIDRIO

$$PMPO = PMO + F + A/M + M$$

Donde:

- PMPO : Precio del material puesto en obra.
- PMO : Precio del material en el origen.
- F : Flete terrestre.
- A/M : Almacenaje y manipuleo, estimado en 2% del PMO (Según Salinas, 2015)
- M : Mermas por transporte, estimado en 5% del PMO (Según Salinas, 2015)

1. CÁLCULO DE FLETE a PUNO

El cálculo del flete se basa en lo establecido en el D.S. N° 033-2006-MTC del 30.09.06 y el D.S. N° 010-2006-MTC del 25.03.06 que establecen costos del servicio de transporte de bienes en el ámbito local y por carretera para diversas rutas y distancias virtuales establecidas previamente.

Tipo de Transporte : Normal
Ruta : Lima - Arequipa - Juliaca - Puno

Origen	Destino	D.V. Acum. (kmv)	S/. X TM	FRV (*)	S/. X TM	Reajuste K1	Sub-Total S/. X TM	Sub-Total S/. X Kg
Arequipa	Puno	517.84	85.52	1.00	85.52	1.258	107.55	0.11

Factor de Reajuste (K1)

$$K \text{ actual} = \frac{(32) \text{ JULIO } 2017}{(32) \text{ DIC. } 2005} = \frac{467.18}{371.50} = 1.258$$

Nota:

(*) FRV : Factor de Retorno al Vacío igual a 1 para transporte normal y a 1.4 para transporte especial (de acuerdo al D.S. N° 010-2006-MTC del 25.03.06)
Transporte Especial : Se denomina al transporte usando contenedores, cargas peligrosas, cargas líquidas (de acuerdo al D.S. N° 010-2006-MTC del 25.03.06)
Factor de Reajuste (k) (De acuerdo al D.S. N° 011-79-VC del 02.03.79 y sus modificatorias, ampliatorias y complementarias.)

2. COSTO DE LA FIBRA DE VIDRIO, PARA 1 Kg DESDE AREQUIPA HASTA PUNO

PMO	:	S/. 14.00
F	:	S/. 0.11
A/M	:	S/. 0.28
M	:	S/. 0.70
PMPO	:	S/. 15.09