

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A
TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f'_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO
CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE- CAJAMARCA 2018**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Carlos Iván Vargas Salazar

ASESOR:

Ing. Centurión Vargas Mauro Augusto

Cajamarca – Perú

2021

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Carlos y Aidé por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A mi esposa e hijos por el apoyo y comprensión durante la elaboración de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a sus docentes que formaron mi carrera profesional.

De manera especial al M.Sc. Ing. Centurión Vargas Mauro Augusto, asesor de esta tesis, quien con su experiencia profesional guio la elaboración de este trabajo.

Al Comité del Jurado del presente trabajo por las sugerencias y revisiones realizadas.

A mis amigos y compañeros de aulas con quienes compartí muchas gratas experiencias durante el desarrollo de nuestra carrera profesional.

A todas las personas quienes colaboraron de diferentes maneras para la elaboración de este trabajo.

Carlos Iván

DEDICATORIA

A mis abuelos Valerio (Q.D.D.G), Brígida, Hilario y Graciela, que fueron para mí ejemplos de sencillez y perseverancia.

A mis padres Carlos y Aidé por formarme en valores y alentarme siempre a la superación.

A mis hermanos Karen y Gustavo, por el apoyo mutuo que siempre nos hemos brindado.

A mi esposa Liliana Araujo por su incondicional amor y compañía y a mis hijos Zhair y Sofía porque son mi motor y motivo para seguir adelante.

Carlos Iván

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Alcances o delimitación de la investigación.....	3
1.6 Limitaciones.....	4
1.7 Objetivos.....	5
1.7.1 Objetivo General.....	5
1.7.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación.....	6
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Cemento.....	8
2.2.1.1. Propiedades del cemento.....	8
2.2.1.2. Tipos de cementos.....	10
2.2.1.3. Los cementos en el Perú.....	10
2.2.1.4. Usos y aplicaciones del cemento Pórtland.....	10
2.2.2. El agua para el concreto.....	11
2.2.2.1. Conceptos generales.....	11
2.2.2.2. Requisitos de calidad.....	11
2.2.3. Agregados.....	12
2.2.3.1. Clasificación.....	12

2.2.3.2. Funciones del agregado	12
2.2.3.3. Propiedades del Agregado.....	13
2.2.4. Aditivo.....	15
2.2.4.1. Razones de empleo	15
2.2.4.2. Clasificación de aditivos.....	16
2.2.5. Concreto	16
2.2.5.1. Importancia del concreto.....	16
2.2.5.2. Ingredientes del concreto.....	17
2.2.5.3. Requisitos de las mezclas.....	17
2.2.5.4. Hidratación del concreto	17
2.2.5.5. Propiedades del concreto	18
2.2.5.5.1.En estado fresco	18
2.2.5.5.2.En estado endurecido	19
2.2.5.5.3.Relación de esfuerzo-deformación del Esfuerzo a compresión	19
2.2.5.6. Ajuste de las proporciones.....	22
2.2.6. Definición de Términos Básicos.	23
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Método	26
3.1.1. Metodología de la investigación	26
3.1.2. Localización	27
3.2. La Cantera de estudio.....	27
3.2.1. Ubicación	27
3.2.2. Geología del lugar:.....	28
3.2.3. Obtención por muestreo y transporte al laboratorio de los agregados de estudio de la cantera.	28
3.3. Estudio de las características Físicas de los agregados para el concreto	29
3.3.1. Simplificación de muestras de agregados a tamaño de ensayo	29
3.3.2. Granulometría	30
3.3.2.1. Granulometría del agregado fino.....	30
3.3.2.2. Granulometría del agregado grueso	31
3.3.2.3. Análisis Granulométrico de los agregados	32
3.3.3. Módulo de fineza.....	33
3.3.4. Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso.....	33
3.3.5. Peso específico y absorción	34

3.3.5.1. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino	35
3.3.5.2. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso	37
3.3.6. Contenido de Humedad	39
3.3.7. Peso unitario volumétrico	39
3.3.7.1 Ensayo para la determinación del peso unitario volumétrico suelto	40
3.3.7.2. Ensayo para la determinación del peso unitario volumétrico compactado.	41
3.3.8. Ensayo para determinar la cantidad de material que pasa la malla N° 200.	43
3.3.9. Desgaste o Abrasión.....	43
3.3.9.1. Ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño, por medio de la Máquina de los Ángeles.....	44
3.3.9.2. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño, por medio de la Máquina de los Ángeles.....	45
3.4. El cemento utilizado.....	45
3.5. Aditivo Sika Cem Acelerante Pe	46
3.6. El Agua potable de La Ciudad Universitaria de la UNC.	47
3.7. Procedimiento de diseño de mezclas.....	47
3.7.1. Especificaciones del concreto considerados para el diseño de mezclas	47
3.7.1.1. La trabajabilidad especificada	48
3.7.1.2. La consistencia especificada	48
3.7.1.3. La resistencia especificada	48
3.7.2. Propiedades de los materiales para el diseño de mezclas	48
3.7.2.1. Propiedades del Cemento:.....	48
3.7.2.2. Propiedades del Agregado Fino.....	48
3.7.3. Selección de las proporciones del concreto por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	49
3.7.3.1. Mezcla de prueba	54
3.7.4. Ajuste de las proporciones.....	55
3.7.5. Dosificación de materiales para la elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto.	56
3.8. Unidades de estudio	56
3.8.1. Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto para pruebas de compresión (unidades de estudio)	57
3.8.2. Curado de los especímenes cilíndricos de concreto.	60
3.9. Las Variables de evaluación de estudio.....	60

3.9.1. Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.	61
3.9.1.1. El asentamiento en los tipos de tratamientos.	62
3.9.2. Peso unitario de las probetas cilíndricas de concreto.	63
3.9.2.1. Peso unitario de las probetas cilíndricas de concreto a la edad de 3,5 y 7 días. 63	
3.9.3. Resistencia a la compresión en las probetas cilíndricas de concreto.	63
3.9.3.1. Determinación de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto a la edad de 3, 5 y 7 días.	66
3.9.4. Desarrollo de la resistencia del concreto.	67
3.9.5. Determinación del módulo de elasticidad del concreto en las probetas cilíndricas.	67
3.10. Técnicas, instrumentos de recopilación y procesamiento de información ...	68
3.10.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.	68
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
4.1 Resultado de los ensayos de consistencia.	69
4.2 Análisis del peso unitario de los especímenes cilíndricos de concreto.	70
4.3 Resultado de ensayos a compresión.	73
4.4 Análisis de la resistencia a compresión.	74
4.5 Análisis de esfuerzo vs dosificación.	75
4.6 Diagramas de esfuerzo vs deformación unitaria.	76
4.7 Análisis del Módulo de elasticidad del Concreto.	77
4.8 Análisis del Costo de la elaboración de concreto por metro cúbico.	78
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto	12
Tabla 2	Límites granulométricos para el agregado fino	31
Tabla 3	Límites granulométricos para el agregado grueso	31
Tabla 4	Pesos de muestra según gradaciones	44
Tabla 5	Consistencia y Asentamiento	50
Tabla 6	Volumen Unitario de Agua	51
Tabla 7	Contenido de Aire Atrapado	51
Tabla 8	Relación Agua/Cemento por Resistencia	51
Tabla 9	Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	52
Tabla 10	Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto	57
Tabla 11	Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes	64
Tabla 12	Ensayos de consistencia	69
Tabla 13	Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados sin aditivo	71
Tabla 14	Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 1.5% de aditivo	71
Tabla 15	Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 2.5% de aditivo	71
Tabla 16	Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 4.0% de aditivo	72
Tabla 17	Peso unitario promedio de los especímenes cilíndricos	72
Tabla 18	Análisis de Resistencia a la Compresión.	74
Tabla 19	Análisis de Resistencia a la Compresión con diferentes dosificaciones (%) de Aditivo	75
Tabla 20	Análisis del Módulo de elasticidad del Concreto.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Curva esfuerzo-deformación del concreto en compresión.....	20
Figura 2:	Efecto de la velocidad de carga en la resistencia a la compresión del concreto.....	21
Figura 3:	Módulo Tangente y Secante del Concreto	22
Figura 4:	Ubicación satelital el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”	27
Figura 5:	Ubicación satelital de la Cantera Rio Chonta “Roca Fuerte”	28
Figura 6:	Recojo de agregado de cantera.....	30
Figura 7:	Método del cuarteo para obtener la muestra más.....	30
Figura 8:	Método del cuarteo para obtener la muestra más.....	32
Figura 9:	Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Agregado Grueso.	32
Figura 10:	Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	37
Figura 11:	Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	39
Figura 12:	Peso Unitario Volumétrico Suelto y Compactado	43
Figura 13:	Cemento Portland Tipo I.....	46
Figura 14:	Aditivo Sika Acelerante Pe	47
Figura 15:	Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura,	
Figura 16:	Asentamiento V.S %Aditivo	70
Figura 17:	Peso Unitario (kg/cm ³) V.S %Aditivo.....	72
Figura 18:	Resistencia Promedio V.S Edad, con diferentes % Aditivo	74
Figura 19:	Resistencia Promedio V.S Edad, con diferentes % Aditivo	76
Figura 20:	Módulo de Elasticidad VS Edad.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

3d: 3 días de edad del concreto.

5d: 5 días de edad del concreto.

7d: 7 días de edad del concreto.

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

ACI: En inglés American Concrete Institute, instituto Americano del Concreto, es una organización de Estados Unidos de América que publica normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto reforzado.

ASTM: En inglés American Section of the International Association for Testing Materials o ASTM International es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

f'c: Resistencia en compresión especificada del concreto, utilizada por el ingeniero calculista e indicado en los planos y especificaciones de obra, se expresa comúnmente en Kg/cm².

f'cr: Resistencia en compresión promedio requerida, utilizada para la selección de las proporciones de los materiales que intervienen en la unidad cubica de concreto, se expresa comúnmente en Kg/cm².

Kg/cm²: Kilogramo por centímetro cuadrado.

Kg/m³: Kilogramo por metro cúbico.

Kg: Kilogramo.

L: Litro.

NTP: Norma Técnica Peruana.

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

α: Grado de hidratación del concreto.

PALABRAS CLAVE:

Resistencia a la Compresión a Tempranas Edades de un Concreto F'c = 300 Kg/Cm², Aditivo Sika Cem Acelerante PE

RESUMEN

El objetivo fue determinar la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a compresión a tempranas edades de un concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018, se realizó una muestra de 360 especímenes de concreto, los cuales fueron divididos en grupos para su respectivo análisis, se usó cemento Tipo I y Agua potable de la red de abastecimiento de la ciudad de Cajamarca; con dichos componentes se determinó la cantidad de materiales por metro cubico de concreto siguiendo el método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados, para lo cual se planteó un total de 4 diseños de mezcla en donde se utilizó dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% de aditivo por peso de cemento. Además, el costo que se calculó para el concreto normal fue de S/ 445.92, para el concreto con 1.5% de aditivo fue de S/.484.38, para el concreto con 2.5% de aditivo fue de S/.501.18 y para el concreto con 4.0% de Aditivo fue de S/. 531.81. Se concluyó que el mayor aumento para una edad de 3 días se logra con la dosificación de 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, el cual es similar a la resistencia que se alcanza a la edad de 7 días para la mezcla que no tiene ninguna proporción de aditivo y que el aumento con respecto del concreto normal para una edad de 7 días es de 26.10%.

ABSTRACT

The objective was to determine the influence of the SIKA CEM ACCELERANTE PE additive on the compressive strength at an early age of a concrete $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$, in the city of Cajamarca, in 2018, a sample of 360 Concrete specimens, which were divided into groups for their respective analysis, use Type I cement and potable water from the supply network of the city of Cajamarca; With these components, the quantity of materials per cubic meter of concrete was determined following the Fineness Module method of the Combination of the Aggregates, for which a total of 4 mix designs were proposed where dosages of 1.5%, 2.5% are found and 4% additive per cement weight. In addition, the cost calculated for Concrete without Additive was S / .445.92, for Concrete with 1.5% of additive it was S / .484.38, for Concrete with 2.5% of additive it was S / .501.18 and for The Concrete with 4.0% Additive was S / . 531.81. It was concluded that the greatest increase for an age of 3 days is achieved with the 4% dosage of SIKA CEM ACCELERANTE PE additive, which is similar to the resistance reached at the age of 7 days for the mixture that has no percentage of additive and that the increase with respect to normal concrete for an age of 7 days is 26.10%.

Capítulo

I

INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

En las obras de ingeniería, nos encontramos con términos como plastificantes, acelerantes, retardantes, inclusores de aire, todos ellos con referencia a los aditivos utilizados en el concreto. El avance de la tecnología en la industria de la construcción, las exigencias por obtener mejores resistencias en las estructuras de concreto han llevado a la utilización de muchos aditivos y mejorar las características de este material tanto en estado fresco como endurecido.

Los aditivos están regidos por una normativa en la que se define varios tipos y que pueden ser utilizados por sí solos o en combinación entre ellos. Esta Norma técnica es la ASTM C 494 (Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto), en la que se presenta 8 tipos o clases de aditivos y que para el caso de nuestra investigación se utilizó el aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, que según esta norma es un aditivo tipo C (aditivo acelerante).

El aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, es un aditivo líquido de acción acelerante sobre el tiempo de fraguado y resistencias mecánicas que nos facilita obtener un concreto con altas resistencias a temprana edad, reducir el tiempo de desencofrado y facilitar el rápido avance de las obras; además de colocar concreto en ambiente frío o efectuar reparaciones rápidas en todo tipo de estructuras.

Pero el problema radica en conocer ¿Cuál es la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, en la resistencia a compresión a tempranas edades de un concreto $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, y con el fin de dar solución se plantea la siguiente

hipótesis de investigación. El aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE mejorará la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ a tempranas edades en un 15%.

Teniendo el problema y la hipótesis de investigación, la presente tesis tiene como objetivo principal la determinación de la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a la compresión a tempranas edades de un concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$.

En tal sentido y con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados se elaboró un total de 4 diseños de mezcla los que fueron una mezcla patrón, la que no presentó ninguna dosificación de aditivo y 3 diseños de mezcla, los que fueron con dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento.

En estos diseños de mezcla de concreto se utilizó agregados provenientes de la cantera "Rio Chonta", a los que se le determinó sus respectivas características físicas y mecánicas de acuerdo a las normas ASTM y NTP correspondientes, así mismo el cemento utilizado fue el cemento Pacasmayo Tipo I, según la Norma Técnica NTP 334.009 (CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos).

1.2 Problema

¿Cuál es la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a compresión a tempranas edades de un concreto $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ – Cajamarca 2018?

1.3 Hipótesis

El aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE mejorará la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ a tempranas edades en un 15%.

1.4 Justificación

Nuestro estudio se justifica porque se obtendrá resultados para una mejor dosificación, al elaborar un diseño de mezcla determinado usando el aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, ya que existen límites que permite el cemento para recibir o trabajar con cierta cantidad de aditivo, ver el efecto y calidad que se obtendrá, además de verificar los beneficios económicos, lo cual evitará errores comunes en su empleo.

Por ello afirmamos que este estudio contribuirá con información técnica - practica a nuestra Alma Mather y a las instituciones que deseen buscar la mejora en las obras a construir haciendo que estas sean más resistentes y durables. También para la ciudad de Cajamarca será en beneficio a la población que requiera la utilización de este aditivo en la mezcla de concreto y puedan garantizar sus resultados requeridos.

1.5 Alcances o delimitación de la investigación

En la presente tesis de investigación nos limitaremos al estudio de la influencia que presenta en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 300$ Kg/cm², al adicionar aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en proporciones de 1.5%, 2.5% y 4% por peso de cemento.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados y cumplir con ellos, se realizó la elaboración de 4 diseños de mezcla, una mezcla Patrón, la que no presenta ninguna proporción de aditivo; y 3 diseños de mezcla con dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento. Con estos diseños se elaboró un total de 120 especímenes de concreto para cada uno, con los cuales se realizó ensayos a compresión uniaxial de acuerdo a la Norma Técnica NTP 339.034 (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas a edades de 3, 5 y 7 días con 30 especímenes de concreto para cada día. El número de especímenes a considerar para cada uno de los ensayos que es de 30 unidades, se ha determinado según lo establecido en el código ACI 318S

– 14 que manifiesta que el número mínimo para la obtención de la desviación estándar en el cálculo de la resistencia promedio será de 30 unidades.

Se desarrollará en la ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en la parte superior Oeste de la cuenca del río Cajamarca, margen izquierda del río Mashcón. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 7°09'12" de latitud sur y 78°30'57" de longitud Oeste, a una altura promedio de 2,750 m.s.n.m.

La ciudad de Cajamarca y su área de expansión urbana, se ubica sobre una topografía ondulada, configurada por zonas de laderas fuerte y suave pendiente. El entorno circundante al área urbana por el lado Oeste está conformado por estribaciones de la cordillera occidental que a la vez limitan la cuenca del río Cajamarca, cuyas altitudes van desde los 2,800 hasta los 3,400 m.s.n.m; en tanto el lado Este de la ciudad está enmarcado por la zona baja del valle. Al interior del núcleo urbano la elevación más importante es el cerro Santa Apolonia con una altitud de 2,840 m.s.n.m. Por otro lado, limitan los extremos Norte y Sur de la ciudad los cerros Cajamarcorco y Carambayo, respectivamente. La superficie actual del área urbana alcanza una extensión de 1,572.18 hectáreas. [INDECI, 2005:23]

1.6 Limitaciones

La investigación se ha realizado usando los agregados provenientes de la cantera "Río Chonta", una cantera representativa de las canteras de río existentes en la zona del valle de Cajamarca. Por lo que los resultados son aplicables para dicha cantera. La investigación se ha realizado a mediados del año 2018, por lo que la información obtenida de las Normas NTP, ASTM o recomendaciones ACI, pueden variar respecto a los próximos años, ya que están sujetas a actualizaciones constantes. Asimismo, las características de los agregados de río pueden cambiar a través del tiempo.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Determinar la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a compresión a tempranas edades de un concreto $f'c = 300$ kg/cm², en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018.

1.7.2 Objetivos Específicos

Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados a utilizar en los diseños de mezcla del concreto, en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018.

Determinar la influencia del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a compresión a tempranas edades de un concreto $f'c = 300$ Kg/cm², con dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% en peso de cemento, en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018.

Determinar el Módulo de Elasticidad, en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018.

Determinar la Resistencia a Compresión, en la ciudad de Cajamarca, en el año 2018.

Capítulo

II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

Antecedentes internacionales

Benítez (2011), en su estudio su objetivo fue el desarrollo de mezclas de concreto (concreto), más el uso del aditivo superplastificante de última generación SIKA VISCOCRETE 20 HE, basado en mezclas con bajos contenidos de cemento Pórtland Puzolánico Tipo IP (375 Kg, 350 Kg, 325 Kg, 300 Kg, 275 Kg), que logren alcanzar altas resistencias iniciales y con características fluidas. Los resultados mostraron valores favorables y mejor desempeño para el concreto (concreto) con contenidos de cemento mayores a los 325 kg/m³ tanto en los resultados de los ensayos en el concreto (concreto) fresco como endurecido, mientras que en los concretos (hormigones) con 300 y 275 kg/m³ tuvieron que necesitar mayor cantidad de agua para llegar a su performance, lo cual dificultó el éxito de las resistencias iniciales altas. Todos los diseños lograron obtener mezclas fluidas con un slump 10" y un diámetro de 50cm, obteniendo mantener la trabajabilidad en el tiempo sin afectar los tiempos de fraguado. Asimismo, se logró cumplir los objetivos planteados para desarrollar concretos (hormigones) de alta fluidez con bajos contenidos de cemento, obteniendo altas resistencias iniciales.

Antecedentes nacionales

Loayza (2012), en su investigación determinó el comportamiento del concreto cuando se utiliza el aditivo SIKA Viscocrete 3330 y el cemento Portland Tipo I. Usando agregados de cantera de la ciudad de Lima, para esto se preparó mezclas

con y sin aditivos para las relaciones agua/cemento: 0.40, 0.45 y 0.50. El aditivo en mención se empleó de acuerdo a la hoja técnica del distribuidor fabricante, siendo las dosificaciones: 0.5 %, 1% y 2 % del peso del cemento respectivamente" llegando a la conclusión que el porcentaje de 0.45 fue de alta resistencia.

Ponce (2016). En su tesis de investigación del estudio comparativo del efecto de aditivos chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del cusco. Se demuestra que al utilizar los aditivos Sika 5 y Chema Estruct en el concreto, en cualquiera de sus proporciones recomendadas por cada fabricante (mínima, media y máxima), se observa que existe un incremento de resistencia a los 3, 7 y 14 días respectivamente, El aditivo acelerante utilizado que tiene un tiempo de fragua inicial más rápido en cualquiera de sus proporciones a la cuarta hora es Sika 3.

Valle (2018). En su tesis de investigación de influencia de los tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f'c = 175$ y 210 kg/cm^2 . chachapoyas-amazonas 2016. La mayor influencia de los aditivos se obtuvo a los 7 días, alcanzando valores cercanos a la resistencia de diseño, debido a que estos son acelerantes de fraguado y aumentaron la resistencia inicial del concreto, El acelerante que mayor efecto tuvo aumentando la resistencia inicial del concreto fue el aditivo Sika R Sem Acelerante Pe, tanto para concreto $F'c = 175\text{kg/cm}^2$, así como también para concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Antecedentes locales

Torres (2013). En su investigación logró diseñar y obtener una mezcla óptima de concreto con la incorporación de 1% de aditivo SIKA RAPID 1 y obtuvo resultados tales como: menor tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto, 10.62% mayor resistencia a la compresión en comparación con un concreto normal, disminución del costo de producción del m^3 de concreto en 1.32%, el aditivo reacciona favorablemente con el cemento tipo I ASTM C 150, empleo de 1.53 bolsas menos de cemento para la resistencia especificada de diseño $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clínker, que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento. Componentes que al incorporale agua se produce una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

La combinación de agregados y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que al secarse se endurece y es precisamente esta propiedad la que lo hace atractivo para la construcción.

La mayoría de los cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos que especifica la NTP 334.009 o su equivalente, la norma ASTM C 150.

2.2.1.1. Propiedades del cemento

a) Finura o fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg .

Importancia:

- A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.
- A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

b) Peso Especifico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3 . En el laboratorio se determina por medio de:

Importancia:

- Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas.

c) Tiempo de Fraguado

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

Importancia:

- Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

d) Estabilidad de Volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %.

e) Resistencia a la Compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión.

Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm².

Se prueba a diferentes edades: 1,3,7, 28 días.

Importancia:

- Propiedad que decide la calidad de los cementos

f) Contenido de aire

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total.

Importancia:

- Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %)

g) Calor de Hidratación

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C3A y el C3S.

2.2.1.2. Tipos de cementos

En la actualidad se fabrican diferentes tipos de cemento portland para aplicaciones específicas. En el caso de nuestro país contamos con las NTP (Normativa Técnica Peruana) NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos), basada en la ASTM C 150 contemplando 5 tipos de cementos:

- **Cemento tipo I:** Apropiado para todos los usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Cemento Tipo II y Tipo II(MH):** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
- **Cemento Tipo III:** Ofrece altas resistencia a tempranas edades
- **Cemento Tipo IV:** Para lograr bajo calor de hidratación
- **Cemento Tipo V:** Se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos

2.2.1.3. Los cementos en el Perú

En el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras:

Tabla 1
Empresas cementeras en el Perú

Nombre	Ubicación
Cementos Lima S. A	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S. A. A	Pacasmayo - La Libertad
Cemento Andino S. A	Condorcocha - Tarma (Junín)
Yura S. A	Yura - Arequipa
Cemento Sur S A	Caracote - Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa - Ucayali

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.4. Usos y aplicaciones del cemento Pórtland

Cementos Pórtland sin adición

- **Tipo I:** Su empleo en concreto incluye pavimentos, pisos, puentes, tanques, embalses, tuberías, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado entre otras cosas.

- **Tipo II:** Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, estructuras de drenaje, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.
- **Tipo III:** Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ejm: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.
- **Tipo IV:** Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y en estructuras de concreto masivo donde la alta temperatura deriva del calor generado durante el endurecimiento y este deba ser minimizado.
- **Tipo V:** Se utiliza para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos.

2.2.2. El agua para el concreto.

2.2.2.1. Conceptos generales

Rivva (2000) Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

2.2.2.2. Requisitos de calidad.

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y puede ser de preferencia, potable. No existen criterios uniformes cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

Tabla 2*Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto*

Descripción	Límite Permissible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
Ph	Mayor a 7
Solidos de suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Pasquel, 2010

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utilizan aguas no potables, la calidad de agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la suspensión.

2.2.3. Agregados

Rivva (2000), define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cubica de concreto.

2.2.3.1. Clasificación

Podemos clasificar a los agregados de la siguiente manera:

- a. El agregado fino**, se define a todo agregado menor a 4,75 mm es un agregado fino (arena) es decir, como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200.

- b. El agregado grueso**, es aquel que queda retenido 100% en el tamiz N°4 o superior, se obtiene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

2.2.3.2. Funciones del agregado

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Una de las funciones de los agregados es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra al unir con la pasta (cemento y agua).

- Proporciona una masa de partículas a la pasta, que la hace consistente capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Disminuir la modificación de cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

2.2.3.3. Propiedades del Agregado

A. Propiedades físicas

a) Densidad

La densidad es una propiedad física de los agregados y está definida por la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada, lo que significa que depende directamente de las características del grano de agregado.

b) Porosidad

Espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

c) Peso Unitario

El ASTM C 29 define al peso unitario de los agregados como la masa de un volumen unitario de agregado, en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre las partículas, es decir dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa.

d) Porcentaje de Vacíos

Es la cantidad de espacios existentes entre partículas del agregado expresado en porcentaje, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del

peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29

$$\% \text{ vacios} = \frac{(S * W - P.U.C)}{S * W} * 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

e) Humedad

Es la relación del peso del agua contenida en el agregado dividido entre el peso del agregado seco por cien:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{peso natural} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}} * 100$$

B. Propiedades mecánicas.

a) Resistencia

La resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

b) Tenacidad

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

c) Dureza

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

d) Módulo de elasticidad

Es una medida de la resistencia del material a las deformaciones, el valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

2.2.4. Aditivo

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento.

Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades NTP, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.
- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

2.2.4.1. Razones de empleo

Las razones principales para el uso de aditivos son:

- Reducción del costo de la construcción de concreto.
- Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que otras.

- Mantenimiento de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado (colocación) y curado en condiciones de clima adverso.
- Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

2.2.4.2. Clasificación de aditivos

Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones, de acuerdo a la norma ASTM C 494:

- Tipo A: Aditivos reductores de agua.
- Tipo B: Aditivos retardadores (retardantes).
- Tipo C: Aditivos aceleradores (acelerantes).
- Tipo D: Aditivos reductores de agua y retardantes.
- Tipo E: Aditivos reductores de agua y acelerantes.
- Tipo F: Aditivos reductores de agua de alto rango.
- Tipo G: Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes.

2.2.5. Concreto

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, finalmente se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

La mezcla de los componentes del concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. (Rivva, 2000).

2.2.5.1. Importancia del concreto

Rivva (2000), Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso, sin embargo, si bien en su calidad final depende en forma importante del conocimiento profundo del

material, así como del profesional, las posibilidades de uso del concreto son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizados para una amplia variedad de propósitos.

2.2.5.2. Ingredientes del concreto

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso) y agua. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable.

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

2.2.5.3. Requisitos de las mezclas

A.M. Neville (1981) menciona que, en la selección de las proporciones de las mezclas de concreto, se debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- a) Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas en función de la estructura para las condiciones de servicio y exposición a que quedara sometida.
- b) Las propiedades del concreto fresco están regidas por el uso al que esta destinado el concreto (tipo de construcción) y por las condiciones esperadas al momento de su colocación (técnicas de vaciado y transporte).
- c) El costo de producción del concreto y el grado del control de calidad que se adelante en el sitio de trabajo.

2.2.5.4. Hidratación del concreto

a) Hidratación

La calidad de unión (adhesión, adherencia) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación.

b) Curado

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

2.2.5.5. Propiedades del concreto

2.2.5.5.1. En estado fresco

El concreto recién mezclado (amasado) debe ser plástico o semifluido y generalmente capaz de ser moldeado a mano hasta que fragua el cemento.

a) Manejabilidad

Es aquella propiedad del concreto mediante el cual se determina su capacidad para ser colocado y consolidado apropiadamente, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

b) Consistencia.

Esta propiedad del concreto se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan seca o fluida es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo que se dice que es el grado de humedad de la mezcla.

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tabla 3
Consistencia / Asentamiento

Consistencia	Asentamiento (cm)
seca	1"-2" (2.5cm-5.0cm)
plástica	3"-4" (7.5cm-10.0cm)
fluida	6"-7" (15.0cm-17.5cm)

Fuente: Rivva, 2010

2.2.5.5.2. En estado endurecido

a) Resistencia a compresión.

Para evaluar su resistencia a compresión del concreto es mediante pruebas mecánicas que son destructivas, para lo cual se toman las muestras y se hacen especímenes para fallar.

Esfuerzo por compresión en cilindros de concreto: El objetivo de este ensayo es la determinación de la capacidad de carga del concreto a una edad determinada, mediante la aplicación de una fuerza axial a un elemento de dimensiones conocidas (probetas cilíndricas estandarizadas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura), basándose en la norma ASTM-C39-01.

b) Módulo de Elasticidad del Concreto.

El Módulo de elasticidad estático del concreto se determina a través de la prueba estándar de compresión definida en la Norma ASTM C 469, preparando especímenes cilíndricos de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, los cuales son sometidos a una carga axial incrementada gradualmente hasta que el cilindro del concreto falla, las deformaciones transversales y longitudinales son medidas continuamente durante la aplicación de la carga incremental (Balendran,1995). Este módulo describe la rigidez relativa de un material.

2.2.5.5.3. Relación de esfuerzo-deformación del Esfuerzo a compresión

Según Harmsen (2005), en la figura 1, se muestran curvas esfuerzo-deformación para concretos normales de diversas resistencias a la compresión. Las gráficas tienen una rama ascendente casi lineal cuya pendiente varía de acuerdo a la resistencia y se extiende hasta aproximadamente $1/3$ a $1/2$ de f_c . Posteriormente adoptan la forma de una parábola invertida cuyo vértice corresponde al esfuerzo máximo en compresión. La deformación correspondiente a este punto es mayor para los concretos más resistentes. Sin embargo, para los de menor resistencia es casi constante e igual 0.002. La rama

descendente de las gráficas tiene una longitud y pendiente que varía de acuerdo al tipo de concreto. Para concretos de resistencias bajas tiende a tener menor pendiente y mayor longitud que para concretos de resistencias mayores. De ello se deduce que los concretos menos resistentes son los más dúctiles.

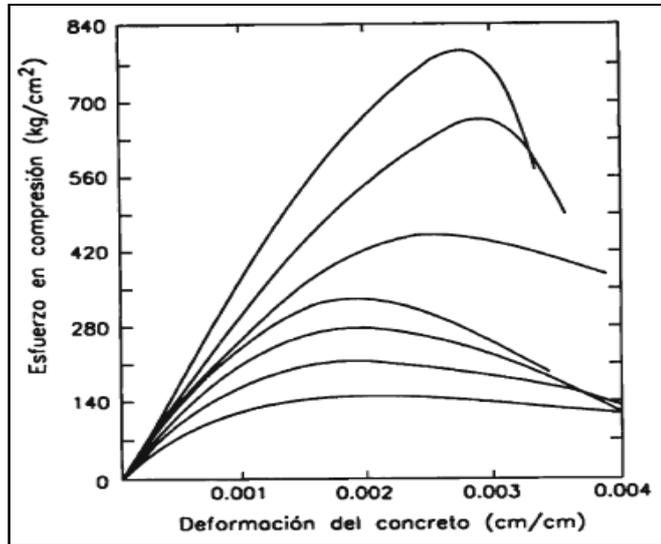


Figura 1: Curva esfuerzo-deformación del concreto en compresión.
Fuente: Harmsen, 2005.

La curva esfuerzo-deformación del concreto varía de acuerdo a la velocidad de aplicación de la carga como se muestra en la figura 2 Si ésta se incrementa a un ritmo mayor, la resistencia máxima obtenida es mayor que si la carga se incrementa a razón menor. Este efecto debe tenerse presente cuando se analice los resultados de las pruebas estándar elaboradas en el laboratorio.

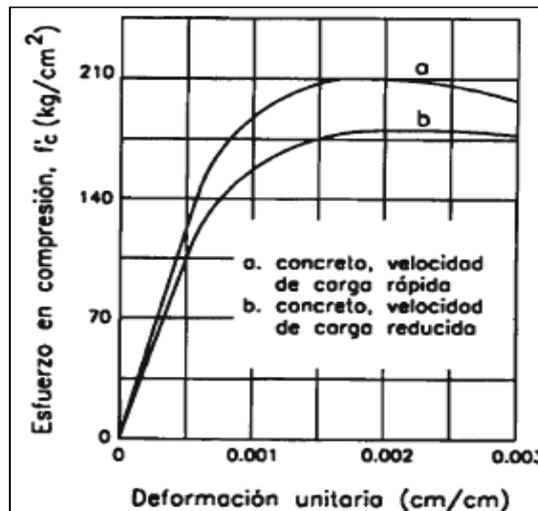


Figura 2: Efecto de la velocidad de carga en la resistencia a la compresión del concreto

Fuente: Harmsen, 2005.

El módulo de elasticidad de un material es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico. Es función del ángulo de la línea esfuerzo – deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación. Por lo anterior, ha sido necesario definir términos como módulo secante y módulo tangente en un intento por convenir un valor para el módulo de elasticidad del concreto.

El módulo tangente se define como la pendiente de la recta tangente a la curva esfuerzo-deformación en un punto de ella. En particular, el módulo tangente que corresponde al esfuerzo nulo se denomina módulo tangente inicial. La determinación de este parámetro es difícil pues la recta tangente en el origen no está bien definida. Por su parte, el módulo secante es la pendiente de una recta secante a la curva, que une el punto de esfuerzo cero con otro cualquiera de la curva.

El módulo secante es más fácil de determinar que el módulo tangente, por ello, es el más utilizado (Figura 3).

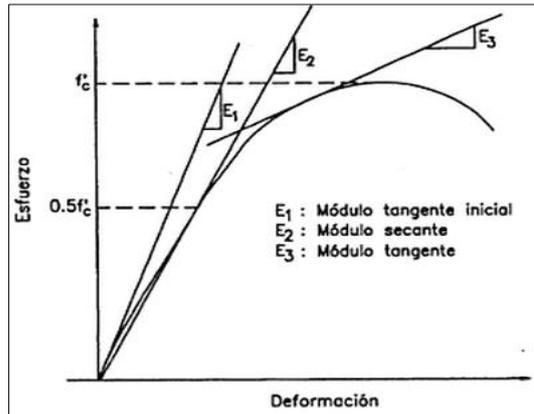


Figura 3: Módulo Tangente y Secante del Concreto
Fuente: Harmsen, 2005.

Para definir el módulo de elasticidad del concreto, el ACI emplea el concepto de módulo secante y propone en el reglamento ACI 318 y en la Norma Técnica E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones la siguiente fórmula:

$$EC = 0.14 \times w (1.5) \sqrt{f'c} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dónde:

EC: Módulo de Elasticidad del concreto

W: Peso Unitario del concreto en Kg/m³, solo para valores dentro de 1440 y 2480 Kg/m³

f'c: Resistencia a compresión del concreto en Kg/m²

2.2.5.6. Ajuste de las proporciones

Según Rivva (2010), Finalizado el diseño de una mezcla de concreto, las proporciones calculadas para la unidad cúbica de concreto deberán ser comprobadas por medio de mezclas de prueba preparadas en el laboratorio y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASTM C 192.

En la preparación de las mezclas de prueba, se deberá emplear la cantidad de agua necesaria para obtener la trabajabilidad y asentamiento requeridos, según lo que se consideró en las condiciones que debería cumplir el concreto en estado fresco; Independientemente de si dicha cantidad de agua corresponde al volumen teórico.

Efectuado el paso anterior, la obtención del asentamiento deseado, deberá comprobarse el peso unitario y rendimiento de la unidad cúbica de concreto, siguiendo las indicaciones de la Norma ASTM C 138, Adicionalmente a la comprobación de la trabajabilidad, se deberá verificar que no existe segregación, así también, que el concreto posea las propiedades de acabado que se requiera.

2.2.6. Definición de Términos Básicos.

- **Absorción de agua:** (1) el proceso por el cual el agua tiende a llenar los poros permeables en un sólido poroso. (2) la cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones especificadas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo.
- **Aditivo:** material, que no sea agua, agregado y cemento hidráulico, usado como ingrediente del concreto, y adicionado a la amasada inmediatamente antes o durante el mezclado.
- **Aditivo Acelerador (acelerante):** aditivo que acelera la velocidad de hidratación del cemento hidráulico, disminuyendo el tiempo normal del inicio del fraguado o aumentando la velocidad de endurecimiento, de desarrollo de resistencia o ambas, del concreto.
- **Agregado:** material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita.
- **Agregado fino:** agregado que pasa por el tamiz 9.5 mm, pasa casi totalmente por el tamiz de 4.75mm (No.4) y se retiene predominantemente en el tamiz de 75 mm (no. 200).
- **Agregado grueso:** grava natural, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, frecuentemente mayor que 5 mm y cuyo tamaño normalmente varía entre 9.5 mm y 37.5 mm.
- **Cemento portland:** cemento hidráulico de silicato de calcio que se produce por la pulverización del clínker de cemento portland y normalmente también contiene sulfato de calcio y otros compuestos.

- **Concreto:** mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos.
- **Consistencia:** movilidad relativa o habilidad para fluir del concreto.
- **Curado:** proceso, a través del cual se mantienen el concreto, en la condición húmeda y a una temperatura favorable, por el periodo de tiempo de sus primeras etapas, a fin de que se desarrollen las propiedades deseadas del material. El curado garantiza la hidratación y el endurecimiento satisfactorios de los materiales cementantes.
- **Densidad:** masa por unidad de volumen, peso por unidad de volumen al aire, expresos, por ejemplo, en kg/m³.
- **Dosificación:** proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una amasada de concreto.
- **Durabilidad:** habilidad del concreto, mortero, groute o revoque de cemento portland de resistir a la acción de las intemperies y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión.
- **Fraguado:** grado en el cual el concreto fresco perdió su plasticidad y se endurece.
- **Granulometría (gradación):** distribución del tamaño de las partículas de agregado, que se determina por la separación a través de tamices normalizados.
- **Hidratación:** es la reacción entre el cemento hidráulico y el agua, a través de la cual se forman nuevos compuestos que confieren resistencia al concreto.
- **Módulo de elasticidad:** relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young y módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E.

- **Módulo de finura (MF):** factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.
- **Relación agua-cemento (a/c):** relación de la masa de agua por la masa de cemento en el concreto.
- **Resistencia a compresión:** resistencia máxima que una probeta de concreto, puede sostener, cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.² o psi).
- **Trabajabilidad:** es la propiedad del concreto fresco que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado.

Capítulo

III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Método

3.1.1. Metodología de la investigación

a. Diseño de la investigación.

El diseño de investigación de esta tesis, es experimental con intervención, porque se orientó a elaborar una propuesta en el uso del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, para obtener mejoras en la resistencia del concreto a tempranas edades.

b. Enfoque de la investigación.

Dado que busca verificar la hipótesis previamente establecida, así como los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo.

c. Nivel o alcance de investigación.

La línea de investigación o grado de conocimiento es explicativa, porque permite determinar las causas, como los efectos, verifica la hipótesis.

d. Variables

- Independiente.
 - ✓ Aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE.
- Dependiente.
 - ✓ Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=300$ kg/cm²

e. Población.

La unidad de análisis de esta investigación se denominó “especimen de concreto”, que es la denominación técnica correcta, sin embargo,

suele llamarse comúnmente “probeta”. En consecuencia, la población de estudio fue el conjunto de especímenes de concreto de $f'c=300$ Kg/cm².

f. Muestra

Para la elección de la muestra se tomó 360 especímenes de concreto para su respectivo análisis, los cuales fueron divididos en grupos para su respectivo análisis.

3.1.2. Localización

La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca; en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”. de la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería.

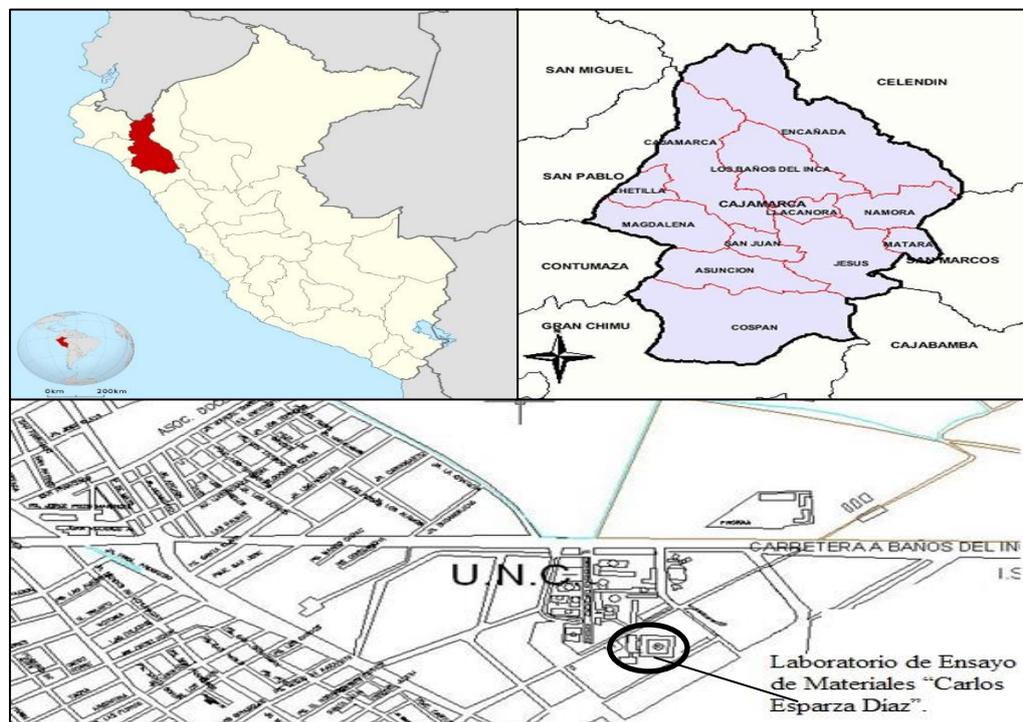


Figura 4:Ubicación satelital el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”.

3.2. La Cantera de estudio

3.2.1. Ubicación

Los agregados fueron extraídos del río Chonta, Sector Otuzco, para ser procesados en la Planta de Chancado "Roca Fuerte" del Ing. José Ernesto

Acosta Gálvez (Ingeniero Contratista), ubicada en Jr. Cahuide N° 340 - Los Baños del Inca – Cajamarca (Malecón del Chonta S/N- Sector Las Cacitas) con coordenadas UTM: 9 207 549-N y 779 664-E y una altitud de 2662 msnm.

3.2.2. Geología del lugar:

La cantera está constituida por grandes acumulaciones de material fluvial, acumulado en ambas márgenes del río Chonta, formando terrazas discontinuas de aproximadamente 0.90 m. de potencia. El material se caracteriza por su litología consistente en cantos rodados de formas ovoides demostrando haber recorrido una gran distancia y haberse sujetado al fenómeno de fricción que generalmente favorece la forma redondeada de los fragmentos rocosos. Generalmente se halla constituida de calizas, traquitas, areniscas, tufos volcánicos, andesitas entre otros.

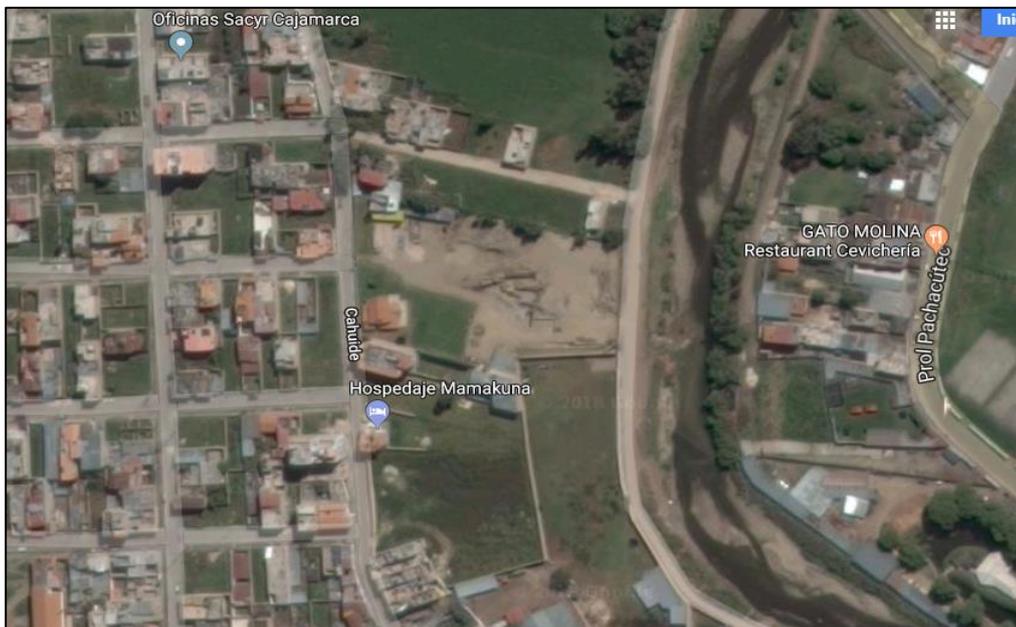


Figura 5:Ubicación satelital de la Cantera Rio Chonta “Roca Fuerte”.

3.2.3. Obtención por muestreo y transporte al laboratorio de los agregados de estudio de la cantera.

Para la obtención del agregado fino y grueso de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la *Norma ASTM D75* – “*Muestreo de agregados*”, donde describe que para la obtención de agregados almacenados en pilas se debe seguir los siguientes pasos:

- ✓ Para agregado grueso, tomar la muestra en tres lugares, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo de la pila.
- ✓ Para agregado fino, es necesario tomar la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios.

3.3. Estudio de las características Físicas de los agregados para el concreto

Los agregados representan en el concreto un componente fundamental ya que de su calidad y características depende la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, así como su comportamiento estructural.

El estudio de las características físicas es indispensable para poder realizar el diseño de mezclas del concreto. Así mismo, es necesario estudiar las propiedades físicas de los agregados para poder verificar si cumplen con los límites permisibles fijados en las normas ASTM o NTP, referentes a la clasificación de agregados para el concreto.

3.3.1. Simplificación de muestras de agregados a tamaño de ensayo

Las muestras de los agregados deben tener un tamaño apropiado para emplear las técnicas de ensayos, así mismo estas muestras deben ser lo más representativas posibles, por lo que, se utilizó el método del Cuarteo, descrito en la norma ASTM C 702 o NTP 400.043, con el cual se obtuvo los tamaños de muestra para cada ensayo y se minimizó las variaciones de las características entre las muestras.

Se tomó las masas tomando en cuenta el tipo y la cantidad de ensayos a realizarse, así mismo se previno la contaminación y pérdidas de las muestras, transportando y almacenando estas en sacos de plástico en buen estado, para mantener en lo posible las características tal como se obtuvo en la cantera, y después de haber sido lavados.

Procedimiento empleado: Se colocó la muestra en una superficie firme y nivelada, se mezcló completamente el material, mediante volteo de la muestra más de tres veces, formado en el último volteo una pila cónica, se aplanó con la palana a un espesor y diámetro uniforme, se dividió la masa en cuatro cuadrantes iguales con la ayuda de una cuchara metálica y se removió dos cuadrantes diagonalmente

opuestos, incluyendo todo material fino. Luego se mezcló y cuarteó el material sobrante hasta reducir la muestra al tamaño deseado.



Figura 6: Recojo de agregado de cantera.



Figura 7: Método del cuarteo para obtener la muestra más representativa del agregado fino.

3.3.2. Granulometría

3.3.2.1. Granulometría del agregado fino

El agregado fino debe tener una granulometría graduada dentro de los límites indicados en las Normas *ASTM C33* ó *NTP 400.037*. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100 de la Serie Tyler¹, Se recomienda para el agregado los siguientes límites.

¹ La serie Tyler es una de las serie de tamices normalizada más usada en la determinación del tamaño de partículas. Para realizar el análisis por tamizado, los tamices se colocan apilados uno sobre otro, con el tamiz con

Tabla 1*Límites granulométricos para el agregado fino*

Malla	Porcentaje que pasa
3/8" (9.50 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 a 100
N°8 (2.36 mm)	80 a 100
N°16 (1.18 mm)	50 a 85
N°30 (600 micrones)	25 a 60
N°50 (300 micrones)	10 a 30
N°100 (150 micrones)	2 a 10

Fuente: Pasquel, 2010

3.3.2.2. Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas *NTP 400.037* o *ASTM C 33*. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4". Se optó por tomar el huso *N° 56 de la A.S.T.M.* como muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2*Límites granulométricos para el agregado grueso*

N° A.S.T.M	TN	% Que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16	
5	1" a ½"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	
56	1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	
57	1" a N°4	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	

Fuente: Pasquel, 2010

abertura mayor arriba y progresivamente disminuyendo su tamaño, hasta llegar al tamiz inferior de menor abertura y bajo el cual se coloca un tamiz recipiente llamado colector.



Figura 8: Método del cuarteo para obtener la muestra más representativa del Agregado grueso.



Figura 9: Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Agregado Grueso.

3.3.2.3. Análisis Granulométrico de los agregados

Es el estudio de la proporción en que se encuentran los distintos tamaños de las partículas de dicho agregado, lo que se determina mediante tamizado a través de varias mallas o tamices de diferentes aberturas. Las granulometrías se expresan en términos de los porcentajes que pasan de material por cada tamiz utilizado respecto al total de material utilizado en el análisis.

Las curvas granulométricas se acostumbra dibujarlas en gráfico en que las abscisas (eje de las X) indican las aberturas de los tamices y en las ordenadas (ejes de las Y) se indican los porcentajes correspondientes a cada tamaño, Este análisis de la granulometría de los agregados fino y grueso, se realizó de acuerdo a la norma *ASTM C 136* o *NTP 400.012*.

Los cálculos y resultados de estos análisis se presentan en las tablas del Anexo I.

3.3.3. Módulo de fineza

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de Proporcionamiento de mezclas.

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario cubrir con pasta.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

Pudiendo obtenerse con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, éste no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado.

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N.º 4; N.º 8; N.º 16; N.º 30; N.º 50; y N.º 100, divididas entre 100.

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales.

Los cálculos y resultados de los módulos de fineza del agregado fino se presentan en el Anexo I, en los ítems ANEXO I.1.1, ANEXO I.1.2. Y ANEXO I.1.3.

3.3.4. Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso

El tamaño máximo del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y, generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% o más de material acumulado retenido.

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

De acuerdo a la Norma *NTP 400.037* el tamaño máximo nominal del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de los tres tipos de agregado grueso fue de 3/4", como se puede observar en el análisis granulométrico en el Anexo I, en los ítems *ANEXO I.2.1, ANEXO I.2.2. Y ANEXO I.2.3.*

3.3.5. Peso específico y absorción

Según el Sistema Internacional de Unidades, la expresión correcta es "Densidad", Pero se toma la expresión de "Peso específico" ya que en la NPT 400.022 se define a éste como: "...La relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas."

Otras definiciones que se sugieren en la presente norma son:

Peso específico aparente: es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Peso específico de masa: es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa saturado superficialmente seco: es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

3.3.5.1. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino

En la norma *NTP 400.022* establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino; También establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

a) Ensayo de humedad superficial

Consiste en sujetar un molde en forma de cono sobre una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo; luego se coloca una cantidad de agregado fino que anteriormente fue secado con la secadora.

Compactamos con 8 golpes suaves con el pisón metálico especial que puede penetrar por el diámetro menor de este cono, seguidamente volvemos a colocar una cantidad de este agregado y volvemos a compactar con 8 suaves golpes, finalmente llenamos el cono hasta rebalsar y volvemos a compactar con 9 golpes, despojar el desprendimiento de arena de la base de tal modo que la superficie quede limpia.

Alzar el cono verticalmente: si todavía hay humedad superficial presente el agregado fino retendrá la forma del cono pero si por el contrario la muestra se disgrega levemente o se corta la

muestra se encuentra en estado saturado superficialmente seco (SSS)

b) Ensayo de determinación del peso específico y absorción del agregado fino (Procedimiento gravimétrico)

Procedimiento realizado:

1. Llenar parcialmente el picnómetro con agua, introducir dentro del picnómetro 500 ± 10 gr de la muestra en estado saturado superficialmente seca (SSS), y llenar con agua adicional aproximadamente 90% de su capacidad.
2. Invertir y agitar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire por unos 15 a 20 minutos.
3. Llenar el picnómetro hasta la marca de calibración.
4. Después eliminar las burbujas, ajustar la temperatura del picnómetro a ± 2°C.
5. Determinar la masa total del picnómetro, espécimen y agua.
6. Remover el agregado fino del picnómetro, secar a masa constante a una temperatura de 110 ± 5°C y determinar la masa.
7. Determinar la masa del picnómetro lleno y esta capacidad calibrada con agua a ± 2°C.

Fórmulas empleadas:

Peso específico de masa:

$$Pe = \frac{W_0}{V - V_a} \dots \dots \dots (3.1)$$

Peso específico de masa saturada SS:

$$P_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \dots \dots \dots (3.2)$$

Peso específico aparente:

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Porcentaje de absorción:

$$Ab = \left(\frac{500 - W_0}{W_0} \right) * 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

Dónde:

W_0 : *Peso en el aire de la muestra seca en la mufla (gr).*

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

V : *Volumen del frasco en cm³*

Los cálculos y resultados de los pesos específicos y absorción del agregado fino se presentan en el *Anexo III*



Figura 10: Peso específico y absorción del agregado fino

3.3.5.2. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso

En la norma *NTP 400.021* establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado grueso; También establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Preparación de la muestra

La muestra a utilizarse tendrá que ser seleccionada de manera correcta. Se debe rechazar todo el material pasante de la malla N° 04 lavando o removiendo todo el polvo u otros recubrimientos de la superficie. Si el material contiene una cantidad significativa de agregado fino pues entonces en vez de usarse la malla 04 se usará la malla N° 08.

Procedimiento realizado:

1. Secar la muestra de ensayo en la mufla una temperatura de 110 °C durante 24 horas. Después del tiempo cumplido retirar

y dejar enfriar a temperatura ambiente por un lapso de 1 a 2 horas.

2. Saturar el agregado en agua a una temperatura ambiente por un lapso de 24 horas.
3. Retirar la muestra de agregado grueso del agua, extender una franela en una superficie lisa y horizontal y sobre esta vaciar la muestra hasta que la película visible de agua desaparezca de la superficie de todas las partículas, obteniéndose el estado saturado superficialmente seco (SSS).
4. Determinar la masa de la muestra en el aire en su estado saturado superficialmente seco.
5. Colocar la muestra en la canastilla y determinar la masa aparente de la muestra sumergida en el agua en su estado saturado superficialmente seco. Removiendo las partículas en el agua para que escape el aire atrapado.
6. Secar la muestra de ensayo hasta masa constante a una temperatura de 110°C enfriar y determinar el peso en el aire de la muestra seca al horno (W_o).

Fórmulas empleadas:

Peso específico de masa:

$$Pe = \frac{A}{B - C} \dots \dots \dots (3.5)$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca:

$$Pea = \frac{B}{B - C} \dots \dots \dots (3.6)$$

Peso específico aparente:

$$Pea = \frac{A}{A - C} \dots \dots \dots (3.7)$$

Porcentaje de absorción:

$$Ab = \left(\frac{B - A}{A} \right) * 100 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dónde:

A: Peso en el aire de la muestra seca en el horno.

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Los cálculos y resultados de los pesos específicos y absorción del de agregado grueso se presentan en el *Anexo III*



Figura 11: Peso específico y absorción del agregado grueso

3.3.6. Contenido de Humedad

En la norma *NTP 400.010* se establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporciónamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

Fórmula empleada:

$$W\% = \left(\frac{P_h - P_s}{P_s} \right) * 100 \dots \dots \dots (3.9)$$

Dónde:

P_h : *Peso húmedo de la muestra.*

P_s : *Peso seco de la muestra*

Los cálculos y resultados de los ensayos de humedad de los agregados fino y grueso se presentan en los cuadros del *Anexo III*

3.3.7. Peso unitario volumétrico

Según *Rivva (2004)*, se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material.

El peso unitario está influenciado por: su gravedad específica, su granulometría, su perfil y textura superficial, su condición de humedad y su grado de compactación de masa.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario.

Las granulometrías sin deficiencias o exceso de un tamaño dado generalmente tienen un peso unitario más alto que aquellas en las que hay preponderancia de un tamaño dado en relación a los otros.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría.

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 2200 y 2400 kg/m³, generalmente varía entre 1500 y 1700 kg/m³.

3.3.7.1. Ensayo para la determinación del peso unitario volumétrico suelto

Es el peso que tendría el aglomerante al ocupar un recipiente de volumen conocido en estado suelto. Este peso considera los vacíos entre las partículas del material.

Procedimiento Realizado:

1. Secar una cantidad de agregado que abarque en su totalidad un determinado recipiente, en la mufla durante 24 horas a una temperatura promedio de 110 °C.
2. Luego de haber sacado la muestra de la mufla por haber cumplido el tiempo requerido, se llena el recipiente con una pala dejándolo caer desde una altura aproximada de 5 cm de la parte superior.

3. Una vez lleno el recipiente, Se nivela la capa superficial del agregado en forma manual utilizando la varilla, de manera de enrasarla con el borde superior del recipiente.
4. Se determina la masa del recipiente más su contenido de agregado y se registra este valor.
5. Determinación del volumen real del recipiente: Debido a la irregularidad de la superficie interior del recipiente para obtener su volumen, lo hacemos determinando el volumen de agua en el recipiente; se llena el recipiente con una cantidad de agua que se encuentre aproximadamente a 16 °C y pesamos el recipiente con el agua; por lo que consideraremos un valor de 999.03 para el Peso específico del Agua a 16 °C.

Fórmulas empleadas:

Determinación del volumen real del recipiente:

$$\text{Vol recipiente} = \frac{\text{Peso de H}_2\text{O en el recipiente}}{\text{P específico H}_2\text{O a 16 °C}} \dots \dots \dots (3.12)$$

Determinación del P.U.V. compactado y suelto:

$$\text{P. U. V compactado} = \frac{\text{peso de la muestra suelta}}{\text{Vol. recipiente}} \dots \dots \dots (3.13)$$

Los cálculos y resultados de los ensayos de peso unitario suelto de los agregados fino y grueso se presentan en el Anexo IV, ítems ANEXO IV.1. y ANEXO IV.2.

3.3.7.2. Ensayo para la determinación del peso unitario volumétrico compactado

Es el peso que tendría el aglomerante al ocupar un recipiente de volumen conocido en estado compactado. Este peso considera los vacíos entre las partículas del material.

Procedimiento realizado:

- 1) Secar una cantidad de agregado grueso que abarque en su totalidad un determinado recipiente, en la mufla durante 24 horas a una temperatura promedio de 110 °C.
- 2) Luego de haber sacado la muestra de la mufla por haber cumplido el tiempo requerido, se llena con esta muestra hasta 1/3 de su capacidad y se compacta con una varilla con 25 golpes.
- 3) Se continúa llenando hasta la 2/3 de su capacidad y se compacta esta segunda capa con 25 golpes de varilla, sin penetrar en la capa previa ya compactada.
- 4) Finalmente, se vuelve a llenar el recipiente hasta que desborde y se compacta con 25 golpes de la varilla, sin penetrar en la capa previa ya compactada.
- 5) Se nivela la capa superficial del agregado en forma manual utilizando la varilla, de manera de enrasarla con el borde superior del recipiente.
- 6) Se determina la masa del recipiente más su contenido de agregado grueso y se registra este valor.
- 7) Determinación del volumen real del recipiente: Debido a la irregularidad de la superficie interior del recipiente para obtener su volumen, lo hacemos determinando el volumen de agua en el recipiente; se llena el recipiente con una cantidad de agua que se encuentre aproximadamente a 16 °C y pesamos el recipiente con el agua; por lo que consideraremos un valor de 999.03 para el Peso específico del Agua a 16 °C.

Fórmulas empleadas:

Determinación del volumen real del recipiente:

$$\text{Vol recipiente} = \frac{\text{Peso de H}_2\text{O en el recipiente}}{\text{P específico H}_2\text{O a 16 °C}} \dots \dots \dots (3.10)$$

Determinación del P.U.V. compactado y suelto:

$$\text{P. U. V compactado} = \frac{\text{peso de la muestra compactada}}{\text{Vol.recipiente}} \dots \dots \dots (3.11)$$

Los cálculos y resultados de los ensayos de peso unitario compactado de los agregados fino y grueso se presentan en el Anexo IV, ítems ANEXO IV.3. Y ANEXO IV.4.



Figura 12: Peso Unitario Volumétrico Suelto y Compactado de los Agregados

3.3.8. Ensayo para determinar la cantidad de material que pasa la malla N° 200 (MMF)

En la norma *NTP 400.018* o *ASTM C117*, se establecen los procedimientos para determinar por vía húmeda el contenido de material que pasa el tamiz N°200 en el agregado.

Procedimiento realizado:

El procedimiento de ensayo consiste en lavar una muestra de agregado y pasar el agua de lavado a través del tamiz N° 200. La pérdida de masa resultante del lavado se calcula como un porcentaje de la masa de la muestra original y es expresada como la cantidad de material que pasa la malla N° 200.

Los cálculos y resultados de los ensayos de material que pasa la malla N° 200 de los tres tipos de agregado fino y grueso se presentan en los cuadros del *Anexo V*.

3.3.9. Desgaste o Abrasión

En la mayoría de las normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión, siendo la más generalizada el denominado Ensayo de Los Ángeles, el cual fundamentalmente consiste en colocar una muestra de agregado con granulometría especificada en un cilindro rotatorio horizontal, conjuntamente con un número de bolas de

acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas. El porcentaje de material fragmentado constituye un indicador de calidad.

El Ensayo de Los Ángeles está normalizado por el ASTM, existiendo dos métodos de ensayo que corresponden a agregados gruesos mayores de 3/4", que comprenden tamaños hasta de 3"; y para agregados menores de 1 1/2". El ASTM clasifica a estas *Normas como C 535 y C 131*.

El agregado que va a ser empleado en concretos para pavimentos, pisos o estructuras sometidas a abrasión y/o erosión no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a las Normas ASTM indicadas o a las *Normas NTP 400.019 ó 400.020*

3.3.9.1. Ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño, por medio de la Máquina de los Ángeles.

Procedimiento:

- ✓ Secar la muestra en un horno hasta obtener un peso constante
- ✓ La muestra debe cumplir una de las siguientes gradaciones:

Tabla 3
Pesos de muestra según gradaciones

Pasa	Tamices Retiene en	Peso de los tamaños indicados (gr.)			
		A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25	-	-	-
1"	3/4"	1250 ± 25	-	-	-
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
3/8"	1/4"	-	-	2500 ± 10	-
1/4"	N°4	-	-	2500 ± 10	-
N°4	N°8	-	-	-	5000 ± 10
Total:	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Pasquel, 2010

- ✓ Anotar el peso de la muestra antes del ensayo

- ✓ Colocar la muestra y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y rotarla a una velocidad de 30 r.p.m. a 33 r.p.m. durante 500 revoluciones.
- ✓ Realizar la separación preliminar en un tamiz mayor que el N° 12.
- ✓ Tamizar la Proción más fina en el tamiz N°12
- ✓ Lavar el material más grueso que el tamiz N°12, secarlo y pesarlo.

Fórmula empleada:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(\text{Peso}_{original} - \text{Peso}_{final}) \times 100}{\text{Peso}_{original}} \dots \dots \dots (3.14)$$

3.3.9.2. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño, por medio de la Máquina de los Ángeles.

Se determinó que el agregado grueso tubo un porcentaje de desgaste de 29.12%, que cumpliría con lo indicado en la norma, para este cálculo se utilizó el método de gradación A.

3.4. El cemento utilizado.

El cemento que se empleó para elaborar el concreto de estudio fue Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas *NTP 334.009* y *ASTM C 150*.

a) Propiedades

- Mayores resistencias iniciales
- Menores tiempos de fraguado

b) Aplicaciones

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados

-Pavimentos y cimentaciones



Figura 13: Cemento Portland Tipo I
Fuente: Pacasmayo, 2019

En el *Anexo IX* se presenta la ficha técnica del Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.5. Aditivo Sika Cem Acelerante Pe

El aditivo que se empleó para elaborar los tratamientos de concreto de estudio fue Sika Cem Acelerante PE que es un acelerante de fragua y resistencias a temprana edad, para mezclas de concreto y mortero, En el mercado se pueden encontrar acelerantes que tengan solo uno de los efectos, o ambos a la vez. Los tipos de aditivos están regidos por la norma ASTM C494, tipo c.

a) Propiedades

- Reduce los tiempos de desencofrado.
- Se obtiene resistencia más alta a temprana edad.
- Pronto uso de estructuras nuevas.
- Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
- Contrarrestar el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la elaboración de prefabricados.



Figura 14: Aditivo Sika Acelerante Pe
Fuente: Sika, 2019

En el Anexo X se presenta la ficha técnica del Aditivo Sika Cem Acelerante Pe.

3.6. El Agua potable de La Ciudad Universitaria de la UNC.

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue el agua potable del campus de la UNC, siendo esta también el agua potable de la ciudad de Cajamarca, por lo cual debería cumplir con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el *DS N° 031-2010-SA*; por lo cual al mismo tiempo cumplirían los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma *NTP 339.088*.

3.7. Procedimiento de diseño de mezclas

3.7.1. Especificaciones del concreto considerados para el diseño de mezclas

Las características del concreto han de ser función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada (*Rivva, 2010*).

Para la elaboración del diseño de mezclas para los especímenes cilíndricos de concreto se consideró tener los siguientes requerimientos en el estado endurecido y no endurecido:

3.7.1.1. La trabajabilidad especificada

Para la elaboración y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró que el concreto no endurecido, presente una trabajabilidad óptima, evitando tener un perfil sobre gravoso o sobre arenoso.

3.7.1.2. La consistencia especificada

Para el diseño de mezclas y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró que el concreto no endurecido, cumpla con una consistencia plástica (asentamiento de 3"-4")

3.7.1.3. La resistencia especificada

En el diseño de mezclas y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró un $f'c$ de 300 Kg/cm², ya que este $f'c$ es más comúnmente utilizado en especificaciones de obra para elementos estructurales, así como también para losas de pavimentos.

3.7.2. Propiedades de los materiales para el diseño de mezclas

3.7.2.1. Propiedades del Cemento:

- ✓ **Marca y Tipo:** CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. - Cemento portland Tipo I
- ✓ El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas *NTP 334.009* y *ASTM C 150*.
- ✓ **Peso específico:** 3.08 gr/cm³

3.7.2.2. Propiedades del Agregado Fino

El agregado fino cumplió con los límites establecidos en la *Norma NTP 400.037*.

Por lo que las propiedades del Agregado fino a considerar para el diseño de mezclas serían:

Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1567.177
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1725.192
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.58
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	2.62
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	2.68
Absorción (%)	1.47
Contenido de Humedad (%)	5.57
Módulo de Finura.....	3.25
Partículas Menores del Tamiz N° 200.....	0.034

El agregado grueso cumplió con los límites establecidos en la *Norma NTP 400.037*

Por lo que las propiedades del Agregado Grueso a considerar para el diseño de mezclas serían:

Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1358.184
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1470.102
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.62
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	2.65
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	2.70
Absorción (%)	1.16
Contenido de Humedad (%)	0.34
Módulo de Finura.....	6.78
Partículas Menores del Tamiz N° 200.....	0.0035
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	3/4"
Perfil del Agregado.....	Angular
Abrasión (%)	29.12

3.7.3. Selección de las proporciones del concreto por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Staton walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de concreto de la universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto en el cual el porcentaje de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las

condiciones planteadas por las especificaciones de obra, siguiendo la secuencia que se indica a continuación:

1. Determinación de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada. Las mezclas de concreto siempre deben diseñarse para una resistencia de diseño promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada ($f'c$). La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función al grado de control de uniformidad y de la calidad del concreto (Rivva, 2013).

Como las mezclas de concreto para los especímenes cilíndricos se realizaron en las condiciones de laboratorio, habiendo más control y uniformidad en la elaboración del concreto, se optó por tomar un coeficiente bajo (1.10) para obtener el $f'cr$.

$$f'cr = f'c \times 1.10$$

$$f'cr = 300 \text{ kg/cm}^2 \times 1.10$$

$$f'cr = 330 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado. Como se indicó en el ítem 3.3.3 El Tamaño Máximo Nominal (TMN) se determinó mediante el análisis de granulométrico del agregado grueso, obteniendo el valor de TMN de 3/4".

3. Selección del asentamiento. Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica tomando como referencia la Tabla 5.

Tabla 4
Consistencia y Asentamiento

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

Fuente: Pasquel, 2010

4. Selección de volumen unitario del agua de diseño. Teniendo en cuenta el asentamiento establecido para la mezcla. Su TMN y la presencia o no de aire incorporado (concreto sin aire incorporado) se utilizó la Tabla 6 para determinar el agua de mezclado.

Tabla 5
Volumen Unitario de Agua

Asentamiento	Agua en ml, para los TMN de A. Grueso y Consistencias Indicadas							
	0.38	½	0.75	1	1 1/2	2	3	6
concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

5. Selección del contenido de aire. De la Tabla 7 se determina el contenido de aire atrapado entrando con el valor del tamaño máximo nominal del agregado grueso encontrado del análisis granulométrico.

Tabla 6
Contenido de Aire Atrapado

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8	3.0%
½	2.5%
¾	2.0%
1	1.5%
1 ½	1.0%
2	0.5%
3	0.3%
6	0.2%

Fuente: Rivva, 2007.

6. Relación agua/cemento por resistencia. De la Tabla 8, teniendo como referencia la resistencia promedio (f'_{cr}) y para un concreto sin aire incorporado se determina la relación (a/c).

Tabla 7
Relación Agua/Cemento por Resistencia

fcr (28 días)	Relación Agua/Cemento de Diseño en Peso	
	Concreto sin aire Incorporado	Concreto con aire Incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4

400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Rivva, 2007.

- 7. Determinación del Factor cemento.** Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua/cemento, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante la siguiente ecuación, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto.

$$\text{Cemento: } \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Relación A/C}}$$

- 8. Cálculo del volumen absoluto de la pasta.** El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado dividida entre su peso específico más el porcentaje de aire atrapado del mismo.
- 9. Cálculo del volumen absoluto del agregado.** El volumen absoluto de los agregados se **encontró** de restar de la unidad cubica de concreto menos volumen absoluto de la pasta.
- 10. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.** En este paso teniendo **como** referencia el TMN del agregado grueso y la cantidad de cemento en bolsas se utiliza la Tabla 9, para el cálculo del Módulo de finura de la combinación de agregados (mc).

Tabla 8
Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas/metro cubico indicado			
	6	7	8	9
0.375	3.96	4.04	4.11	4.19
½	4.46	4.54	4.61	4.69
0.75	4.96	5.04	5.11	5.19
1	5.26	5.34	5.41	5.49
1 ½	5.56	5.64	5.71	5.79
2	5.86	5.94	6.01	6.09
3	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Rivva, 2007.

El mc calculado corresponde a un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

11. Cálculo Del Valor r_f . Conocido el módulo de finura de la combinación de los agregados (mc), se **puede** determinar el porcentaje de agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación.

$$r_f = \frac{mg - mc}{mg - mf} \times 100$$

Dónde:

- **rf:** Porcentaje de agregado fino.
- **mg:** Modulo de finura del agregado grueso.
- **mf:** Modulo de finura del agregado fino.
- **mc:** Modulo de finura de la combinación de agregados.

Para calcular el rf, que es el porcentaje de agregado fino con respecto al volumen total de agregados. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje respectivo por el volumen absoluto de los agregados.

12. Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado. Se calculó multiplicando el volumen absoluto del agregado con el porcentaje de cada agregado calculado en el paso anterior.

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

14. Corrección de humedad del agregado Teniendo en cuenta que los agregados se encuentran en estado húmedo y su peso para diseño está considerado seco por tal motivo se deberá ajustar la cantidad de

agua. Iniciamos encontrando el contenido de humedad del agregado fino y grueso, luego se encontró la humedad superficial de los agregados que está dada por la diferencia entre su contenido de humedad y su absorción, la cual puede ser positiva en este caso el agregado aporta agua de mezcla y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva, o puede ser negativa en cuyo caso el agregado tomara agua de mezcla para llegar a su estado saturado superficialmente seca, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua de mezcla para no modificar el agua de diseño.

15. Proporcionamiento en peso de los materiales. Consiste en obtener los pesos de los componentes del concreto respecto a los cálculos y resultados del diseño de mezclas se presentan en el *Anexo VIII*

3.7.3.1. Mezcla de prueba

Como hemos visto, en el Anexo VIII, se calculó para cada tipo de agregado los nuevos pesos de los materiales por metro cúbico de concreto, ya corregidos por humedad del agregado; presentando en estos tres diseños de mezclas solo una variación mínima en la cantidad de agua efectiva, por lo que se optó por promediar la cantidad de Agua efectiva, para así también poder tener una dosificación de materiales similar en los tres tratamientos de concreto.

Por lo cual, los nuevos pesos de los materiales por metro cúbico de concreto, ya corregidos por humedad del agregado, considerados para los tres tipos de agregados, a ser empleados en las mezclas de prueba son:

Cemento: 403.54 Kg/m³
Agua efectiva: 178.34 Lts/m³
Agregado Fino Húmedo:866.24 Kg/m³
Agregado Grueso Húmedo:854.93 Kg/m³

Con los nuevos pesos de los materiales corregidos, se procedió a determinar la cantidad de material a ser empleado para realizar la mezcla de prueba, por lo que se consideró tomar como volumen de mezcla la cantidad de 03 especímenes cilíndricos de concreto o una tanda ($0.02\text{m}^3 = 3$ probetas aproximadamente).

Cemento: 8.07Kg/ tanda

Agua efectiva: 3.57 Lts/tanda

Agregado Fino Húmedo: 17.32 Kg /tanda

Agregado Grueso Húmedo: 17.10 / tanda

3.7.4. Ajuste de las proporciones.

Según Rivva (2010), verificadas y obtenidas las condiciones anteriores, deberá realizarse en las siguientes tandas, los ajustes apropiados en las proporciones, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.

Si el asentamiento de la tanda de ensayo no fue correcto, incrementar o disminuir el contenido de agua estimada en 2 litros por metro cúbico de concreto por cada incremento o disminución de 10 mm en el asentamiento deseado.

2. Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1% en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.

3. Si la base del Proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado

por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.

4. Calcular el nuevo peso de la tanda partiendo de la selección de la relación agua/cemento, modificando si fuere necesario el volumen de agregado grueso a partir de la *Tabla A.VII.1.8.1*.

3.7.5. Dosificación de materiales para la elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto.

Con los nuevos pesos de los materiales corregidos por ajuste de proporciones, como se determinó en el ítem *A.VII.2.10*. Se procedió a determinar la cantidad de material a ser empleado para realizar las tandas para la elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto; Considerando que el volumen de 3 espécimen es aproximadamente 0.02 m³, los pesos de materiales por tanda serían:

Cemento: 353.00 × 0.02 = 7.06 Kg/tanda

Agua efectiva: 148.10 × 0.02 = 2.962ts/tanda

Agregado Fino Húmedo: 991.76 × 0.02 = 19.835 Kg/tanda

Agregado Grueso Húmedo: 870.92 × 0.02 = 17.418 Kg/tanda

Esta dosificación de materiales haría una proporción en peso de **1:2.69:2.73/17.83 *lts/bolsa*** como se calculó en el Anexo X.2.

3.8. Unidades de estudio

Con cada una de las cuatro mezclas con diferentes dosificaciones de aditivo (0%, 1.5%, 2.5% y 4%) vistos en los tres ítems anteriores, se elaboraron 90 especímenes cilíndricos de concreto (unidades de estudio), de los cuales cada 30 especímenes serían ensayados a resistencia a compresión a la edad de 3, 5 y 7 días; por lo cual se tendrían 30 repeticiones para cada caso.

3.8.1. Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto para pruebas de compresión (unidades de estudio)

La elaboración de los 360 especímenes cilíndricos de concreto para pruebas de compresión (150 mm por 300 mm), con cada uno de los tres tratamientos descritos en el ítem 3.7, se realizaron siguiendo los procedimientos indicados en la Norma ASTM C 31, los cuales fueron divididos en grupos para su respectivo análisis como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 9

Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto

DOSIFICACION	NUMERO DE ESPECIMENES	TIPO DE CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	TIEMPO DE CURADO
0.00%	30 ESPECIMENES	TIPO I PACASMAYO	f'c =300 kg/cm ²	3 DIAS
	30 ESPECIMENES			5 DIAS
	30 ESPECIMENES			7 DIAS
1.50%	30 ESPECIMENES	TIPO I PACASMAYO	f'c =300 kg/cm ²	3 DIAS
	30 ESPECIMENES			5 DIAS
	30 ESPECIMENES			7 DIAS
2.50%	30 ESPECIMENES	TIPO I PACASMAYO	f'c =300 kg/cm ²	3 DIAS
	30 ESPECIMENES			5 DIAS
	30 ESPECIMENES			7 DIAS
4.00%	30 ESPECIMENES	TIPO I PACASMAYO	f'c =300 kg/cm ²	3 DIAS
	30 ESPECIMENES			5 DIAS
	30 ESPECIMENES			7 DIAS

Fuente: Rivva, 2007.

Equipo y Herramientas Utilizadas:

a. Moldes: Deben ser de un material no absorbente y que no reaccione con el cemento, se utilizó moldes de fabricados de tubos de PVC de 150 mm de diámetro, se fijó y aseguro estos con alambres de acero negro N°8, para evitar que se deformen, así mismo se selló la junta con cinta adhesiva y se cubrió las bases de los moldes con bolsas de plástico para evitar la pérdida de la mezcla o humedad; Los moldes también fueron cubiertos interiormente con una mínima cantidad de

aceite de cocina mineral, para facilitar el desencofrado de los especímenes de concreto.

- b. Varilla:** De acero, redonda con un diámetro de 16 mm, recta y aproximadamente de 600 mm de longitud, con los extremos redondeados de forma semiesférica.
- c. Mazo:** Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.6 Kg.
- d. Herramientas de mano:** Palas, Baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto, cucharones y reglas.
- e. Balanza Electrónica:** La balanza que se utilizó para pesar las cantidades de materiales para las tandas, fue una balanza electrónica de una precisión de 5gr y de un pesado máximo de 30 kg.
- f. Mezcladora:** Fue un trompo mezclador eléctrico de 6 pies cúbicos de capacidad.

Procedimiento realizado para la elaboración de las mezclas de concreto

Se consideró por la capacidad de la mezcladora, realizar tandas de mezcla de concreto para volúmenes de 4 especímenes cilíndricos de concreto (150 mm por 300 mm).

Primero, para elaborar las mezclas, se limpió y seco el interior de la mezcladora para que así no aporte agua adicional a la mezcla o algún otro material que no se haya previsto para la elaboración de esta; así mismo se procedió a pesar las dosificaciones de cemento, agregado fino, agregado grueso y a medir el volumen del agua.

No existe una norma que defina el procedimiento para cargar la mezcladora con los materiales; por lo que se optó por agregar inicialmente el agregado fino, luego se agregó el cemento y se comenzó a mezclar estos materiales, hasta obtener una mezcla de color uniforme del agregado fino y el cemento, luego se agregó el agregado grueso, cuando la mezcla de estos tres materiales se encontró uniforme se procedió a adicionar el volumen de agua de mezcla, se continuó mezclando hasta que la mezcla presente homogeneidad, que tenga una consistencia y color uniforme, presentando el agregado grueso totalmente cubierto por la pasta. Así mismo, se controló que el tiempo de

mezclado después de haber sido adicionada el volumen de agua a la mezcla no se extienda más de un minuto tal como lo recomienda las *Normas ASTM*.

Pasos realizados para la elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto:

- a. Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.
- b. La colocación de la mezcla de concreto en el interior del molde se realizó moviendo el cucharón alrededor del molde para asegurar la distribución del concreto y una segregación mínima que se presenta al golpearse la mezcla al caer.
- c. El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
- d. La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.
- e. Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 15 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.
- f. Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
- g. Se identificó los especímenes con el número de espécimen, fecha, hora y tipo de tratamiento.
- h. Se colocó bolsas plásticas sobre los moldes para evitar la pérdida de humedad y tratar de mantener la temperatura.
- i. Transcurridas 24 ± 8 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron sacados de los moldes y se procedió a realizar el curado estándar.

3.8.2. Curado de los especímenes cilíndricos de concreto.

Se define como tiempo de curado al período durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada (Rivva, 2004)

El curado de los 63 especímenes cilíndricos se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la *Norma ASTM C 31*. Así el curado de especímenes para control de calidad comprendió los siguientes pasos:

- a. Protección después del acabado:** Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación y pérdida de humedad de estos
- b. Curado inicial:** Después del moldeado, se cubrió a los especímenes con mantas de plástico para mantener la temperatura alrededor de estos en un rango de 16°C a 27°C, como lo indica la *Norma ASTM C 31* para mezclas de concreto con una resistencia especificada menor a 422 Kg/cm². Transcurridas 24 ± 8 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron sacados de los moldes y se procedió a realizar el curado estándar.
- c. Curado estándar:** Al terminar el curado inicial y antes que transcurran 30 minutos después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en un estanque cilíndrico de concreto armado, cubiertos con agua, además se saturó el agua con cal viva para mantener la temperatura de está cerca de 21°C.

3.9. Las Variables de evaluación de estudio.

Las variables de evaluación de este estudio que se determinaron en la elaboración de los tratamientos, y en las propiedades de los especímenes cilíndricos fueron:

1. Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.
2. Peso unitario de los especímenes cilíndricos de concreto.
3. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3, 5 y 7 días.
4. Desarrollo de la resistencia del concreto.
5. Uniformidad del concreto.

6. Módulo de elasticidad del Concreto.
7. Costo de la elaboración de concreto por m³.

3.9.1. Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.

El método que cubre la determinación del asentamiento del concreto fresco consiste en colocar una muestra de concreto recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado, el molde se levanta permitiendo que el concreto se desplome, se mide la distancia vertical al dentro desplazado, siendo esta distancia el asentamiento del concreto.

Según la Norma ASCTM C 143, este método fue originalmente desarrollado para proporcionar un modo de monitoreo o control de la consistencia del concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto, el asentamiento es generalmente encontrado debido al incremento proporcional de agua que tiene la mezcla y por lo tanto está inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

Este ensayo se realizó siguiendo las recomendaciones descritas en la *Norma ASCTM C 143*.

Equipo y Herramientas Utilizadas:

- a. Molde:** Se utilizó un molde metálico, que no presenta reacción con la pasta de cemento, con un espesor no menor a 1.5 mm, con la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 200 mm de diámetro y la parte superior de 100 mm de diámetro con una altura de 300mm.
- b. Varilla:** De acero, redonda con un diámetro de 16 mm, recta y aproximadamente de 600 mm de longitud, con los extremos redondeados de forma semiesférica.
- c. Instrumento de medida:** Se utilizó reglas de plástico y de metal.

Procedimiento realizado:

1. Se humedeció el molde y la plancha de acero base, y se colocó el molde sobre la plancha de acero en una superficie rígida y nivelada.
2. Se apoyó el molde firmemente sobre la plancha y presionando con los dos pies los estribos del molde. Procurando no mover los pies durante el llenado del molde.
3. El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm y la tercera hasta el borde superior del molde en esta última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
4. La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior. Al compactar la última capa se mantuvo un excedente de concreto todo el tiempo.
5. Se enrasó el concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde del molde.
6. Se continuó manteniendo el molde firme y se removió el concreto alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.
7. Se levantó el molde por encima de los 300 mm de un solo movimiento, en un solo tiempo de aproximadamente 5 segundos.
8. Luego se midió el asentamiento con una precisión de 5 mm desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen.

3.9.1.1. El asentamiento en los tipos de tratamientos.

Se consideró determinar el asentamiento de tres tandas de mezclas de cada tipo de mezcla que se realizaron para elaborar los 30 especímenes cilíndricos de concreto (unidades e estudio) de cada tratamiento.

3.9.2. Peso unitario de las probetas cilíndricas de concreto.

Dimensiones y peso de las probetas: Se midió tres diámetros con el calibrador vernier, 2 medidas en forma recta y la tercera en forma diagonal, con una aproximación a 0.1 mm; así mismo, se midió la altura con aproximación de 1 mm, con estas medidas se calculó el volumen de las probetas cilíndricas. También se pesó los especímenes antes de ser ensayados a resistencia a la compresión con una precisión de 5 gr.

3.9.2.1. Peso unitario de las probetas cilíndricas de concreto a la edad de 3,5 y 7 días.

Se calculó el peso unitario dividiendo el peso entre el volumen determinado de las 30 probetas cilíndricas elaborados con cada mezcla que se ensayaron a la edad de 3,5 y 7 días.

3.9.3. Resistencia a la compresión en las probetas cilíndricas de concreto.

La resistencia a la compresión de las probetas se calculó dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la cara axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma y tamaño de la probeta, la pasta de cemento, los procedimientos de mezcla, la elaboración, la edad y las condiciones de humedad durante el curado.

La determinación de la resistencia a compresión de las 360 probetas de concreto elaborados, se obtuvieron mediante las consideraciones para este ensayo de resistencia a compresión que se describen en La *Norma ASTM C 39*.

Equipo y Herramientas Utilizadas:

a. Máquina de ensayo: se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo el proceso de ensayos.

- b. Platos retenedores con discos de neopreno:** Se utilizó platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana en 0.002 pulgadas, que contienen discos de neopreno para colocarlos en las caras de los especímenes para que estas se presenten niveladas y paralelas.
- c. Calibrador vernier:** Instrumento mecánico que se utilizó para medir las dimensiones de las probetas con una precisión de hasta 0.5 mm
- d. Balanza Electrónica:** La balanza que se utilizó para pesar los especímenes cilíndricos de concreto antes de ser ensayados a resistencia a compresión, fue una balanza electrónica de una precisión de 5 gr y de un pesado máximo de 30 kg.

Procedimiento realizado:

- 1. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo:** Se empezó el ensayo tan pronto como el espécimen fue retirado de la cámara de curado y conservar así sus condiciones de humedad, respetando la *Tabla 11* adoptada de la *Norma ASTM C 39*.

Tabla 10
Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes

EDAD	TOLERANCIA PERMISIBLE DEL TIEMPO DE ENSAYO
24 horas	± 0.5 horas ó 2.1 %
3 días	2 horas ó 2.8 %
7 días	6 horas ó 3.6 %
28 días	20 horas ó 3.0 %
90 días	2 días ó 2.2 %

Fuente: Rivva, 2007.

- 2. Dimensiones los especímenes:** Se midió tres diámetros con el calibrador vernier, 2 medidas en forma recta y la tercera en forma diagonal, con una aproximación a 0.1 mm.
- 3. Colocación de los especímenes en la máquina compresora:** Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se colocó el espécimen con los platos contenedores con

neopreno en ambas caras de éste, alineando los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descendió el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el plato contenedor superior. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión.

4. Aplicación de cargas: La carga se aplicó continuamente (sin choque) con un rango de 2.5 ± 0.5 kg/cm² por segundo lo que aproximadamente para estos especímenes de diámetro de 150 mm sería la aplicación de carga de 0.5 Toneladas por segundo. Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen, como la máquina tiene indicador de carga máxima automático, no se detuvo la aplicación de la carga hasta que esta disminuyó más del 95% de la máxima carga.

5. Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto: Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según la Figura 15, en donde se indica los tipos de falla según la *Norma ASTM C 39*, así mismo se registró el tipo de falla en las caras de fracturas, para determinar el comportamiento de los materiales respecto a la falla por resistencia a compresión.

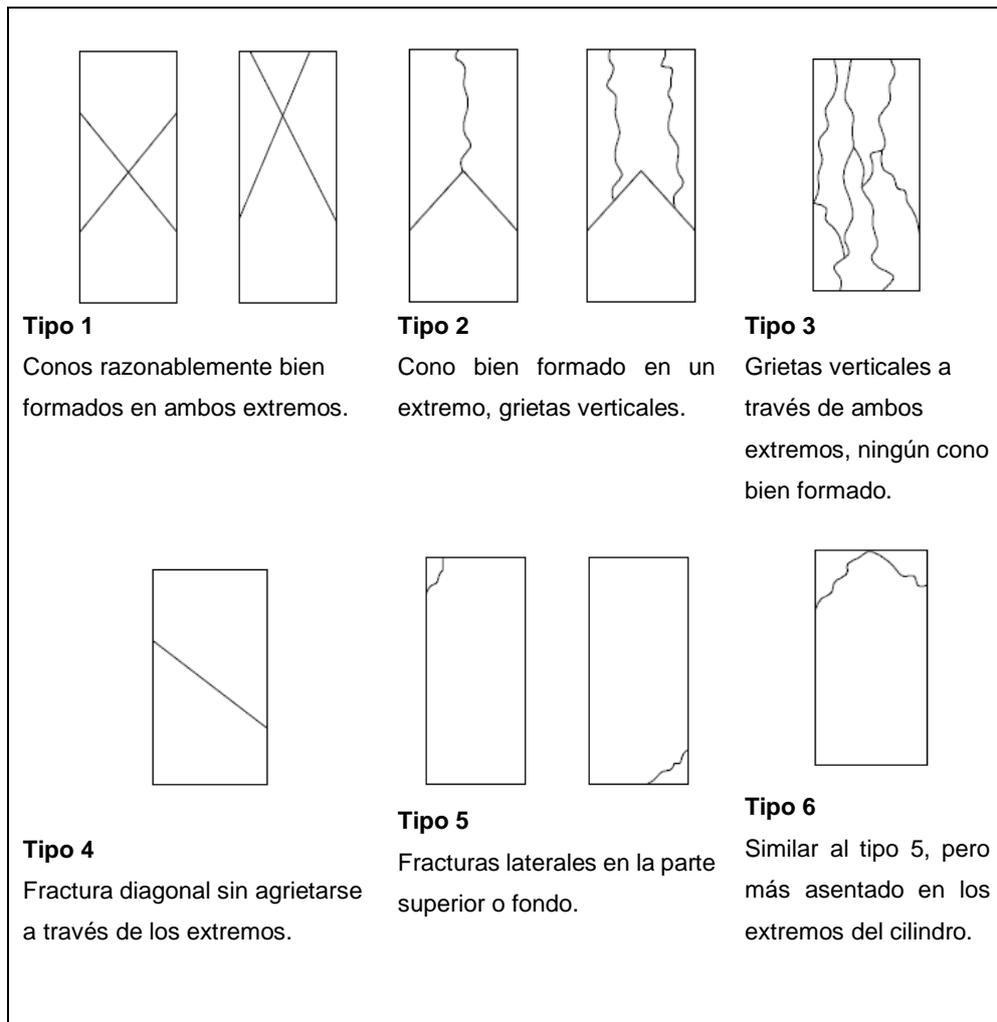


Figura 15: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura, Adoptado de la Norma ASTM C 39

3.9.3.1. Determinación de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto a la edad de 3, 5 y 7 días.

Como se explicó en el ítem 3.8, Se elaboraron un total de 360 probetas cilíndricas de concreto, de las cuales 90 probetas con la mezcla estándar: Concreto elaborado sin aditivo; 90 probetas con dosificación del 1.5%: Concreto elaborado con aditivo Sika Cem acelerante; 90 probetas con dosificación del 2.5%: Concreto elaborado con aditivo Sika Cem acelerante y 90 probetas con dosificación del 4.0%: Concreto elaborado con aditivo Sika Cem acelerante. De cada 90 probetas elaboradas con cada tratamiento, 30 probetas fueron ensayados a la edad de 3 días, otras 30 probetas fueron ensayadas a la edad de 5 días y las 30 probetas restantes fueron ensayados a la edad de 7 a días.

3.9.4. Desarrollo de la resistencia del concreto.

Como se explicó en el ítem 3.9.2.3, de cada 90 probetas elaboradas con cada uno de las 4 mezclas, cada 30 probetas fue ensayado a la resistencia a compresión a la edad de 3, 5 y 7 días. Con estos resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a las edades de 3, 5 y 7 días, podemos determinar el desarrollo de resistencia que presentan cada uno de los tratamientos, expresando el aumento de resistencia a la compresión a la edad de 7 días en porcentaje respecto a las edades de 3 y 5 días.

3.9.5. Determinación del módulo de elasticidad del concreto en las probetas cilíndricas.

La Norma ASTM C 469 – 94, describe el método que cubre la determinación del módulo de elasticidad secante de Young y la relación de Poisson² en cilindros de concretos moldeados cuando son sometidos a esfuerzos de compresión longitudinal. Este método de ensayo proporciona un valor de la relación esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que pueden ser establecidas.

La Determinación del Esfuerzo – Deformación en los especímenes ensayados a compresión a la edad de 3,5 y 7 días, al no contar con un Compresómetro³, se determinaron con un deformímetro ubicado en la base móvil de la máquina compresora, por lo que la deformación obtenida habría sido no solo del concreto, sino también de los dos discos de neopreno utilizados para el cabeceo del espécimen, por lo que de usarse estas deformaciones para determinar el módulo de Elasticidad con la curva esfuerzo-deformación se habrían obtenido resultados no significativos para los tratamientos. Así se optó por utilizar la *expresión 2.1, vista en el ítem*

² **La relación de Poisson** es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

³ **Compresómetro:** Para determinar el módulo de elasticidad, se debe disponer de un dispositivo sensible unido o no a la probeta, para medir con una aproximación de 5 millonésima la deformación promedio de dos marcas de referencia diametralmente opuestas, cada una paralela al eje y centradas hacia la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada marca de referencia no deberá ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado en el concreto ni mayor que 2/3 la altura del espécimen; la longitud preferida de las marcas de referencia es la mitad de la altura del espécimen. [ASTM C 469 – 94]

3.8.3 del capítulo de Marco teórico, para la determinación del Módulo de Elasticidad del concreto.

3.10. Técnicas, instrumentos de recopilación y procesamiento de información

3.10.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

Las variables cuantitativas de estudio en los tratamientos de concreto elaborados; se emplearon equipos e instrumentos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNC, tales como: Máquina de ensayo a compresión, Balanzas, Calibradores, Tamices ASTM.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades de los tratamientos de concreto elaborados, tales como: trabajabilidad del concreto, apariencia del concreto, tipo de fractura, modo de falla; para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio.

Capítulo

IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE CONSISTENCIA.

La consistencia de una mezcla de concreto nos determina cuan plástico es este material en estado fresco y es determinado a través del ensayo de revenimiento o Slump, de acuerdo a la Norma Técnica ASTM C 143 (Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete). Este ensayo fue realizado para cada uno de los tipos de mezcla, de donde se puede decir que la consistencia que presenta es una consistencia plástica, lo cual permite una fluidez adecuada del concreto, logrando que sea trabajable y de fácil acomodo a las estructuras donde se va a utilizar. Estos resultados por cada tipo de diseño se muestran a continuación:

Tabla 11
Ensayos de consistencia

ENSAYO	ASENTAMIENTO			
	CONCRETO SIN ADITIVO	CONCRETO 1.5% ADITIVO	CONCRETO 2.5% ADITIVO	CONCRETO 4.0% ADITIVO
Ensayo 1	3.25 plg	3.50 plg	3.25 plg	3.25 plg
Ensayo 2	2.75 plg	3.25 plg	3.75 plg	3.50 plg
Ensayo 3	3.00 plg	3.75 plg	3.25 plg	3.50 plg
Ensayo 4	3.50 plg	3.00 plg	3.50 plg	3.75 plg
Ensayo 5	3.00 plg	3.50 plg	3.75 plg	3.50 plg
PROM	3.10 plg	3.40 plg	3.50 plg	3.50 plg

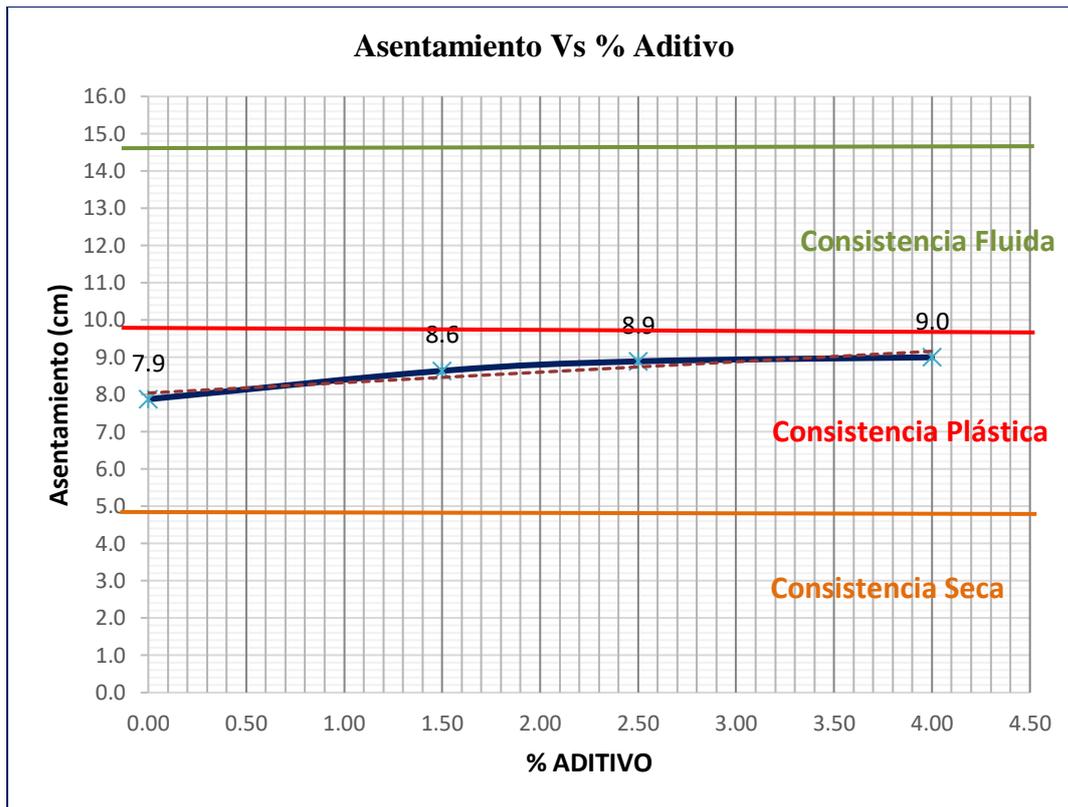


Figura 16: Asentamiento V.S %Aditivo

De la Figura 16 se observa que, para diferentes tipos de mezcla, presentaron diferentes asentamientos que se relacionaron con el % de dosificación en la mezcla, por lo que al mezclar el aditivo con el agua de la mezcla modifica la consistencia del concreto en estado no endurecido. El concreto elaborado con 0% de aditivo presentó un asentamiento promedio de 7.9 cm teniendo una consistencia entre plástica y seca, el concreto elaborado con 1.5% de aditivo presentó un asentamiento promedio de 8.6 cm teniendo una consistencia plástica, el concreto elaborado con 2.5% de aditivo presentó un asentamiento promedio de 8.9 cm teniendo una consistencia plástica y el concreto elaborado con 4.0% de aditivo presentó un asentamiento promedio de 9.0 cm teniendo una consistencia plástica.

4.2 ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

Se calculó el peso unitario de los 20 especímenes cilíndricos que se elaboraron con diferente dosificación, para lo cual se determinó primeramente la medida de 3 diámetros, la altura y el peso de cada espécimen. Como se describe en las siguientes tablas:

Tabla 12

Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados sin aditivo

CODIGO	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (kg)	Peso unitario (Kg/m³)
CV-P-01	15.33	15.35	15.17	183.45	30.51	13.09	2338.69
CV-P-02	15.45	15.27	15.23	184.26	30.63	13.14	2328.15
CV-P-03	14.98	15.66	15.44	185.30	30.59	13.21	2330.51
CV-P-04	14.93	15.63	15.55	185.54	30.45	13.10	2318.71
CV-P-05	15.38	15.41	15.13	184.01	30.59	13.17	2339.67
Promedio:							2331.15

Tabla 13

Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 1.5% de aditivo

CODIGO	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (kg)	Peso unitario (Kg/m³)
CV-1.5%-01	15.49	15.33	15.28	185.46	30.51	13.29	2347.85
CV-1.5%-02	14.85	15.67	15.64	185.94	30.63	13.33	2339.60
CV-1.5%-03	15.59	15.11	15.21	183.93	30.72	13.19	2333.44
CV-1.5%-04	15.39	15.13	15.59	185.54	30.60	13.26	2334.65
CV-1.5%-05	15.44	15.27	15.34	185.06	30.70	13.24	2329.59
Promedio:							2337.03

Tabla 14

Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 2.5% de aditivo

CODIGO	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (kg)	Peso unitario (Kg/m³)
CV-2.5%-01	15.37	15.54	15.11	184.82	30.68	13.35	2354.43
CV-2.5%-02	15.20	15.49	15.20	183.78	30.55	13.18	2347.55
CV-2.5%-03	15.48	15.38	15.43	186.99	30.78	13.32	2314.34
CV-2.5%-04	15.51	15.32	15.28	185.54	30.50	13.41	2369.75
CV-2.5%-05	15.52	15.60	15.31	188.13	30.62	13.46	2336.62
Promedio:							2344.54

Tabla 15

Peso unitario de los especímenes cilíndricos elaborados con 4.0% de aditivo

CODIGO	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (kg)	Peso unitario (Kg/m ³)
CV-4.0%-01	15.46	15.52	15.33	187.15	30.80	13.41	2326.38
CV-4.0%-02	14.92	15.58	15.52	184.82	30.65	13.23	2334.67
CV-4.0%-03	15.37	15.14	15.31	183.21	30.50	13.44	2405.15
CV-4.0%-04	15.37	15.14	15.31	183.21	30.60	13.11	2338.43
CV-4.0%-05	15.26	15.16	15.15	181.22	30.61	12.95	2334.54
Promedio:							2347.83

Tabla 16

Peso unitario promedio de los especímenes cilíndricos

	ADITIVO 0%	ADITIVO 1.5%	ADITIVO 2.5%	ADITIVO 4.0%
Peso unitario (Kg/m³)	2331.15	2337.03	2344.54	2347.83

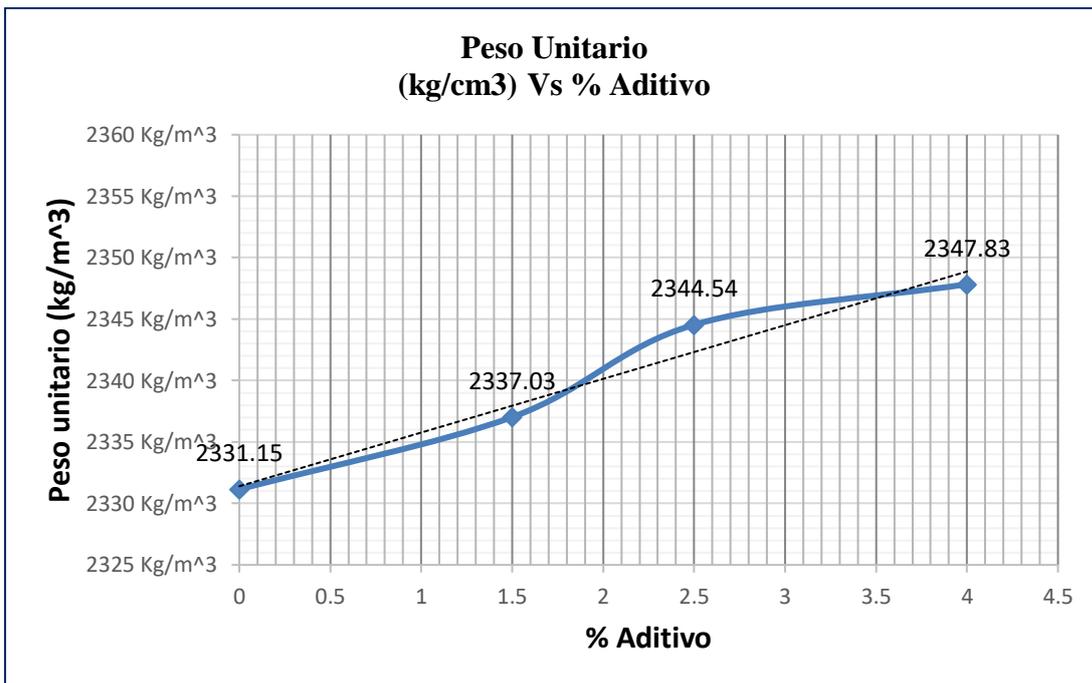


Figura 17: Peso Unitario (kg/cm³) V.S %Aditivo

De la Tabla 17 y la Figura 17 podemos decir que los resultados de las densidades de masa del concreto en estado fresco, para la mezcla sin aditivo se obtuvo una densidad de masa de 2331.15kg/m³, en la mezcla de concreto fresco con 1.5% de aditivo se obtuvo una densidad de masa de 2337.03

kg/m³, en la mezcla de concreto fresco con 2.5% de aditivo se obtuvo una densidad de masa de 2344.54kg/m³, en la mezcla de concreto fresco con 4.0% de aditivo se obtuvo una densidad de masa de 2347.83kg/m³ por lo que estos valores se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales **(2200kg/m³– 2400kg/m³)**.

4.3 RESULTADO DE ENSAYOS A COMPRESIÓN.

Una vez realizados los diseños de mezcla, se procedió a la preparación de los especímenes de concreto y la vez se realizó el curado de los mismos. La elaboración y el curado fue de acuerdo a la Norma técnica ASTM C – 31 (Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field) y ensayados a compresión uniaxial de acuerdo a lo especificado en la norma técnica ASTM C – 39 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens) a edades de 3, 5 y 7 días. Con estos ensayos se determinó la influencia que presenta el aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a la compresión a tempranas edades del concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$; La cantidad de especímenes se determinó de acuerdo lo establecido en el código ACI 318S – 14 que manifiesta que el número mínimo para la obtención de la desviación estándar en el cálculo de la resistencia promedio será de 30 especímenes.

En el Anexo XIV se presenta los resultados obtenidos para la mezcla patrón, y las mezclas con dosificaciones de 1.5, 2.5 y 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento.

4.4 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Tabla 17

Análisis de Resistencia a la Compresión.

EDAD	MEZCLA PATRÓN		MEZCLA CON DOSIFICACIÓN DE 1.5% DE ADITIVO.		MEZCLA CON DOSIFICACIÓN DE 2.5% DE ADITIVO.		MEZCLA CON DOSIFICACIÓN DE 4% DE ADITIVO.	
	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)
3	167.54	55.85	181.83	60.61	194.23	64.74	221.48	73.83
5	205.11	68.37	221.09	73.7	235.15	78.38	256.56	85.52
7	226.41	75.47	248.93	82.98	265.48	88.49	285.5	95.17

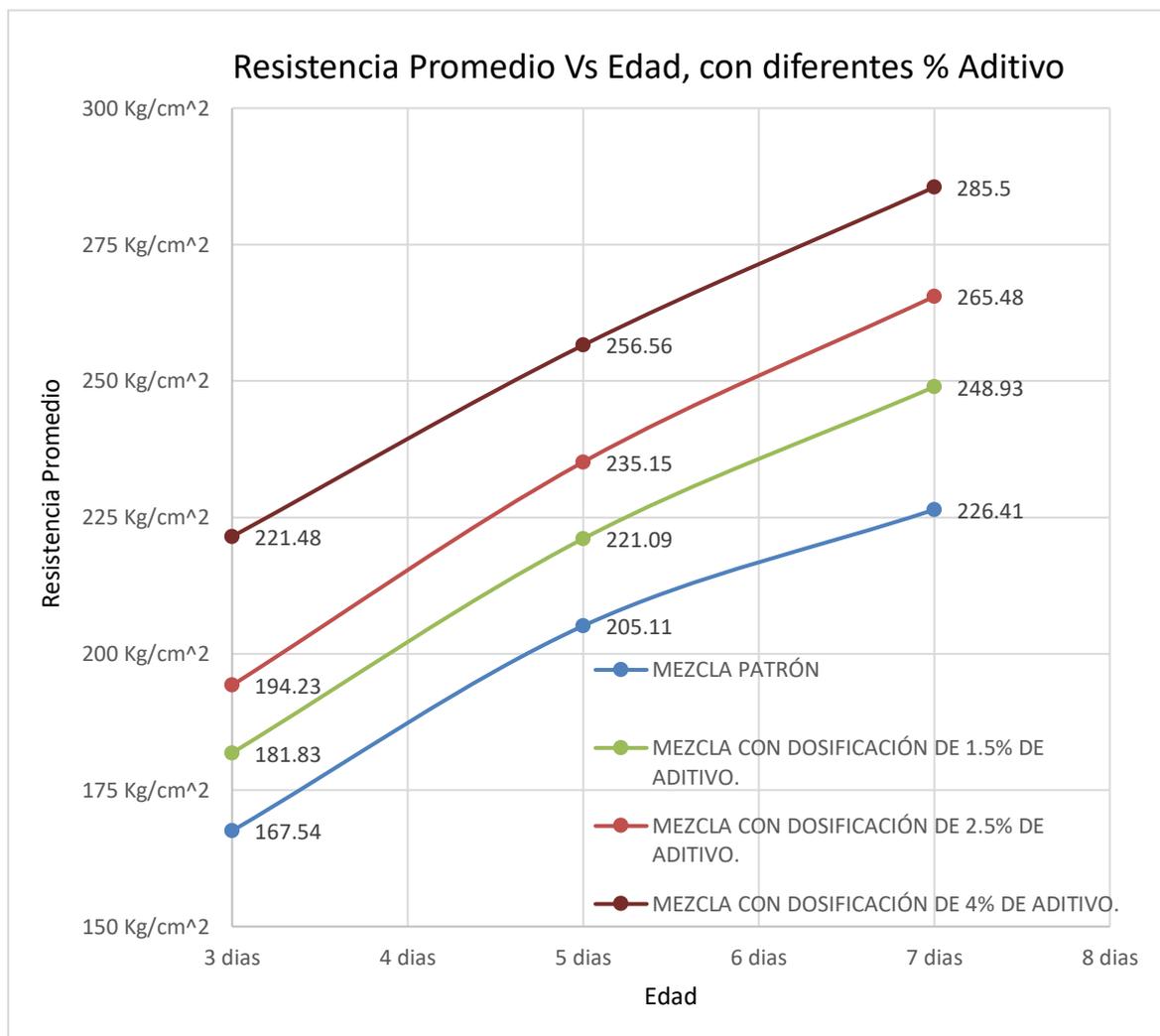


Figura 18: Resistencia Promedio V.S Edad, con diferentes % Aditivo

De la Tabla 18 y la Figura 18, se muestran el promedio de los resultados que se obtuvo al realizar los ensayos a compresión uniaxial a los especímenes

de concreto según la Norma Técnica ASTM C – 39 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens) a edades de 3, 5 y 7 días; estos resultados corresponden para cada uno de los diseños de mezcla realizados y su porcentaje correspondiente que es determinado al comparar la resistencia a la compresión obtenida con la resistencia a la compresión de diseño ($f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$).

Lo que se observa en la tabla 18 es la influencia que presenta el aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, de la que podemos decir que este aditivo influye directamente en la resistencia a la compresión, haciendo que ésta aumente a medida que aumenta la dosificación de aditivo.

El mayor aumento se da para la dosificación de 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento, logrando una resistencia a la compresión similar a edad de 3 días, que la que presenta para una edad de 7 días del concreto que no tiene ninguna proporción de aditivo.

4.5 ANÁLISIS DE ESFUERZO VS DOSIFICACIÓN

Tabla 18

Análisis de Resistencia a la Compresión con diferentes dosificaciones (%) de Aditivo

Dosificación (%)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)		
	3 días	5 días	7 días
0	167.54	205.11	226.41
1.5	181.83	221.09	248.93
2.5	194.23	235.15	265.48
4	221.48	256.56	285.5

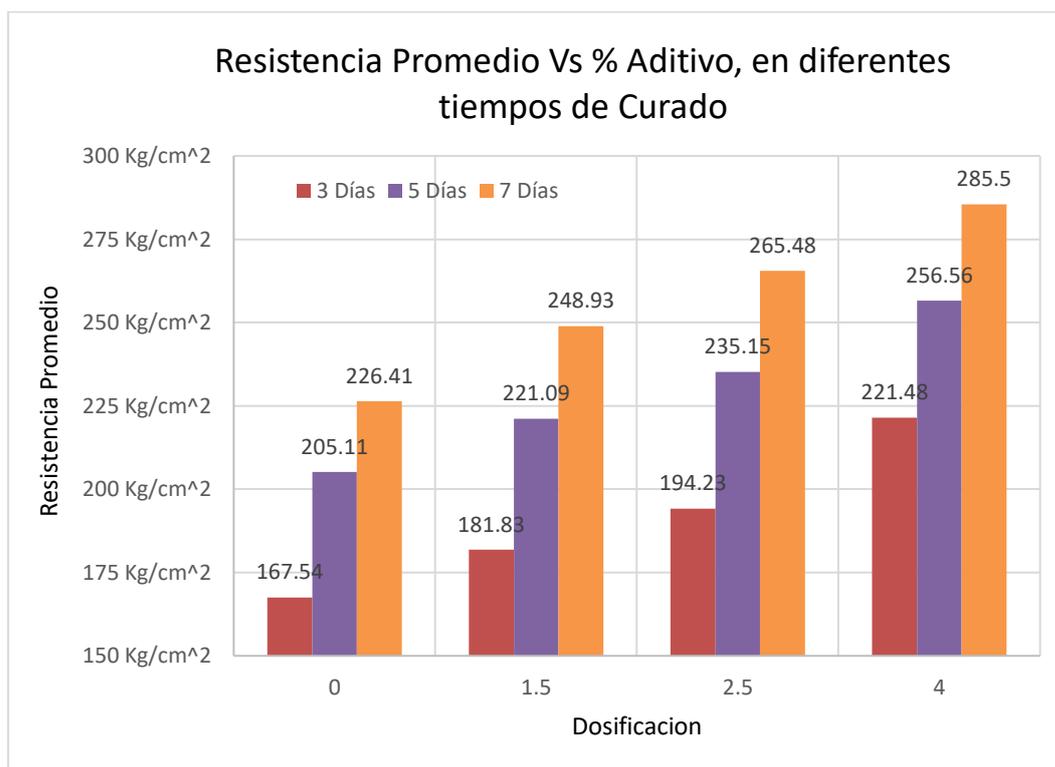


Figura 19: Resistencia Promedio V.S Edad, con diferentes % Aditivo

4.6 DIAGRAMAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA.

La finalidad de la elaboración de los diagramas de esfuerzo vs deformación unitaria es conocer la línea de tendencia que presentan estos diagramas, además de conocer su módulo de elasticidad y ajustar el esfuerzo según la ecuación de la línea de tendencia que presenta.

Estos diagramas se elaboran a partir de los ensayos a compresión uniaxial realizados a los especímenes de concreto según la Norma Técnica ASTM C – 39 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens), de donde se lee la carga y la deformación, con los que se determina el esfuerzo y la deformación unitaria correspondiente. Estos diagramas fueron elaborados para cada uno de los diseños de mezcla realizados (mezcla patrón, mezcla con dosificación de 1.5% de aditivo, mezcla con dosificación de 2.5% de aditivo y mezcla con dosificación de 4% de aditivo), para las edades de 3,5 y 7 días.

Realizados los diagramas de esfuerzo vs deformación unitaria correspondientes se determina que la línea de tendencia que presentan es una línea de ecuación cuadrática, con la cual se determinó su ecuación

respectiva, la que permitió encontrar el esfuerzo corregido a esta línea de tendencia. Del mismo modo se calculó el módulo de elasticidad del concreto, presentándose para cada ensayo en su respectivo diagrama. A continuación, se presenta los diagramas de esfuerzo vs deformación unitaria para cada uno de los tipos de mezcla realizados: mezcla patrón, mezcla con dosificación de 1.5%, 2.5% y 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento, cada tipo mezcla para las edades de 3, 5 y 7 días.

4.7 Análisis del Módulo de elasticidad del Concreto.

Tabla 19

Análisis del Módulo de elasticidad del Concreto.

EDAD	MEZCLA PATRÓN	MEZCLA CON 1.5% DE ADITIVO.		MEZCLA CON 2.5% DE ADITIVO.		MEZCLA CON 4% DE ADITIVO.		
	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Esfuerzo de Rotura Prom (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Esfuerzo de Rotura Prom (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Esfuerzo de Rotura Prom (Kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Esfuerzo de Rotura Prom (Kg/cm ²)
3.00	190037.86	167.54	219311.96	181.83	205678.14	194.23	218936.49	221.48
5.00	211294.62	205.11	220415.12	221.09	225132.19	235.15	236307.77	256.56
7.00	221907.27	226.41	233780.46	248.93	242859.06	265.48	249037.85	285.50

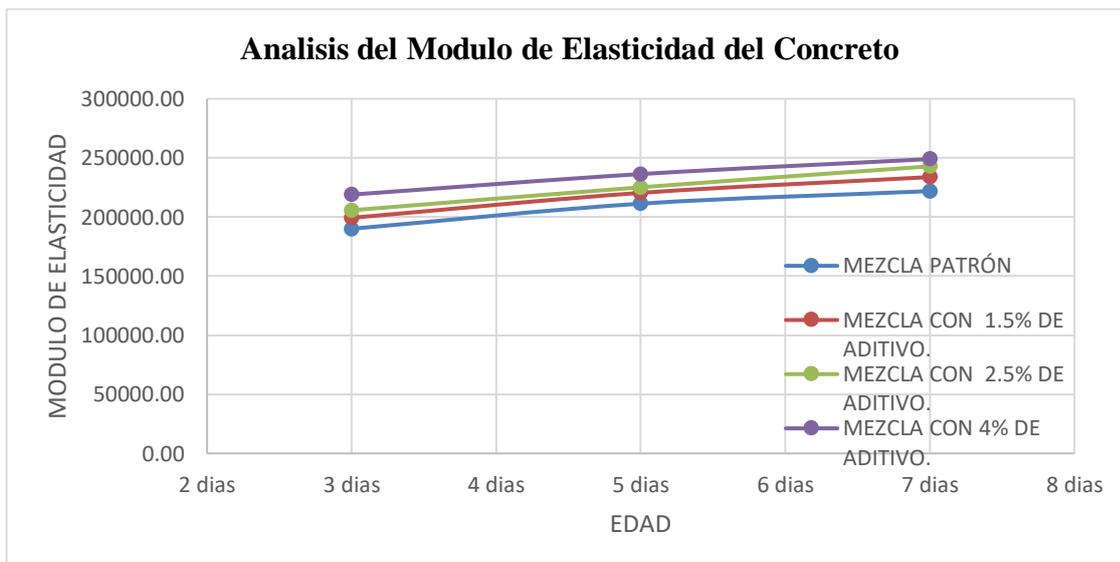


Figura 20: Módulo de Elasticidad VS Edad

En la Figura 20, podemos observar que el Concreto sin Aditivo presentó el menor promedio de módulo de elasticidad a la edad de 3 días de 190037.86 Kg/cm² con un 55% de la resistencia requerida del diseño, ya que obtuvo el menor valor de resistencia a compresión y también el menor valor de peso unitario como se explicó en los anteriores ítems.

El Concreto con 4.0% Aditivo presentó el mayor promedio de módulo de elasticidad a la edad de 7 días de 249037.85 Kg/cm² con un 73% de la resistencia requerida del diseño.

Observando la figura 20 nos indica que el módulo de elasticidad es directamente proporcional a la edad de curado ya que a mayor tiempo de curado mayor es el módulo de elasticidad y haciendo una comparación entre los módulos de elasticidad de concreto patrón y concreto con aditivo se infiere, que la mayor resistencia es con mayor porcentaje de aditivo y mayor es el módulo de elasticidad.

4.8 Análisis del Costo de la elaboración de concreto por metro cúbico.

Para la elaboración de este proyecto se realizó 4 diseños de mezcla en donde se utilizará dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% de aditivo por peso de cemento, su costo sería solamente el de la partida de elaboración de concreto con la dosificación calculada.

El rendimiento de mano de obra y de Equipo se tomó de lo indicado por CAPECO para un concreto de $f'c = 300$ Kg/cm², los costos de mano de obra se tomaron de los costos hora - hombre en edificación según la normativa vigente en el Perú.

Teniendo lo siguiente: para el Concreto sin Aditivo fue de S/.364.20, para el Concreto con 1.5% de aditivo fue de S/.418.49, para el Concreto con 2.5% de aditivo fue de S/.454.68 y para el Concreto con 4.0% de Aditivo fue de S/.508.97

Capítulo

V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez procesados los resultados de resistencia $f'c$ con respecto a las diferentes dosificaciones de aditivo y las diferentes edades de curado a las edades de 3, 5 y 7 días podemos concluir que:

- Se logró que a mayor resistencia a la compresión alcanzada a una edad de 7 días fue de 285.50 Kg/cm², lo que representa un porcentaje con respecto de la resistencia de diseño de 95.17%, esto se pudo lograr con la mezcla con dosificación de 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento; lo que significa que el aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE aumenta la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 300$ Kg/cm² a tempranas edades.
- Se logró comparar los resultados obtenidos de las mezclas con dosificación de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento de 1.5%, 2.5% y 4%, con respecto de la mezcla patrón, confirmando que el mayor aumento para una edad de 3 días se logra con la dosificación de 4% de aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE, el cual es similar a la resistencia que se alcanza a la edad de 7 días para la mezcla que no presenta ninguna proporción de aditivo.
- Se mejoró el módulo de Elasticidad con el aumento de la dosificación del aditivo SIKA CEM ACELERANTE PE por peso de cemento teniendo el máximo valor de 329037.85 Kg/cm² a los 7 días.

- El costo del concreto se incrementó con el aumento de la dosificación del aditivo, obteniendo el siguiente costo: para el Concreto sin Aditivo fue de S/.364.20, para el Concreto con 1.5% de aditivo fue de S/.418.49, para el Concreto con 2.5% de aditivo fue de S/.454.68 y para el Concreto con 4.0% de Aditivo fue de S/. 508.97.
- Definitivamente a mayor dosificación de aditivo en la preparación de las mezclas de concreto, la resistencia a la compresión aumenta, esto se puede verificar según los resultados obtenidos de los ensayos realizados según la norma ASTM C – 39, a los especímenes de concreto para cada uno de los diseños de mezcla elaborados.

5.2. Recomendaciones

- La incorporación del aditivo acelerante debe hacerse junto con el agua de amasado y no directamente sobre el hormigón, pues con esto se evita que el acelerante actúe solo una porción del hormigón. Si se obvia esto, podríamos tener una parte de la superficie endurecida rápidamente mientras que el resto mantendría el tiempo de fraguado normal.
- Se recomienda desarrollar un nuevo trabajo cambiando otras marcas de cemento (Cemento Sol, Cemento Atlas, Cemento Inka, Cemento Andino, Cemento Yura) y otras canteras, para utilizar en la preparación la mezcla de concreto y observar su resultado.
- Se recomienda una investigación con la utilización de diferentes marcas de aditivos acelerantes, para ser un análisis comparativo y observar sus resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM C 117 (2003) Método de Ensayo Normalizado para Materiales Más Finos que Una Criba No. 200 (75 µm) en Agregados Minerales Mediante Lavado.

CAPECO (2003).” *Costos y presupuestos en edificación*”, CAPECO, Lima – Perú.

Comité ACI 211. (1985). “*Proporcionamiento de Mezclas Concreto Normal, pesado y Masivo ACI 211.1*”

Comité ACI 214. (1977). “*Reporte del ACI 214 -77*”

Comité ACI 318. (1977). “*Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*”

INDECI. (2005). “*Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca*”. Cajamarca – Perú.

Norma ASTM C 31 (2003). Práctica Normalizada para la preparación y curado en obra de las probetas para ensayo del hormigón.

Norma ASTM C 33. (2013). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.

Norma ASTM C 39. (1999) Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

Norma ASTM C 92 (2012) Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio.

Norma ASTM C 128 (2004) Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.

Norma ASTM C 131 (2002) Método de Ensayo Estándar para Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso de Tamaño Menor por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles.

Norma ASTM C 136 (2005) Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.

Norma ASTM C 138 (2009) Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento, y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto.

Norma ASTM C 143 (1990) Método de Ensayo Estándar para revenimiento del concreto de cemento hidráulico.

Norma ASTM C 150 (2012) Especificaciones estándar para cementos portland.

Norma ASTM C 188 (1995) Densidad del cemento hidráulico.

Norma ASTM C 469 (1994) Método Estándar de Ensayo para módulo de elasticidad estático y relación de poisson del concreto en compresión.

Norma ASTM C 535 (2002) Método de Ensayo Estándar para Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso de Tamaño Mayor por Abrasión e Impacto en la Maquina Los Angeles.

Norma ASTM C595 (2009) Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos.

Norma ASTM C 702 (1993) Practica Estándar para Reducción de las Muestras de Agregado a Tamaño de Prueba.

Norma E.06 Concreto armado. (2009), Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima – Perú.

Norma NTP 339.033 (1999) HORMIGON. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra. 2a. ed.

Norma NTP 339.034 (1999) HORMIGON. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. 2a. ed.

Norma NTP 339.035 (1999) HORMIGON. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. 2a. ed.

Norma NTP 339.088 (1982) HORMIGON (CONCRETO). Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos.

Norma NTP 400.011. (1976) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.

Norma NTP 400.012. (2001) AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed.

Norma NTP 400.013 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones. 2a. ed.

Norma NTP 400.017 (1999) AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed.

Norma NTP 400.018 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados. 2a. ed.

Norma NTP 400.019 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles. 2a. ed.

Norma NTP 400.020 (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños grandes por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles. 2a. ed.

Norma NTP 400.021. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed.

Norma NTP 400.022. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed.

Norma NTP 400.037. (2002) AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

Norma NTP 400.043 (2006) AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.

Rivva, Enrique. (2010). “*CONCRETO, TOMO II: Diseño de Mezclas*”, Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.

Rivva, Enrique. (2004). “*Naturaleza y Materiales del Concreto*”, Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima – Perú.

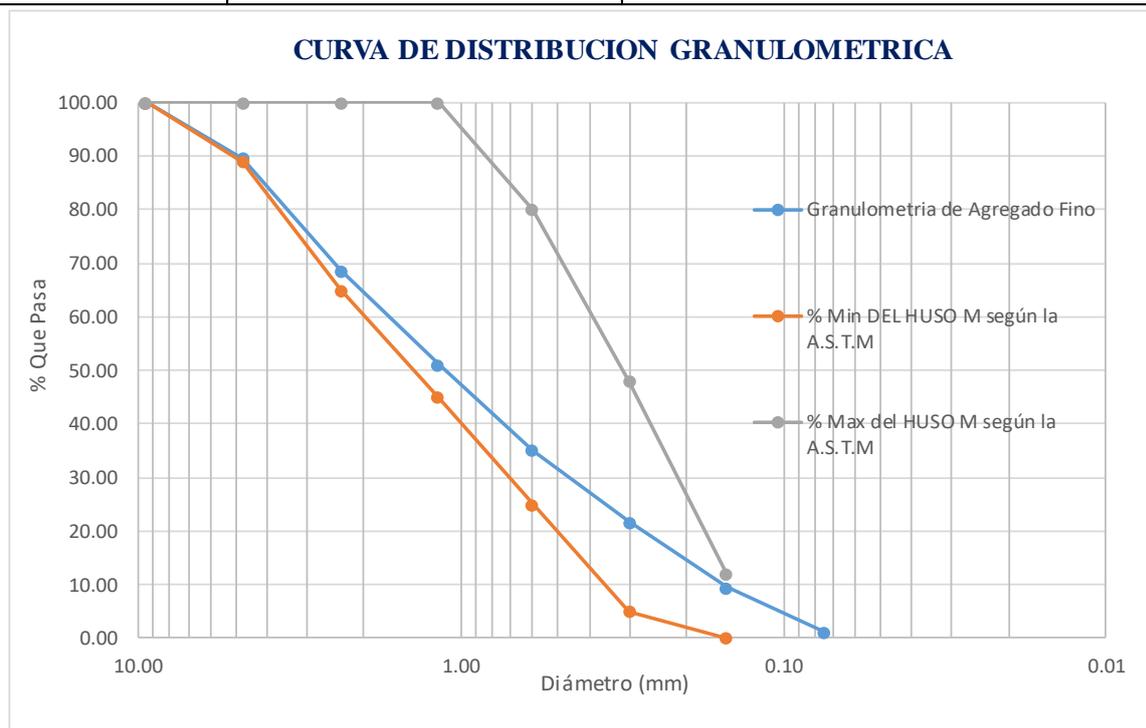
ANEXOS

ANEXO I
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 (2001)

Tabla A.I.1.1

Análisis Granulométrico del Agregado Fino

PESO SECO INICIAL =		2211.00 gr.		MÓDULO DE FINURA	3.246
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		26.00 gr.			
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	232.00	10.49	10.49	89.51
N° 8	2.36	462.00	20.90	31.39	68.61
N° 16	1.18	387.00	17.50	48.89	51.11
N° 30	0.60	356.00	16.10	64.99	35.01
N° 50	0.30	295.00	13.34	78.34	21.66
N° 100	0.15	268.00	12.12	90.46	9.54
N° 200	0.075	185.00	8.37	98.82	1.18
CAZOLETA	--	26.00	1.18	100.00	0.00
TOTAL		2211.00			



D60 = 1.78

D30 = 0.49

D10 = 0.16

Cu = 11.43

Cc = 0.86

Observaciones : La curva granulométrica del agregado Fino cumple con el Huso granulométrico M de la norma N.T.P 400.037 (2001)

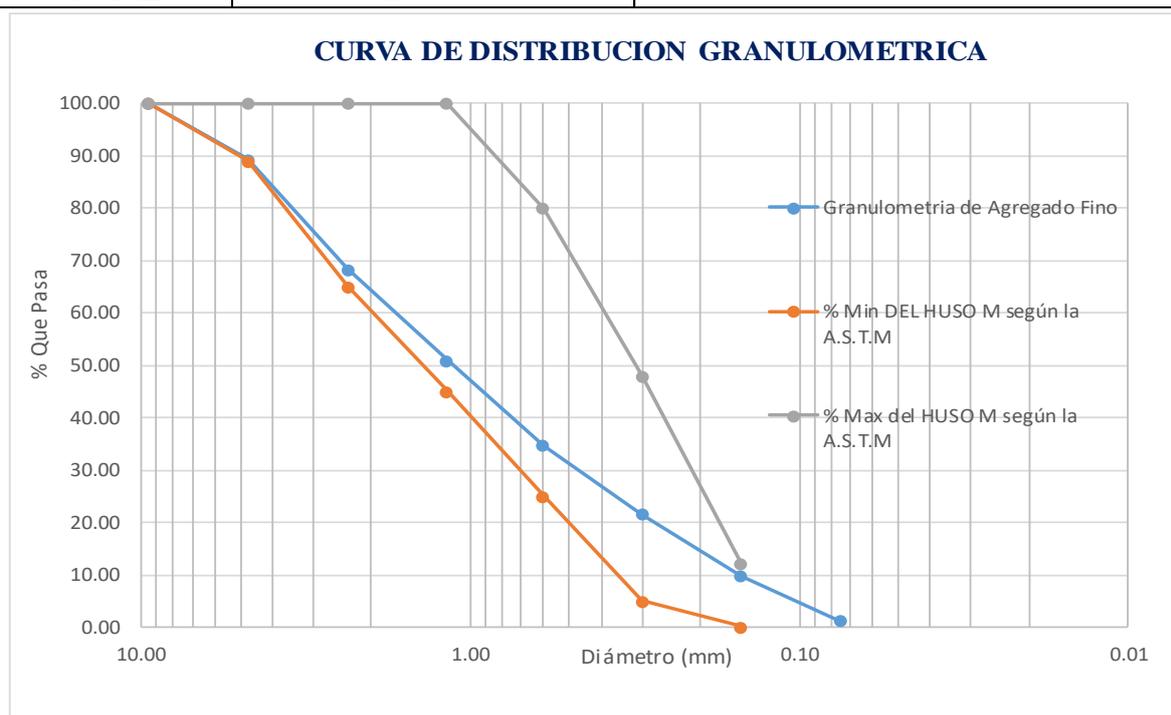
El módulo de finura del agregado Fino estudiado es de 3.246

ANEXO I
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 (2001)

Tabla A.I.1.2

Análisis Granulométrico del Agregado Fino

PESO SECO INICIAL =		2196.00 gr.		MÓDULO DE FINURA	3.255
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		26.00 gr.			
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	234.00	10.66	10.66	89.34
N° 8	2.36	462.00	21.04	31.69	68.31
N° 16	1.18	383.00	17.44	49.13	50.87
N° 30	0.60	356.00	16.21	65.35	34.65
N° 50	0.30	287.00	13.07	78.42	21.58
N° 100	0.15	261.00	11.89	90.30	9.70
N° 200	0.075	187.00	8.52	98.82	1.18
CAZOLETA	--	26.00	1.18	100.00	0.00
TOTAL		2196.00			



D60 = 1.80

D30 = 0.49

D10 = 0.15

Cu = 11.69

Cc = 0.88

Observaciones : La curva granulométrica del agregado Fino cumple con el Huso granulométrico M de la norma N.T.P 400.037 (2001)

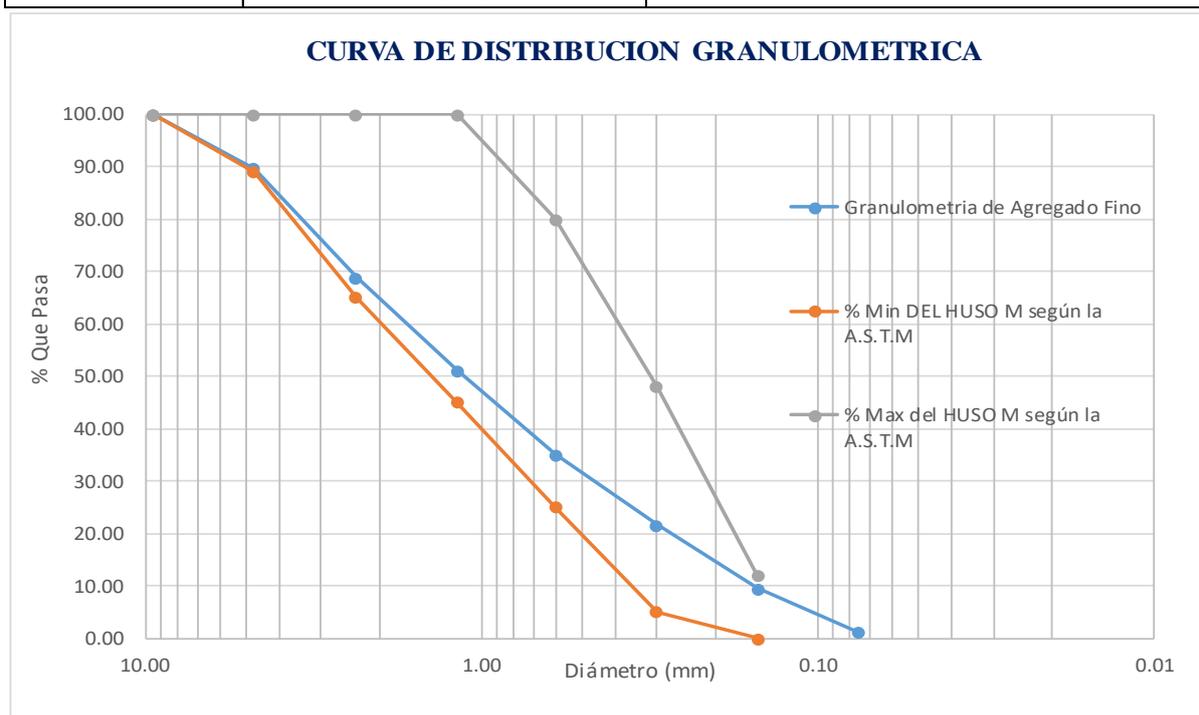
El módulo de finura del agregado Fino estudiado es de 3.255

ANEXO I
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 (2001)

Tabla A.I.1.3

Análisis Granulométrico del Agregado Fino

PESO SECO INICIAL =		2205.00 gr.		MÓDULO DE FINURA	3.241
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		26.00 gr.			
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	227.00	10.29	10.29	89.71
N° 8	2.36	459.00	20.82	31.11	68.89
N° 16	1.18	392.00	17.78	48.89	51.11
N° 30	0.60	353.00	16.01	64.90	35.10
N° 50	0.30	297.00	13.47	78.37	21.63
N° 100	0.15	268.00	12.15	90.52	9.48
N° 200	0.075	183.00	8.30	98.82	1.18
CAZOLETA	--	26.00	1.18	100.00	0.00
TOTAL		2205.00			



D60 = 1.77

D30 = 0.49

D10 = 0.16

Cu = 11.31

Cc = 0.85

Observaciones : La curva granulométrica del agregado Fino cumple con el Huso granulométrico M de la norma N.T.P 400.037 (2001)

El módulo de finura del agregado Fino estudiado es de 3.241

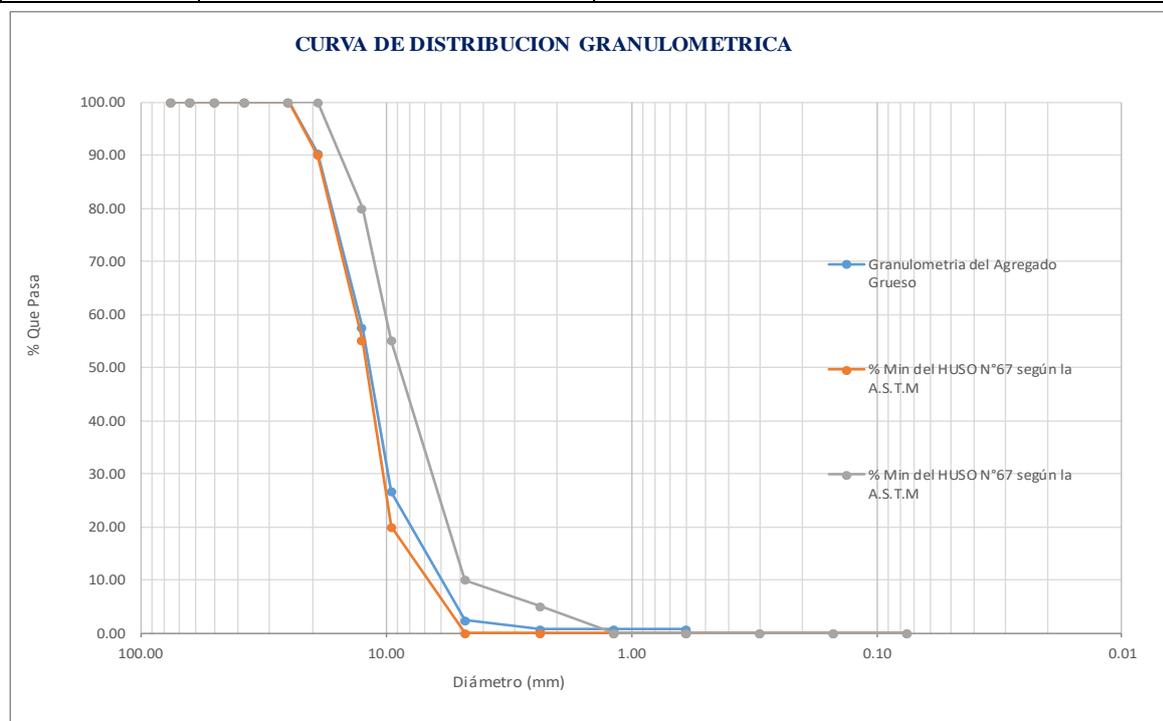
ANEXO I
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 (2001)

Tabla A.I.2.1

Analisis Granulometrico del Agregado Grueso

PESO SECO INICIAL =		4914.00 gr.		MÓDULO DE FINURA	6.773
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		33.00 gr.			
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	475.00	9.67	9.67	90.33
1/2"	12.50	1618.00	32.93	42.59	57.41
3/8"	9.50	1512.00	30.77	73.36	26.64
N° 4	4.75	1192.00	24.26	97.62	2.38
N° 8	2.36	84.00	1.71	99.33	0.67
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.33	0.67
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.33	0.67
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.33	0.67
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.33	0.67
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.33	0.67
CAZOLETA	--	33.00	0.67	100.00	0.00
TOTAL		4914.00			



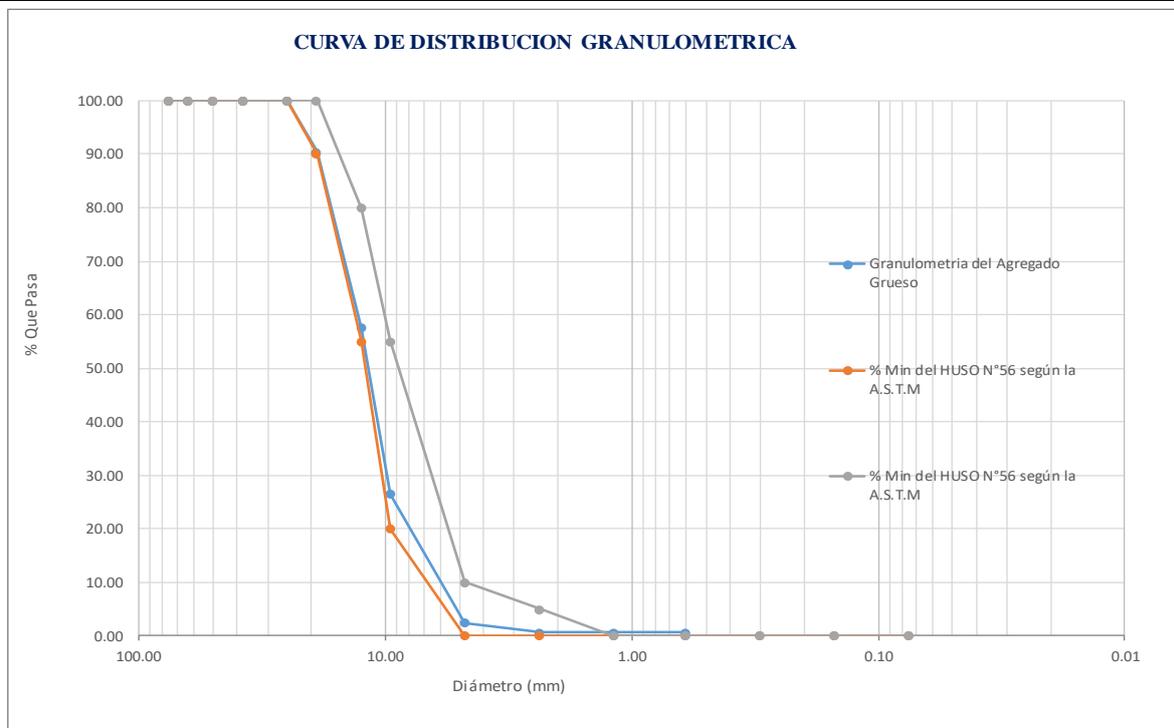
Observaciones : La curva granulometrica del agregado grueso cumple con el Huso granulometrico N°67 de la norma A.S.T.M C33M-14. El modulo de finura del agregado grueso estudiado es de 6.773

ANEXO I
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 (2001)

Tabla A.I.2.2

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

PESO SECO INICIAL =		4925.00 gr.		MÓDULO DE FINURA	6.774
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		32.00 gr.			
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	472.00	9.58	9.58	90.42
1/2"	12.50	1619.00	32.87	42.46	57.54
3/8"	9.50	1526.00	30.98	73.44	26.56
N° 4	4.75	1189.00	24.14	97.58	2.42
N° 8	2.36	87.00	1.77	99.35	0.65
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.35	0.65
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.35	0.65
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.35	0.65
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.35	0.65
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.35	0.65
CAZOLETA	--	32.00	0.65	100.00	0.00
TOTAL	4925.00				



Observaciones : La curva granulométrica del agregado grueso cumple con el uso granulométrico N°67 de la norma A.S.T.M C33M-14. El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 6.774

ANEXO II
CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA Y CALCULO DEL Factor f

TESIS :	“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE-
TESISTA :	CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR
ASESOR :	MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO
CANTERA :	RIO CHONTA

Tabla A.II.1

Calculo Especifico del Agua

DESCRIPCION	UNIDAD
NTP	339.088:2006
Peso de la fiola en (g)	151.30
Peso de la fiola en (g)	649.5
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00
Peso especifico (g/cm ³)	0.99640
P.e en (Kg/m ³)	996.40

Tabla A.II.2

Calculo del factor f para el Agregado Fino

DESCRIPCION	UNIDAD
Peso del Molde (g)	3885.00
Peso del Molde +Agua (g)	6855.00
Peso Agua (Kg)	2.9700
f (1/m ³)	335.488

Tabla A.II.3

Calculo del factor f para el Agregado Grueso

DESCRIPCION	UNIDAD
Peso del Molde (g)	4200.00
Peso del Molde +Agua (g)	13922.00
Peso Agua (Kg)	9.7220
f (1/m ³)	102.489

ANEXO III
GRAVEDAD ESPECIFICA, ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C 128 / NTP 400.021:2002 Y NTP 400.022:2002

TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE- CAJAMARCA 2018".

TESISTA : CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR

ASESOR : MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO

CANTERA : RIO CHONTA

Tabla A.III.1
Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	151.3	151.3	151.3	
Peso de la fiola + agua hasta menizco	g	649.5	649.5	649.5	
peso de la fiola + agua + muestra	g	960.2	960.5	959.7	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	492.50	492.70	493.00	
V. agua añadida al frasco (cm)	cm	308.90	309.20	308.40	
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.577	2.582	2.573	2.578
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente	g/cm³	2.616	2.621	2.610	2.616
Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.682	2.685	2.671	2.679
Absorción (%)	%	1.523	1.482	1.420	1.475

Tabla A.III.2
Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso

Descripción	Und.	Símbolo	Fórmula	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS	g	(A)		3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de muestra SSS + canastilla s.	g	(B)		4092.00	4093.00	4091.00	
Peso de canastilla sumergida	g	(C)		2224.00	2224.00	2224.00	
Peso de Recipiente	g	(D)		525	524	566	
Peso de Muestra Superficialmente	g	(E)		3525.00	3524.00	3566.00	
Peso de Muestra Secada al horno +	g	(F)		3489	3490	3533	
Peso de la muestra S.S	g	(G)		3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	(H)	(F - D)	2964.00	2966.00	2967.00	
Peso de la muestra s. en el agua	g	(I)	(B - C)	1868.00	1869.00	1867.00	
Peso Específico de Masa	g/cm³		H / (G - I)	2.618	2.622	2.619	2.620
Peso Específico de Masa S.S.S	g/cm³		G / (G - I)	2.650	2.653	2.648	2.650
Peso Específico de Aparente	g/cm³		H / (H - I)	2.704	2.704	2.697	2.702
Absorción (%)	%	(C)	(A-B)/B*100	1.215	1.146	1.112	1.158

Tabla A.III.3
Contenido de Humedad del Agregado Fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	104.00	122.00	128.00	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1789.00	1644.00	2025.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1701.00	1563.00	1925.00	
Contenido de Humedad	W %	5.51	5.62	5.56	5.565

Tabla A.III.4
Contenido de Humedad del Agregado Grueso

Descripción	Und.	Símbolo	Fórmula	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	(A)		525.00	524.00	566.00	
Peso del Recipiente + muestra Hume	g	(B)	(B-A)-(C-A)	5022.00	4875.00	5124.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	(C)	(C-A)*100	5007.00	4861.00	5108.00	
Contenido de Humedad	W %	(D)		0.335	0.323	0.352	0.337

ANEXO IV
PESO UNITARIO VOLUMETRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS
ASTM C 29 / NTP 400.017:1999

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A	
TESIS :	TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE- CAJAMARCA 2018”.
TESISTA :	CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR
ASESOR :	MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO
CANTERA :	RIO CHONTA

Tabla A.IV.1

Peso Unitario Volumetrico Suelto del Agregado Fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3885.00	3885.00	3885.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8554.00	8552.00	8563.00	
Peso de la muestra suelta	g	4669.00	4667.00	4678.00	
Factor (f)	1/m ³	335.488	335.488	335.488	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.566	1.566	1.569	1.567
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1566	1566	1569	1567

Tabla A.IV.2

Peso Unitario Volumetrico Suelto del Agregado Grueso

Descripción	Und.	Simbolo	Fórmula	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	(A)		4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	(B)		17495.00	17433.00	17428.00	
Peso de la muestra suelta	g	(C)	(B - A)	13295.00	13233.00	13228.00	
Factor (f)		(D)		102.489	102.489	102.489	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	(E)	D*(1000000/C)	1.363	1.356	1.356	1.358
Peso Unitario Suelto	Kg/m³		C/(1000/D)	1363	1356	1356	1358

Tabla A.IV.3

Peso Unitario Volumetrico Compactado del Agregado Fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3885.00	3885.00	3885.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	9051.00	9020.00	9011.00	
Peso de la muestra suelta	g	5166.00	5135.00	5126.00	
Factor (f)	1/m ³	335.488	335.488	335.488	
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1.733	1.723	1.720	1.725
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1733	1723	1720	1725

Tabla A.IV.4

Peso Unitario Volumetrico Compactado del Agregado Grueso

Descripción	Und.	Simbolo	Fórmula	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	(B)		4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra Compactada + reci	g	(A)		18522.00	18566.00	18544.00	
Peso de la muestra suelta	g	(C)	(B - A)	14322.00	14366.00	14344.00	
Factor (f)		(D)		102.489	102.489	102.489	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	(E)	D*(1000000/C)	1.468	1.472	1.470	1.470
Peso Unitario Compactado	Kg/m³		E*1000	1468	1472	1470	1470

ANEXO V
MATERIAL MAS FINO QUE PASA LA MALLA N° 200 DE LOS AGREGADOS
ASTM C 117 / NTP 400.018:2002

TESIS :	“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM
TESISTA :	CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR
ASESOR :	MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO
CANTERA :	RIO CHONTA

Tabla A.V.1
Material mas fino que pasa la Malla n°200 del Agregado Fino

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
Peso seco de la muestra original (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (gr.)	484.00	483.00	482.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr.)	16.00	17.00	18.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	3.20%	3.40%	3.60%
Promedio	3.40%		

Tabla A.V.2
Material mas fino que pasa la Malla n°200 del Agregado Grueso

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
Peso seco de la muestra original (gr.)	2900.00	2900.00	2900.00
Peso seco de la muestra lavada (gr.)	2891.00	2890.00	2888.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr.)	9.00	10.00	12.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	0.31%	0.34%	0.41%
Promedio	0.36%		

ANEXO VI
ENSAYO DE ABRASION
ASTM C 131 / NTP 400.019:2002

TESIS :	“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE- CAJAMARCA 2018”.
TESISTA :	CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR
ASESOR :	MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO
CANTERA :	RIO CHONTA

Tabla A.VI
 Ensayo de Abrasion

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./min)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (gr.)
A	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
DESCRIPCION				E-1	E-2	E-3
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3566	3544	3522
% Desg. $=((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				28.68	29.12	29.56
% Desg. Promedio				29.12		

ANEXO VII
CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS, AGUA, CEMENTO Y ADITIVO

TESIS :	“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A TEMPRANAS EDADES DE UN CONCRETO $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, MODIFICADO CON ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE- CAJAMARCA 2018”.
TESISTA :	CARLOS IVAN VARGAS SALAZAR
ASESOR :	MCs. ING. CENTURIÓN VARGAS MAURO AUGUSTO
CANTERA :	RIO CHONTA / UTM: 9207549-N y 779664-E

Tabla A.VII.1
Característica de los Agregados

PROPIEDADES	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1567.18	1358.18
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1725.19	1470.10
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.58	2.62
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	2.62	2.65
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	2.68	2.70
Absorción (%)	1.47	1.16
Porcentaje de vacíos en estado seco suelto	38.98%	47.97%
Porcentaje de vacíos en estado seco compactado	32.83%	43.68%
Contenido de Humedad (%)	5.57	0.34
Módulo de Finura	3.25	6.77
Partículas Menores del Tamiz N° 200	3.40%	0.36%
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	-	3/4"
Perfil del Agregado	-	Angular
Abrasion (%)	-	29.12

Tabla A.VII.2
Característica del Agua

DESCRIPCION	UNIDAD
Peso específico del agua (gr/cm ³)	0.9964
Abastecimiento	laboratorio de la U.N.C
Norma	NTP 339.088:2006

Tabla A.VII.3
Característica del Cemento

DESCRIPCION	UNIDAD
Tipo de cemento	C. Pacasmayo portland Tipo I
Norma	NTP 334.009:2005
	ASTM C150
Peso específico del Cemento (gr/cm ³)	3.08

Tabla A.VII.4
Característica del Aditivo

DESCRIPCION	UNIDAD
Tipo de Aditivo	SIKA CEM ACELERANTE PE
Norma	ASTM 494, Tipo C
	NTP 334.088:2006
Peso específico del Aditivo (gr/cm ³)	1.38

ANEXO VIII
HOJA TECNICA DEL CEMENTO
CEMENTO PORTLAND TIPO I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima

Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad



Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.8 (406)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	261	Máximo 375

ANEXO IX
HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO
ADITIVO SIKA CEM ACELERANTE PE



HOJA TÉCNICA

Sika® Cem Acelerante PE

Acelerante de fragua y resistencias para mezclas de Concreto Y Mortero

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Aditivo líquido de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del concreto.

Cumple norma ASTM 494, tipo C.

USOS

Sika® Cem Acelerante PE debe usarse cuando se requiera:

Obtener concreto con altas resistencias a temprana edad, reducir el tiempo de desencofrado y facilitar el rápido avance de las obras, colocar concreto en ambiente frío o efectuar reparaciones rápidas en todo tipo de estructuras.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- El Sika® Cem Acelerante PE reduce los tiempos de desencofrado.
- Se obtienen resistencias más altas a temprana edad.
- Pronto uso de estructuras nuevas.
- Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
- Sika® Cem Acelerante PE contrarresta el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la elaboración de prefabricados.

NORMAS

ESTÁNDARES

Sika® Cem Acelerante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo C.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Transparente tonalidad amarilla.

PRESENTACIÓN

- Envase PET x 4 L
- Balde x 20 L

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Un año en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1.38 kg/L +/- 0.01 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® Cem Acelerante PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS Dependiendo del grado de aceleramiento deseado, Sika® Cem Acelerante PE se dosifica del 1% al 4% del peso del cemento (aproximadamente de 300 mL a 1200 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg). De acuerdo con nuestra experiencia y como una guía en el uso de Sika® Cem Acelerante PE, se puede decir que con una dosificación del 4% se obtienen resistencias mecánicas a 3 días equivalentes a 7 días y a 7 días las equivalentes a 15 días. Este efecto puede variar con el tipo y la edad del cemento, como también con la temperatura del ambiente. Recomendamos hacer ensayos previos para determinar la dosificación óptima en cada caso.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Sika® Cem Acelerante PE viene listo para usarse, agregándose al agua de mezcla. PRECAUCIONES Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
BASES	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
RESTRICCIONES LOCALES	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
Información de Seguridad e Higiene	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

Hoja Técnica
Sika® Cem Acelerante PE
22.01.15, Edición 3



NOTAS LEGALES

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

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

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Cem Acelerante PE :

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



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Cem Acelerante PE
22.01.15, Edición 3

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



© 2014 Sika Perú S.A.



ANEXO X.1
DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN
Método: Módulo de finura de la Combinación de agregados

1. Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'c)			
- Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=		300 kg / cm ²
- Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'cr) f'cr =f'c × 1.10	=		330 kg / cm ²
2. Selección del TMN del agregado grueso :	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :	Slump [Tabla N°3.4]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :	Vol. [Tabla N°3.5]	=	205 Lt
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado :	% Aire A. [Tabla N°3.6]	=	2 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
- Por resistencia:	A/C [Tabla N°3.7]	=	0.508
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
	Peso del cemento	=	403.54 Kg/m ³
	Factor Cemento	=	9.50 Bolsas/m ³
8. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
	Cemento	=	0.1310 m ³
	Agua	=	0.2057 m ³
	Aire	=	0.02 m ³
	Volumen de Pasta	=	0.3568 m³
9. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.6432 m ³
10. Módulo de finura de la combinación de agregados :	Mc [Tabla N°3.8]	=	5.23
11. Corrección de Vacíos			
	Porcentaje de vacíos de Agregado grueso	=	43.69%
Como es mayor a 35%, los valores deben incrementarse o disminuirse en 0.1, por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.			
Módulo de finura de la combinación de agregados corregido :	Mc	=	5.03
11. Porcentaje de Agregado Fino :	rf	=	49.44 %
12. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados :			
	Agregado Fino	=	0.3180 m ³
	Agregado Grueso	=	0.3252 m ³
13. Peso Seco de los Agregados.			
	Agregado Fino	=	820.532 kg/m ³
	Agregado Grueso	=	852.032 kg/m ³
14. Presentación del diseño en estado seco.			
	Cemento	=	403.54 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205 Lt
	Agregado Fino seco	=	820.53 kg/m ³
	Agregado Grueso seco	=	852.03 kg/m ³
15. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.041
	Agregado Grueso	=	-0.008
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Fino	=	33.642 Lt/m ³
	Agregado Grueso	=	-6.987 Lt/m ³
	Aporte Total	=	26.655 Lt/m ³
16. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.			
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento	=	403.54 Kg/m ³
	Agua efectiva	=	178.34 lt/m ³
	Agregado Fino húmedo	=	866.24 Kg/m ³
	Agregado Grueso húmedo	=	854.93 Kg/m ³
17. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo por tanda			
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m ³ < > 3prob.)	Cemento	=	8.07 Kg/tanda
	Agua efectiva	=	3.57 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo	=	17.32 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo	=	17.10 Kg/tanda
18. Proporción en peso de obra.			
	Cemento	=	1
	Agregado Fino húmedo	=	2.15
	Agregado Grueso húmedo	=	2.12
	Agua efectiva	=	0.44 Lt/Kg

ANEXO X.2
AJUSTE POR LAS CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ELABORADA
(CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE)

	Cemento =	403.54 Kg/m3
1. Presentación del diseño de mezclas en estado seco	Agua de diseño =	205.00 lt/m3
	Agregado Fino seco =	820.53 Kg/m3
	Agregado Grueso seco =	852.03 Kg/m3
	Cemento =	403.54 Kg/m3
2. Presentación del diseño de mezclas en estado húmedo	Agua Efectiva =	178.34 lt/m3
	Agregado Fino húmedo =	866.24 Kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	854.93 Kg/m3
	Apariencia =	buena
3. Datos obtenidos en laboratorio	Asentamiento =	7.87 cm
	Agua Añadida =	180.00 lt/m3
	Peso Unitario del Concreto Fresco =	2340.140 Kg/m3
	% Vacíos =	1.50 %
	Cemento =	8.07 Kg/tanda
Materiales húmedos, por tanda (0.02 m3 < > 3 prob.)	Agua Efectiva =	3.60 lt/tanda
	Agregado fino húmedo =	17.32 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo =	17.10 Kg/tanda
4. Tanda de mezclado	Peso de la Colada =	46.09 Kg/tanda
5. Rendimiento = Peso de la Colada / Peso Unitario del Concreto	Rendimiento de la tanda =	0.01970 m3/tanda
	Aporte del Agregado Fino =	0.01 lt/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Grueso =	0.00 lt/tanda
	Agua de mezclado =	3.60 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda =	3.61 lt/tanda
6. Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3 =	183.00 lt/m3
	Asentamiento deseado =	9.00 cm
Corrección por el asentamiento del concreto (Por cada 1 cm de slump que se necesita incrementar, se aumentará 2 Lt de agua, y viceversa)	Asentamiento obtenido =	10.00 cm
	Disminuir asentamiento en =	-1.00 cm
	Disminuir el agua de mezcla en =	-2.00 lt/m3
	7. Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3 =
	Contenido de aire deseado =	2.00 %
Corrección por contenido de aire (Por cada 1 % en el contenido de aire que necesito disminuir debo incrementar 3 Lt de agua)	Contenido de aire obtenido =	1.50 %
	Incrementar el contenido de aire en =	-0.50 %
	Disminuir el agua de mezcla en =	-1.50 lt/m3
	8. Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3 =
	Agua de diseño =	205.00 lt/m3
Nueva relacion agua/cemento	Cemento de diseño =	403.54 Kg/m3
	a/c =	0.508
	nuevo contenido de Cemento =	353.00 Kg/m3
	agregado grueso humedo =	868.00 Kg/m3
10. Contenido de agregado grueso	agregado grueso seco =	867.97 Kg/m3
	agregado grueso SSS =	868.07 Kg/m3
	agregado fino SSS =	939.57 Kg/m3
11. Contenido de agregado fino	agregado fino seco =	939.43 Kg/m3
		Cemento =
12. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto.	Agua =	179.50 lt/m3
	Agregado Fino seco =	939.43 Kg/m3
	Agregado Grueso seco =	867.97 Kg/m3
	Aire atrapado =	2 %
	Cemento =	353.00 Kg/m4
13. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto, corregidos por humedad.	Agua Efectiva =	148.10 lt/m4
	Agregado Fino humedo =	991.76 Kg/m3
	Agregado Grueso humedo =	870.92 Kg/m3
	Aire atrapado =	2 %

ANEXO X.3
ANÁLISIS DE COSTOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO
DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN

Proporcionamiento de materiales humedos

Cemento =	353.00 Kg/m3
Agua Efectiva =	148.10 lt/m3
Agregado Fino humedo =	991.76 Kg/m3
Agregado Grueso humedo =	870.92 Kg/m3
Aire atrapado =	870.92 %

Mano de obra

RECURSOS	COSTO
Ingeniero responsable	S/. 35.00
Oficial	S/. 10.89
Equipo Liviano	S/. 11.89
Operario	S/. 12.23
Peon	S/. 9.85

Costo de materiales

RECURSOS	UNIDAD	COSTO
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas	S/. 25.00
Agua	m3	S/. 1.20
Agregado Fino	m3	S/. 60.00
Agregado Grueso	m3	S/. 60.00

Equipos

RECURSOS	COSTO
Mezcladora Concreto 16p3 / 20-35 hp	S/. 15.90

ANALISIS DE COSTO UNITARIO

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN

Rendimiento	10 horas/día
Jornal	8

Materiales =	S/. 284.25
Mano de obra =	S/. 141.86
Equipos =	S/. 19.81
Costo por metro cubico de Concreto =	S/. 445.92

NOMBRE DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/. 284.25
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas		8.306	S/. 25.00	S/. 207.65	
Agua	m3		0.148	S/. 1.20	S/. 0.18	
Agregado Fino	m3		0.632	S/. 60.00	S/. 37.95	
Agregado Grueso	m3		0.641	S/. 60.00	S/. 38.47	
MANO DE OBRA						S/. 141.86
Ingeniero responsable	hh	0.2	0.16	S/. 35.00	S/. 5.60	
Oficial	hh	1	0.8	S/. 10.89	S/. 8.71	
Equipo Liviano	hh	2	1.6	S/. 11.89	S/. 19.02	
Operario	hh	2	1.6	S/. 12.23	S/. 19.57	
Peon	hh	12	9.6	S/. 9.85	S/. 94.56	
EQUIPOS						S/. 19.81
Herramientas Manuales	% MO		5	S/. 141.86	S/. 7.09	
Mezcladora Concreto tambor 16p3 20-35 hp	HM	1	0.8	S/. 15.90	S/. 12.72	

ANEXO XI.1
DISEÑO DE MEZCLAS CON 1.5 % DE ADITIVO
Método: Módulo de finura de la Combinación de agregados

1. Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'c)			
- Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=		300 kg / cm2
- Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'cr) $f'cr = f'c \times 1.10$	=		330 kg / cm2
2. Selección del TMN del agregado grueso :	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :	Slump [Tabla N°3.4]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :	Vol. [Tabla N°3.5]	=	205 Lt
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado :	% Aire A. [Tabla N°3.6]	=	2 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
- Por resistencia:	A/C [Tabla N°3.7]	=	0.508
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
	Peso del cemento	=	403.54 Kg/m3
	Factor Cemento	=	9.50 Bolsas/m3
8. Cálculo del contenido de aditivo :			
	Porcentaje de Aditivo	=	1.50 %
	Aditivo	=	4.39 Lts/m3
9. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
	Cemento	=	0.1310 m3
	Aditivo 1.5%	=	0.0044 m3
	Agua	=	0.2014 m3
	Aire	=	0.02 m3
	Volumen de Pasta	=	0.3568 m3
10. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.6432 m3
11. Módulo de finura de la combinación de agregados :	Mc [Tabla N°3.8]	=	5.23
Corrección de Vacíos			
	Porcentaje de vacíos de Agregado grueso	=	43.69%
Como es mayor a 35%, los valores deben incrementarse o disminuirse en 0.1, por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.			
Módulo de finura de la combinación de agregados corregido :	Mc	=	5.03
12. Porcentaje de Agregado Fino :	rf	=	49.44 %
13. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados :			
	Agregado Fino	=	0.3180 m3
	Agregado Grueso	=	0.3252 m3
14. Peso Seco de los Agregados.			
	Agregado Fino	=	820.532 kg/m3
	Agregado Grueso	=	852.032 kg/m3
15. Presentación del diseño en estado seco.			
	Cemento	=	403.54 kg/m3
	Agua de diseño	=	200.61 Lt
	Agregado Fino seco	=	820.53 kg/m3
	Agregado Grueso seco	=	852.03 kg/m3
	Aditivo	=	4.39 Lt
16. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.041
	Agregado Grueso	=	-0.008
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Fino	=	33.642 Lt/m3
	Agregado Grueso	=	-6.987 Lt/m3
	Aporte Total	=	26.655 Lt/m3
17. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.			
	Cemento	=	403.54 Kg/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Agua efectiva	=	173.96 lt/m3
	Agregado Fino húmedo	=	866.24 Kg/m3
	Agregado Grueso húmedo	=	854.93 Kg/m3
	Aditivo	=	4.39 lt/m3
18. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo por tanda			
	Cemento	=	8.07 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3 < > 3prob.)	Agua efectiva	=	3.48 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo	=	17.32 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo	=	17.10 Kg/tanda
	Aditivo	=	0.09 lt/tanda
19. Proporción en peso de obra.			
	Cemento	=	1
	Agua efectiva	=	0.43 Lt/Kg
	Agregado Fino húmedo	=	2.15
	Agregado Grueso húmedo	=	2.12
	Aditivo	=	0.01 Lt/Kg

ANEXO XI.2
AJUSTE POR LAS CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ELABORADA CON 1.5% DE ADITIVO
(CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE)

1. Presentación del diseño de mezclas en estado seco	Cemento =	403.54 Kg/m ³
	Agua de diseño =	200.61 lt/m ³
	Agregado Fino seco =	820.53 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco =	852.03 Kg/m ³
	Aditivo =	4.39 lt/m ³
2. Presentación del diseño de mezclas en estado húmedo	Cemento =	403.54 Kg/m ³
	Agua Efectiva =	173.96 lt/m ³
	Agregado Fino húmedo =	866.24 Kg/m ³
	Agregado Grueso húmedo =	854.93 Kg/m ³
	Aditivo =	4.39 lt/m ³
3. Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia =	buena
	Asentamiento =	8.60 cm
	Agua Añadida =	3.52 lt/tanda
	Peso Unitario del Concreto Fresco =	2337.03 Kg/m ³
	% Vacíos =	1.65 %
Materiales húmedos, por tanda (0.02 m³ < > 3 prob.)	Cemento =	8.07 Kg/tanda
	Agua Añadida =	3.52 lt/tanda
	Agregado fino húmedo =	17.32 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo =	17.10 Kg/tanda
	Aditivo =	0.09 lt/m ³
4. Tanda de mezclado	Peso de la Colada =	46.10 Kg/tanda
5. Rendimiento = Peso de la Colada / Peso Unitario del Concreto	Rendimiento de la tanda =	0.01973 m³/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino =	0.0071 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso =	-0.0014 lt/tanda
	Agua de mezclado =	3.52 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda =	3.53 lt/tanda
6. Agua de mezclado por m³, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m³ =	179.00 lt/m³
Corrección por el asentamiento del concreto (Por cada 1 cm de slump que se necesita incrementar, se aumentará 2 Lt de agua, y viceversa)	Asentamiento deseado =	9.00 cm
	Asentamiento obtenido =	8.60 cm
	Incrementar asentamiento en =	0.40 cm
	Incrementar el agua de mezcla en =	0.80 lt/m ³
	7. Agua de mezclado por m³, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m³ =
Corrección por contenido de aire (Por cada 1 % en el contenido de aire que necesito disminuir debo incrementar 3 Lt de agua)	Contenido de aire deseado =	2.00 %
	Contenido de aire obtenido =	1.65 %
	Incrementar el contenido de aire en =	-0.35 %
	Disminuir el agua de mezcla en =	-1.05 lt/m ³
	8. Agua de mezclado por m³, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m³ =
Nueva relacion agua/cemento	Agua de diseño =	200.61 lt/m ³
	Cemento de diseño =	403.54 Kg/m ³
	a/c =	0.497
9. Contenido de cemento	nuevo contenido de Cemento =	360.00 Kg/m³
10. Contenido de Aditivo	nuevo contenido de Aditivo =	3.91 lt/m³
11. Contenido de agregado grueso	agregado grueso humedo =	867.00 Kg/m ³
	agregado grueso seco =	866.97 Kg/m ³
	agregado grueso SSS =	867.07 Kg/m ³
12. Contenido de agregado fino	agregado fino SSS =	931.21 Kg/m ³
	agregado fino seco =	931.07 Kg/m ³
13. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto.	Cemento =	360.00 Kg/m ³
	Agua =	174.84 lt/m ³
	Agregado Fino seco =	931.07 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco =	866.97 Kg/m ³
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	3.91 lt/m ³
14. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto, corregidos por humedad.	Cemento =	360.00 Kg/m ³
	Agua Efectiva =	143.77 lt/m ³
	Agregado Fino humedo =	982.93 Kg/m ³
	Agregado Grueso humedo =	869.92 Kg/m ³
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	3.91 lt/m ³

ANEXO XI.3
ANÁLISIS DE COSTOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO
DISEÑO DE MEZCLAS CON 1.5 % DE ADITIVO

Proporcionamiento de materiales humedos		Mano de obra	
		RECURSOS	COSTO
Cemento =	360.00 Kg/m3	Ingeniero responsable	S/. 35.00
Agua Efectiva =	143.77 lt/m3	Oficial	S/. 10.89
Agregado Fino humedo =	982.93 Kg/m3	Equipo Liviano	S/. 11.89
Agregado Grueso humedo =	869.92 Kg/m3	Operario	S/. 12.23
Aire atrapado =	2.00 %	Peon	S/. 9.85
Aditivo =	3.91 lt/m3		

Costo de materiales			Equipos	
RECURSOS	UNIDAD	COSTO	RECURSOS	COSTO
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas	S/. 25.00	Mezcladora Concreto 16p3 / 20-35 hp	S/. 15.90
Agua	m3	S/. 1.20		
Agregado Fino	m3	S/. 60.00		
Agregado Grueso	m3	S/. 60.00		
Aditivo	gl	S/. 35.50		

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN		Materiales =	S/. 322.71			
Rendimiento	10 horas/día	Mano de obra =	S/. 141.86			
Jornal	8	Equipos =	S/. 19.81			
		Costo por metro cubico de Concreto =	S/. 484.38			
NOMBRE DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas		8.471	S/. 25.00	S/. 211.76	
Agua	m3		0.144	S/. 1.20	S/. 0.17	
Agregado Fino	m3		0.627	S/. 60.00	S/. 37.61	
Agregado Grueso	m3		0.640	S/. 60.00	S/. 38.43	
Aditivo	gl		0.978	S/. 35.50	S/. 34.73	
MANO DE OBRA						
Ingeniero responsable	hh	0.2	0.16	S/. 35.00	S/. 5.60	
Oficial	hh	1	0.8	S/. 10.89	S/. 8.71	
Equipo Liviano	hh	2	1.6	S/. 11.89	S/. 19.02	
Operario	hh	2	1.6	S/. 12.23	S/. 19.57	
Peon	hh	12	9.6	S/. 9.85	S/. 94.56	
EQUIPOS						
Herramientas Manuales	% MO		5	S/. 141.86	S/. 7.09	
Mezcladora Concreto tambor 16p3 20-35 hp	HM	1	0.8	S/. 15.90	S/. 12.72	

ANEXO XII.1
DISEÑO DE MEZCLAS CON 2.5 % DE ADITIVO
Método: Módulo de finura de la Combinación de agregados

1. Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'c)			
- Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=		300 kg / cm2
- Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'cr) $f'cr = f'c \times 1.10$	=		330 kg / cm2
2. Selección del TMN del agregado grueso :	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :	Slump [Tabla N°3.4]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :	Vol. [Tabla N°3.5]	=	205 Lt
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado :	% Aire A. [Tabla N°3.6]	=	2 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
- Por resistencia:	A/C [Tabla N°3.7]	=	0.508
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
	Peso del cemento	=	403.54 Kg/m3
	Factor Cemento	=	9.50 Bolsas/m3
8. Cálculo del contenido de aditivo :			
	Porcentaje de Aditivo	=	2.50 %
	Aditivo	=	7.31 Lts/m3
9. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
	Cemento	=	0.1310 m3
	Aditivo 1.5%	=	0.0073 m3
	Agua	=	0.1984 m3
	Aire	=	0.02 m3
	Volumen de Pasta	=	0.3568 m3
10. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.6432 m3
11. Módulo de finura de la combinación de agregados :	Mc [Tabla N°3.8]	=	5.23
Corrección de Vacíos			
	Porcentaje de vacíos de Agregado grueso	=	43.69%
Como es mayor a 35%, los valores deben incrementarse o disminuirse en 0.1, por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.			
Módulo de finura de la combinación de agregados corregido :	Mc	=	5.03
12. Porcentaje de Agregado Fino :	rf	=	49.44 %
13. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados :			
	Agregado Fino	=	0.3180 m3
	Agregado Grueso	=	0.3252 m3
14. Peso Seco de los Agregados.			
	Agregado Fino	=	820.532 kg/m3
	Agregado Grueso	=	852.032 kg/m3
15. Presentación del diseño en estado seco.			
	Cemento	=	403.54 kg/m3
	Agua de diseño	=	197.69 Lt
	Agregado Fino seco	=	820.53 kg/m3
	Agregado Grueso seco	=	852.03 kg/m3
	Aditivo	=	7.31 Lt
16. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.041
	Agregado Grueso	=	-0.008
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Fino	=	33.642 Lt/m3
	Agregado Grueso	=	-6.987 Lt/m3
	Aporte Total	=	26.655 Lt/m3
17. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.			
	Cemento	=	403.54 Kg/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Agua efectiva	=	171.03 lt/m3
	Agregado Fino húmedo	=	866.24 Kg/m3
	Agregado Grueso húmedo	=	854.93 Kg/m3
	Aditivo	=	7.31 lt/m3
18. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo por tanda			
	Cemento	=	8.07 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3 < > 3prob.)	Agua efectiva	=	3.42 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo	=	17.32 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo	=	17.10 Kg/tanda
	Aditivo	=	0.15 lt/tanda
19. Proporción en peso de obra.			
	Cemento	=	1
	Agua efectiva	=	0.42 Lt/Kg
	Agregado Fino húmedo	=	2.15
	Agregado Grueso húmedo	=	2.12
	Aditivo	=	0.02 Lt/Kg

ANEXO XII.2
AJUSTE POR LAS CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ELABORADA CON 2.5% DE ADITIVO
(CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE)

	Cemento =	403.54 Kg/m ³
	Agua de diseño =	197.69 lt/m ³
1. Presentación del diseño de mezclas en estado seco	Agregado Fino seco =	820.53 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco =	852.03 Kg/m ³
	Aditivo =	7.31 lt/m ³
	Cemento =	403.54 Kg/m ³
	Agua Efectiva =	171.03 lt/m ³
2. Presentación del diseño de mezclas en estado húmedo	Agregado Fino húmedo =	866.24 Kg/m ³
	Agregado Grueso húmedo =	854.93 Kg/m ³
	Aditivo =	7.31 lt/m ³
	Apariencia =	buena
	Asentamiento =	8.87 cm
3. Datos obtenidos en laboratorio	Agua Añadida =	3.36 lt/tanda
	Peso Unitario del Concreto Fresco =	2347.83 Kg/m ³
	% Vacíos =	1.78 %
	Cemento =	8.07 Kg/tanda
	Agua Añadida =	3.36 lt/tanda
Materiales húmedos, por tanda (0.02 m³ < > 3 prob.)	Agregado fino húmedo =	17.32 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo =	17.10 Kg/tanda
	Aditivo =	0.15 lt/m ³
4. Tanda de mezclado	Peso de la Colada =	46.00 Kg/tanda
5. Rendimiento = Peso de la Colada / Peso Unitario del Concreto	Rendimiento de la tanda =	0.01959 m³/tanda
	Aporte del Agregado Fino =	0.0071 lt/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Grueso =	-0.0014 lt/tanda
	Agua de mezclado =	3.36 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda =	3.37 lt/tanda
6. Agua de mezclado por m³, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m³ =	172.00 lt/m³
	Asentamiento deseado =	9.00 cm
	Asentamiento obtenido =	8.87 cm
	Incrementar asentamiento en =	0.13 cm
	Incrementar el agua de mezcla en =	0.26 lt/m ³
7. Agua de mezclado por m³, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m³ =	172.26 lt/m³
	Contenido de aire deseado =	2.00 %
	Contenido de aire obtenido =	1.78 %
Corrección por contenido de aire (Por cada 1 % en el contenido de aire que necesito disminuir debo incrementar 3 Lt de agua)	Incrementar el contenido de aire en =	-0.22 %
	Disminuir el agua de mezcla en =	-0.66 lt/m ³
8. Agua de mezclado por m³, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m³ =	171.60 lt/m³
	Agua de diseño =	197.69 lt/m ³
	Cemento de diseño =	403.54 Kg/m ³
	a/c =	0.490
	nuevo contenido de Cemento =	350.00 Kg/m³
9. Contenido de cemento	nuevo contenido de Aditivo =	6.34 lt/m³
10. Contenido de Aditivo		
	agregado grueso humedo =	873.00 Kg/m ³
11. Contenido de agregado grueso	agregado grueso seco =	872.97 Kg/m ³
	agregado grueso SSS =	873.07 Kg/m ³
	agregado fino SSS =	953.16 Kg/m ³
12. Contenido de agregado fino	agregado fino seco =	953.02 Kg/m ³
	Cemento =	350.00 Kg/m ³
	Agua =	165.26 lt/m ³
	Agregado Fino seco =	953.02 Kg/m ³
13. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto.	Agregado Grueso seco =	872.97 Kg/m ³
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	6.34 lt/m ³
	Cemento =	350.00 Kg/m ⁴
	Agua Efectiva =	133.34 lt/m ⁴
14. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto, corregidos por humedad.	Agregado Fino humedo =	1006.10 Kg/m ³
	Agregado Grueso humedo =	875.94 Kg/m ³
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	6.34 lt/m ³

ANEXO XII.3
ANÁLISIS DE COSTOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO
DISEÑO DE MEZCLAS CON 2.5 % DE ADITIVO

Proporcionamiento de materiales humedos	
Cemento =	350.00 Kg/m3
Agua Efectiva =	133.34 lt/m3
Agregado Fino humedo =	1006.10 Kg/m3
Agregado Grueso humedo =	875.94 Kg/m3
Aire atrapado =	2.00 %
Aditivo =	6.34 lt/m3

Mano de obra	
RECURSOS	COSTO
Ingeniero responsable	S/. 35.00
Oficial	S/. 10.89
Equipo Liviano	S/. 11.89
Operario	S/. 12.23
Peon	S/. 9.85

Costo de materiales		
RECURSOS	UNIDAD	COSTO
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas	S/. 25.00
Agua	m3	S/. 1.20
Agregado Fino	m3	S/. 60.00
Agregado Grueso	m3	S/. 60.00
Aditivo	gl	S/. 35.50

Equipos	
RECURSOS	COSTO
Mezcladora Concreto 16p3 / 20-35 hp	S/. 15.90

ANALISIS DE COSTO UNITARIO			
DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN		Materiales =	S/. 339.51
Rendimiento	10 horas/día	Mano de obra =	S/. 141.86
Jornal	8	Equipos =	S/. 19.81
		Costo por metro cubico de Concreto =	S/. 501.18

NOMBRE DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/. 339.51
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas		8.235	S/. 25.00	S/. 205.88	
Agua	m3		0.133	S/. 1.20	S/. 0.16	
Agregado Fino	m3		0.642	S/. 60.00	S/. 38.50	
Agregado Grueso	m3		0.645	S/. 60.00	S/. 38.69	
Aditivo	gl		1.585	S/. 35.50	S/. 56.27	
MANO DE OBRA						S/. 141.86
Ingeniero responsable	hh	0.2	0.16	S/. 35.00	S/. 5.60	
Oficial	hh	1	0.8	S/. 10.89	S/. 8.71	
Equipo Liviano	hh	2	1.6	S/. 11.89	S/. 19.02	
Operario	hh	2	1.6	S/. 12.23	S/. 19.57	
Peon	hh	12	9.6	S/. 9.85	S/. 94.56	
EQUIPOS						S/. 19.81
Herramientas Manuales	% MO		5	S/. 141.86	S/. 7.09	
Mezcladora Concreto tambor 16p3 20-35 hp	HM	1	0.8	S/. 15.90	S/. 12.72	

ANEXO XIII.1
DISEÑO DE MEZCLAS CON 4.0 % DE ADITIVO
Método: Módulo de finura de la Combinación de agregados

1. Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'c)			
- Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=		300 kg / cm2
- Resistencia a la compresión requerida del Concreto (f'cr) $f'cr = f'c \times 1.10$	=		330 kg / cm2
2. Selección del TMN del agregado grueso :	TMN	=	3/4"
3. Selección del asentamiento :	Slump [Tabla N°3.4]	=	3" - 4"
4. Volumen de agua :	Vol. [Tabla N°3.5]	=	205 Lt
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado :	% Aire A. [Tabla N°3.6]	=	2 %
6. Selección de la relación agua/cemento :			
- Por resistencia:	A/C [Tabla N°3.7]	=	0.508
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(6):			
	Peso del cemento	=	403.54 Kg/m3
	Factor Cemento	=	9.50 Bolsas/m3
8. Cálculo del contenido de aditivo :			
	Porcentaje de Aditivo	=	4.00 %
	Aditivo	=	11.70 Lts/m3
9. Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :			
	Cemento	=	0.1310 m3
	Aditivo 1.5%	=	0.0117 m3
	Agua	=	0.1940 m3
	Aire	=	0.02 m3
	Volumen de Pasta		0.3568 m3
10. Volumen absolutos de los Agregados.			
	Agregados grueso y fino	=	0.6432 m3
11. Módulo de finura de la combinación de agregados :	Mc [Tabla N°3.8]	=	5.23
Corrección de Vacíos			
	Porcentaje de vacíos de Agregado grueso	=	43.69%
Como es mayor a 35%, los valores deben incrementarse o disminuirse en 0.1, por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.			
Módulo de finura de la combinación de agregados corregido :	Mc	=	5.03
12. Porcentaje de Agregado Fino :	rf	=	49.44 %
13. Cálculo de los volúmenes absolutos de los Agregados :			
	Agregado Fino	=	0.3180 m3
	Agregado Grueso	=	0.3252 m3
14. Peso Seco de los Agregados.			
	Agregado Fino	=	820.532 kg/m3
	Agregado Grueso	=	852.032 kg/m3
15. Presentación del diseño en estado seco.			
	Cemento	=	403.54 kg/m3
	Agua de diseño	=	193.30 Lt
	Agregado Fino seco	=	820.53 kg/m3
	Agregado Grueso seco	=	852.03 kg/m3
	Aditivo	=	11.70 Lt
16. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados			
<i>Humedad Superficial de los Agregados</i>	Agregado Fino	=	0.041
	Agregado Grueso	=	-0.008
<i>Aporte de humedad de los agregados</i>	Agregado Fino	=	33.642 Lt/m3
	Agregado Grueso	=	-6.987 Lt/m3
	Aporte Total	=	26.655 Lt/m3
17. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo.			
	Cemento	=	403.54 Kg/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Agua efectiva	=	166.65 lt/m3
	Agregado Fino húmedo	=	866.24 Kg/m3
	Agregado Grueso húmedo	=	854.93 Kg/m3
	Aditivo	=	11.70 lt/m3
18. Presentación del diseño de mezcla en estado húmedo por tanda			
	Cemento	=	8.07 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3 < > 3prob.)	Agua efectiva	=	3.33 lt/tanda
	Agregado Fino húmedo	=	17.32 Kg/tanda
	Agregado Grueso húmedo	=	17.10 Kg/tanda
	Aditivo	=	0.23 lt/tanda
19. Proporción en peso de obra.			
	Cemento	=	1
	Agua efectiva	=	0.41 Lt/Kg
	Agregado Fino húmedo	=	2.15
	Agregado Grueso húmedo	=	2.12
	Aditivo	=	0.03 Lt/Kg

ANEXO XIII.2
AJUSTE POR LAS CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ELABORADA CON 4.0% DE ADITIVO
(CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE)

	Cemento =	403.54 Kg/m3
	Agua de diseño =	193.30 lt/m3
1. Presentación del diseño de mezclas en estado seco	Agregado Fino seco =	820.53 Kg/m3
	Agregado Grueso seco =	852.03 Kg/m3
	Aditivo =	11.70 lt/m3
	Cemento =	403.54 Kg/m3
	Agua Efectiva =	166.65 lt/m3
2. Presentación del diseño de mezclas en estado húmedo	Agregado Fino húmedo =	866.24 Kg/m3
	Agregado Grueso húmedo =	854.93 Kg/m3
	Aditivo =	11.70 lt/m3
	Apariencia =	buena
	Asentamiento =	8.88 cm
3. Datos obtenidos en laboratorio	Agua Añadida =	3.24 lt/tanda
	Peso Unitario del Concreto Fresco =	2344.54 Kg/m3
	% Vacios =	1.85 %
	Cemento =	8.07 Kg/tanda
	Agua Añadida =	3.24 lt/tanda
Materiales húmedos, por tanda (0.02 m3 < > 3 prob.)	Agregado fino húmedo =	17.32 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo =	17.10 Kg/tanda
	Aditivo =	0.23 lt/m3
4. Tanda de mezclado	Peso de la Colada =	45.97 Kg/tanda
5. Rendimiento = Peso de la Colada / Peso Unitario del Concreto	Rendimiento de la tanda =	0.01961 m3/tanda
	Aporte del Agregado Fino =	0.0071 lt/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Grueso =	-0.0014 lt/tanda
	Agua de mezclado =	3.24 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda =	3.25 lt/tanda
6. Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3 =	166.00 lt/m3
	Asentamiento deseado =	9.00 cm
	Asentamiento obtenido =	8.88 cm
	Incrementar asentamiento en =	0.12 cm
	Incrementar el agua de mezcla en =	0.24 lt/m3
7. Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3 =	166.24 lt/m3
	Contenido de aire deseado =	2.00 %
	Contenido de aire obtenido =	1.85 %
Corrección por contenido de aire (Por cada 1 % en el contenido de aire que necesito disminuir debo incrementar 3 Lt de agua)	Incrementar el contenido de aire en =	-0.15 %
	Disminuir el agua de mezcla en =	-0.45 lt/m3
8. Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3 =	165.79 lt/m3
	Agua de diseño =	193.30 lt/m3
	Cemento de diseño =	403.54 Kg/m3
	a/c =	0.479
	nuevo contenido de Cemento =	346.00 Kg/m3
9. Contenido de cemento	nuevo contenido de Aditivo =	10.03 lt/m3
10. Contenido de Aditivo		
	agregado grueso humedo =	872.00 Kg/m3
11. Contenido de agregado grueso	agregado grueso seco =	871.97 Kg/m3
	agregado grueso SSS =	872.07 Kg/m3
	agregado fino SSS =	960.68 Kg/m3
12. Contenido de agregado fino	agregado fino seco =	960.54 Kg/m3
	Cemento =	346.00 Kg/m3
	Agua =	155.76 lt/m3
	Agregado Fino seco =	960.54 Kg/m3
13. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto.	Agregado Grueso seco =	871.97 Kg/m3
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	10.03 lt/m3
	Cemento =	346.00 Kg/m4
	Agua Efectiva =	123.53 lt/m4
	Agregado Fino humedo =	1014.04 Kg/m3
14. Nuevos pesos ajustados por metro cubico de concreto, corregidos por humedad.	Agregado Grueso humedo =	874.94 Kg/m3
	Aire atrapado =	2 %
	Aditivo =	10.03 lt/m3

ANEXO XIII.3
ANÁLISIS DE COSTOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO
DISEÑO DE MEZCLAS CON 4.0 % DE ADITIVO

Proporcionamiento de materiales humedos	
Cemento =	346.00 Kg/m ³
Agua Efectiva =	123.53 lt/m ³
Agregado Fino humedo =	1014.04 Kg/m ³
Agregado Grueso humedo =	874.94 Kg/m ³
Aire atrapado =	2.00 %
Aditivo =	10.03 lt/m ³

Mano de obra	
RECURSOS	COSTO
Ingeniero responsable	S/. 35.00
Oficial	S/. 10.89
Equipo Liviano	S/. 11.89
Operario	S/. 12.23
Peon	S/. 9.85

Costo de materiales		
RECURSOS	UNIDAD	COSTO
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas	S/. 25.00
Agua	m ³	S/. 1.20
Agregado Fino	m ³	S/. 60.00
Agregado Grueso	m ³	S/. 60.00
Aditivo	gl	S/. 35.50

Equipos	
RECURSOS	COSTO
Mezcladora Concreto 16p3 / 20-35 hp	S/. 15.90

ANALISIS DE COSTO UNITARIO

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN		Materiales =	S/. 370.14
Rendimiento	10 horas/día	Mano de obra =	S/. 141.86
Jornal	8	Equipos =	S/. 19.81
		Costo por metro cubico de Concreto =	S/. 531.81

NOMBRE DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/. 370.14
Cemento Portland tipo I (42.5kg)	bolsas		8.141	S/. 25.00	S/. 203.53	
Agua	m ³		0.124	S/. 1.20	S/. 0.15	
Agregado Fino	m ³		0.647	S/. 60.00	S/. 38.80	
Agregado Grueso	m ³		0.644	S/. 60.00	S/. 38.65	
Aditivo	gl		2.507	S/. 35.50	S/. 89.01	
MANO DE OBRA						S/. 141.86
Ingeniero responsable	hh		0.2	S/. 35.00	S/. 5.60	
Oficial	hh		1	S/. 10.89	S/. 8.71	
Equipo Liviano	hh		2	S/. 11.89	S/. 19.02	
Operario	hh		2	S/. 12.23	S/. 19.57	
Peon	hh		12	S/. 9.85	S/. 94.56	
EQUIPOS						S/. 19.81
Herramientas Manuales	% MO		5	S/. 141.86	S/. 7.09	
Mezcladora Concreto tambor 16p3 20-35 hp	HM		1	S/. 15.90	S/. 12.72	

ANEXO XIV.1.1
ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)
MEZCLA PATRON (3 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-P-01	3	15.1	30.2	300	Tipo 3	168.64	56.21%
CV-P-02	3	15.2	31.5	300	Tipo 6	173.59	57.86%
CV-P-03	3	15.2	29.5	300	Tipo 4	162.57	54.19%
CV-P-04	3	15.3	30.6	300	Tipo 3	166.44	55.48%
CV-P-05	3	15.2	29.6	300	Tipo 3	163.12	54.37%
CV-P-06	3	15.2	32.6	300	Tipo 4	179.66	59.89%
CV-P-07	3	15.3	31	300	Tipo 3	168.61	56.20%
CV-P-08	3	15.1	29.2	300	Tipo 3	163.06	54.35%
CV-P-09	3	15.3	31.8	300	Tipo 6	172.96	57.65%
CV-P-10	3	15.2	29.5	300	Tipo 4	162.57	54.19%
CV-P-11	3	15.3	31.6	300	Tipo 3	171.88	57.29%
CV-P-12	3	15.3	30.6	300	Tipo 3	166.44	55.48%
CV-P-13	3	15.3	30.8	300	Tipo 4	167.52	55.84%
CV-P-14	3	15.1	29.6	300	Tipo 4	165.29	55.10%
CV-P-15	3	15.2	28.6	300	Tipo 3	157.61	52.54%
CV-P-16	3	15.2	30.3	300	Tipo 3	166.98	55.66%
CV-P-17	3	15.1	29.2	300	Tipo 4	163.06	54.35%
CV-P-18	3	15.2	30.6	300	Tipo 3	168.63	56.21%
CV-P-19	3	15.3	31.6	300	Tipo 3	171.88	57.29%
CV-P-20	3	15.2	31.4	300	Tipo 6	173.04	57.68%
CV-P-21	3	15.2	30.6	300	Tipo 3	168.63	56.21%
CV-P-22	3	15.3	29.5	300	Tipo 3	160.45	53.48%
CV-P-23	3	15.3	29.8	300	Tipo 6	162.09	54.03%
CV-P-24	3	15.3	30.2	300	Tipo 4	164.26	54.75%
CV-P-25	3	15.2	30.9	300	Tipo 3	170.29	56.76%
CV-P-26	3	15.3	29.4	300	Tipo 3	159.91	53.30%
CV-P-27	3	15.3	29.2	300	Tipo 4	158.82	52.94%
CV-P-28	3	15.3	31.6	300	Tipo 3	171.88	57.29%
CV-P-29	3	15.1	32.6	300	Tipo 3	182.04	60.68%
CV-P-30	3	15.2	31.6	300	Tipo 6	174.14	58.05%

ANEXO XIV.1.2
ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)
MEZCLA PATRON (5 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f_c (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-P-31	5	15.3	37.5	300	Tipo 3	203.97	67.99%
CV-P-32	5	15.1	36.1	300	Tipo 3	201.59	67.20%
CV-P-33	5	15.3	36.8	300	Tipo 4	200.16	66.72%
CV-P-34	5	15.2	38.6	300	Tipo 4	212.72	70.91%
CV-P-35	5	15.3	38.2	300	Tipo 3	207.77	69.26%
CV-P-36	5	15.1	37.5	300	Tipo 3	209.41	69.80%
CV-P-37	5	15.2	36.6	300	Tipo 4	201.7	67.23%
CV-P-38	5	15.2	37.3	300	Tipo 3	205.56	68.52%
CV-P-39	5	15.3	37.6	300	Tipo 3	204.51	68.17%
CV-P-40	5	15.2	37.8	300	Tipo 6	208.31	69.44%
CV-P-41	5	15.1	38.2	300	Tipo 3	213.31	71.10%
CV-P-42	5	15.2	38.3	300	Tipo 3	211.07	70.36%
CV-P-43	5	15.2	36.6	300	Tipo 4	201.7	67.23%
CV-P-44	5	15.3	38.2	300	Tipo 4	207.77	69.26%
CV-P-45	5	15.2	37.6	300	Tipo 3	207.21	69.07%
CV-P-46	5	15.3	35.6	300	Tipo 3	193.63	64.54%
CV-P-47	5	15.2	36.2	300	Tipo 4	199.49	66.50%
CV-P-48	5	15.1	36.1	300	Tipo 3	201.59	67.20%
CV-P-49	5	15.1	37.6	300	Tipo 3	209.96	69.99%
CV-P-50	5	15.3	37.9	300	Tipo 6	206.14	68.71%
CV-P-51	5	15.2	38.2	300	Tipo 3	210.52	70.17%
CV-P-52	5	15.2	38.1	300	Tipo 3	209.97	69.99%
CV-P-53	5	15.3	37.6	300	Tipo 4	204.51	68.17%
CV-P-54	5	15.2	37.6	300	Tipo 4	207.21	69.07%
CV-P-55	5	15.1	36.6	300	Tipo 3	204.38	68.13%
CV-P-56	5	15.2	36.1	300	Tipo 3	198.94	66.31%
CV-P-57	5	15.3	36.2	300	Tipo 4	196.9	65.63%
CV-P-58	5	15.2	37.6	300	Tipo 3	207.21	69.07%
CV-P-59	5	15.3	38.2	300	Tipo 3	207.77	69.26%
CV-P-60	5	15.2	36	300	Tipo 6	198.39	66.13%

ANEXO XIV.2.3

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 1.5 % DE ADITIVO (7 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-1.5-61	7	15.3	45.5	300	Tipo 6	247.48	82.49%
CV-1.5-62	7	15.2	46.2	300	Tipo 3	254.6	84.87%
CV-1.5-63	7	15.1	45.1	300	Tipo 3	251.84	83.95%
CV-1.5-64	7	15.2	44	300	Tipo 4	242.48	80.83%
CV-1.5-65	7	15.3	45.6	300	Tipo 3	248.02	82.67%
CV-1.5-66	7	15.2	45.2	300	Tipo 3	249.09	83.03%
CV-1.5-67	7	15.2	44.1	300	Tipo 3	243.03	81.01%
CV-1.5-68	7	15.3	46.5	300	Tipo 4	252.92	84.31%
CV-1.5-69	7	15.2	44.2	300	Tipo 3	243.58	81.19%
CV-1.5-70	7	15.2	44.8	300	Tipo 4	246.89	82.30%
CV-1.5-71	7	15.2	45.2	300	Tipo 3	249.09	83.03%
CV-1.5-72	7	15.1	44.8	300	Tipo 3	250.17	83.39%
CV-1.5-73	7	15.3	45.8	300	Tipo 6	249.11	83.04%
CV-1.5-74	7	15.1	46.2	300	Tipo 3	257.99	86.00%
CV-1.5-75	7	15.3	46.1	300	Tipo 3	250.74	83.58%
CV-1.5-76	7	15.3	44.1	300	Tipo 4	239.86	79.95%
CV-1.5-77	7	15.1	45.1	300	Tipo 3	251.84	83.95%
CV-1.5-78	7	15.3	44.8	300	Tipo 3	243.67	81.22%
CV-1.5-79	7	15.2	45.9	300	Tipo 3	252.95	84.32%
CV-1.5-80	7	15.3	44.6	300	Tipo 4	242.58	80.86%
CV-1.5-81	7	15.2	46.2	300	Tipo 3	254.6	84.87%
CV-1.5-82	7	15.1	46.1	300	Tipo 4	257.43	85.81%
CV-1.5-83	7	15.3	43.7	300	Tipo 3	237.69	79.23%
CV-1.5-84	7	15.2	45.8	300	Tipo 3	252.4	84.13%
CV-1.5-85	7	15.1	46.2	300	Tipo 6	257.99	86.00%
CV-1.5-86	7	15.3	46.1	300	Tipo 3	250.74	83.58%
CV-1.5-87	7	15.2	45.8	300	Tipo 3	252.4	84.13%
CV-1.5-88	7	15.3	45.7	300	Tipo 4	248.57	82.86%
CV-1.5-89	7	15.1	44.2	300	Tipo 3	246.82	82.27%
CV-1.5-90	7	15.2	43.8	300	Tipo 3	241.38	80.46%

ANEXO XIV.2.1

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 1.5 % DE ADITIVO (3 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-1.5-01	3	15.2	32.5	300	Tipo 3	179.1	59.70%
CV-1.5-02	3	15.1	33.6	300	Tipo 3	187.63	62.54%
CV-1.5-03	3	15.3	31.5	300	Tipo 4	171.33	57.11%
CV-1.5-04	3	15.2	33.2	300	Tipo 3	182.96	60.99%
CV-1.5-05	3	15.2	32.6	300	Tipo 6	179.66	59.89%
CV-1.5-06	3	15.1	32.6	300	Tipo 6	182.04	60.68%
CV-1.5-07	3	15.3	35.3	300	Tipo 3	192	64.00%
CV-1.5-08	3	15.2	34.5	300	Tipo 6	190.13	63.38%
CV-1.5-09	3	15.2	33.5	300	Tipo 4	184.62	61.54%
CV-1.5-10	3	15.2	32.5	300	Tipo 3	179.1	59.70%
CV-1.5-11	3	15.3	31.6	300	Tipo 3	171.88	57.29%
CV-1.5-12	3	15.3	32.5	300	Tipo 6	176.77	58.92%
CV-1.5-13	3	15.2	31.8	300	Tipo 3	175.25	58.42%
CV-1.5-14	3	15.2	30.6	300	Tipo 3	168.63	56.21%
CV-1.5-15	3	15.3	34.5	300	Tipo 4	187.65	62.55%
CV-1.5-16	3	15.3	35.2	300	Tipo 3	191.46	63.82%
CV-1.5-17	3	15.2	34.5	300	Tipo 3	190.13	63.38%
CV-1.5-18	3	15.1	33.5	300	Tipo 6	187.07	62.36%
CV-1.5-19	3	15.3	32.6	300	Tipo 4	177.31	59.10%
CV-1.5-20	3	15.2	31.6	300	Tipo 3	174.14	58.05%
CV-1.5-21	3	15.2	31.8	300	Tipo 3	175.25	58.42%
CV-1.5-22	3	15.2	34.6	300	Tipo 6	190.68	63.56%
CV-1.5-23	3	15.3	32.5	300	Tipo 3	176.77	58.92%
CV-1.5-24	3	15.3	32.6	300	Tipo 3	177.31	59.10%
CV-1.5-25	3	15.2	33.4	300	Tipo 4	184.06	61.35%
CV-1.5-26	3	15.1	32.8	300	Tipo 3	183.16	61.05%
CV-1.5-27	3	15.3	31.8	300	Tipo 3	172.96	57.65%
CV-1.5-28	3	15.2	34	300	Tipo 3	187.37	62.46%
CV-1.5-29	3	15.3	33.5	300	Tipo 4	182.21	60.74%
CV-1.5-30	3	15.2	35.6	300	Tipo 3	196.19	65.40%

ANEXO XIV.2.2

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 1.5 % DE ADITIVO (5 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-1.5-31	5	15.1	39.2	300	Tipo 4	218.9	72.97%
CV-1.5-32	5	15.3	40.2	300	Tipo 3	218.65	72.88%
CV-1.5-33	5	15.2	41.5	300	Tipo 3	228.7	76.23%
CV-1.5-34	5	15.2	40.2	300	Tipo 6	221.54	73.85%
CV-1.5-35	5	15.3	39.2	300	Tipo 3	213.21	71.07%
CV-1.5-36	5	15.2	39.4	300	Tipo 3	217.13	72.38%
CV-1.5-37	5	15.3	40.5	300	Tipo 4	220.28	73.43%
CV-1.5-38	5	15.1	40.6	300	Tipo 3	226.72	75.57%
CV-1.5-39	5	15.3	41.8	300	Tipo 3	227.35	75.78%
CV-1.5-40	5	15.2	41.6	300	Tipo 3	229.25	76.42%
CV-1.5-41	5	15.3	39.8	300	Tipo 4	216.48	72.16%
CV-1.5-42	5	15.2	39.9	300	Tipo 3	219.89	73.30%
CV-1.5-43	5	15.3	41	300	Tipo 4	223	74.33%
CV-1.5-44	5	15.2	38.5	300	Tipo 3	212.17	70.72%
CV-1.5-45	5	15.3	40.6	300	Tipo 3	220.83	73.61%
CV-1.5-46	5	15.2	39.9	300	Tipo 6	219.89	73.30%
CV-1.5-47	5	15.2	40.1	300	Tipo 3	220.99	73.66%
CV-1.5-48	5	15.2	38.2	300	Tipo 3	210.52	70.17%
CV-1.5-49	5	15.3	40.6	300	Tipo 4	220.83	73.61%
CV-1.5-50	5	15.3	39.2	300	Tipo 3	213.21	71.07%
CV-1.5-51	5	15.1	39.8	300	Tipo 3	222.25	74.08%
CV-1.5-52	5	15.3	40.5	300	Tipo 3	220.28	73.43%
CV-1.5-53	5	15.1	40.5	300	Tipo 4	226.16	75.39%
CV-1.5-54	5	15.2	39.2	300	Tipo 3	216.03	72.01%
CV-1.5-55	5	15.3	39.4	300	Tipo 4	214.3	71.43%
CV-1.5-56	5	15.3	40.2	300	Tipo 3	218.65	72.88%
CV-1.5-57	5	15.2	41.6	300	Tipo 3	229.25	76.42%
CV-1.5-58	5	15.2	42.2	300	Tipo 6	232.56	77.52%
CV-1.5-59	5	15.3	41.5	300	Tipo 3	225.72	75.24%
CV-1.5-60	5	15.1	40.8	300	Tipo 3	227.83	75.94%

ANEXO XIV.2.3

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 1.5 % DE ADITIVO (7 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-1.5-61	7	15.3	45.5	300	Tipo 6	247.48	82.49%
CV-1.5-62	7	15.2	46.2	300	Tipo 3	254.6	84.87%
CV-1.5-63	7	15.1	45.1	300	Tipo 3	251.84	83.95%
CV-1.5-64	7	15.2	44	300	Tipo 4	242.48	80.83%
CV-1.5-65	7	15.3	45.6	300	Tipo 3	248.02	82.67%
CV-1.5-66	7	15.2	45.2	300	Tipo 3	249.09	83.03%
CV-1.5-67	7	15.2	44.1	300	Tipo 3	243.03	81.01%
CV-1.5-68	7	15.3	46.5	300	Tipo 4	252.92	84.31%
CV-1.5-69	7	15.2	44.2	300	Tipo 3	243.58	81.19%
CV-1.5-70	7	15.2	44.8	300	Tipo 4	246.89	82.30%
CV-1.5-71	7	15.2	45.2	300	Tipo 3	249.09	83.03%
CV-1.5-72	7	15.1	44.8	300	Tipo 3	250.17	83.39%
CV-1.5-73	7	15.3	45.8	300	Tipo 6	249.11	83.04%
CV-1.5-74	7	15.1	46.2	300	Tipo 3	257.99	86.00%
CV-1.5-75	7	15.3	46.1	300	Tipo 3	250.74	83.58%
CV-1.5-76	7	15.3	44.1	300	Tipo 4	239.86	79.95%
CV-1.5-77	7	15.1	45.1	300	Tipo 3	251.84	83.95%
CV-1.5-78	7	15.3	44.8	300	Tipo 3	243.67	81.22%
CV-1.5-79	7	15.2	45.9	300	Tipo 3	252.95	84.32%
CV-1.5-80	7	15.3	44.6	300	Tipo 4	242.58	80.86%
CV-1.5-81	7	15.2	46.2	300	Tipo 3	254.6	84.87%
CV-1.5-82	7	15.1	46.1	300	Tipo 4	257.43	85.81%
CV-1.5-83	7	15.3	43.7	300	Tipo 3	237.69	79.23%
CV-1.5-84	7	15.2	45.8	300	Tipo 3	252.4	84.13%
CV-1.5-85	7	15.1	46.2	300	Tipo 6	257.99	86.00%
CV-1.5-86	7	15.3	46.1	300	Tipo 3	250.74	83.58%
CV-1.5-87	7	15.2	45.8	300	Tipo 3	252.4	84.13%
CV-1.5-88	7	15.3	45.7	300	Tipo 4	248.57	82.86%
CV-1.5-89	7	15.1	44.2	300	Tipo 3	246.82	82.27%
CV-1.5-90	7	15.2	43.8	300	Tipo 3	241.38	80.46%

ANEXO XIV.3.1

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 2.5 % DE ADITIVO (3 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-2.5-01	3	15.3	36.8	300	Tipo 3	200.16	66.72%
CV-2.5-02	3	15.1	35.2	300	Tipo 4	196.56	65.52%
CV-2.5-03	3	15.3	35.6	300	Tipo 3	193.63	64.54%
CV-2.5-04	3	15.2	35.4	300	Tipo 4	195.09	65.03%
CV-2.5-05	3	15.3	33.6	300	Tipo 3	182.75	60.92%
CV-2.5-06	3	15.3	34.6	300	Tipo 3	188.19	62.73%
CV-2.5-07	3	15.2	36.5	300	Tipo 6	201.15	67.05%
CV-2.5-08	3	15.3	35.6	300	Tipo 3	193.63	64.54%
CV-2.5-09	3	15.2	34.5	300	Tipo 3	190.13	63.38%
CV-2.5-10	3	15.3	35.5	300	Tipo 4	193.09	64.36%
CV-2.5-11	3	15.1	36.1	300	Tipo 3	201.59	67.20%
CV-2.5-12	3	15.3	35.6	300	Tipo 4	193.63	64.54%
CV-2.5-13	3	15.2	35.2	300	Tipo 3	193.98	64.66%
CV-2.5-14	3	15.1	36.5	300	Tipo 4	203.82	67.94%
CV-2.5-15	3	15.3	35.1	300	Tipo 3	190.91	63.64%
CV-2.5-16	3	15.2	35.6	300	Tipo 3	196.19	65.40%
CV-2.5-17	3	15.1	34.5	300	Tipo 6	192.65	64.22%
CV-2.5-18	3	15.3	36.5	300	Tipo 3	198.53	66.18%
CV-2.5-19	3	15.2	36.4	300	Tipo 3	200.6	66.87%
CV-2.5-20	3	15.2	36.2	300	Tipo 4	199.49	66.50%
CV-2.5-21	3	15.3	35.8	300	Tipo 3	194.72	64.91%
CV-2.5-22	3	15.2	34.8	300	Tipo 4	191.78	63.93%
CV-2.5-23	3	15.1	34.8	300	Tipo 3	194.33	64.78%
CV-2.5-24	3	15.3	35.2	300	Tipo 4	191.46	63.82%
CV-2.5-25	3	15.2	33.8	300	Tipo 3	186.27	62.09%
CV-2.5-26	3	15.2	34.6	300	Tipo 3	190.68	63.56%
CV-2.5-27	3	15.3	34.2	300	Tipo 6	186.02	62.01%
CV-2.5-28	3	15.2	35.6	300	Tipo 3	196.19	65.40%
CV-2.5-29	3	15.1	35.1	300	Tipo 3	196	65.33%
CV-2.5-30	3	15.3	35.6	300	Tipo 4	193.63	64.54%

ANEXO XIV.3.2

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 2.5 % DE ADITIVO (5 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-2.5-31	5	15.2	42.1	300	Tipo 6	232.01	77.34%
CV-2.5-32	5	15.1	41.1	300	Tipo 3	229.51	76.50%
CV-2.5-33	5	15.2	42.9	300	Tipo 3	236.42	78.81%
CV-2.5-34	5	15.3	44.2	300	Tipo 4	240.41	80.14%
CV-2.5-35	5	15.2	40.5	300	Tipo 3	223.19	74.40%
CV-2.5-36	5	15.3	42.5	300	Tipo 4	231.16	77.05%
CV-2.5-37	5	15.2	42.6	300	Tipo 3	234.76	78.25%
CV-2.5-38	5	15.1	41.5	300	Tipo 4	231.74	77.25%
CV-2.5-39	5	15.3	42.6	300	Tipo 3	231.71	77.24%
CV-2.5-40	5	15.2	43.1	300	Tipo 3	237.52	79.17%
CV-2.5-41	5	15.3	42.8	300	Tipo 6	232.79	77.60%
CV-2.5-42	5	15.2	43.5	300	Tipo 3	239.72	79.91%
CV-2.5-43	5	15.3	44.1	300	Tipo 3	239.86	79.95%
CV-2.5-44	5	15.1	43.5	300	Tipo 4	242.91	80.97%
CV-2.5-45	5	15.3	42.6	300	Tipo 3	231.71	77.24%
CV-2.5-46	5	15.2	43.5	300	Tipo 4	239.72	79.91%
CV-2.5-47	5	15.1	42.5	300	Tipo 6	237.33	79.11%
CV-2.5-48	5	15.3	42.6	300	Tipo 3	231.71	77.24%
CV-2.5-49	5	15.2	43.8	300	Tipo 3	241.38	80.46%
CV-2.5-50	5	15.1	43.5	300	Tipo 4	242.91	80.97%
CV-2.5-51	5	15.2	41.5	300	Tipo 3	228.7	76.23%
CV-2.5-52	5	15.1	41.8	300	Tipo 4	233.42	77.81%
CV-2.5-53	5	15.3	42.6	300	Tipo 3	231.71	77.24%
CV-2.5-54	5	15.2	43.1	300	Tipo 4	237.52	79.17%
CV-2.5-55	5	15.1	42.5	300	Tipo 3	237.33	79.11%
CV-2.5-56	5	15.3	43.8	300	Tipo 3	238.23	79.41%
CV-2.5-57	5	15.2	41.5	300	Tipo 6	228.7	76.23%
CV-2.5-58	5	15.3	44.6	300	Tipo 3	242.58	80.86%
CV-2.5-59	5	15.2	41.5	300	Tipo 3	228.7	76.23%
CV-2.5-60	5	15.1	42.8	300	Tipo 4	239	79.67%

ANEXO XIV.3.3

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 2.5 % DE ADITIVO (7 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDOC
CV-2.5-61	7	15.3	48.5	300	Tipo 3	263.8	87.93%
CV-2.5-62	7	15.1	49.5	300	Tipo 3	276.41	92.14%
CV-2.5-63	7	15.3	49.2	300	Tipo 4	267.6	89.20%
CV-2.5-64	7	15.2	48.4	300	Tipo 3	266.73	88.91%
CV-2.5-65	7	15.1	47.5	300	Tipo 4	265.25	88.42%
CV-2.5-66	7	15.3	47.5	300	Tipo 6	258.36	86.12%
CV-2.5-67	7	15.2	48.5	300	Tipo 3	267.28	89.09%
CV-2.5-68	7	15.1	49.5	300	Tipo 3	276.41	92.14%
CV-2.5-69	7	15.3	49.2	300	Tipo 4	267.6	89.20%
CV-2.5-70	7	15.3	48.5	300	Tipo 3	263.8	87.93%
CV-2.5-71	7	15.1	47.5	300	Tipo 4	265.25	88.42%
CV-2.5-72	7	15.1	48.5	300	Tipo 3	270.83	90.28%
CV-2.5-73	7	15.3	47.6	300	Tipo 6	258.9	86.30%
CV-2.5-74	7	15.2	49.5	300	Tipo 3	272.79	90.93%
CV-2.5-75	7	15.3	47.6	300	Tipo 3	258.9	86.30%
CV-2.5-76	7	15.2	48.2	300	Tipo 4	265.63	88.54%
CV-2.5-77	7	15.1	47.6	300	Tipo 3	265.81	88.60%
CV-2.5-78	7	15.3	47.2	300	Tipo 4	256.73	85.58%
CV-2.5-79	7	15.2	48.6	300	Tipo 6	267.83	89.28%
CV-2.5-80	7	15.3	49.2	300	Tipo 3	267.6	89.20%
CV-2.5-81	7	15.2	49	300	Tipo 3	270.03	90.01%
CV-2.5-82	7	15.3	49.9	300	Tipo 4	271.41	90.47%
CV-2.5-83	7	15.2	48.1	300	Tipo 3	265.07	88.36%
CV-2.5-84	7	15.2	47.8	300	Tipo 4	263.42	87.81%
CV-2.5-85	7	15.3	46.4	300	Tipo 3	252.37	84.12%
CV-2.5-86	7	15.3	48.5	300	Tipo 3	263.8	87.93%
CV-2.5-87	7	15.1	47.5	300	Tipo 3	265.25	88.42%
CV-2.5-88	7	15.2	47.6	300	Tipo 4	262.32	87.44%
CV-2.5-89	7	15.2	48.2	300	Tipo 3	265.63	88.54%
CV-2.5-90	7	15.3	48.1	300	Tipo 6	261.62	87.21%

ANEXO XIV.4.1

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 4.0 % DE ADITIVO (3 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-4-01	3	15.1	40.1	300	Tipo 3	223.92	74.64%
CV-4-02	3	15.3	39.2	300	Tipo 3	213.21	71.07%
CV-4-03	3	15.1	40.5	300	Tipo 4	226.16	75.39%
CV-4-04	3	15.2	42.5	300	Tipo 3	234.21	78.07%
CV-4-05	3	15.3	41.5	300	Tipo 4	225.72	75.24%
CV-4-06	3	15.1	39.8	300	Tipo 6	222.25	74.08%
CV-4-07	3	15.2	40.2	300	Tipo 3	221.54	73.85%
CV-4-08	3	15.1	38.4	300	Tipo 3	214.43	71.48%
CV-4-09	3	15.3	39.9	300	Tipo 3	217.02	72.34%
CV-4-10	3	15.2	39.5	300	Tipo 3	217.68	72.56%
CV-4-11	3	15.1	38.2	300	Tipo 4	213.31	71.10%
CV-4-12	3	15.3	39.4	300	Tipo 3	214.3	71.43%
CV-4-13	3	15.2	41.6	300	Tipo 4	229.25	76.42%
CV-4-14	3	15.1	42.8	300	Tipo 6	239	79.67%
CV-4-15	3	15.3	40.1	300	Tipo 3	218.11	72.70%
CV-4-16	3	15.2	39	300	Tipo 3	214.93	71.64%
CV-4-17	3	15.2	39.7	300	Tipo 3	218.78	72.93%
CV-4-18	3	15.1	38.5	300	Tipo 3	214.99	71.66%
CV-4-19	3	15.3	40.5	300	Tipo 4	220.28	73.43%
CV-4-20	3	15.2	41.6	300	Tipo 3	229.25	76.42%
CV-4-21	3	15.1	40.8	300	Tipo 4	227.83	75.94%
CV-4-22	3	15.3	38.9	300	Tipo 4	211.58	70.53%
CV-4-23	3	15.1	39.2	300	Tipo 3	218.9	72.97%
CV-4-24	3	15.3	39.4	300	Tipo 4	214.3	71.43%
CV-4-25	3	15.2	40.6	300	Tipo 4	223.74	74.58%
CV-4-26	3	15.2	40.7	300	Tipo 4	224.29	74.76%
CV-4-27	3	15.3	41.5	300	Tipo 3	225.72	75.24%
CV-4-28	3	15.1	40.6	300	Tipo 4	226.72	75.57%
CV-4-29	3	15.3	42.1	300	Tipo 4	228.99	76.33%
CV-4-30	3	15.2	38.8	300	Tipo 3	213.82	71.27%

ANEXO XIV.4.2

ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 4.0 % DE ADITIVO (5 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDO
CV-4-31	5	15.2	47.5	300	Tipo 3	261.77	87.26%
CV-4-32	5	15.3	46.5	300	Tipo 3	252.92	84.31%
CV-4-33	5	15.3	45.8	300	Tipo 4	249.11	83.04%
CV-4-34	5	15.2	46.5	300	Tipo 3	256.26	85.42%
CV-4-35	5	15.2	46.2	300	Tipo 4	254.6	84.87%
CV-4-36	5	15.1	45.8	300	Tipo 6	255.75	85.25%
CV-4-37	5	15.3	47.2	300	Tipo 3	256.73	85.58%
CV-4-38	5	15.1	46.4	300	Tipo 3	259.1	86.37%
CV-4-39	5	15.2	46.2	300	Tipo 3	254.6	84.87%
CV-4-40	5	15.3	47.2	300	Tipo 3	256.73	85.58%
CV-4-41	5	15.2	45.5	300	Tipo 3	250.75	83.58%
CV-4-42	5	15.3	48.2	300	Tipo 3	262.16	87.39%
CV-4-43	5	15.1	45.6	300	Tipo 4	254.64	84.88%
CV-4-44	5	15.3	45.8	300	Tipo 3	249.11	83.04%
CV-4-45	5	15.2	45.2	300	Tipo 4	249.09	83.03%
CV-4-46	5	15.3	46.5	300	Tipo 6	252.92	84.31%
CV-4-47	5	15.3	48.5	300	Tipo 3	263.8	87.93%
CV-4-48	5	15.1	48.2	300	Tipo 3	269.16	89.72%
CV-4-49	5	15.2	47.6	300	Tipo 3	262.32	87.44%
CV-4-50	5	15.1	47.8	300	Tipo 3	266.92	88.97%
CV-4-51	5	15.3	48.2	300	Tipo 3	262.16	87.39%
CV-4-52	5	15.2	46.5	300	Tipo 3	256.26	85.42%
CV-4-53	5	15.3	46.8	300	Tipo 4	254.55	84.85%
CV-4-54	5	15.2	47.6	300	Tipo 3	262.32	87.44%
CV-4-55	5	15.3	46.2	300	Tipo 4	251.29	83.76%
CV-4-56	5	15.3	45.5	300	Tipo 6	247.48	82.49%
CV-4-57	5	15.1	45	300	Tipo 3	251.29	83.76%
CV-4-58	5	15.3	48.5	300	Tipo 3	263.8	87.93%
CV-4-59	5	15.2	46.5	300	Tipo 3	256.26	85.42%
CV-4-60	5	15.2	45.9	300	Tipo 3	252.95	84.32%

ANEXO XIV.4.3

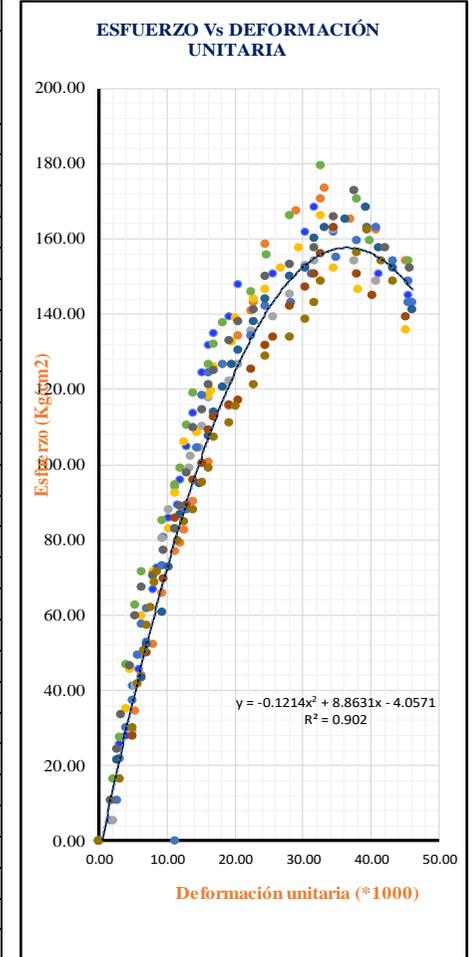
ENSAYO A COMPRESION UNIAXIAL (A.S.T.M. C 39M-16)

MEZCLA CON 4.0 % DE ADITIVO (7 DIAS)

CÓDIGO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (Tn)	f'c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA	RESISTENCIA MÁXIMA	% OBTENIDC
CV-4-61	7	15.1	52.6	300	Tipo 4	293.73	97.91%
CV-4-62	7	15.3	51.4	300	Tipo 6	279.57	93.19%
CV-4-63	7	15.2	50.5	300	Tipo 3	278.3	92.77%
CV-4-64	7	15.2	52.6	300	Tipo 3	289.87	96.62%
CV-4-65	7	15.1	52.4	300	Tipo 3	292.61	97.54%
CV-4-66	7	15.3	51.6	300	Tipo 3	280.66	93.55%
CV-4-67	7	15.2	51.4	300	Tipo 3	283.26	94.42%
CV-4-68	7	15.1	50.6	300	Tipo 3	282.56	94.19%
CV-4-69	7	15.3	52.5	300	Tipo 4	285.55	95.18%
CV-4-70	7	15.2	51.6	300	Tipo 3	284.36	94.79%
CV-4-71	7	15.2	50.5	300	Tipo 4	278.3	92.77%
CV-4-72	7	15.3	51.5	300	Tipo 6	280.11	93.37%
CV-4-73	7	15.2	52.8	300	Tipo 3	290.98	96.99%
CV-4-74	7	15.3	52.4	300	Tipo 4	285.01	95.00%
CV-4-75	7	15.2	51.6	300	Tipo 6	284.36	94.79%
CV-4-76	7	15.2	52.4	300	Tipo 3	288.77	96.26%
CV-4-77	7	15.2	53.5	300	Tipo 3	294.83	98.28%
CV-4-78	7	15.3	51.5	300	Tipo 3	280.11	93.37%
CV-4-79	7	15.1	52.3	300	Tipo 3	292.05	97.35%
CV-4-80	7	15.3	53.5	300	Tipo 3	290.99	97.00%
CV-4-81	7	15.2	51.5	300	Tipo 3	283.81	94.60%
CV-4-82	7	15.3	50.5	300	Tipo 4	274.67	91.56%
CV-4-83	7	15.2	52.3	300	Tipo 3	288.22	96.07%
CV-4-84	7	15.3	53.6	300	Tipo 4	291.54	97.18%
CV-4-85	7	15.2	51.4	300	Tipo 6	283.26	94.42%
CV-4-86	7	15.2	51.8	300	Tipo 3	285.46	95.15%
CV-4-87	7	15.1	52.8	300	Tipo 4	294.84	98.28%
CV-4-88	7	15.3	53.1	300	Tipo 6	288.82	96.27%
CV-4-89	7	15.2	51.5	300	Tipo 3	283.81	94.60%
CV-4-90	7	15.3	50.5	300	Tipo 4	274.67	91.56%

ANEXO XV.1.1
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA PATRON (3 DIAS)

CV-P-01		CV-P-02		CV-P-03		CV-P-04		CV-P-05		CV-P-06		CV-P-07		CV-P-08		CV-P-09		CV-P-10	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	5.58	2.96	22.04	1.97	5.51	1.97	10.88	2.63	11.02	1.97	16.53	2.63	21.76	4.93	27.92	1.64	10.88	2.96	16.53
2.96	25.69	5.26	34.72	2.96	16.53	2.63	21.76	2.96	22.04	2.96	27.55	6.25	43.51	6.91	50.26	2.63	24.48	4.93	30.31
3.95	27.92	6.25	44.09	4.93	29.21	3.95	35.35	3.95	30.31	3.95	46.84	6.91	52.22	9.54	69.80	3.29	33.72	5.59	41.88
4.93	41.32	7.89	52.35	5.26	41.33	4.61	45.69	4.93	37.47	5.26	62.82	9.21	60.92	11.18	86.00	4.61	46.78	6.58	50.70
5.92	45.79	9.21	66.13	6.25	49.60	6.25	59.83	5.59	49.60	6.25	71.64	10.20	72.88	12.83	89.35	5.26	59.83	6.91	57.31
6.91	53.05	11.18	77.15	7.89	70.54	7.89	71.80	6.25	57.86	9.21	85.42	11.18	83.22	13.82	96.05	6.25	67.44	7.57	62.27
7.89	67.01	11.84	79.36	9.21	80.46	10.20	83.22	6.91	61.72	11.18	94.79	11.84	87.03	15.13	100.51	7.89	70.71	8.22	68.89
8.55	72.59	12.50	82.66	10.20	88.17	11.18	92.46	9.21	73.30	11.84	99.20	14.80	95.18	16.12	109.45	9.54	77.24	8.55	71.64
9.54	80.97	13.82	90.38	11.18	94.24	12.50	106.06	11.18	0.00	12.83	110.77	16.12	107.69	16.78	112.80	11.18	83.22	11.51	79.91
10.20	86.00	16.12	100.85	13.16	99.20	14.47	108.78	12.83	88.17	13.82	119.04	16.78	114.22	19.08	116.15	11.84	89.20	12.50	84.87
11.51	89.35	16.78	112.97	13.49	102.50	16.12	118.57	14.47	104.71	16.12	126.75	18.09	120.75	20.39	117.27	12.83	97.90	13.82	88.17
11.84	96.05	19.08	115.73	14.80	104.71	16.45	119.66	15.13	118.48	16.78	132.26	19.41	126.73	22.37	125.64	13.82	109.87	15.13	95.34
12.83	104.98	20.39	134.47	15.13	110.22	16.78	126.19	16.12	124.55	18.09	137.77	20.39	130.54	24.34	131.79	15.13	114.77	16.12	99.20
13.82	113.92	22.37	141.08	16.12	117.93	19.41	132.71	18.09	126.75	22.37	146.04	22.70	138.15	25.66	134.02	16.12	121.29	16.78	107.46
15.13	124.53	22.70	143.28	19.08	122.34	20.07	139.24	22.37	134.47	24.67	155.96	24.34	144.14	27.96	142.40	16.78	125.10	19.08	111.32
16.12	131.79	24.34	158.71	20.39	126.75	22.70	144.14	24.34	142.18	27.96	166.43	27.96	150.12	30.26	147.42	19.08	133.26	20.07	115.73
16.78	135.14	28.95	167.53	22.37	135.57	24.34	146.86	28.29	143.28	32.57	179.66	30.26	152.29	31.58	150.77	20.39	138.15	22.70	121.24
19.08	139.60	32.57	170.84	25.66	139.43	26.64	152.29	31.25	151.00	37.83	170.84	31.58	160.45	32.57	156.36	22.70	141.42	24.34	128.96
20.39	147.98	33.22	173.59	27.96	145.49	29.28	157.73	34.87	155.41	39.80	159.82	33.22	163.17	34.54	163.06	24.34	150.12	27.96	133.91
25.66	150.77	36.84	165.33	30.26	153.20	32.57	166.44	37.83	159.82	45.39	154.31	36.18	165.35	37.83	150.77	27.96	153.38	30.26	138.87
30.26	161.94	40.79	162.57	31.58	154.31	34.54	152.29	40.79	163.12			39.14	168.61	40.13	145.19	31.58	157.73	31.58	143.28
31.58	168.64	45.07	154.31	34.54	162.57	38.16	146.86	43.09	154.31			41.12	157.73	45.07	139.60	34.54	165.89	32.57	148.79
34.54	161.94			37.50	154.31	45.07	135.98	45.39	148.79			43.09	152.29			37.50	172.96	37.83	156.51
41.12	150.77			40.79	148.79			46.05	143.28			46.05	141.42			39.47	163.17	39.47	162.57
45.39	145.19			45.72	137.77			45.39	143.28							42.11	157.73	41.45	154.31
																45.72	152.29	43.09	148.79

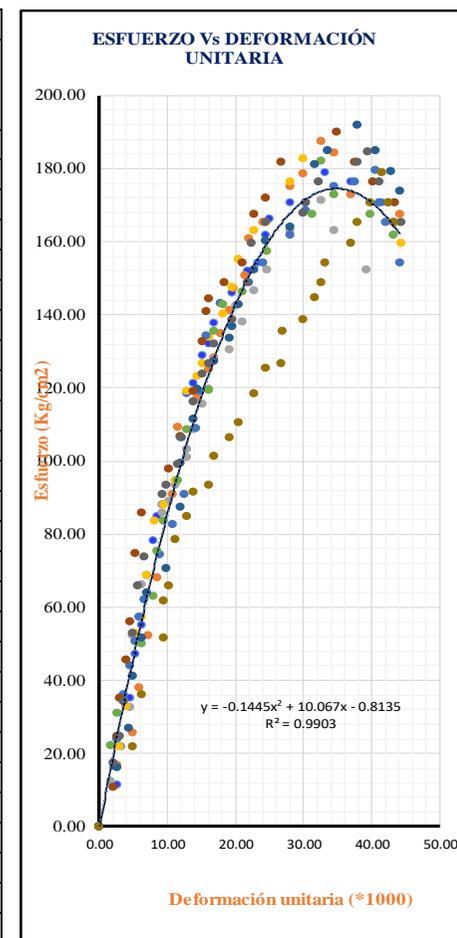


MEZCLA =
EDAD =
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO =
MÓDULO DE ELASTICIDAD =

PATRON
3 DIAS
167.54 kg/cm2
190037.86 Kg/cm2

ANEXO XV.1.2
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 1.5% DE ADITIVO (3 DIAS)

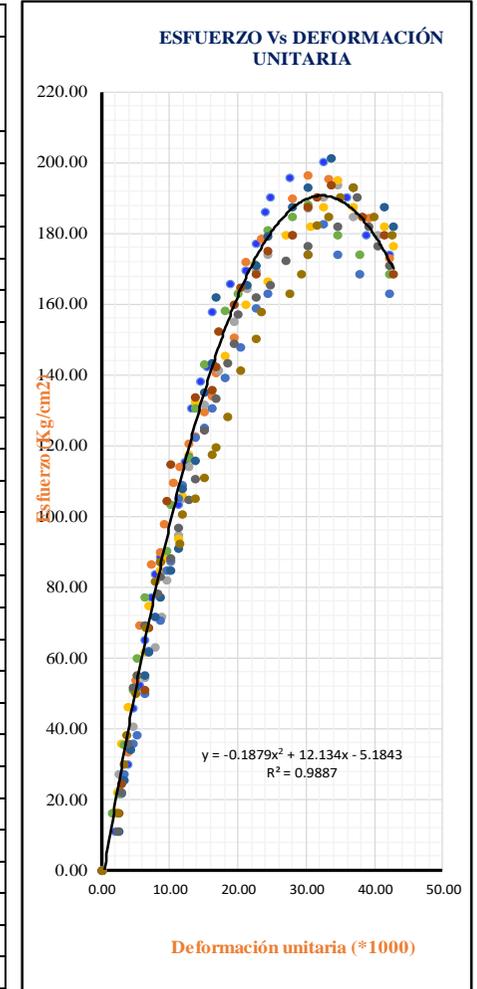
CV-1.5-01		CV-1.5-02		CV-1.5-03		CV-1.5-04		CV-1.5-05		CV-1.5-06		CV-1.5-07		CV-1.5-08		CV-1.5-09		CV-1.5-10	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.63	11.57	2.63	16.75	1.64	12.51	2.96	22.04	2.30	16.53	1.64	22.34	2.63	16.32	1.97	11.02	1.97	17.63	4.93	22.04
3.29	22.04	4.93	25.69	2.63	23.93	3.95	33.07	2.63	24.25	2.63	31.27	4.28	27.20	2.63	24.80	2.96	24.80	6.25	36.37
4.61	35.27	5.92	37.97	4.61	32.63	5.26	52.90	3.62	36.37	3.62	34.62	4.93	41.34	2.96	35.27	3.62	34.17	9.54	51.80
5.26	47.39	7.24	52.49	4.93	52.22	6.25	57.31	4.61	44.09	4.93	41.32	6.25	51.67	3.95	45.74	4.93	52.90	9.54	61.72
6.25	55.11	8.55	68.13	6.25	66.36	6.91	68.89	5.26	50.70	6.25	50.26	6.91	64.18	4.61	56.21	5.59	66.13	10.20	66.13
6.91	68.89	10.86	91.02	9.21	85.94	8.22	83.77	5.92	57.31	7.89	63.10	9.87	70.71	5.26	74.95	6.58	73.85	11.18	78.81
7.89	78.25	11.51	109.45	10.20	89.20	9.54	88.17	6.58	62.27	8.55	75.39	11.84	87.57	6.25	85.97	9.21	90.93	12.83	84.87
8.55	84.87	14.47	117.27	11.18	93.55	11.18	94.79	8.88	74.40	9.54	83.76	11.84	99.54	10.20	98.09	9.87	93.69	13.82	91.48
9.21	88.17	16.12	125.08	12.83	101.17	11.84	106.91	10.86	82.66	11.51	94.93	13.82	111.50	11.84	106.91	11.51	99.20	16.12	93.69
11.84	106.36	16.78	128.44	12.83	103.34	12.83	119.04	12.50	90.93	12.83	108.89	14.47	119.66	13.82	119.04	12.17	106.36	16.78	101.40
12.83	118.48	17.76	135.14	13.82	108.78	14.47	123.44	14.14	109.12	16.12	119.50	16.78	127.28	15.13	132.81	13.82	116.28	19.08	106.36
13.82	121.24	19.08	141.28	15.13	115.85	15.13	126.75	14.80	119.04	16.78	135.69	19.08	133.80	15.79	141.08	15.13	124.00	20.39	110.77
15.13	128.96	19.74	147.42	16.12	119.66	16.12	133.91	15.79	134.47	18.09	142.95	19.41	137.07	16.12	144.39	16.12	126.75	22.70	118.48
16.12	132.26	21.38	150.77	16.78	127.82	18.09	140.53	17.76	143.28	21.05	146.30	20.39	143.05	18.42	148.79	16.78	132.26	24.34	125.65
16.78	137.77	22.04	160.82	19.08	130.54	19.41	147.69	22.04	148.79	24.67	157.47	22.70	152.29	21.05	154.31	19.41	138.87	26.64	126.75
19.41	146.04	24.01	165.29	21.05	138.15	20.39	155.41	24.01	154.31	31.25	167.52	24.34	160.45	22.70	167.53	21.71	148.79	26.97	135.57
21.71	152.10	27.96	175.34	20.07	142.50	22.70	163.12	27.96	162.02	32.57	182.04	27.96	164.26	24.34	171.94	22.37	159.82	29.93	138.87
23.36	154.31	29.93	178.69	22.70	146.86	24.34	165.33	30.26	168.63	34.54	173.11	30.26	170.79	26.64	181.86	24.34	165.33	31.58	144.94
24.34	162.02	32.57	187.63	24.67	152.29	27.96	176.35	34.54	175.25	39.80	167.52	31.58	181.12	34.87	190.13	29.93	168.08	32.57	148.79
25.00	166.43	34.54	184.28	27.96	163.17	29.93	182.96	37.50	176.35	43.09	161.94	33.55	184.93	37.50	181.86	30.26	170.84	33.22	154.31
27.96	170.84	36.84	173.11	30.26	168.61	39.80	170.84	40.46	179.66			37.83	192.00	40.13	176.35	32.24	176.35	36.84	159.82
33.22	179.10	44.08	167.52	32.57	171.33	44.08	165.33	41.12	170.84			40.46	184.93	43.42	170.84	37.83	181.86	37.83	165.33
36.84	176.35			34.54	163.17	44.41	159.82	42.11	165.33			42.76	179.49			39.47	184.62	39.80	170.84
41.45	170.84			39.14	152.29			44.08	154.31			44.08	174.05			41.12	176.35	41.45	179.10
43.42	165.33			43.75	146.86											42.43	170.84	42.43	170.84
																44.41	165.33	43.09	165.33



MEZCLA = CON 1.5% DE ADITIVO
EDAD = 3 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 181.83 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 199311.96 Kg/cm2

ANEXO XV.1.3
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 2.5% DE ADITIVO (3 DIAS)

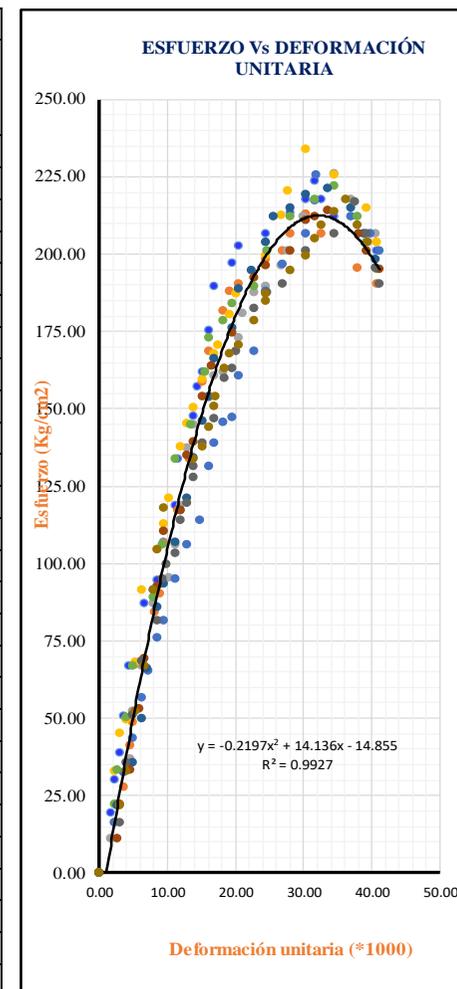
CV-2.5-01		CV-2.5-02		CV-2.5-03		CV-2.5-04		CV-2.5-05		CV-2.5-06		CV-2.5-07		CV-2.5-08		CV-2.5-09		CV-2.5-10		
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.97	10.88	2.63	22.34	1.64	16.32	1.97	16.53	2.96	21.76	1.64	16.32	2.63	11.02	2.63	16.32	2.30	11.02	2.30	16.32	
2.63	21.76	3.95	33.50	2.63	27.20	2.30	22.04	3.29	27.20	2.63	21.76	3.29	25.35	2.96	24.48	2.96	22.04	3.29	29.92	
3.95	29.92	4.93	53.61	4.61	40.79	2.96	35.82	4.61	35.90	3.29	35.35	4.28	34.17	6.25	51.13	3.95	35.82	3.62	38.07	
4.61	45.69	5.59	69.24	4.93	51.13	3.95	46.29	5.26	38.07	4.61	51.13	4.93	51.80	6.91	68.53	4.61	51.80	4.93	50.04	
5.59	52.22	7.24	86.55	6.25	54.39	5.26	55.11	6.25	50.04	5.26	59.83	6.25	55.11	8.55	87.03	5.26	55.11	6.58	68.53	
6.25	65.27	8.55	89.90	7.89	63.09	6.25	61.72	6.91	62.01	6.25	77.24	6.91	61.72	9.54	104.43	6.25	69.44	7.89	81.59	
7.24	77.24	9.21	97.72	8.88	71.80	6.91	74.95	8.55	70.71	9.54	90.29	7.89	71.64	10.20	114.77	8.22	78.25	8.55	87.03	
7.89	83.76	10.53	109.45	9.54	82.13	8.55	84.87	9.54	84.85	10.20	103.34	8.55	77.15	13.82	133.80	8.55	83.21	11.51	92.46	
8.55	88.66	11.51	113.92	10.20	87.03	9.54	88.17	10.20	87.57	12.83	116.40	10.20	84.87	16.12	135.98	10.20	88.17	11.84	100.62	
11.18	103.34	12.83	120.62	11.18	94.64	11.18	93.69	11.18	104.97	13.82	130.54	11.18	90.93	16.78	142.50	11.18	96.99	13.82	104.97	
12.17	115.31	13.82	122.85	11.84	104.97	11.84	105.81	11.84	108.78	15.13	143.05	11.84	108.01	17.11	152.29	12.83	104.71	15.13	110.96	
13.16	130.54	15.13	129.55	12.83	114.22	12.83	117.38	12.83	116.94	18.09	158.28	13.82	115.73	19.41	159.91	13.82	110.77	16.12	117.48	
14.47	138.15	16.12	134.02	15.13	131.63	13.82	132.26	13.82	122.38	20.07	163.17	15.13	135.02	20.39	164.80	15.13	124.55	16.78	119.66	
15.46	142.50	16.78	140.72	17.11	141.42	18.09	145.49	15.13	125.10	22.37	171.33	16.12	143.28	22.70	168.61	16.78	133.36	18.42	128.36	
16.12	157.73	19.41	150.77	19.41	155.01	21.05	159.82	16.12	130.54	24.34	181.12	16.78	162.02	24.34	175.14	18.42	143.28	20.39	141.42	
18.75	165.89	21.05	171.99	21.38	164.26	24.34	166.43	18.09	139.24	27.96	184.93	21.38	165.33	27.96	179.49	19.41	148.79	22.70	150.12	
21.05	169.70	23.36	178.69	22.70	169.70	26.97	179.66	20.39	147.94	30.26	188.19	22.70	170.84	30.26	187.65	20.07	157.06	23.36	157.73	
22.70	177.31	27.96	189.86	24.34	174.05	30.59	181.86	22.70	158.82	34.54	179.49	24.34	179.10	31.58	190.37	22.70	162.02	27.63	163.17	
24.01	186.02	30.26	196.56	27.96	179.49	32.57	187.37	24.34	163.17	37.83	174.05	27.96	187.37	33.55	193.63	24.67	165.33	29.28	168.61	
24.67	190.37	33.22	195.44	30.26	187.11	34.54	195.09	30.26	174.05	42.11	168.61	30.26	192.88	38.16	184.93	26.97	172.49	30.26	174.05	
27.63	195.81	39.14	184.28	32.57	190.37	36.84	187.37	32.57	182.75				33.55	201.15	41.45	179.49	30.26	176.35	31.58	182.21
32.57	200.16	42.11	173.11	34.54	193.63	41.45	181.86	34.54	174.05				36.84	192.88	42.76	168.61	34.54	181.86	33.22	184.93
35.86	190.37			36.84	184.93	42.76	176.35	37.83	168.61				41.45	187.37			37.50	190.13	34.87	190.37
38.82	179.49			40.46	179.49			42.11	163.17				42.76	181.86			39.14	181.86	36.84	193.09
42.11	174.05			42.43	174.05												40.46	176.35	39.80	184.93
																	42.11	170.84	42.43	179.49



MEZCLA = CON 2.5% DE ADITIVO
EDAD = 3 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 194.23 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 205678.14 Kg/cm2

ANEXO XV.1.4
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 4.0% DE ADITIVO (3 DIAS)

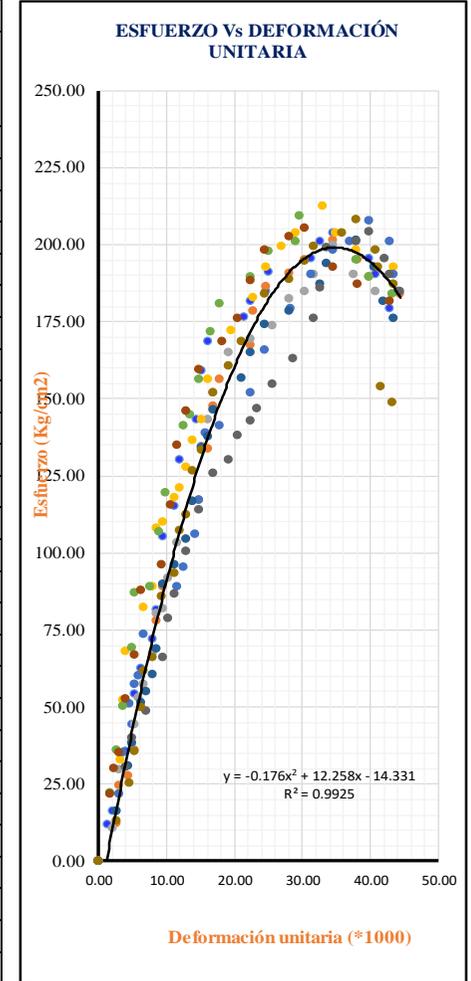
CV-4.0-01		CV-4.0-02		CV-4.0-03		CV-4.0-04		CV-4.0-05		CV-4.0-06		CV-4.0-07		CV-4.0-08		CV-4.0-09		CV-4.0-10	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	19.54	2.30	16.32	1.64	11.17	2.30	33.07	2.30	16.32	2.30	22.34	2.63	22.04	2.63	11.17	2.96	16.32	2.96	22.04
2.30	30.15	3.62	27.74	2.63	22.34	2.96	45.19	3.62	32.63	2.63	33.50	4.93	35.82	2.96	22.34	3.95	35.90	3.95	33.07
2.96	39.09	4.61	41.34	4.61	36.86	3.95	49.60	4.93	43.51	3.95	50.26	6.25	50.15	4.61	33.50	4.93	51.13	5.26	52.35
3.62	50.82	4.93	48.95	4.93	52.49	5.26	68.34	6.25	56.57	4.93	67.01	6.91	66.13	5.92	53.05	6.25	68.53	6.58	67.23
4.28	67.01	5.26	67.44	6.25	67.01	6.25	91.48	7.24	65.27	7.89	89.35	8.55	85.97	6.58	69.24	8.55	81.59	7.89	91.48
6.58	87.11	8.22	84.31	7.89	87.11	8.55	104.71	8.55	76.15	9.21	106.10	9.54	93.69	8.55	92.70	9.21	95.18	8.55	104.71
7.89	91.58	8.88	90.29	10.20	95.49	9.54	112.97	9.54	81.59	11.18	134.02	11.18	106.91	9.54	110.57	9.87	100.08	9.54	117.93
8.55	94.93	9.54	106.61	11.18	106.10	10.20	121.24	11.18	95.18	13.49	145.19	11.84	117.38	11.84	117.27	11.18	103.34	13.82	133.91
9.54	107.22	11.51	117.48	11.84	118.94	11.84	137.77	12.83	106.06	15.46	161.94	12.83	121.24	12.83	135.14	11.84	114.22	15.13	137.77
11.18	118.94	13.16	133.80	12.83	137.37	12.83	145.49	14.80	114.22	16.12	173.11	13.82	134.47	13.82	139.60	12.83	119.66	16.12	144.39
11.51	134.02	15.13	158.82	13.82	145.19	13.82	150.45	16.12	131.63	18.09	178.69	15.13	146.04	15.13	154.12	13.82	127.82	16.78	151.00
13.82	147.98	16.12	168.61	16.12	153.56	15.13	159.82	16.78	139.24	19.41	184.28	16.12	154.31	16.45	164.17	13.82	131.63	17.11	154.31
14.47	157.47	18.09	181.67	16.78	160.82	16.78	168.08	18.09	145.77	22.70	189.86	16.78	166.43	19.41	174.78	15.13	139.24	18.42	163.12
15.13	161.94	19.08	188.19	18.09	161.94	17.43	170.84	19.41	147.40	24.67	201.03	19.41	176.35	22.70	192.65	16.78	146.86	19.08	168.08
16.12	175.34	20.39	190.37	20.39	173.11	19.08	180.76	20.39	161.00	27.96	212.20	20.39	189.02	24.34	196.56	18.42	159.91	20.39	170.84
16.78	189.86	24.34	198.53	21.05	180.93	20.07	187.37	22.70	168.61	31.58	217.78	22.37	195.09	27.96	201.03	19.41	163.17	22.70	178.55
19.41	197.12	26.97	201.25	22.70	187.63	24.34	199.49	24.34	188.19	34.54	222.25	24.34	203.90	30.26	211.08	20.07	168.61	24.34	185.17
20.39	202.70	27.96	206.69	24.34	189.86	26.64	212.72	26.97	196.90	37.83	212.20	25.66	212.17	31.58	212.20	22.70	182.75	24.34	187.37
24.34	206.61	30.26	213.21	26.64	196.56	27.63	220.44	30.26	206.69	39.14	203.82	27.96	214.93	33.55	214.43	24.67	187.65	27.96	195.09
27.96	213.31	32.57	206.69	27.63	201.03	30.26	234.21	31.58	217.56	40.79	195.44	30.26	219.33	38.16	206.61	26.97	190.37	30.26	199.49
30.26	217.78	37.83	195.81	29.93	212.20	34.54	225.95	31.91	225.72			33.55	221.54	39.14	201.03	30.26	201.25	31.58	205.01
31.58	223.92	40.79	190.37	34.54	226.16	39.14	214.93	36.84	212.13			36.84	214.93	41.12	195.44	34.54	206.69	32.57	209.41
32.57	217.78			36.84	217.78	40.79	203.90	39.80	206.69			38.82	206.66			37.50	217.02	34.54	213.82
34.54	212.20			40.46	206.61			41.12	201.25			40.46	198.39			39.14	206.69	36.18	217.68
40.79	201.03			41.12	201.03											41.12	190.37	39.47	203.90



MEZCLA = CON 4.0% DE ADITIVO
 EDAD = 3 DIAS
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 221.48 kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 218936.49 Kg/cm2

ANEXO XV.2.1
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA PATRON (5 DIAS)

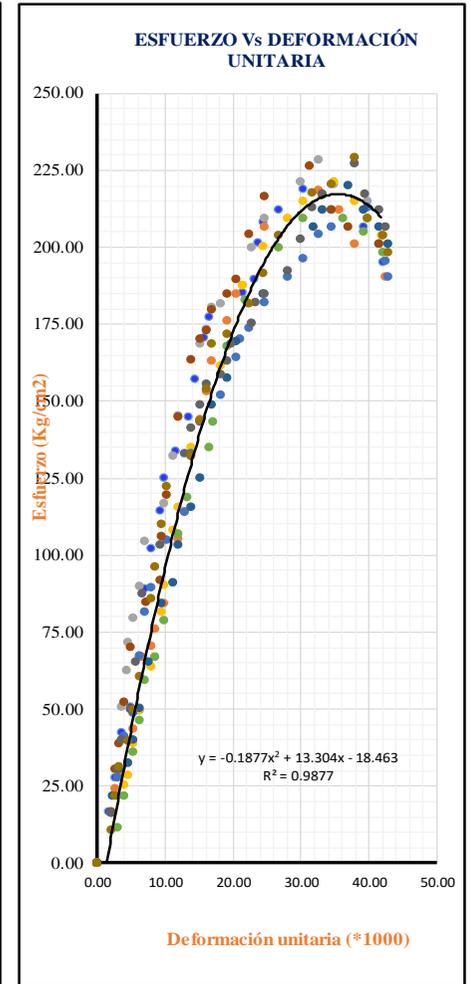
CV-P-31		CV-P-32		CV-P-33		CV-P-34		CV-P-35		CV-P-36		CV-P-37		CV-P-38		CV-P-39		CV-P-40	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.32	11.97	2.63	12.29	1.97	10.88	2.96	22.04	2.63	16.32	1.64	22.34	2.63	16.53	1.64	22.04	3.95	30.46	2.63	13.23
1.97	16.32	2.96	24.57	2.96	29.92	3.29	33.07	2.96	21.76	2.63	36.30	4.28	30.86	2.30	30.31	4.93	40.25	4.61	25.35
3.95	35.90	4.28	27.92	4.93	38.07	3.62	52.35	3.62	35.35	3.62	50.26	4.93	38.58	2.96	35.27	6.91	48.95	5.26	35.82
4.93	44.60	5.26	36.30	5.26	44.60	3.95	68.34	4.61	51.13	4.93	69.24	6.25	51.80	3.95	52.90	9.54	66.36	6.25	50.15
5.26	54.39	6.25	50.26	5.92	53.30	6.58	82.66	5.26	57.65	5.26	87.11	6.91	55.11	5.26	67.23	10.20	78.87	6.58	61.72
6.25	62.55	8.55	78.18	6.58	57.65	7.89	89.28	5.92	60.37	7.57	89.35	7.89	60.62	6.25	88.17	11.18	87.03	7.89	66.13
7.89	72.34	9.54	89.35	7.89	67.44	8.55	108.01	6.58	73.97	8.88	107.22	8.55	68.89	9.21	96.44	12.83	100.62	9.21	85.97
8.55	81.59	14.80	117.27	8.55	80.50	9.54	110.22	11.51	89.20	9.87	119.50	9.54	89.83	10.53	115.73	14.80	114.22	11.18	93.69
9.54	105.52	16.12	134.02	9.54	82.13	11.18	117.93	12.50	95.73	12.50	141.28	11.18	96.44	11.51	135.02	16.78	126.19	11.84	107.46
11.18	115.31	16.78	147.98	10.20	91.92	11.84	121.24	14.14	106.06	13.49	145.19	12.83	104.71	12.83	146.04	19.08	130.54	12.83	112.42
11.84	130.54	17.76	156.36	11.51	103.34	12.83	127.85	14.80	117.48	14.80	156.36	13.82	116.83	14.80	159.82	20.39	138.15	13.82	126.75
14.47	143.59	22.37	167.52	13.82	116.94	13.82	136.67	15.79	139.24	16.45	171.99	15.13	134.47	18.09	168.63	22.37	143.05	15.13	133.36
15.13	159.37	22.70	178.69	15.13	134.89	15.13	143.28	17.76	141.42	17.76	180.93	16.12	137.77	20.39	176.35	23.36	146.86	16.78	152.10
16.12	168.61	24.67	186.51	16.12	143.59	16.12	156.51	22.37	152.29	22.37	189.86	16.78	146.59	22.37	188.47	25.66	155.01	19.08	160.92
21.38	176.77	27.96	190.98	16.78	152.29	19.41	172.49	24.34	165.89	25.00	198.24	21.05	157.06	24.34	198.39	28.62	163.17	21.05	168.63
22.37	181.67	30.26	195.44	19.08	165.35	22.70	182.96	28.29	179.49	28.95	201.03	22.37	165.33	27.96	202.80	31.58	176.23	24.34	184.06
24.67	184.93	34.54	201.59	22.37	169.70	24.67	192.88	31.25	190.37	29.61	209.41	24.34	174.14	30.26	205.56	32.57	186.02	27.96	189.02
25.00	191.46	38.16	195.44	25.66	174.05	26.97	199.49	34.54	198.53	37.83	195.44	27.96	178.55	34.54	192.88	33.55	199.07	30.26	195.09
31.25	195.81	39.80	189.86	27.96	182.75	28.95	203.90	36.84	201.25	39.80	189.86	32.57	187.37	38.16	187.37	37.83	201.25	31.58	199.49
32.57	201.25	44.41	184.28	30.26	184.93	32.89	212.72	39.80	207.77	43.09	184.28	33.55	193.98	42.76	181.86	39.80	204.51	35.86	203.90
34.54	203.97			31.58	190.37	34.87	203.90	42.76	201.25			37.83	201.70			42.11	195.81	37.83	208.31
39.80	195.81			34.54	200.16	37.83	198.39	43.42	190.37			40.46	192.88			42.76	190.37	40.79	198.39
40.79	190.37			37.50	190.37	43.42	192.88	44.08	184.93			41.78	181.86			44.41	184.93	41.12	192.88
42.76	179.49			40.79	184.93							43.42	176.35					43.42	187.37
				43.09	174.05													41.45	154.31
																		43.09	148.79



MEZCLA = PATRON
EDAD = 5 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 205.11 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 211294.62 Kg/cm2

ANEXO XV.2.2
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 1.5% DE ADITIVO (5 DIAS)

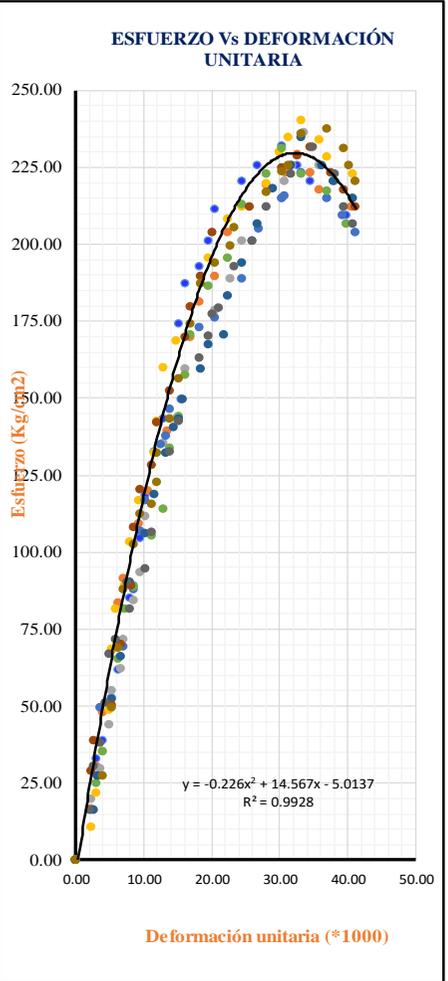
CV-1.5-31		CV-1.5-32		CV-1.5-33		CV-1.5-34		CV-1.5-35		CV-1.5-36		CV-1.5-37		CV-1.5-38		CV-1.5-39		CV-1.5-40	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	16.75	2.63	24.48	2.30	16.53	3.95	25.35	1.97	16.32	2.96	11.57	2.30	21.76	1.97	16.75	1.97	16.32	1.97	11.02
2.63	27.92	3.29	29.37	2.96	22.04	4.61	28.66	2.96	27.74	3.95	22.04	3.29	30.46	2.63	30.71	2.96	30.46	2.63	22.04
3.62	42.44	4.61	32.63	3.62	50.70	5.26	39.13	3.95	41.34	5.26	36.37	4.61	32.63	3.29	39.09	3.62	40.25	3.29	31.41
4.93	50.82	5.26	43.51	4.28	62.82	6.25	49.60	5.26	48.95	6.25	46.29	5.26	40.25	3.95	52.49	4.93	50.04	4.61	39.68
6.25	67.01	6.25	49.50	4.61	71.64	7.89	63.93	6.25	67.44	6.91	59.52	6.25	50.58	4.93	70.36	5.59	65.27	5.26	50.15
6.91	89.35	6.58	66.90	5.26	79.91	8.55	67.23	6.91	81.59	8.55	67.23	7.57	65.27	7.24	84.88	6.58	87.57	6.25	60.62
7.89	102.19	7.89	70.71	6.25	89.83	9.54	81.56	7.89	89.75	9.87	78.81	9.54	84.31	9.21	92.14	9.21	103.34	7.89	85.97
9.21	114.47	8.55	76.15	6.91	104.71	9.87	90.38	10.20	104.97	11.84	106.91	11.18	91.38	9.54	106.10	12.83	133.26	8.55	96.44
9.87	125.08	9.87	84.31	9.87	116.83	11.18	108.01	12.83	114.22	13.16	119.04	11.84	103.34	10.20	119.50	13.82	141.42	9.54	110.22
11.51	134.02	11.84	105.52	11.18	132.26	11.84	115.73	13.82	133.26	16.45	135.02	13.82	115.85	11.84	145.19	15.13	149.03	10.20	122.34
13.49	145.19	12.83	114.22	11.84	145.49	13.82	135.02	15.13	143.59	17.11	143.28	15.13	125.10	13.82	163.62	16.12	155.56	13.82	132.26
14.47	157.47	13.82	132.17	15.13	168.63	15.13	143.28	18.09	152.29	19.08	168.08	16.78	149.03	15.13	170.32	18.09	158.82	15.13	143.83
15.79	170.87	15.13	144.14	16.12	173.59	18.09	161.47	20.39	164.26	21.71	182.96	19.08	157.73	16.12	173.11	19.08	163.17	16.12	154.31
16.45	177.58	16.12	153.38	16.78	180.76	21.38	187.92	21.05	170.24	26.64	200.05	20.39	169.70	16.78	179.81	19.74	168.61	16.78	168.63
21.38	185.39	16.78	163.17	18.09	181.86	21.38	187.92	22.37	174.05	30.26	209.41	24.34	184.93	19.08	184.84	22.70	175.68	19.08	171.94
23.03	189.86	19.08	176.23	22.70	200.05	24.34	200.60	24.67	182.21	33.22	217.13	31.91	206.69	20.39	189.86	23.36	182.21	22.37	181.86
23.68	201.59	20.39	184.93	24.67	209.41	27.96	209.41	27.96	190.37	36.18	209.41	33.22	212.13	22.37	204.38	24.67	184.93	24.34	191.78
24.34	208.29	24.67	206.69	29.93	221.54	30.26	214.93	30.26	196.35	39.14	205.01	36.84	220.28	24.67	216.66	27.96	192.54	26.64	203.90
26.64	212.20	32.57	218.65	32.57	228.70	34.87	221.54	32.57	204.51	42.11	198.39	39.14	212.13	31.25	226.72	29.93	202.88	31.58	217.68
30.26	218.90	35.53	212.13	34.87	220.44	37.83	214.93	34.54	206.69	0.00	0.00	41.45	206.69	34.54	212.20	31.58	213.21	34.54	220.44
34.54	212.20	37.83	201.25	39.80	214.93	39.80	209.41	39.80	213.21			42.76	201.25	36.84	206.61	33.22	217.56	37.83	229.25
39.14	206.61	42.43	190.37	42.11	203.90	41.78	203.90	41.45	201.25			0.00	0.00	41.45	201.03	37.83	227.35	39.80	209.41
42.11	195.44			0.00	0.00	0.00	0.00	42.43	195.81			0.00	0.00			39.47	217.56	42.11	203.90
0.00	0.00			0.00	0.00			42.76	190.37			0.00	0.00			41.45	212.13	42.76	198.39
0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00							42.43	206.69	0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00	0.00



MEZCLA = CON 1.5% DE ADITIVO
EDAD = 5 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 221.09 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 220415.12 Kg/cm2

ANEXO XV.2.3
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 2.5% DE ADITIVO (5 DIAS)

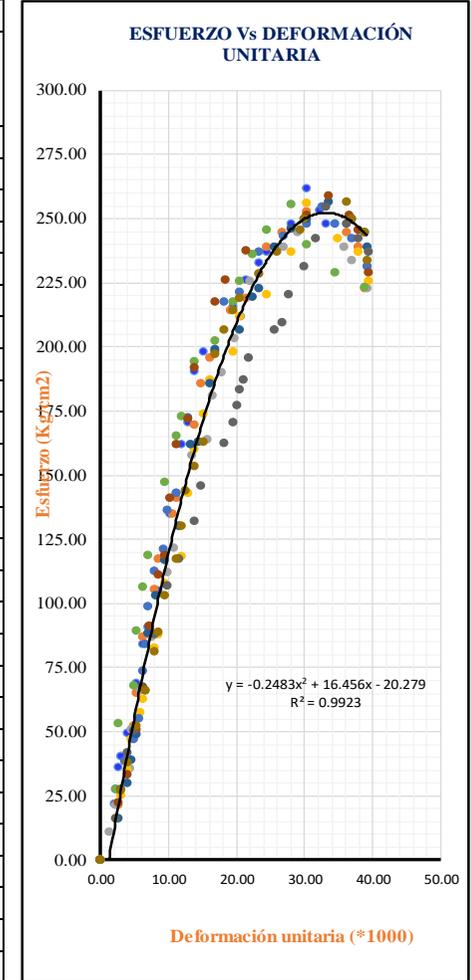
CV-2.5-31		CV-2.5-32		CV-2.5-33		CV-2.5-34		CV-2.5-35		CV-2.5-36		CV-2.5-37		CV-2.5-38		CV-2.5-39		CV-2.5-40	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.63	30.31	2.30	16.75	2.30	19.84	2.30	10.88	2.30	16.53	2.96	25.02	2.63	16.53	2.30	29.04	1.97	16.32	3.95	27.55
2.96	33.07	2.96	30.71	3.62	29.76	2.96	21.76	3.29	27.55	3.95	35.35	3.29	27.55	2.63	39.09	2.63	30.46	5.26	49.60
3.95	39.13	3.95	48.02	4.93	44.09	3.95	35.35	3.62	49.60		50.04	5.26	52.35	5.26	50.26	3.62	38.07	6.25	68.89
5.26	52.90	4.93	50.26	5.26	55.11	4.93	48.95	6.91	69.44	6.25	65.27	6.58	66.13	6.58	70.36	4.28	51.13	6.91	88.17
6.25	61.72	5.26	68.13	6.58	62.27	5.26	68.53	8.55	88.17	7.24	81.59	7.89	90.38	8.22	89.35	4.93	66.90	8.55	102.50
7.89	85.42	6.25	83.76	6.91	71.64	5.92	81.59	9.54	106.91	8.55	88.66	10.20	106.36	8.55	108.33	5.92	71.80	9.54	112.42
8.55	89.28	6.91	91.58	8.55	84.32	7.24	89.20	10.20	116.83	11.18	105.52	11.51	119.04	9.54	120.62	7.89	81.59	11.18	115.73
9.54	104.71	9.21	109.45	9.54	93.69	7.89	103.34	12.50	135.02	12.83	114.22	13.16	132.26	11.18	128.44	7.57	90.29	11.84	122.89
10.20	118.48	10.53	120.06	10.20	111.87	9.21	116.94	13.16	137.77	13.82	133.80	14.47	140.53	11.84	142.40	10.20	94.64	11.84	132.26
11.51	132.81	13.49	139.60	12.83	135.57	11.51	132.17	13.82	146.59	15.13	144.14	15.13	143.28	13.82	152.45	11.18	106.61	13.82	143.28
12.83	143.28	16.78	169.76	14.80	143.28	11.84	142.50	15.46	149.90	16.12	157.73	15.79	149.90	16.12	169.76	13.82	132.71	15.13	156.51
15.13	174.14	18.09	181.48	16.12	159.82	12.83	159.91	18.09	173.04	16.78	170.79	18.42	159.82	16.78	179.81	15.13	142.50	16.78	174.14
16.12	187.37	20.39	189.86	20.39	178.55	14.80	168.61	20.39	176.35	19.41	186.56	19.41	167.53	18.42	189.86	18.09	163.17	18.42	187.37
18.09	192.88	22.37	203.82	22.70	189.02	19.41	195.81	24.34	189.02	22.37	195.81	21.71	170.84	20.07	203.82	19.41	170.24	20.39	193.98
19.41	201.15	24.34	212.76	24.34	201.15	22.37	208.32	25.99	201.15	24.34	213.21	22.37	183.51	25.66	212.20	20.07	177.31	22.70	199.49
20.39	211.62	27.96	219.46	30.26	214.93	24.34	212.13	26.97	205.01	27.96	223.00	24.34	193.98	30.26	225.04	21.05	179.49	23.36	205.56
24.34	220.44	30.92	223.37	30.59	220.44	27.96	219.74	30.26	214.93	30.26	231.16	26.64	206.66	32.57	228.95	23.36	193.09	27.96	217.13
26.64	225.95	32.57	229.51	31.91	225.95	29.93	230.07	30.59	216.03	33.22	223.00	28.95	218.23	34.54	231.74	25.99	201.25	30.26	223.74
30.26	232.01	34.54	223.37	33.55	236.42	31.25	234.97	33.22	223.19	36.84	217.56	31.58	225.95	37.50	223.37	27.96	212.13	31.25	225.95
32.57	225.95	35.86	217.78	35.86	225.95	33.22	240.41	36.84	214.93	39.80	206.69	33.22	234.76	39.47	217.78	31.58	223.00	33.22	235.87
34.54	220.44	40.46	212.20	38.16	220.44	35.86	233.88	39.14	209.41			36.18	225.95	41.12	212.20	34.87	231.71	36.84	237.52
39.80	209.41			40.79	214.93	36.84	228.44	41.12	203.90			37.83	220.44			38.16	223.00	39.47	231.46
						40.79	223.00					40.79	214.93			39.47	212.13	40.13	225.95
																40.79	206.69	41.12	220.44



MEZCLA = CON 2.5% DE ADITIVO
 EDAD = 5 DIAS
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 235.15 kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 225132.19 Kg/cm2

ANEXO XV.2.4
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 4.0% DE ADITIVO (5 DIAS)

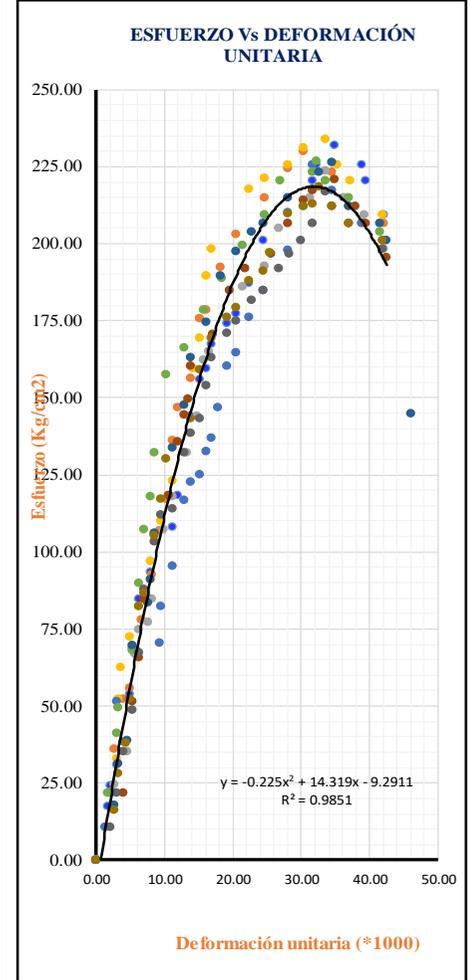
CV-4.0-31		CV-4.0-32		CV-4.0-33		CV-4.0-34		CV-4.0-35		CV-4.0-36		CV-4.0-37		CV-4.0-38		CV-4.0-39		CV-4.0-40	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.97	22.04	2.63	21.76	1.32	10.88	2.30	16.53	2.30	27.55	2.30	27.92	2.63	16.32	2.63	22.34	2.30	16.53	2.96	27.20
2.63	36.37	3.95	35.35	2.30	21.76	2.96	25.35	3.62	38.58	2.63	53.61	3.95	29.92	3.95	33.50	2.96	27.55	3.95	38.07
2.96	40.78	4.93	52.22	4.28	35.90	3.95	35.27	4.93	47.39	4.93	68.13	4.61	39.16	5.26	50.82	3.95	41.88	5.26	52.22
3.95	49.60	5.26	65.27	4.61	51.13	4.61	47.39	5.59	55.11	5.26	89.35	5.26	48.95	6.25	67.01	4.93	50.70	6.58	66.36
5.26	68.89	6.25	87.03	5.92	66.36	5.92	57.86	6.25	73.85	6.25	106.66	6.25	67.44	7.24	91.58	6.58	66.13	7.89	81.59
6.25	84.32	7.89	105.52	7.57	87.03	6.25	62.82	6.58	84.32	6.91	118.94	6.91	88.66	8.55	111.12	7.89	88.17	8.55	89.20
6.91	90.93	8.55	117.48	9.87	112.05	7.89	82.66	6.91	99.20	9.54	147.42	8.22	103.34	9.54	118.94	9.87	106.91	9.54	103.34
8.55	105.26	10.53	134.89	10.86	121.84	8.55	88.17	7.89	112.97	11.18	165.29	9.54	116.94	10.20	141.28	11.51	117.38	11.18	117.48
9.54	117.38	11.18	141.42	11.51	130.54	9.54	108.01	9.21	121.24	11.84	173.11	11.51	130.54	11.18	161.94	13.82	132.26	11.84	130.54
10.20	135.02	13.82	169.70	13.49	157.73	11.84	118.48	9.87	136.67	13.82	194.33	13.16	162.09	12.83	171.99	14.80	146.04	12.50	144.14
11.18	143.28	14.80	186.02	15.79	164.26	12.83	143.28	11.18	143.28	16.78	202.70	14.47	163.17	13.82	192.09	18.09	162.57	13.82	153.38
11.84	162.02	16.12	195.81	16.45	181.12	13.82	160.37	12.83	172.49	19.41	217.78	16.12	186.02	16.78	217.78	19.41	170.84	15.13	163.17
12.83	170.84	19.08	214.30	17.76	190.37	15.13	174.14	16.78	198.39	20.39	225.60	16.78	199.07	18.42	226.16	20.07	177.45	16.78	197.44
13.82	190.68	21.38	219.20	19.74	203.42	16.12	187.37	18.09	217.68	22.37	236.21	20.39	206.69	21.38	237.88	20.39	183.51	18.09	206.69
15.13	198.39	24.34	239.32	20.72	212.13	19.41	198.39	20.39	221.54	24.34	245.70	22.37	219.74	30.26	251.29	21.05	187.37	19.41	214.30
19.41	216.03	26.64	244.76	22.04	225.72	20.39	212.17	23.36	236.97	27.96	255.75	23.36	223.00	33.55	259.10	21.71	195.64	20.39	219.20
21.38	226.50	30.26	252.92	23.36	228.44	24.34	220.44	26.97	243.58	30.26	240.12	25.66	239.32	36.51	251.29	25.66	206.66	23.36	228.44
23.36	233.11	36.18	244.76	26.97	239.32	27.96	236.97	30.26	247.99	34.54	228.95	27.96	246.39	37.83	245.70	26.64	209.41	25.99	237.14
24.34	236.97	37.83	239.32	28.95	244.76	30.26	256.26	32.57	254.60	38.82	223.37	30.26	250.20	39.47	228.95	27.63	220.44	29.28	245.85
27.96	247.99	38.82	223.00	30.26	249.11	34.87	242.48	34.54	247.99			33.55	256.73			29.93	231.46	29.93	250.20
30.26	261.77			35.86	239.32	37.83	236.97	36.84	242.48			36.84	250.20			31.58	242.48	36.18	256.73
32.24	253.50			36.84	233.88	39.47	225.95	39.14	231.46			38.82	244.76			33.22	254.60	36.84	250.20
33.22	247.99			39.14	223.00							39.14	239.32			36.18	247.99	38.82	244.76
39.14	231.46															37.83	242.48	39.14	233.88
																39.47	236.97		



MEZCLA = CON 4.0% DE ADITIVO
EDAD = 5 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 256.56 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 236307.77 Kg/cm2

ANEXO XV.3.1
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA PATRON (7 DIAS)

CV-P-61		CV-P-62		CV-P-63		CV-P-64		CV-P-65		CV-P-66		CV-P-67		CV-P-68		CV-P-69		CV-P-70	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	17.63	2.30	22.34	1.64	11.02	2.30	22.04	1.32	10.88	1.64	22.04	2.63	17.87	3.95	21.76	1.97	10.88	2.63	16.32
1.97	24.25	2.63	36.30	2.63	24.80	2.96	33.07	1.97	21.76	2.96	41.33	3.29	31.27	5.26	51.67	2.96	21.76	3.29	28.28
2.96	30.86	3.95	52.49	4.61	35.27	3.29	52.35	2.96	51.67	3.29	49.60	4.61	39.09	6.25	65.81	3.95	35.35	4.28	38.07
3.95	38.58	4.93	55.84	5.59	67.23	3.62	62.82	6.25	67.44	5.26	68.34	4.93	52.49	6.91	84.85	5.26	48.95	4.93	52.22
4.93	54.01	5.92	68.13	6.25	74.95	4.93	72.74	9.21	70.71	6.25	89.83	5.26	69.80	10.53	118.57	6.25	67.44	6.25	82.67
5.26	68.89	6.58	78.18	7.57	77.15	6.25	82.66	9.54	82.67	6.91	107.46	7.57	83.76	11.84	135.98	6.91	88.11	6.91	87.03
6.25	84.87	8.22	92.70	8.22	84.87	7.89	96.99	11.18	95.73	7.89	117.93	7.89	91.02	12.83	144.68	8.55	103.34	8.55	105.52
7.89	93.69	9.21	107.22	9.87	107.46	8.55	105.81	12.83	116.94	8.55	132.26	8.55	106.10	13.49	149.58	9.54	112.05	9.54	117.48
11.18	108.01	10.20	117.27	11.18	117.93	9.54	110.22	13.82	122.92	10.20	157.61	11.18	134.02	13.82	160.45	11.18	114.22	10.20	130.54
11.84	118.48	11.18	136.25	13.16	132.26	11.18	123.44	15.13	125.10	12.83	166.43	12.83	147.98	17.11	170.79	12.83	132.17	13.82	143.59
13.82	144.39	11.84	146.86	14.80	144.39	14.14	159.82	16.12	132.71	15.79	178.55	13.82	163.06	19.41	184.93	13.82	138.70	15.13	159.37
15.13	155.96	13.82	156.36	15.79	162.57	15.13	169.74	16.78	137.07	18.42	189.02	16.12	174.78	21.71	192.00	15.13	143.59	16.78	169.70
16.12	159.82	15.13	175.90	16.45	165.33	16.12	189.58	17.76	146.86	21.38	199.49	18.09	189.86	25.66	196.90	16.12	153.93	19.08	176.23
16.78	167.53	16.12	178.69	21.38	186.27	16.78	198.39	19.08	160.45	24.67	209.41	20.39	197.68	27.96	206.69	16.78	163.17	20.39	179.49
19.08	174.14	18.09	192.65	24.67	192.88	22.37	217.68	20.39	164.80	26.97	220.44	22.70	203.82	30.26	214.30	19.08	171.33	22.37	188.19
20.39	177.45	20.39	203.26	26.64	205.01	24.67	221.54	22.37	176.23	31.58	223.19	24.34	206.61	31.58	217.56	20.39	175.14	24.34	191.46
22.37	187.37	24.67	214.99	31.25	214.93	27.96	225.95	24.34	184.93	32.24	227.05	27.96	214.99	34.87	220.83	22.70	181.67	25.33	197.44
24.34	201.15	27.96	224.48	33.55	223.74	30.26	231.46	27.96	197.98	33.55	220.44	31.58	217.78	37.83	212.13	24.34	184.93	27.96	209.95
27.96	210.52	30.26	230.07	36.18	214.93	33.55	234.21	30.26	212.13	36.84	214.93	32.57	223.37	39.47	206.69	26.64	192.00	30.26	212.13
31.58	220.44	34.54	223.37	39.14	209.41	35.20	225.95	31.58	225.72	41.45	203.90	34.54	226.72	42.43	195.81	28.29	196.90	31.58	213.21
32.24	225.95	36.84	212.20	42.11	198.39	37.17	220.44	34.54	217.56			36.84	212.20			29.93	201.25	32.57	218.65
34.87	232.01	42.11	206.61			41.78	209.41	38.82	206.69			41.45	206.61			31.58	206.69	34.54	212.13
38.82	225.95					42.11	201.25					42.43	201.03			33.55	217.02	36.84	206.69
39.47	220.44											46.05	145.19			34.54	212.13	41.78	201.25
42.11	209.41															36.84	206.69		
																41.78	198.53		

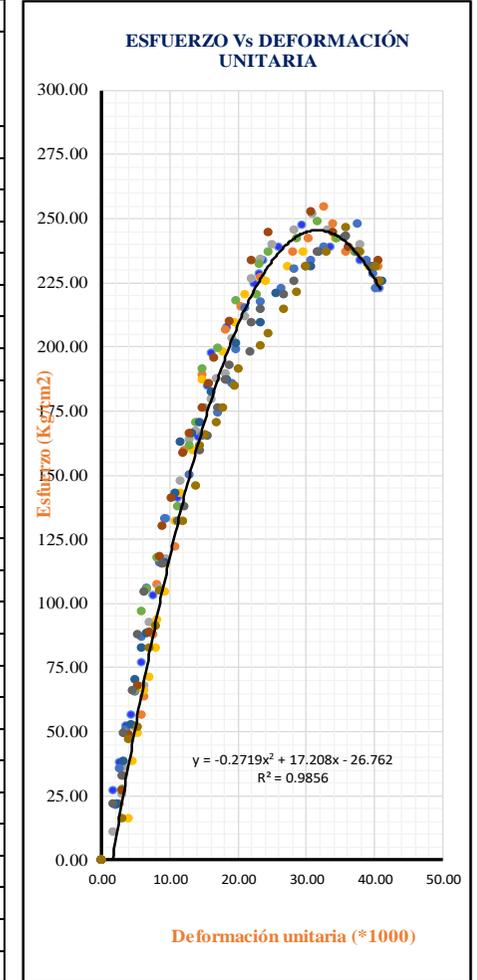


MEZCLA =
EDAD =
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO =
MÓDULO DE ELASTICIDAD =

PATRON
7 DIAS
226.41 kg/cm2
221907.27 Kg/cm2

ANEXO XV.3.2
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 1.5% DE ADITIVO (7 DIAS)

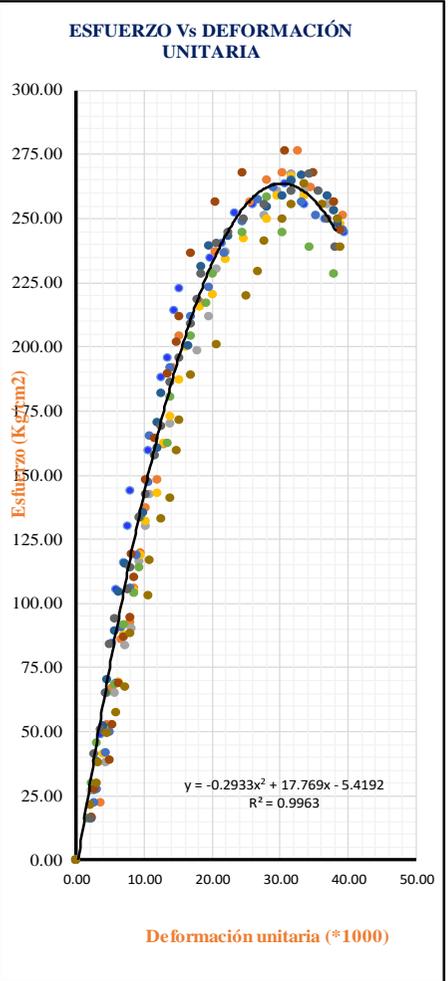
CV-1.5-61		CV-1.5-62		CV-1.5-63		CV-1.5-64		CV-1.5-65		CV-1.5-66		CV-1.5-67		CV-1.5-68		CV-1.5-69		CV-1.5-70	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	27.20	2.63	22.04	1.64	11.17	3.95	16.53	1.97	21.76	2.96	27.55	2.30	22.04	2.96	27.20	1.64	22.04	2.96	16.53
2.63	38.07	3.29	33.07	2.96	25.69	4.61	38.58	2.63	35.90	3.62	49.60	3.29	38.58	3.95	48.95	2.96	33.07	3.95	47.39
3.62	52.22	4.93	51.80	3.29	36.30	5.26	49.60	3.62	51.13	4.93	66.13	4.28	52.90	5.26	67.99	3.29	49.60	5.26	51.80
4.28	56.57	5.92	56.76	4.93	52.49	6.25	66.13	4.93	65.81	5.92	96.99	4.93	70.54	6.91	89.20	4.61	66.13	6.91	82.66
5.92	77.24	6.25	63.93	6.25	68.13	6.91	71.64	5.92	87.03	6.58	105.81	5.92	82.66	8.55	118.57	5.26	88.17	7.89	91.48
6.58	88.66	7.57	88.17	6.91	92.70	7.89	82.66	6.58	106.06	8.22	117.93	6.58	88.73	8.88	130.54	6.25	104.71	8.55	105.26
7.57	103.34	8.22	107.46	8.55	106.10	8.22	93.69	8.55	115.85	11.18	137.77	9.21	116.28	10.20	141.42	8.88	115.73	11.84	132.26
8.88	116.40	10.86	122.34	9.54	117.27	9.21	104.71	9.21	133.26	12.83	161.47	10.86	143.28	11.84	158.82	11.18	132.26	13.82	146.04
9.54	133.26	12.17	159.82	11.51	147.98	9.54	115.73	12.83	150.12	13.82	170.84	11.51	163.12	12.83	166.44	12.17	137.77	14.47	161.47
11.18	141.42	14.80	189.02	12.83	164.17	10.86	132.26	14.80	165.35	14.80	191.78	13.16	166.43	14.80	176.23	14.47	159.82	15.13	165.88
14.14	164.80	18.09	206.66	13.82	167.52	11.51	143.28	17.11	174.60	17.11	199.49	14.47	170.84	15.79	186.02	15.46	165.33	16.78	170.84
15.46	184.93	20.39	216.03	15.13	176.46	13.49	159.82	19.08	186.02	19.74	218.23	16.12	182.41	16.45	195.81	17.11	176.35	17.76	176.35
16.12	197.98	23.36	227.05	16.12	179.81	14.80	187.37	19.74	199.07	22.70	220.44	18.42	187.37	18.75	209.95	18.09	187.37	19.41	185.17
18.42	207.77	27.96	236.97	16.78	187.63	17.76	198.39	21.05	215.39	23.03	232.56	19.74	201.70	22.04	233.88	18.75	192.88	20.07	191.78
22.37	224.63	30.26	242.48	18.09	189.86	19.41	209.41	23.36	217.56	24.34	236.97	23.36	209.41	24.34	244.76	21.71	198.39	23.36	200.60
23.03	228.44	32.57	254.60	19.08	203.26	21.05	220.44	26.32	223.00	28.62	242.48	25.66	220.99	30.59	252.92	22.04	209.41	24.34	205.56
23.68	233.88	33.88	247.99	21.05	212.20	24.01	225.95	28.29	230.62	31.58	249.09	30.59	231.46	33.88	244.76	23.36	214.93	26.64	214.93
25.99	239.32	35.86	236.97	22.04	226.72	27.30	231.46	30.59	233.88	34.54	242.48	31.91	236.97	36.18	239.32	26.64	220.44	28.62	221.54
29.28	247.48	40.46	231.46	23.36	234.53	29.61	236.97	32.57	239.32	37.17	236.97	35.53	243.03	40.46	233.88	28.29	225.95	29.93	231.46
33.55	239.32			25.00	240.12	34.21	242.48	37.50	248.02	40.13	231.46	37.50	236.97	0.00	0.00	29.93	231.46	32.89	236.97
37.83	233.88			28.29	245.70	37.17	236.97	38.82	233.88			39.80	231.46	0.00	0.00	31.58	236.97	35.86	246.89
40.79	223.00			30.92	251.84	39.14	231.46	39.80	228.44			41.12	225.95	0.00	0.00	35.86	243.58	37.83	236.97
				33.22	245.70	40.79	225.95	40.13	223.00							37.50	236.97	40.13	231.46
				37.83	240.12											39.47	231.46	40.79	225.95
				40.13	234.53											40.46	225.95		



MEZCLA = CON 1.5% DE ADITIVO
EDAD = 7 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 248.93 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 233780.46 Kg/cm2

ANEXO XV.3.3
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 2.5% DE ADITIVO (7 DIAS)

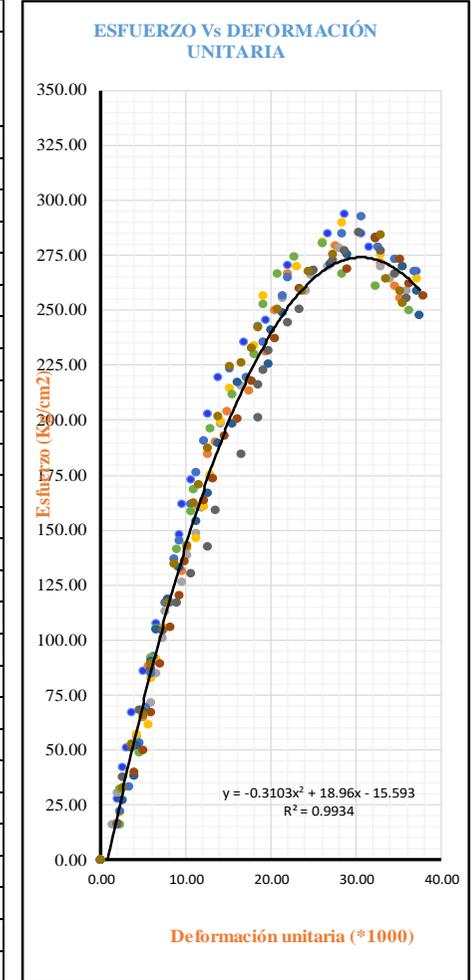
CV-2.5-61		CV-2.5-62		CV-2.5-63		CV-2.5-64		CV-2.5-65		CV-2.5-66		CV-2.5-67		CV-2.5-68		CV-2.5-69		CV-2.5-70	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.97	16.32	2.30	16.75	1.64	16.32	2.96	27.55	2.63	22.34	1.64	16.32	2.30	16.53	2.30	16.75	1.97	16.32	1.97	21.76
2.63	27.20	3.62	22.34	2.30	27.20	3.95	41.33	2.96	27.92	2.30	29.92	2.96	38.58	2.63	27.92	2.63	41.34	2.96	29.92
3.62	48.95	4.61	53.05	4.28	38.07	5.26	52.90	4.28	41.88	2.96	45.69	3.95	52.35	4.93	39.09	3.62	51.13	3.29	38.07
4.28	65.27	5.26	67.01	4.61	51.67	6.25	69.44	4.93	50.26	4.28	50.04	4.61	70.54	5.26	53.05	4.28	65.27	4.61	49.50
5.26	84.85	6.58	86.00	5.59	65.27	6.91	88.17	5.92	69.24	4.61	65.27	5.59	89.28	6.25	69.24	4.93	84.31	5.92	57.65
5.92	105.52	7.89	92.70	7.24	83.76	8.55	105.26	6.58	91.02	5.59	68.53	6.25	104.71	6.91	87.11	5.59	94.10	7.24	67.44
6.91	115.85	8.55	106.10	8.22	90.29	9.54	119.04	7.89	106.10	6.91	91.92	7.24	115.73	7.89	94.93	7.57	105.52	7.89	88.66
7.57	130.54	9.54	120.06	9.21	116.40	10.20	132.26	8.88	118.94	8.55	104.43	9.87	135.57	8.55	110.57	7.89	114.22	10.53	103.34
7.89	144.14	10.20	137.37	10.20	130.54	11.84	143.28	9.54	134.02	9.21	114.22	11.84	160.92	8.22	119.50	9.21	133.80	10.86	116.94
10.53	159.91	11.84	148.54	10.86	142.50	12.83	162.57	10.53	147.42	9.54	133.80	11.84	170.84	10.20	148.54	10.20	142.50	12.50	133.26
12.50	188.19	12.83	161.94	11.51	157.73	13.82	173.04	10.86	165.29	13.49	162.63	12.50	181.86	11.51	164.73	11.51	157.73	13.82	141.42
13.49	195.81	14.14	192.09	13.82	170.24	15.13	187.37	13.82	192.09	13.82	180.58	16.45	200.60	13.49	189.86	12.50	169.16	14.80	159.91
14.47	214.30	15.13	204.38	17.76	198.53	16.12	200.05	16.78	212.20	16.78	204.51	18.42	231.46	14.80	202.15	13.82	186.56	15.13	171.88
15.13	223.00	18.09	217.78	19.41	212.13	18.09	216.03	19.41	223.37	19.08	217.02	19.41	239.72	15.13	212.20	15.13	195.81	16.78	189.28
19.74	234.97	20.39	237.33	20.72	230.62	20.07	220.44	21.71	236.77	20.07	228.44	22.37	243.58	16.78	236.77	16.78	209.41	20.72	201.25
21.38	240.41	25.66	256.87	22.04	237.14	22.04	234.21	24.34	249.05	24.34	244.76	27.96	254.60	20.39	256.87	17.76	218.65	25.00	220.28
23.36	252.37	27.96	265.25	27.63	251.29	24.67	242.48	26.64	257.43	27.96	258.36	30.26	259.01	24.34	268.04	18.42	228.44	26.64	229.53
25.99	255.64	30.26	268.04	29.61	261.08	27.96	250.20	28.95	262.45	30.26	244.76	31.58	264.52	30.59	276.41	20.72	240.41	27.63	241.50
30.59	263.80	32.57	276.41	31.58	267.60	29.61	259.01	31.58	265.25	34.21	239.32	33.22	267.28	34.87	268.04	22.37	244.76	30.26	250.20
33.55	255.64	34.54	262.45	33.55	261.08	31.58	266.73	33.22	256.87	37.83	228.44	36.84	259.01	37.83	256.87	24.67	250.20	31.58	255.64
36.51	250.20	37.83	256.87	36.84	255.64	33.55	259.01	35.20	251.29			37.83	253.50	38.82	245.70	27.63	255.64	33.55	263.80
39.47	244.76	39.14	251.29	38.49	250.20	37.83	253.50	39.14	245.70			38.49	247.99			31.58	261.08	36.18	255.64
						38.82	247.99									34.21	267.60	38.49	250.20
																35.53	261.08	38.82	239.32
																36.84	250.20		
																38.16	239.32		



MEZCLA = CON 2.5% DE ADITIVO
 EDAD = 7 DIAS
 ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 265.48 kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 242859.06 Kg/cm2

ANEXO XV.3.4
DIAGRAMA DE ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN UNITARIA
MEZCLA 4.0% DE ADITIVO (7 DIAS)

CV-4.0-01		CV-4.0-02		CV-4.0-03		CV-4.0-04		CV-4.0-05		CV-4.0-06		CV-4.0-07		CV-4.0-08		CV-4.0-09		CV-4.0-10	
Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)																		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.97	27.92	2.30	32.63	1.32	16.53	2.30	22.04	2.30	22.34	2.30	16.32	2.63	27.55	1.97	16.75	1.97	16.32	2.63	33.07
2.63	42.44	3.62	52.22	1.97	30.86	2.63	33.07	3.29	33.50	2.30	32.63	3.95	38.58	3.95	40.21	2.63	38.07	3.62	52.90
2.96	51.37	4.93	65.27	3.95	38.58	3.62	52.90	4.61	53.61	4.61	48.95	4.28	52.35	4.93	50.26	3.62	51.13	4.93	66.13
3.62	67.01	5.59	88.11	4.28	56.21	4.28	57.31	5.26	69.24	4.93	68.53	4.93	67.78	5.92	67.01	4.61	68.53	5.92	89.28
4.93	86.00	7.24	105.52	5.92	71.64	5.59	61.72	5.92	84.88	5.92	92.46	5.92	90.38	6.91	89.35	5.92	87.03	7.89	117.38
5.92	89.35	7.89	117.48	6.58	84.87	5.92	82.66	6.25	92.70	6.58	105.52	6.58	104.71	8.22	106.10	7.24	104.43	8.55	135.02
6.58	107.77	9.54	131.63	7.24	100.85	6.58	91.48	7.57	117.27	7.89	117.48	7.89	119.04	9.21	120.62	8.88	116.94	10.20	143.28
8.22	117.27	10.20	141.96	7.57	113.52	7.57	105.26	8.55	136.81	8.88	141.42	9.21	133.36	9.87	136.25	10.53	130.54	10.86	162.57
9.21	147.98	11.51	161.00	9.54	126.75	7.89	117.93	9.21	145.19	10.53	158.82	11.18	154.31	12.17	163.62	12.50	142.50	11.51	170.84
9.54	161.94	12.50	184.93	10.20	138.87	8.88	133.91	10.53	161.94	10.86	168.61	12.50	166.98	13.16	173.67	13.49	159.37	12.50	187.37
10.53	173.11	13.49	190.37	11.18	148.79	11.18	146.59	11.18	176.46	12.83	196.35	13.82	189.58	14.47	193.21	16.45	184.93	13.82	201.70
12.50	203.26	14.80	203.97	11.84	160.37	12.17	160.92	12.17	190.98	15.46	212.13	15.46	198.39	16.12	201.03	18.42	201.25	15.13	224.84
13.82	219.46	17.43	213.76	12.83	174.14	12.83	175.25	17.11	219.46	18.09	230.07	16.12	217.68	17.76	217.78	18.42	216.48	16.45	226.50
15.13	223.37	19.41	231.16	14.14	198.39	14.14	199.49	19.08	235.65	19.08	252.92	19.74	225.95	20.39	237.33	19.08	223.00	17.76	233.11
16.78	235.65	20.39	250.20	16.45	216.03	15.13	214.93	21.38	256.87	20.72	266.52	20.07	241.38	23.36	260.22	19.74	231.71	18.42	242.48
18.42	242.91	22.04	266.52	21.38	255.71	18.09	234.21	22.04	265.25	22.70	274.67	21.38	249.09	28.95	269.16	22.04	244.76	20.72	250.75
19.41	245.70	27.63	279.57	24.01	259.01	19.08	256.81	28.29	284.79	25.99	280.66	24.67	267.83	32.24	282.56	23.36	250.74	23.68	259.01
22.04	270.83	32.89	271.96	24.67	266.18	23.03	270.03	30.59	292.61	28.29	266.52	26.97	271.14	35.20	273.62	25.00	268.15	24.34	267.83
26.64	284.79	34.54	261.08	26.64	270.03	25.99	281.06	32.57	279.21	32.24	261.08	28.95	275.55	36.18	262.45	27.30	273.04	27.30	275.55
28.62	293.73	35.20	255.64	27.96	278.30	28.29	289.87	34.54	273.62	36.18	250.20	32.24	283.26	37.83	256.87	28.62	277.39	32.89	284.36
30.59	284.79			32.89	270.03	32.89	275.55	36.84	268.04				35.53	270.03		30.26	285.55	33.55	264.52
31.58	279.21			33.88	264.52	35.53	270.03						37.17	259.01		32.89	277.39	35.20	259.01
37.17	268.04			35.86	259.01	37.17	264.52						37.50	247.99		34.54	266.52	35.53	253.50
																35.86	255.64		



MEZCLA = CON 4.0% DE ADITIVO
EDAD = 7 DIAS
ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO = 285.50 kg/cm2
MÓDULO DE ELASTICIDAD = 249037.85 Kg/cm2

**ANEXO XVI.1
PANEL FOTOGRAFICO**



Imagen 01 *Obtencion de los agregados de la Cantera*



Imagen 02 *Metodo del cuarteo para obtener la muestra mas representativa del Agregado Fino*



Imagen 03 *Metodo del cuarteo para obtener la muestra mas representativa del Agregado Grueso*



Imagen 04 *Analisis Granulometrico del Agregado Fino y Agregado Grueso*



Imagen 05 *Peso Especifico y Absorcion del Agregado Fino*



Imagen 06 *Peso Especifico y Absorcion del Agregado Grueso*



Imagen 07 *Peso Unitario Volumetrico Suelto y Compactado de los Agregados*



Imagen 08 *Preparacion de mezcla de concreto para 3 tandas*

**ANEXO XVI.2
PANEL FOTOGRAFICO**



Imagen 09 Preparacion de mezcla de concreto para 3 tandas



Imagen 10 Ensayo de Consistencia de la mezcla de concreto.



Imagen 11 Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto



Imagen 12 Curado del concreto a los 3,5 y 7 dias.



Imagen 13 Colocacion del deformimetro



Imagen 14 Ensayo de resistencia a la compresión de un espécimen cilíndrico de concreto.



Imagen 15 colocacion de los platos retenedores con discos de neopreno.



Imagen 16 Observacion sobre el tipo de falla del espécimen realizado en el ensayo a compresion