

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**INFLUENCIA DEL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL EN
LA FORMACIÓN DE FISURAS EN EL CONCRETO EN
ESTADO PLÁSTICO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

CÉSAR HUMBERTO TANTALEÁN GHIGLINO

ASESOR:

Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ

Lima- Perú

2023

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Tantaleán Ghiglino, César Humberto.

E-mail: htantaleang@gmail.com

Teléfono: 9904-29648

DEDICATORIA

A mis dos maestros: el padre que era difícil
de igualar, pero reconoció con orgullo,
amor y éxito personal que fue superado
por su hijo.

Mi Padre y mi Hermano.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería, por abrirme las puertas y formarme como profesional.

A la Facultad de Ingeniería Civil y a mis maestros.

Al Ing. Carlos Barzola Gastelú, por compartir su conocimiento, experiencia y contribuir en el desarrollo de la presente tesis; además de demostrar liderazgo y legado en la juventud de la facultad, con su peculiar estilo.

El Gran Maestro.

Al Laboratorio de Ensayos Especiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). A los ingenieros y técnicos que trabajan en el área de suelos y concreto.

A amigos que aportaron en mi vida siempre una razón para culminar la presente tesis, un reconocimiento especial al Ing. Max Huaynalaya.

A mi Querido Hermano Fernando.

A mi madre Livia, ejemplo de vida.

ÍNDICE	
RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. GENERALIDADES	13
1.2. PROBLEMÁTICA.....	15
1.2.1. Descripción de la problemática	15
1.2.2. Problemática planteada	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	17
1.4.1. Hipótesis general	17
1.4.2. Hipótesis específica.....	17
1.5. ANTECEDENTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	17
1.5.1. Antecedentes nacionales	18
1.5.2. Antecedentes internacionales	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	22
2.1. AGREGADO GLOBAL.....	23
2.1.1. Consideraciones en el diseño de mezcla: Agregado Global.....	24
2.2. FISURAS	24
2.2.1. Origen de las fisuras	26
2.2.2. Origen de las fisuras plásticas	28
2.2.3. Fisuras por asentamiento plástico.....	31
2.2.4. Microfisuras por exudación	31
2.2.5. Fisuras por contracción.....	31
2.3. CONSIDERACIONES GENERALES PARA PREVENIR LA FISURACIÓN	32
2.3.1. Consideraciones en el diseño	32
2.3.2. Consideraciones de colocación	33

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO - DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	34
3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	34
3.2. MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO	35
3.2.1. Cemento Portland tipo I	35
3.2.2. Agua para el concreto	37
3.2.3. Agregados	37
3.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	38
3.3.1. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)	38
3.3.2. Módulo de Finura (NTP 400.011)	39
3.3.3. Tamaño Máximo (NTP 400.011)	39
3.3.4. Tamaño Nominal Máximo (NTP 400.011)	39
3.3.5. Finos: Materiales que pasan Malla N°200 (NTP 400.018)	39
3.3.6. Peso Específico (NTP 400.021)	40
3.3.7. Porcentaje de Absorción (NTP 400.022)	40
3.3.8. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017)	40
3.3.9. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017)	41
3.3.10. Contenido de Humedad (NTP 339.185)	41
3.3.11. Resistencia al Desgaste en Agregados Gruesos (NTP 400.019) ..	41
3.3.12. Superficie Específica (Se)	41
3.4. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	42
3.5. DISEÑO DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL (NTP 400.012:2013)	45
3.5.1. Peso Unitario Compactado del Agregado Global (NTP 400.017)	45
3.5.2. Análisis Granulométrico del Agregado Global	47
3.5.3. Diseño del concreto A.G.	48
3.6. DISEÑO DEL CONCRETO POR EL MÉTODO ACI	57
3.7. ENSAYO DE CONTRACCIÓN	59
3.7.1. Métodos para medir la contracción del concreto	60
3.8. MÉTODO DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN	61
3.9. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS	61
3.10. INVENTARIO DE FISURAS	63
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	70
4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	77

CAPÍTULO V. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y COMPROBACIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	87
5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	87
5.2. COMPROBACIÓN DE LOS OBJETIVOS	87
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS	96

RESUMEN

La fisuración en edad temprana del concreto es uno de sus principales síntomas patológicos, y es consecuencia del fenómeno de contracción en su proceso de formación; el ACI la define como una “disminución en el volumen del concreto con el tiempo, es debida a cambios en el contenido de humedad y cambios físico-químicos en el concreto, los cuales ocurren sin la presencia de esfuerzos atribuibles a acciones externas del concreto”.

La aparición de las fisuras en el concreto no solo afecta la estética del producto final, sino que puede disminuir su periodo estimado de vida útil. La presente tesis se ha enfocado en evaluar la influencia del agregado en la aparición de las fisuras en el estado plástico del concreto y obtener nuevos criterios para ayudar a minimizar esta patología; para lo cual se evaluaron dos diseños: el diseño del Agregado Global y el diseño ACI, para obtener la tendencia a la fisuración por contracción restringida en el concreto fresco, dentro de las 4:30 horas desde su colocación y la finalización de su estado plástico para cada diseño.

El procedimiento de evaluación será correlacionando los diseños de concreto entre el método ACI 211.1 y el método del Agregado Global NTP 400.012, por medio de la comparación de la observación visual de la aparición de las fisuras ocurridas en especímenes de concreto, mediante el uso del método experimental del anillo de contracción. Los diseños evaluados son con la relación agua-cemento (a/c) en las proporciones 0.70, 0.65 y 0.60.

Una de las preocupaciones principales de la presente tesis, ha sido la de mantener las mismas condiciones ambientales y fabricación de obra en los especímenes utilizados.

ABSTRACT

Early age cracking of concrete is one of its main pathological symptoms, and is a consequence of the contraction phenomenon of its formation process; the ACI defines it as a "decrease in the volume of concrete with time, is due to changes in the moisture content and physical-chemical changes in the concrete, which occur without the presence of stresses attributable to external actions of the concrete".

The appearance of cracks in the concrete not only affects the aesthetics of the final product but can also decrease its estimated period of useful life. This thesis has focused on evaluating the influence of the aggregate on the appearance of cracks in the plastic state of concrete and obtaining new criteria to help minimize this pathology; for which two designs were evaluated: the Global Aggregate design and the ACI design to obtain the tendency to cracking due to restricted contraction for fresh concrete within 4:30 hours from its placement and the completion of its plastic state for each design. .

The evaluation procedure will be correlating the concrete designs between the ACI 211.1 method and the NTP 400.012 Global Aggregate method, by comparing the visual observation of the appearance of cracks in concrete specimens, using the experimental method of contraction ring. The designs evaluated are with the water-cement ratio (w/c) in the proportions 0.70, 0.65 and 0.60.

One of the main concerns of this thesis has been to maintain the same environmental conditions and workmanship in the specimens used.

PRÓLOGO

Uno de los síntomas patológicos de mayor adversidad y ocurrencia en toda obra de concreto es la fisuración. Se puede presentar antes y durante el endurecimiento, así como a lo largo de su vida útil. El fenómeno de retracción es una de las causas principales de la formación de fisuras o agrietamiento en el estado plástico del concreto.

Se pretende, mediante los ensayos en la etapa de formación del concreto, realizar análisis de los resultados y la evaluación de la tendencia observada, para tratar obtener qué influencia tienen los agregados en la aparición de fisuras de acuerdo a los diseños seleccionados.

Tomando en cuenta que, al ser el concreto un material tan heterogéneo, influenciado y determinado por sus componentes, condiciones climáticas, forma del elemento y otros parámetros, no podríamos definir un comportamiento específico, pero si proporcionar conocimiento que nos permita aplicar el correcto criterio profesional para esperar determinados resultados dentro de márgenes de calidad deseados.

Ing. Carlos A. Barzola Gastelú

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 3.1 Resumen de las propiedades físicas de los agregados.....	42
Tabla Nº 3.2 Análisis Granulométrico del Agregado Fino - cantera “UNICON”...	43
Tabla Nº 3.3 Análisis Granulométrico Agregado Grueso - cantera “UNICON”....	44
Tabla Nº 3.4 Peso unitario compactado del Agregado Global.....	46
Tabla Nº 3.5 Análisis granulométrico del Agregado Global.	47
Tabla Nº 3.6 Agua Patrón por m ³ de concreto con valores de asentamiento de 4”, para las relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.	49
Tabla Nº 3.7 Porcentajes de agregados en diseño A.G. y resistencias a la compresión a los 7 días de curado, para relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.	51
Tabla Nº 3.8 Diseños por el método del Agregado Global para las relaciones a/c= 0.60, 0.65 y 0.70.....	56
Tabla Nº 3.9 Diseños por el método del ACI, para las relaciones a/c= 0.60, 0.65 y 0.70.	59
Tabla Nº 3.10 Inventario de fisuras, A.G. PRIMER ENSAYO a/c=0.60.	64
Tabla Nº 3.11 RESUMEN de la Tabla 3.10, A.G. PRIMER ENSAYO a/c = 0.60.	64
Tabla Nº 3.12 Inventario de fisuras, ACI PRIMER ENSAYO a/c=0.60	65
Tabla Nº 3.13 RESUMEN de la Tabla 3.12, ACI PRIMER ENSAYO a/c = 0.60.	65
Tabla Nº 3.14 Inventario de fisuras, A.G. SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.....	66
Tabla Nº 3.15 RESUMEN de la Tabla 3.14. A.G. SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.....	66
Tabla Nº 3.16 Inventario de fisuras, ACI SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.	67
Tabla Nº 3.17 RESUMEN de la Tabla 3.16. ACI SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.....	67
Tabla Nº 3.18 Inventario de las fisuras, A.G. TERCER ENSAYO a/c = 0.70.....	68
Tabla Nº 3.19 RESUMEN de la Tabla 3.18, A.G. TERCER ENSAYO a/c = 0.70.	68
Tabla Nº 3.20 Inventario de las fisuras, ACI. TERCER ENSAYO a/c = 0.70	69
Tabla Nº 3.21 RESUMEN de la Tabla 3.20, ACI TERCER ENSAYO a/c = 0.70.	69
Tabla Nº 4.1 Ancho de Fisuras acumuladas, relación a/c=0.60. Extraído de las Tablas 3.10 y 3.12.....	71
Tabla Nº 4.2 Número de fisuras acumuladas, relación a/c=0.60. Extraído de las Tablas 3.10 y 3.12.....	72

Tabla Nº 4.3 Ancho de Fisuras acumuladas, relación $a/c=0.65$. Extraído de las Tablas 3.14 y 3.16.....	73
Tabla Nº 4.4 Número de fisuras acumuladas en el segundo ensayo del método A.G. y del ACI, relación $a/c=0.65$. Extraído de las Tablas 3.14 y 3.16.....	74
Tabla Nº 4.5 Ancho Fisuras acumuladas en el tercer ensayo del método A.G y del ACI, relación $a/c=0.65$. Extraído de las Tablas 3.18 y 3.20.....	75
Tabla Nº 4.6 Número de fisuras acumuladas, relación $a/c=0.70$. Extraído de las Tablas 3.18 y 3.20.....	76
Tabla Nº 4.7 Rango de amplitud de las fisuras de los ensayos de los métodos del Agregado Global y ACI.	77
Tabla Nº 4.8 Fisura acumulada mayor por molde/ensayo de cada diseño.	78
Tabla Nº 4.9 Ancho o Amplitud Acumulada Mayor de las fisuras por molde/ensayo de cada diseño.	79
Tabla Nº 4.10 Se presenta el valor de acumulación Máximo de fisuras por ensayo.	79
Tabla Nº 4.11 Se muestra los valores acumulados máximos de las medidas de las fisuras por diseño de los métodos del Agregado Global y ACI.	80
Tabla Nº 4.12 Presenta la cantidad de fisuras acumuladas por diseño, relación a/c y el porcentaje de fisuras adicionales del diseño ACI sobre el diseño A.G.	83
Tabla Nº 4.13 Ancho promedio de fisuras de cada diseño. Elaboración propia..	86

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 3.1 Método de los extremos restringidos.....	60
Figura N° 3.2 Método con restricción en la base.....	60
Figura N° 3.3 Método con restricción de Doble Anillo: Medidas del molde en vista de corte longitudinal y vista de planta.	61
Figura N° 8.1 Diagrama o Árbol de las causas o agravantes de la patología de las fisuras.....	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 3.1 Curva granulométrica del Agregado Fino.....	43
Gráfico N° 3.2 Curva granulométrica del Agregado Grueso	44
Gráfico N° 3.3 Peso Unitario Compactado del Agregado Global vs %Arena.	46
Gráfico N° 3.4 Curva granulométrica del Agregado Global.	48
Gráfico N° 3.5 Agua Patrón por m ³ de concreto a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.	50
Gráfico N° 3.6 P.U.C del A.G. y Resistencia a compresión a los 7días vs %Arena, para la relación a/c = 0.60.	51
Gráfico N° 3.7 P.U.C del A.G y Resistencia a compresión a los 7días vs % Arena, para la relación a/c = 0.65.	52
Gráfico N° 3.8 P.U.C del A.G. y Resistencia a compresión a los 7días vs % Arena, para la relación a/c = 0.70.	52
Gráfico N° 4.1 De la Tabla 4.7 se obtiene Rango de Ancho de Fisura mayor por molde/ensayo de cada diseño, relación a/c=0.60, 0.65, 0.70.	78
Gráfico N° 4.2 De la Tabla 4.9, Ancho de Fisura Acumulada Mayor por molde/ensayo.....	79
Gráfico N° 4.3 Obtenido de la Tabla 4.11, muestra gráficamente que el método ACI sobre el método A.G. presenta mayor ancho o amplitud acumulada de las fisuras en los tres ensayos.	81
Gráfico N° 4.4 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño a/c=0.60, significando un 84.81% de del ACI sobre el diseño A.G.....	82
Gráfico N° 4.5 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño a/c=0.65, significando un 118.99% de ancho fisuras acumuladas del ACI sobre el diseño A.G.	82
Gráfico N° 4.6 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño a/c=0.70, significando un 111.36% de ancho fisuras acumuladas del ACI sobre el diseño A.G.	83
Gráfico N° 4.7 Con los valores de la Tabla 4.12, se realiza el presente gráfico. El método ACI presenta mayor cantidad acumulada de fisuras en los tres ensayos.	84
Gráfico N° 4.8 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños a/c=0.60. A.G. = 21u. y ACI = 38u.	84
Gráfico N° 4.9 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños a/c=0.65. A.G. = 26u. y ACI = 35u.	85

Gráfico N° 4.10 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños a/c=0.70. A.G. = 20u. y ACI = 33u.	85
Gráfico N° 4.11 De la Tabla 4.13 se obtiene este gráfico, ancho promedio por cada diseño.	86

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

A.G.	: Agregado Global.
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
ACI	: American Concrete Institute.
ASTM	: American Society for Testing and Materials.
C.H.	: Contenido de humedad.
D.U.O.	: Diseño unitario en obra.
D.U.S	: Diseño unitario seco.
F _c	: Resistencia a la compresión.
ITINTEC	: Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.
M.F.	: Módulo de Finura
N.T.P.	: Norma Técnica Peruana.
P.E.	: Peso Específico.
P.U.	: Peso unitario.
P.U.C	: Peso unitario compactado.
P.U.S	: Peso unitario suelto.
R _{a/c}	: Relación agua /cemento.
R _{a/p}	: Relación arena/piedra.
Se	: Superficie específica.
T.M.	: Tamaño máximo.
T.N.M	: Tamaño nominal máximo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El aumento de las obras de ingeniería en nuestro medio, en los últimos años, ha colocado a nuestro país a la par con otros más desarrollados; por lo que se requiere, no solo mejorar los procesos constructivos, tecnológicos y técnicos, sino también mejorar en la etapa de diseño; con especificaciones y normas acordes a los nuevos conocimientos aplicados en todo el proceso de su ejecución y que nos permita obtener mejores resultados, obras más seguras, más duraderas y con mejor calidad en los acabados. Para contribuir a lograr este objetivo, tenemos que aprender y conocer más al concreto.

En la industria de la construcción, el material más usado a nivel global por su alta resistencia a compresión es el concreto. Entre las principales deficiencias del concreto se tiene a su baja resistencia a tracción y a los cambios de humedad (Huacho, 2021).

En el caso de los concretos de mediana y alta resistencia, se tiene el fenómeno de la contracción en el estado plástico, se pueden presentar ciertas condiciones en las que el volumen del concreto varíe, las cuales provocarán la aparición de fisuras (Rivva, 2006). consecuentemente, puede dar origen a la patología aparición de fisuras y grietas, las cuales son deformaciones plásticas irreversibles. Esto es consecuencia de superarse el esfuerzo de tracción del concreto en el estado plástico. Su presencia no solo es estéticamente indeseable, sino que puede facilitar el deterioro del concreto al poder permitir la intrusión de agentes externos.

Esta fisuración del concreto incidirá directamente en la durabilidad de la estructura y puede generar costos bastante elevados al momento de dar mantenimiento o reparar las estructuras (López, 2003).

Para evitar la formación de fisuras por contracción plástica se pueden controlar los factores internos que las producen, tales como el contenido de agua, la cantidad de cemento, características de los agregados, el diseño de mezcla, entre otros (Castillo, 2019). Los factores externos que producen las fisuras por contracción plástica vienen dados por la humedad, el viento, la temperatura y otros que incidan en la exudación del concreto (Toirac, 2004).

Entonces, uno de los factores que puede inducir a la aparición de fisuras en el concreto viene dado por el diseño de mezcla. Este deberá tener como

objetivo seleccionar las proporciones adecuadas de los componentes del concreto buscando ciertos requerimientos como resistencia y durabilidad en su estado endurecido, trabajabilidad y cohesión en su estado plástico (Cachay, 1995).

Actualmente, uno de los métodos de diseño de mezclas de concreto más usados a nivel global es el Método del ACI 211. A nivel local, en Perú, cuando se realiza en laboratorios un diseño experimental de mezclas de concreto es común usar el Método del agregado global, porque se hallan ciertos valores de forma empírica, a diferencia del Método del ACI 211 que se apoya en gran medida en tablas, por lo que el Agregado Global podría tener mayor exactitud al momento de calcular la proporción de los componentes del concreto.

De las investigaciones y estudios en el tiempo, el agregado, a pesar de ser inerte en las reacciones químicas internas de formación del concreto, se le ha asignado gran importancia en el transcurso de los años por estar presente con el mayor porcentaje en peso que los otros componentes. Se ha establecido que sus propiedades y características influyen en todas las propiedades del concreto. En la presente tesis se procedió a evaluar la influencia del agregado, desde el punto de vista del diseño, en la formación de fisuras en el estado plástico. Cabe indicar que el método de diseño del agregado global, cuyo uso ha ido en incremento por su mejor trabajabilidad y resultado en resistencia, pone en relevancia la importancia del agregado en el diseño del concreto y el interés de mayor utilización de este método.

Se indica que una de las principales consecuencias de la contracción en estado plástico, son la aparición de las fisuras. Al ser estas una patología del concreto puede afectar a todos los diseños y se encuentra influenciada por diversas variables; una de ellas es la granulometría del agregado. A la fecha aún no se han encontrado estudios específicos con los que podamos definir cómo el diseño del agregado global afecta o interviene en la contracción del concreto y la generación de fisuras en su edad temprana.

Para cumplir con el objetivo indicado se usó, para la toma de muestras, el procedimiento experimental del Anillo de Contracción. Se cumplió con los procedimientos de diseño, toma de datos, evaluación y comparación de los resultados. Además, se observó las tendencias de los ensayos de ambos diseños. Luego de ello se llegó a las conclusiones, las que se espera colaboren al mayor conocimiento del concreto.

Los diseños evaluados fueron: el diseño ACI y el diseño del Agregado Global, con sendas relaciones agua/cemento 0.60, 0.65, 0.70.

Los resultados no pretenden pronosticar la calidad del concreto, ya conocidas, sino permitir que el profesional pueda seguir evaluando las ventajas del método de diseño del agregado global, cuidando el procedimiento de elaboración en obra o laboratorio. También podría ayudar a redefinir criterios de la utilización de aditivos y/o elementos físicos destinados para minimizar las fisuras y servir de base para nuevos estudios.

1.2. PROBLEMÁTICA

1.2.1. Descripción de la problemática

El concreto, en sus diferentes estados y sollicitaciones de esfuerzos, tiende a presentar fisuras; en el estado no endurecido se da como consecuencia de la contracción del concreto. Las fisuras perjudican al concreto, tanto en el aspecto del acabado, como el permitir mayor posibilidad de daño por parte de agentes externos. A la fecha existe muy poca información sobre la influencia del diseño del agregado global en la aparición de fisuras, por lo que es necesario conocer su influencia en esta patología del concreto.

Los beneficios de resistencia y trabajabilidad del uso del método del Agregado Global se han demostrado por estudios y los resultados de su práctica. En el caso de la aparición de fisuras en su estado plástico aún no se cuenta con información suficiente para ser definida en forma precisa, a pesar de su importancia. La presencia de fisuras en la actualidad se minimiza con la incorporación de fibras, mallas y aditivos.

En la presente tesis no se plantea observar o variar los procedimientos, sino mantener los ya establecidos, así como las buenas costumbres necesarias de obra, como son: un curado adecuado del concreto y otras acciones como la de control de temperatura, humedad, tiempo de colocación y tipo de acabado, entre otros. Así mismo no es un planteamiento para determinar si la calidad del agregado influye en la resistencia del concreto.

Para el desarrollo de la presente tesis se planteó:

- Evaluar comparativamente, en forma experimentalmente, la aparición de las fisuras por contracción en el estado plástico del concreto, bajo los

diseños por el método del Agregado Global (A.G.) vs. el diseño por el método del ACI.

- Evaluar si el diseño del Agregado Global (A.G.) contribuye a minimizar la contracción en el concreto, en consecuencia, la aparición de fisuras.

1.2.2. Problemática planteada

Problemática general

- ¿El diseño del Agregado Global tendrá una influencia favorable en las propiedades físico-mecánicas del concreto en su edad temprana de formación sobre el diseño del ACI?

Problemática específica

- ¿Cuál será el efecto del diseño del Agregado Global vs. el diseño ACI en la formación de las fisuras por contracción del concreto?
- ¿Cuál será el efecto de utilizar el diseño del Agregado Global en la aparición del número de fisuras vs. el diseño ACI del concreto resultante?
- ¿Cuál será la influencia en utilizar el diseño del Agregado Global en la amplitud o ancho en las fisuras presentadas vs. el diseño ACI del concreto resultante?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- La presente tesis tiene por objeto obtener y analizar datos confiables de laboratorio en la patología de aparición de fisuras entre dos diseños de concreto en su estado plástico: (1) diseño con el método del Agregado Global y (2) diseño con el método ACI 211.

1.3.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la aparición de las fisuras y su ancho o amplitud en cada uno de los ensayos.
- Analizar la aparición de las fisuras en cada uno de los ensayos.
- Comparar y evaluar los resultados de la aparición de fisuras entre los concretos: (1) diseño agregado Global y (2) diseño con el método ACI 211.

- Obtener información que permita conocer más sobre esta patología y que contribuya con sus conclusiones al logro de una mayor vida útil de las obras de concreto.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- El diseño por el método del Agregado Global generará una menor aparición de fisuras en el concreto en su estado plástico frente al diseño por el método ACI 211.

1.4.2. Hipótesis específica

- El método de diseño del Agregado Global minimizará la aparición de cantidad de fisuras vs. el diseño del ACI.
- El método de diseño ACI 211, presentará mayor cantidad de fisuras y de mayor ancho o amplitud que el diseño del Agregado Global.

1.5. ANTECEDENTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

Las fisuras constituyen uno de los síntomas patológicos de mayor adversidad e incidencia en las obras de concreto. Por lo tanto, es un tema de investigación del cual se deben buscar soluciones para minimizar su aparición. Se han realizado estudios respecto a la trabajabilidad y la resistencia del concreto, así como la aparición de fisuras en el concreto con y sin aditivos, mas no evaluando solo la influencia del Agregado Global.

La contracción del concreto en su estado plástico presenta, bajo ciertas condiciones, una gran aparición de fisuras, contribuyendo para ello los componentes del cemento y del concreto, la fluidez, la resistencia, la mano de obra, las condiciones climáticas y otros. Se está estudiando permanentemente procedimientos para minimizar su aparición, y estos giran alrededor de incorporación de fibras y/o aditivos.

Mediante la presente tesis se espera determinar, desde la perspectiva del agregado global, su incidencia en la aparición de fisuras en el estado plástico del concreto. Por lo tanto, la evaluación sería desde la perspectiva del diseño, tomando como referente investigaciones que usaron aditivos o fibras para determinar si logran reducir las fisuras del concreto en estado plástico, y si es así, determinar en qué grado lo logran.

1.5.1. Antecedentes nacionales

En la investigación “Factores intrínsecos del concreto premezclado que producen la fisuración en su proceso de fraguado”, realizada por Castillo, J. en 2019, se analizó como influía la adición del aditivo retardante de fragua Plastiment TM-12 y del aditivo plastificante Plastiment TM-31 en la fisuración del concreto en su proceso de fraguado. Se realizaron diseños de mezcla usando cemento tipo I variando la cantidad de ambos aditivos en porcentajes en peso respecto del cemento de 0.5%, 0.9%, 1.3% y 1.7%. La resistencia objetivo fue de 210 kgf/cm² y las muestras elaboradas para analizar la fisuración fueron tipo anillo (58 cm de diámetro y 9 cm de altura) usando la norma ACI 544.2R y tipo panel (90 cm x 60 cm x 10 cm) usando la norma ASTM C 1579; las relaciones agua cemento que usó fueron 0.52, 0.57 y 0.62. Concluyó que se puede reducir las fisuras añadiendo hasta un máximo de 0.9% del aditivo plastificante y 0.3% del aditivo retardante de fragua. También concluyó que un exceso de cualquiera de los dos tipos de aditivo puede provocar fisuras por contracción plástica. Cabe mencionar que los ensayos para medir la fisuración consistieron en tener los moldes descritos anteriormente, verter el concreto en ellos, al momento de fraguar el concreto y encontrarse restringido por los moldes comienza a fisurarse; la fisuración se cuantificó como el producto de la longitud de la fisura y el ancho de esta.

En la investigación “Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021”, realizada por Huacho, A. en 2021, se añadieron fibras de polipropileno en las proporciones de 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³ para ver como variaba el área total de fisuras en un paño de concreto. El diseño de mezcla tuvo una relación agua cemento de 0.56, se usó el cemento tipo IP Yura y la fibra de polipropileno fue SikaFiber PE. Concluyó que el área total de fisuras para la mezcla patrón fue de 342.4 mm² y para las mezclas donde se añadieron las fibras en proporciones de 300 g/m³, 600 g/m³ y 1200 g/m³ el área total de fisuras fue de 8.25 mm², 0 mm² y 0 mm²; es decir, se obtuvo que a partir de la adición de 600 g/m³ de la fibra de polipropileno no se detectó la ocurrencia de alguna fisura en el concreto. Además, obtuvo que el tiempo en que las fisuras aparecieron en el concreto elaborado según el diseño patrón fue de 34 minutos, registrándose la ocurrencia de 9 fisuras; mientras que para la mezcla con 300 g/m³ el tiempo en que aparecieron las fisuras fue de 6 min, registrándose la ocurrencia de 2 fisuras.

En la investigación “Evaluación del Mejor Diseño de Mezclas utilizando Métodos ACI, Fuller y Módulo de Fineza en un Concreto $f'c$ 210 y 280 kgf/cm^2 ”, realizada por Cáceres F. y Chira M. en 2021, se diseñaron mezclas de concreto de resistencias a compresión a 28 días de 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 usando tres distintos métodos de diseño (ACI, Fuller y Módulo de fineza de la combinación de agregados) y usando agregados de dos canteras distintas (Escorpión y Adriana Nicoll) teniendo como objetivo averiguar cuál de los métodos de diseño era el mejor, entendiéndose por mejor método aquel que de acuerdo a los ensayos de probetas a compresión a 28 días obtenía una resistencia más cercana a la resistencia de diseño que la obtenida por los otros métodos de diseño. Usaron cemento tipo V, agregados de dos canteras y las relaciones agua cemento que obtuvieron para los diseños de 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 fueron 0.56 y 0.38 según ACI, 0.51 y 0.43 según Fuller y 0.57 y 0.52 según el Módulo de fineza de la combinación de agregados. Concluyeron que el mejor método de diseño fue el del Módulo de fineza, puesto que la resistencia obtenida a 28 días representó 110.40% de la resistencia objetivo, mientras que con ACI se obtuvo un 117.00%; además de que según el diseño de mezcla por el método ACI se usó 375 kg de cemento por metro cúbico de mezcla, mientras que por el método del Módulo de fineza solo se usó 368 kg.

Para determinar el avance en la investigación del tema de la tesis, se presenta el concepto:

“Los constituyentes del concreto y sus proporciones relativas afectan la exudación, asentamiento, tiempo de fraguado y propiedades reológicas del concreto al estado no endurecido. Sin embargo, los intentos de relacionar estas propiedades con la ocurrencia o extensión del agrietamiento plástico todavía no han tenido éxito”, (Rivva López, página 106, “Naturaleza y materiales del concreto”, 2006).

1.5.2. Antecedentes internacionales

Además, ha habido investigaciones donde logran demostrar que un método de diseño de mezcla de concreto puede influir en las propiedades del concreto resultante en estado fresco tales como asentamiento, peso unitario, contenido de aire, entre otros; y en las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a compresión. Por ende, el grado de fisuración también podría ser influenciado por el método de diseño a usar. A continuación,

se sintetizan dos trabajos donde se comparan las propiedades de concretos diseñados por distintos métodos para tratar de ver cuál tuvo mejor desempeño.

En la investigación “Análisis comparativo de métodos de diseño de mezclas de un hormigón de alta resistencia conformado por agregados procedentes de la cantera de Pintag”, realizada por Almeida W. en 2019, se diseñaron mezclas de concreto de resistencia a compresión a 28 días de 60 MPa usando tres distintos métodos (Densidad óptima, ACI y Fuller) para comparar los resultados del diseño según los resultados de ensayos de probetas a compresión a 28 días. Usó cemento industrial Chimborazo tipo HE, aditivo superplastificante Viscomix-Setmix y agregados de la cantera de Pintag. Concluyó que el diseño de estas mezclas sin aditivo no fue viable, porque resultaron con un gran contenido de cemento o mezclas segregables.

También concluyó que el diseño de estas mezclas con el aditivo superplastificante si fue viable, siendo el método ACI el que mejor se aproximó a la resistencia objetivo puesto que llegó a los 63 MPa, mientras que los métodos de Densidad Óptima y Fuller obtuvieron 54 MPa y 71 MPa; además de que según el diseño de mezcla por el método ACI se usó 603.98 kg de cemento por metro cúbico de mezcla, mientras que según los métodos de Densidad Óptima y Fuller se usaron 577.73 kg y 899.39 kg.

Para evaluar la contracción del concreto, se asumen las siguientes conclusiones:

- La fase plástica produce cambios de volumen originado por una contracción de la pasta que se encuentra entre los agregados, obligando a que estos elementos se acerquen, lo cual define que la contracción, no se define como una fuerza sino como una deformación propia, inherente y espontánea. Cuando esta fuerza supera la resistencia a la tracción del concreto, aparece la fisura. (José Toirac Corral, "Patología de la construcción. grietas y fisuras en obras de hormigón, origen y prevención", 2004).
- El agregado grueso durante la edad temprana del concreto minimiza el contenido de agua y pasta en el diseño del concreto, así como la contracción de la pasta debido a su influencia de restricción, por lo tanto, minimiza la contracción plástica (Charles Nmai, Mark Bury, Joseph Daczko, "Retracción del concreto: minimizar/eliminar el potencial de agrietamiento", 2018).

Las grietas en edad temprana se considerarán como daños locales, cuya influencia se evidenciará a futuro en de las estructuras de concreto y su aparición debería ser analizada como criterio para comparar el comportamiento de diferentes diseños y componentes del concreto; en la actualidad se evalúa más las características de las fisuras aparecidas en edad temprana. Para su evaluación, es importante el desarrollo de métodos experimentales que las prevean antes de su aparición por contracción plástica del concreto, (Sadegh Ghourchian, Mateusz Wyrzykowski, Mathieu Plamondon, Pietro Lura, “Sobre el mecanismo de fisuración por contracción plástica en materiales cementosos frescos”, 2018)

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En este capítulo se muestra las definiciones elementales que se tomaron en cuenta para el planteamiento y desarrollo de la presente investigación, estableciendo lo que son las fisuras y el aspecto teórico del agregado global.

➤ Cemento portland.

Es el material que se obtiene de calcinar rocas calizas y arcillosas. En mezclas de concreto reacciona al entrar en contacto con el agua aportando resistencia al concreto, normalmente ocupa entre el 7% y 15% del volumen total de mezcla (Rivva, 2006).

➤ Agua.

En la producción de concreto se puede emplear de dos formas: agua de mezclado o agua de curado. El agua por usar debe estar libre de sustancias como sales, ácidos, materias orgánicas u otros que afecten al concreto, normalmente cupa entre el 14% y el 18% del volumen de mezcla (Rivva, 2006).

➤ Agregados.

Vienen a ser los componentes de la mezcla que controlan los cambios volumétricos, normalmente ocupan entre el 59% y el 76% del volumen total de mezcla. De acuerdo a su origen pueden dividirse en naturales o artificiales, de acuerdo a su tamaño pueden dividirse en fino y grueso. (Rivva, 2006).

➤ Dosificación.

Es la proporción adecuada de los componentes del concreto, para obtener un concreto con ciertas propiedades deseadas; por ejemplo, se puede buscar un concreto con cierto valor de asentamiento, cantidad de aire incorporado, resistencia u otros. Para diseñar o calcular la dosificación se debe tener en cuenta las características singulares de cada componente (Rivva, 2006).

➤ Fisuras en el concreto.

Vienen a ser las aberturas que se ven en la superficie del concreto (Castillo, 2019).

Pueden clasificarse de acuerdo a su aparición en fisuras originadas en el estado plástico y fisuras originadas en el estado endurecido. Las primeras son consecuencia de la contracción plástica originada por el proceso de fraguado, un vibrado excesivo; o como consecuencia del asentamiento plástico originado por

un recubrimiento insuficiente del acero, un diámetro de acero muy grande para la sección del concreto, encofrados inadecuados, asentamiento del terreno de fundación, entre otros. Las segundas son consecuencia de movimientos espontáneos originados por retracción o dilatación térmica, contracción por carbonatación, entre otros; o consecuencia de los distintos tipos de esfuerzo a los que son sometidas las estructuras (Toirac, 2004).

En general, las fisuras se presentan por la forma del molde o componentes de la estructura, producto de la mano de obra, por características propias del concreto (patología), por afectación en el proceso de endurecimiento, por factores climatológicos.

2.1. AGREGADO GLOBAL

Los agregados tienen influencia directa sobre las características del concreto, puesto que a ellos les corresponde conformar las dos terceras partes concreto. Muchas veces se observará que la granulometría de cada agregado (fino o grueso), no se ajusta a los husos establecidos por las Normas ASTM C-33, pero los debemos mezclar, buscando una distribución de partículas eficiente en cuanto a la gradación. A esta mezcla de agregados de forma eficiente la conocemos como Agregado Global, estando aceptado por la norma anteriormente mencionada.

De la Tesis “Diseño de mezclas, Método del Agregado Global y Módulo de Finura para concretos de mediana a alta resistencia” del Ing. Rafael Cachay Huamán (pág. 18 y 19), se extrae los siguientes párrafos:

“En los Estados Unidos de América, Richard B. Fuller y J. Thompson proponen en 1917 una curva granulométrica continua y basan en ella un método de dosificación científica de concretos que la bibliografía registra como “Método de Fuller”. Fuller sustentaba la tesis de que la calidad de un concreto no depende solamente de la cantidad de cemento que se coloque a la mezcla, sino que usando agregados con una curva granulométrica más adecuada pueden mejorarse la resistencia mecánica y otras características que hacen a la bondad de este.”

“El propósito del diseño de mezclas es, seleccionar las proporciones más económicas de cada uno de los materiales disponibles para producir un concreto en el estado endurecido, de la misma calidad requerida, generalmente especificada en términos de esfuerzo de compresión y durabilidad, y en el estado plástico en términos de su trabajabilidad y cohesión”

De acuerdo a ello, la resistencia y comportamiento del concreto requerido, se debe analizar y diseñar de acuerdo a las características propias de sus componentes.

2.1.1. Consideraciones en el diseño de mezcla: Agregado Global

En el diseño de mezcla por el método del agregado global se tendrá las siguientes consideraciones:

- Obtener la proporción arena/piedra de los ensayos en laboratorio de máxima compacidad obtenidos de la combinación de agregados.
- Obtener la relación agua/cemento de los códigos de diseño del ACI por resistencia.
- Elegida la relación agua/cemento y la proporción de arena y piedra, se varía la cantidad de agua aumentando y/o disminuyendo 5 litros para realizar diseños y ensayos que nos proporcionen una curva de resistencia a la rotura, determinándose de esta manera la cantidad de agua óptima del mayor valor obtenido en los ensayos.
- Elegido el porcentaje de arena y piedra, se varía el porcentaje de arena, aumentando y/o disminuyendo aproximadamente 3%, siempre acumulando 100% y manteniendo el agua óptima, determinada en el paso anterior, para realizar diseños que nos proporcionen una curva de resistencia a la rotura, determinándose el porcentaje óptimo de los agregados con el mayor valor obtenido en los ensayos.
- Controlar la trabajabilidad de la mezcla de concreto para cumplir el fin del diseño.

Un diseño de mezcla bien gradada permite que las partículas más finas ayuden a rellenar los vacíos entre las más gruesas, generando una tendencia a:

- Disminuir la relación de agua/cemento
- Disminuir la cantidad de pasta de cemento
- Reducir el costo de producción del concreto
- Reducir el porcentaje de vacíos
- Mejorar la trabajabilidad
- Aminorar segregación
- Mejorar la resistencia

2.2. FISURAS

En el proceso de formación del concreto, en el estado plástico, es donde definimos una pérdida de volumen que se da en el proceso de secado e hidratación, generándose las fisuras, potenciadas por los factores externos (clima y forma de la estructura). El concreto, pasado el estado plástico, sigue presentando aparición de fisuras, por procesos constructivos o por las demandas de servicio durante su vida útil.

Las fisuras en el concreto son roturas que aparecen generalmente en la superficie de este, debido a la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia. Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de una pieza, se convierte en grieta.

Para poder diferenciar una fisura de una grieta, en esta parte de la investigación se definió las características entre las distintas roturas que se pueden apreciar en el concreto, donde se denominan de acuerdo a su magnitud o dimensiones. Estas roturas se clasificaron de la siguiente manera:

- a) Microfisuras: Son superficiales y carecen de importancia. Son de una amplitud o ancho menor a 0.05mm.
- b) Fisuras: Se presenta en una sola cara o superficie del concreto. Son de una amplitud menor a 0.4mm. y generalmente menor a 3cm. de profundidad. Estas son las evaluadas en la presente tesis.
- c) Grietas: Se presentan en todo el espesor del concreto, mostrándose en ambas caras opuestas y dividiendo al concreto generando una falla. Se encuentran entre 0.4 y 1.0mm. de ancho.
- d) Fracturas y dislocaciones: Su amplitud es superior a 1mm. Son fallas propias del concreto armado donde el concreto y el acero ya fallaron.

En consecuencia, las fisuras, que puedan presentarse en el estado plástico, son roturas que aparecen en la superficie del concreto que aparte del aspecto estético pueden afectar su durabilidad y la resistencia del concreto, para lo cual se asumieron las siguientes premisas:

- a) La patología del concreto es el estudio de los daños y fallas en el concreto, analizando sus orígenes y consecuencias, buscando los procedimientos preventivos o correctivos.
- b) Las fisuras producto de la contracción del concreto es una patología.
- c) La aparición de grietas y fisuras está en permanente evaluación y control para minimizar o evitar su aparición.

Las fisuras del concreto en etapa temprana o fisuras plásticas son las que aparecen en la superficie del concreto fresco antes del fraguado o endurecimiento del concreto (en estado plástico). Aparecen como consecuencia de fenómenos como el asentamiento y la contracción del concreto, los que están íntimamente ligados a la cantidad de agua en la pasta y a la pérdida de humedad del concreto.

Las fisuras plásticas es una patología muy común en el campo de la construcción, por lo que resulta importante conocer el por qué y cómo se origina. Bajo este conocimiento, se pasaría a determinar cómo se puede controlar o prevenir.

Por lo tanto, se puede inferir que existe una "patología clínica" que estudia de la enfermedad y asimismo una "patología experimental" realizará las pruebas de laboratorio y/u obra (Rivva, 2006).

2.2.1. Origen de las fisuras

Es muy importante el estudio de las fisuras que aparecen en el concreto, puesto que esta patología puede ser de diversos orígenes, pero la mayor parte de ellas son debidas a los siguientes factores en el proceso de diseño, fabricación, utilización o factores inherentes al concreto.

Antes del endurecimiento del concreto se originan por:

- Deficiencias en el proceso constructivo: incorrecta manipulación o puesta en obra.
- Deficiencia del curado: pérdida de humedad superficial por alta relación agua-cemento y/o influencia de condiciones ambientales y/u origen térmico o heladas.
- Exceso en el proceso de acabado.
- Por factores climáticos.
- Por factores internos producto de la hidratación se produce la reacción química de los componentes del cemento.
- Por características del proyecto o diseño: alta relación a/c, exceso de finos, exceso de pasta de cemento en el diseño.
- La reducción de volumen en el concreto en estado plástico tiene dos principales "enfermedades" propias de su patología: la variación de volumen vertical y la horizontal. El primero es el asentamiento o acomodo de los componentes del concreto, comienza después del vaciado y va

hasta el fraguado inicial del concreto. El segundo, es horizontal y corresponde a la contracción, que es el que se analizó en la presente tesis.

Cabe resaltar que los factores arriba mencionados, generalmente se presentan dos o más simultáneamente para producir las fisuras.

Posibles causas de las fisuras por Contracción Plástica:

- Físicas: por evaporación o pérdida de humedad superficial del concreto. También el caso contrario, por insuficiente agua en su preparación.
- Por procesos constructivos.
- Térmicas intrínsecas: por contracción térmica a edad temprana.
- Por condiciones ambientales: viento, humedad ambiental, temperatura ambiental, sol.
- Por diseño: La contracción es una patología del concreto, se ve influenciada por (1) por alta relación a/c , y/o concreto de alta resistencia, (2) y mientras mayor sea el peso específico y una granulometría graduada, será menor la incidencia de la patología de la contracción.

Iniciadas las fisuras por contracción, pueden llegar a atravesar el espesor de pieza en el tiempo, diferenciándose con esto de las fisuras por asentamiento plástico.

La importancia de la relación entre los factores climáticos (el clima) y la aparición de fisuras en las etapas de fabricación del concreto, además de la forma y exposición a esos factores de los elementos de concreto, se debe a que las horas de baja humedad, alta velocidad del viento, alta temperatura ambiental, el sol directo sobre el elemento, se suma el proceso exotérmico de formación, incrementan la pérdida de humedad en la superficie del concreto constituyéndose un diferencial de volumen superficial contra el volumen del concreto interno. En consecuencia, si se supera la resistencia del concreto a la tracción en su edad temprana de formación, aparecen las fisuras. La simultaneidad de los factores mencionados, potencia la patología.

Para la presente tesis se ha cuidado el semejar las condiciones presentes en obra durante el período que se realizaron los ensayos comparativos.

De acuerdo a su importancia y efectos en el concreto, estas fisuras pueden ser:

- De poca importancia, dado que afecta más el aspecto estético. Son aquellas fisuras menores a los 0.05mm. Se denominan comúnmente microfisuras.

- De bajo riesgo, por poder permitir un ataque del concreto a mediano y largo plazo por agentes externos. Son aquellas que están entre 0.1mm. y 0.2mm.
- De alto riesgo, dado que estas fisuras tienen mayor profundidad disminuyendo la resistencia proyectada de la sección de concreto y provocan mayor sensibilidad a los agentes externos que pueden deteriorar el concreto. Son aquellas entre 0.2 y 0.4mm.

2.2.2. Origen de las fisuras plásticas

Las investigaciones realizadas sobre la contracción del concreto, en el campo de la influencia del diseño y los coadyuvantes como el agua, el clima y el proceso constructivo, proporciona los siguientes conceptos:

- Todas las pastas de cemento se contraen, se asientan y pierden humedad durante el proceso de hidratación generando fisuras.
- Todos los componentes áridos del concreto se acomodan en el estado plástico, produciéndose asentamiento y fisuraciones.
- El contenido de agua es uno de los principales responsables de la fisuración. Con un alto contenido de agua, alta relación agua-cemento, la resistencia del concreto es inferior y posee un menor módulo de elasticidad, en consecuencia, se genera una mayor tendencia a la fisuración.
- Las diferentes causas que originan la pérdida de humedad en el transcurso del periodo de fragua determinan el incremento de la fisuración.
- La alta proporción de cemento conlleva a mayor calor de hidratación, mayor contracción térmica, mayor contracción hidráulica, en consecuencia, podría generar mayor fisuración. A su vez, un alto contenido de cemento no necesariamente conlleva a una mayor contracción. La relación agua/cemento es la que determinaría la fisuración.
- El diseño de un concreto de alta resistencia, alto comportamiento, con un alto contenido de cemento, pero bajo contenido de agua (relación agua/cemento), con una granulometría continua y adecuada de los agregados, consigue una baja fisuración.
- Se debe diseñar y utilizar el mínimo de cemento para el concreto requerido, debido a que su incremento aumenta los problemas patológicos del concreto.

- Las fisuras plásticas se incrementan para un concreto de alta resistencia cuando la evaporación es alta.
- El sangrado del concreto no tiene gran influencia en el tamaño del agrietamiento en el estado plástico, pero sí en el asentamiento de este.
- Las condiciones climatológicas, tales como la temperatura alta, viento, sol, causan y/o incrementan la aparición de fisuras. Las fisuras es más probable que se presenten en clima seco y cálido, que, en clima frío y húmedo, debido a la evaporación rápida de la humedad superficial del concreto.
- El proceso de colocación y compactación del concreto, son factores determinantes en la fisuración por secado.
- No está garantizada la homogeneidad y consolidación del concreto en su ubicación final debido a que en el proceso interviene la mano de obra, la cual tiene que estar debidamente capacitada para dicha labor.
- La fisuración plástica superficial ocurre generalmente entre las dos y las cuatro primeras horas después del mezclado, dependiendo del volumen y forma del molde o pieza.
- Las fisuras son de poco ancho o amplitud, entre 0.1mm a 0.4mm, con una profundidad menor de 30 mm.
- La compacidad del concreto disminuye la fisuración y depende de:
 - La dosificación del cemento.
 - La relación agua/cemento.
 - El aire atrapado o incorporado no debe exceder del 5%.
 - La relación agregados-cemento.
- La granulometría mala o incorrecta puede requerir más cemento, generando mayor contracción.
- El exceso de finos produce concretos de baja resistencia, requiere más cemento, en consecuencia, genera más fisuración.
- Los agregados con déficit en partículas de diámetros entre 0.08 y 2.5mm. y con exceso de finos son malos para el diseño.
- Agregados muy alargados requieren mayor cantidad de agua, reduce la resistencia y aumenta la fisuración.
- Los cementos con adiciones como puzolanas, escorias, cenizas o filler calizo tienen mayor contracción, por lo que pueden generar mayor fisuración.

- La contracción intrínseca se da por proceso físico-químico de la formación del concreto, no depende de los factores externos.
- Ningún método de control de fisuramiento garantiza que las fisuras sean evitadas, se puede reducir su propagación o su tamaño, pero no necesariamente eliminarlas.

Las fisuras plásticas se dan por factores propios o intrínsecos del concreto en su proceso de formación. Se debe evidenciar que la reacción exotérmica del concreto (temperatura del concreto), las características heterogéneas de los agregados, condiciones climáticas, características y dimensiones de los elementos a fabricar, entre otros, hacen que cada caso sea particular para su evaluación.

La pérdida de agua durante el fraguado inicial del concreto, por los factores climáticos, ocasiona la disminución del volumen en la superficie del concreto, mientras que el de las capas inferiores conserva casi el mismo volumen inicial por mayor tiempo. Por lo tanto, se crea un diferencial de volumen que se aprecia longitudinalmente: la contracción, contribuyendo a la aparición de las fisuras.

El proceso de formación de las fisuras está enmarcado por las siguientes condiciones o características:

- Durante el proceso de fraguado se produce una reacción exotérmica, la que favorece la evaporación y pérdida de agua.
- La pérdida de agua genera que se pierda volumen ocasionando que el concreto se contraiga.
- Las fuerzas generadas por la contracción pueden vencer a la resistencia del concreto a la tracción en la edad temprana, lo que conlleva a la fisuración.
- En condiciones climático-ambientales cuasi ideales para la producción de concreto (temperatura promedio 20°C), humedad relativa alta (cercana al 100%), presión atmosférica a nivel del mar, viento o brisa con velocidad cerca a cero, ausencia de brillo solar directo. Bajo estas condiciones, la generalidad es que no ocurra fisuración que afecte a la durabilidad o resistencia del concreto, dado que la resistencia inicial del concreto se incrementa por encima de los esfuerzos de tracción.
- La coincidencia de los factores climático – ambientales no favorables, forma y volumen de la pieza de concreto, pueden incrementar esta pérdida

de agua descompensando el equilibrio. Las fuerzas de contracción en el fraguado adelantan a la resistencia a la tracción produciendo la fisuración.

- Cuanto más cercano del inicio de la fabricación de la pieza se presenta el desequilibrio de esfuerzos, mayor será la afectación con la aparición de las fisuras.
- Las fisuras aparecidas en el estado plástico se presentan más definidas en el estado endurecido. Durante en el proceso de fraguado pueden aparecer nuevas microfisuras.

2.2.3. Fisuras por asentamiento plástico

El proceso de formación de fisuras por asentamiento plástico se debe a lo siguiente:

- Concluido el proceso de colocado del concreto en su ubicación final, los agregados por efecto de la gravedad y del peso específico de los materiales, tienden a asentarse, siendo desplazada el agua (exudación) y el aire atrapado. El proceso continúa hasta que el concreto endurece.
- La presencia de agregados grandes y otros elementos dentro del concreto pueden obstruir el asentamiento de la mezcla, pudiendo ocasionar asentamientos diferenciales, en consecuencia, favorece la formación de fisuras.
- A mayor relación agua/cemento el estado plástico durará más, generando mayor cantidad de agua de exudación, se asentará más durante más tiempo. El asentamiento está influido, principalmente por la profundidad y la forma de los encofrados, además del grado de compactación del concreto.

2.2.4. Microfisuras por exudación

No necesariamente se pueden apreciar en el estado plástico, pero se observa en las depresiones del concreto plástico el brillo de humedad que las generará al secar el concreto.

Su forma o apariencia es de telaraña o poliedro. Se les podrá reconocer como nido de microfisuras.

2.2.5. Fisuras por contracción

Se observan casi simultáneamente a las fisuras por asentamiento plástico.

Una de las más importantes limitaciones o características que tiene el concreto es su contracción, fenómeno físico que se estudia para tratar de controlarlo.

La contracción es la principal responsable de aparición de fisuras en el estado plástico, incrementadas principalmente por factores externos como el viento, el sol, la temperatura ambiental, la humedad relativa y la presión atmosférica. Las condiciones ambientales producen un diferencial de agua entre la superficie con respecto al interior del concreto, lo cual genera un diferencial de longitud entre la contracción superficial e interna, presentándose las fisuras. La coincidencia o simultaneidad de esos factores externos al concreto incrementan esta patología.

Si bien es cierto que las fisuras son de una sección que no podrían afectar el comportamiento del concreto en su vida útil, salvo el estético, sí pueden permitir el ingreso de sustancias dañinas que podrían deteriorarlo disminuyendo su durabilidad.

La contracción o retracción hidráulica se comienza a presentar poco tiempo después de colocado el concreto en su ubicación final hasta el inicio del fraguado y continua durante el fraguado. El ciclo de inicio del fraguado del concreto está en el rango de 2 a 4 horas (los grandes volúmenes de concreto y los aditivos pueden postergar la culminación del ciclo del fraguado, así como los volúmenes menores podrían acelerar el proceso).

2.3. CONSIDERACIONES GENERALES PARA PREVENIR LA FISURACIÓN

Entre las consideraciones generales para prevenir la fisuración en el concreto en el estado plástico, sin considerar uso de aditivos, se presentarán dos por su importante participación: la de diseño y las de colocación o proceso constructivo.

2.3.1. Consideraciones en el diseño

En el diseño se debe estimar el probable movimiento por contracción producto de factores externos, tales como:

- Las condiciones climático-ambientales cuasi ideales, no necesariamente evita la formación de fisuras.

- Las restricciones a la contracción del concreto (formas, moldes, encofrados y elementos en su interior) introducirán esfuerzos de tracción pudiendo ocasionar o incrementar la fisuración.

En el diseño, entre los factores propios que favorecen la contracción, se debe considerarse el:

- Mínimo contenido de agua en el diseño, lo que significa baja relación agua/cemento, dando como resultado una pérdida reducida de humedad del concreto y una baja contracción por secado.
- Máximo tamaño posible del agregado y el mayor volumen de este permitido en el diseño.
- Buena trabajabilidad del concreto.
- Una granulometría gradada que minimice el acomodo de las partículas del concreto en el proceso de secado.

2.3.2. Consideraciones de colocación

Las consideraciones en la producción del elemento para reducir la contracción del concreto son:

- Concreto apropiadamente colocado, utilizando mano de obra calificada.
- Realizar correctamente la compactación para producir un concreto denso con capilares reducidos.
- Poco acabado superficial minimiza la aparición de fisuras.
- Una vez colocado, se debe cumplir con el protocolo de curado y tener el debido cuidado de no afectar la superficie del concreto y los encofrados con golpes, vibraciones, sobrecargas o cualquier alteración que pueda afectar en el proceso de endurecimiento para alcanzar la resistencia requerida en sus determinadas etapas del proceso de desarrollo de la obra.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO - DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El método del Agregado Global consiste en determinar la proporción adecuada de agregado fino y grueso considerándolo un sólo material (Agregado Global) que cumpla las especificaciones técnicas del proyecto y las normas vigentes de diseño.

El diseño por el método del Agregado Global, utilizando los agregados disponibles en su fabricación, permite tender a una granulometría continua, minimizando los espacios entre las partículas de estos, disminuyendo, en consecuencia, los ocupados solo por pasta, permitiendo una distribución más uniforme y, de acuerdo a lo anterior, poder comprobar si este diseño ayuda a minimizar los efectos de la contracción del concreto en el estado plástico.

Para el desarrollo de la investigación se realizó lo siguiente:

- 1) Primero: Se determinaron las propiedades físicas de los agregados grueso y fino.
- 2) Segundo: Se realizó el diseño del concreto de acuerdo al AGREGADO GLOBAL, con la relación agua-cemento (a/c) en las proporciones 0.60, 0.65 y 0.70. Se realizaron los ensayos para obtener las propiedades en el concreto fresco y endurecido.
- 3) Tercero: Se realizó el diseño del concreto de acuerdo al método del ACI 211 con la relación agua-cemento (a/c) en las proporciones 0.60, 0.65 y 0.70. Se realizaron los ensayos de las propiedades del concreto fresco y endurecido.
- 4) Cuarto: Se realizaron los ensayos de contracción en el estado plástico para cada diseño, mediante el método del Anillo de Contracción (AASHTO PP34-98), tomando las respectivas pruebas de consistencia y la fabricación de probetas para los ensayos de resistencia.
- 5) Quinto: Se realizaron los ensayos en el concreto en estado endurecido.

Para el ensayo de contracción, se hicieron 16 ensayos del anillo de contracción por cada diseño de mezcla, dando un total de 96 ensayos. Se llevó un registro de fecha, hora de ensayo, condiciones climáticas y las medidas de las fisuras observadas.

En el concreto en estado fresco se realizó el ensayo de asentamiento, uno por cada tanda de mezcla.

En cada tanda se llenaron 4 moldes-anillo para cumplir con el tiempo máximo programado de manipulación del concreto, 30 minutos después de preparado. Se realizó alternadamente 4 moldes de diseño ACI 211 y 4 moldes diseño Agregado Global.

Este ensayo se realizó observando la formación de fisuras en las cuatro horas y media siguientes al vaciado del concreto en el molde (Rivva E., 2006), verificando el estado de las fisuras después de 12-24 horas.

En el concreto en estado endurecido se realizó el ensayo de compresión a los 7 y 28 días.

3.2. MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

3.2.1. Cemento Portland tipo I

El cemento portland, es un cemento hidráulico conglomerante que al reaccionar con el agua fragua y endurece, conformando una masa pétreo denominada concreto u hormigón; esta reacción se define como hidratación. Los componentes del cemento Portland y su finura definen la rapidez en su conformación, logrando su dureza y la resistencia requerida en el transcurso de los días. Es una reacción química en la que se combinan el cemento y el agua para formar una masa parecida a la de la piedra, en donde la finura del cemento influye en la velocidad de reacción, inicialmente rápida disminuyendo en el transcurso de los días.

Su producción es como resultado de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas y otras adiciones en horno rotatorio a la temperatura aproximada de 1500°C. Luego se extraen el Clinker, que son bolas conformadas por los componentes. Pasa por el proceso de molienda fina con un retardador de fragua (yeso), obteniéndose el cemento Portland.

Los minerales predominantes usados como materias primas del cemento Portland son:

- Óxido de calcio (CaO)60% al 67% (Cal)
- Óxido de silicio (SiO₂)17% al 25% (Sílice)
- Óxido de aluminio (Al₂O₃)3% al 8% (Alúmina)
- Óxido de hierro (Fe₂O₃)2% al 6%

- Óxido de magnesio (MgO)0.1% al 2.5%

El resultado del proceso de producción del cemento Portland, presenta cuatro componentes químicos principales:

- a) Silicato Tricálcico (C_3S): Es el que define al cemento, puesto que determina el tiempo de fraguado, la resistencia inicial, aporta estabilidad en el volumen. Calor de hidratación aproximadamente de 120 cal/gr.
- b) Silicato Dicálcico (C_2S): Es el que define hacer endurecer con lentitud el cemento, permite elevar resistencia a la compresión y al intemperismo en el tiempo. Aporta regular estabilidad de volumen. Calor de hidratación aproximadamente de 63 cal/gr.
- c) Aluminato Tricálcico (C_3A): No contribuye mucho a los beneficios del cemento, es el primero en hidratarse, no aporta resistencia a la compresión. Tiene deficiente estabilidad de volumen y baja resistencia al ataque de los sulfatos y químicos. Calor de hidratación aproximadamente de 207 cal/gr.
- d) Ferro Aluminato Tetra Cálcico (C_4AF): Relativamente rápida velocidad de hidratación. Mala estabilidad de volumen y su resistencia mecánica no se encuentra definida. Calor de hidratación moderado aproximadamente de 100 cal/gr.

Cemento utilizado: Portland tipo I – Cemento SOL

El cemento utilizado en la presente tesis fue: Cemento Sol, Portland Tipo I, proveniente de la fábrica de Cementos Lima S.A. Este cemento cumple con las normas ASTM C-150 y la NTP 334.009.

La comercialización de este cemento es en bolsas de 42.50kg, embolsado con 3 capas de papel y una intermedia de plástico.

El peso específico del cemento Portland determinado para la presente tesis es de 3110kg/m³.

Como características principales del cemento utilizado, tenemos que:

- Posee moderado calor de hidratación.
- Su molienda fina brinda adecuada distribución de sus partículas en la pasta.
- Tiene un fraguado controlado.

3.2.2. Agua para el concreto

Se tendrá en cuenta los conceptos para considerar el agua que se empleará en la producción de concreto:

- Que sea agua potable.
- Aguas que previamente hayan cumplido con los ensayos.
- A falta de ensayos, nos basaremos en la experiencia o usos previos en la producción de un buen concreto.
- No todas las aguas para beber son convenientes para el concreto.
- No todas las aguas no bebibles son inconvenientes para el concreto.
- El agua debe estar libre de sustancias que afecten al concreto en su resistencia, fraguado, durabilidad. Sustancias como sales, sulfatos, colorantes, aceites, azúcares, en general cualquier sustancia que sea contaminante al concreto o a su refuerzo.

Agua utilizada para producción del concreto (NTP 339.088)

El agua considerada apta para la preparación del concreto se define en la Norma Peruana NTP 339.088. Estos son los límites de la norma:

- Contenido máximo de materia orgánica: 3 mg/l (3 ppm). Se expresa en oxígeno consumido.
- Contenido de residuo insoluble: no mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- PH entre 5.5 y 8.0.
- Contenido de sulfatos: menor de 0.6 gr/l (600 ppm). Se expresa como ion SO_4 .
- Contenido de cloruros: menor de 1g/l (1000 ppm). Se expresa como ion Cl.
- Contenido de carbonatos y/o bicarbonatos alcalinos: menor de 1 gr/l (1000 ppm). Se expresa como NaHCO_3 .

El agua utilizada en la presente Tesis ha sido agua potable, por lo que es un agua libre de sustancias dañinas a la producción del concreto.

3.2.3. Agregados

Los agregados para la producción de concreto deben cumplir las normas estandarizadas contenidas en el ACI, ITINTEC, NTP o ASTM y del RNE.

Se resalta dentro de estas normativas:

- Las partículas que constituyen el agregado deben ser de dureza sensible. Deben ser limpias de polvo, arcilla, limo, material orgánico, sales solubles y aceites.

- El concreto producido con agregados que presentan estas impurezas endurece lentamente, no alcanza la resistencia diseñada, debilita la adherencia entre agregados y la pasta de cemento.

Los agregados que se han utilizado en la presente Tesis proceden de la cantera Jicamarca (UNICON).

Agregado Fino

La Norma (NTP 400.011), define al Agregado Fino como producto de la desintegración natural o producción artificial de molienda de rocas y/o combinación de ambos orígenes para obtener el producto requerido, que pase por la malla o tamiz de 9.51 mm (malla 3/8") y queda retenido en la malla o tamiz 74 μm (malla N°200). Se indica que:

- Las partículas que lo componen deberán ser limpias, angulares, duras y compactas.
- El agregado debe estar libre de porcentajes en peso y/o volumen de presencia perjudicial de partículas escamosas o blandas, polvo, terrones, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales o cualquier sustancia dañina al concreto.

Agregado Grueso

El Agregado Grueso, es aquel que es retenido en la malla o tamiz de 4.76mm (N°4) obtenido de la desintegración natural o producción artificial de molienda de rocas. Se indica que:

- Las partículas que lo componen deben ser limpias, duras, compactas, perfil preferentemente angular y de textura rugosa.
- El agregado debe estar libre de porcentajes en peso y/o volumen de presencia perjudicial de partículas escamosas o blandas, polvo, terrones, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales o cualquier sustancia dañina al concreto.

3.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

3.3.1. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

El Análisis Granulométrico presenta la distribución de partículas conformantes del agregado, en peso y porcentaje de los tamaños y pesos de acuerdo a las mallas y tamices estándares. Las mallas o tamices usados para

análisis del agregado son: 4", 3½", 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

Los límites granulométricos para la fabricación o producción de concreto de acuerdo al diseño deseado, llamados husos granulométricos, los establece la Norma ASTM C 33 o NTP 400.037 para el agregado fino y el agregado grueso.

3.3.2. Módulo de Finura (NTP 400.011)

El Módulo de Finura presenta el tamaño promedio ponderado del agregado, es un número adimensional. Se indica que a mayor módulo de finura corresponde mayor tamaño del agregado. Mediante este valor, permite estimar las proporciones de agregado fino y grueso en el diseño del concreto y la uniformidad de los agregados. El valor del agregado fino (norma) debe estar entre 2.30 y 3.10.

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos } \left(\frac{11}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100 \right)}{100}$$

3.3.3. Tamaño Máximo (NTP 400.011)

El tamaño Máximo (T.M.) se define como la malla o tamiz de menor abertura que pasa todo el material evaluado. Acorde a esto, se define el tamaño máximo del agregado que se puede usar en la fabricación del concreto requerido, lo cual depende del tamaño y la forma de la pieza de concreto, así como de la densidad y espaciamiento del acero de refuerzo.

3.3.4. Tamaño Nominal Máximo (NTP 400.011)

El Tamaño Nominal Máximo (T.N.M.) se define como la malla o tamiz donde se presenta el primer retenido del agregado.

3.3.5. Finos: Materiales que pasan Malla N°200 (NTP 400.018)

Material constituido por arcilla y limo, está presente en la arena y recubriendo al agregado grueso. Cuando se presenta en exceso, es dañino para el concreto, por disminuir la adherencia de los agregados con la pasta de cemento y tener requerimiento de mayor cantidad de agua en la mezcla, así como influir en la resistencia del concreto.

La experiencia y ensayos indican que un adecuado porcentaje finos favorece la trabajabilidad de la mezcla.

3.3.6. Peso Específico (NTP 400.021)

El peso específico muestra su importancia en el diseño de la mezcla para obtener un concreto con un peso máximo o mínimo, de acuerdo al diseño, a su vez es un indicador de calidad:

- Los valores altos corresponden a materiales con buen comportamiento.
- Los valores bajos corresponden, generalmente, a agregados absorbentes y baja resistencia.
- Se presentan tres tipos de pesos específicos que se determinan:
- **Peso Específico de Masa:** Relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total, incluye poros permeables e impermeables naturales del material.
- **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca:** Relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y su volumen.
- **Peso Específico Aparente:** Relación entre el peso de la masa del agregado y su volumen impermeable.

3.3.7. Porcentaje de Absorción (NTP 400.022)

Propiedad de los agregados para incorporar agua en forma natural a su estructura interna, determinándose un aumento en el peso. Esta propiedad obliga a regular la cantidad de agua a incorporar en el diseño debido a la absorción de esta por el material evaluado.

El equilibrio de saturación superficial es el porcentaje de absorción de agua del agregado para considerar la condición de saturado superficialmente seco.

Se calcula como el producto de 100 con la diferencia entre el peso del agregado en estado saturado superficialmente seco y el peso seco del agregado, dividido entre el peso seco del agregado.

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{(\text{Peso Agregado}_{SSS} - \text{Peso Seco}) \times 100}{\text{Peso Seco}}$$

3.3.8. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017)

Se define como la cantidad de peso del agregado colocado que llenaría un molde de volumen unitario. El Peso Volumétrico Unitario se refiere al volumen ocupado por el agregado y sus espacios vacíos, lo cual permite convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$\text{Peso Unitario Suelto (P.U.S.)} = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.3.9. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017)

Se define como el peso del agregado compactado que llenaría un molde de volumen unitario. El procedimiento del ensayo consiste en llenar el molde en tres capas, cada una estará compactada mediante penetración de una varilla lisa con punta roma de 2 pies de longitud y $\varnothing 5/8"$, finalmente se le da pequeños golpes con un martillo de goma y se enrasa la superficie del molde con esta varilla. El peso del agregado dentro del molde será el peso unitario del agregado con cierto grado de acomodo disminuyendo espacios o compactación en el molde.

$$\text{Peso Unitario Compactado (P.U.C.)} = \frac{\text{Peso del Material Compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.3.10. Contenido de Humedad (NTP 339.185)

La cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural define esta propiedad: contenido de humedad.

Esta propiedad obliga a regular los diseños de mezclas, debido a que se deben realizar correcciones en la cantidad de agua a incorporar en el diseño.

$$\text{Contenido de Humedad (C.H.)} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}) \times 100}{\text{Peso Seco}}$$

3.3.11. Resistencia al Desgaste en Agregados Gruesos (NTP 400.019)

El determinar la resistencia al desgaste o abrasión de agregados gruesos menores a $1\frac{1}{2}"$ nos permite seleccionar el agregado acorde a la poca variación de la granulometría en la preparación de la mezcla de acuerdo al diseño.

Se realiza esta evaluación mediante la Máquina de los Ángeles.

3.3.12. Superficie Específica (Se)

Es un índice de la cantidad de cemento que se necesita para cubrir el área total del agregado empleado en la preparación de la mezcla. El agregado fino incrementa la superficie específica, demandando mayor cantidad de cemento. En el caso del agregado grueso se necesita menos pasta de cemento para cubrir la superficie de este. La Superficie específica se calcula:

$$Se_{\left(\frac{cm^2}{gr}\right)} = \frac{6 * (\Sigma)}{100 * P.E.}$$

P.E. = Peso específico del agregado.

Σ = Sumatoria de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

3.4. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

En la Tabla 3.1 se presenta el resumen de las propiedades de los agregados. La procedencia de los agregados es de la Cantera Jicamarca (UNICON).

Tabla N° 3.1 Resumen de las propiedades físicas de los agregados.

PROPIEDAD	AGREGADO FINO (ARENA)	AGREGADO GRUESO (PIEDRA)
Peso Específico de Masa	2.68 gr/cm ³	2.60 gr/cm ³
Peso Específico de Masa Superficialmente Seco	2.70 gr/cm ³	2.63 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.73 gr/cm ³	2.66 gr/cm ³
Superficie Específica	42.59 cm ² /gr	2.08 cm ² /gr
Porcentaje de Absorción	0.712%	0.878%
Peso Aparente o Unitario Suelto	1693.00 kg/m ³	1453.00 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1866.00 kg/m ³	1585.00 kg/m ³
Contenido de Humedad	0.74%	0.25%
Módulo de Finura	3.196	6.751
Tamaño Máximo	-----	1"
Tamaño Nominal	-----	3/4"
Porcentaje que pasa la malla N°200	6.20%	1.30%
% de Abrasión, por la máquina de los Ángeles.	-----	17.91%

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.2 y el Gráfico 3.1 se presenta el análisis granulométrico y la curva granulométrica del agregado fino.

Tabla N° 3.2 Análisis Granulométrico del Agregado Fino - cantera "UNICON".

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Agregado que pasa malla
Tamiz N°	mm			
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00
N°4	4.760	3.20	3.20	96.80
N°8	2.380	23.05	26.25	73.75
N°16	1.190	21.70	47.95	52.05
N°30	0.595	19.52	67.47	32.53
N°50	0.297	15.04	82.51	17.49
N°100	0.149	9.68	92.19	7.81
Fondo	0.074	7.81	100.00	0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

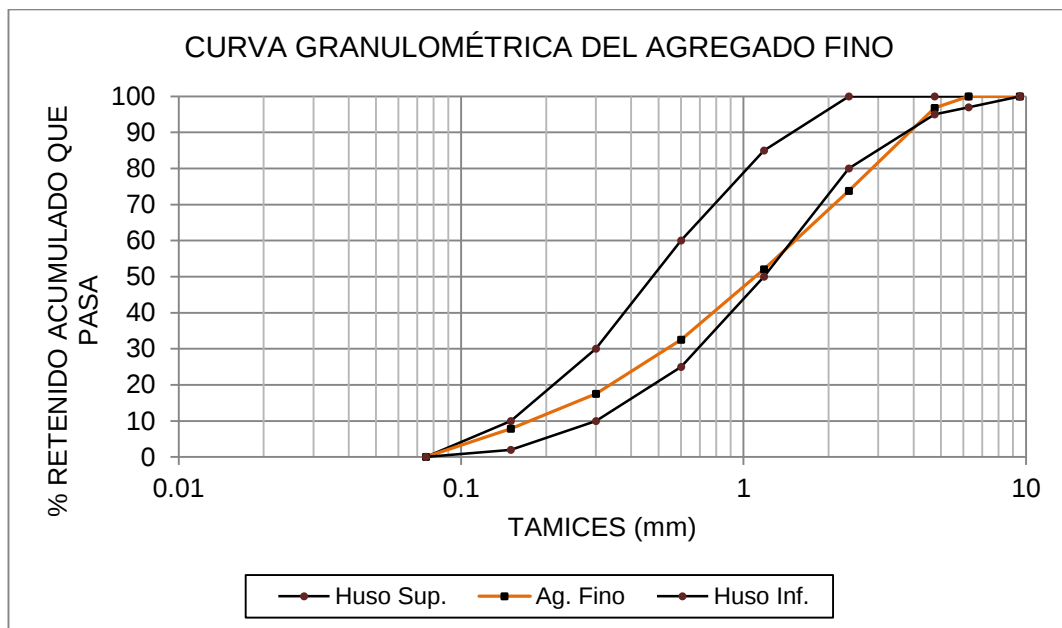


Gráfico N° 3.1 Curva granulométrica del Agregado Fino

En la Tabla 3.3 y el Gráfico 3.2, se presenta el análisis granulométrico y la curva granulométrica del agregado grueso.

Tabla N° 3.3 Análisis Granulométrico Agregado Grueso - cantera "UNICON".

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Agregado que pasa
Tamiz N°	mm			
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	3.35	3.35	96.65
1/2"	12.700	47.48	50.83	49.17
3/8"	9.525	20.93	71.76	28.24
1/4"	6.350	20.83	92.59	7.41
Fondo		7.41	100.00	0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

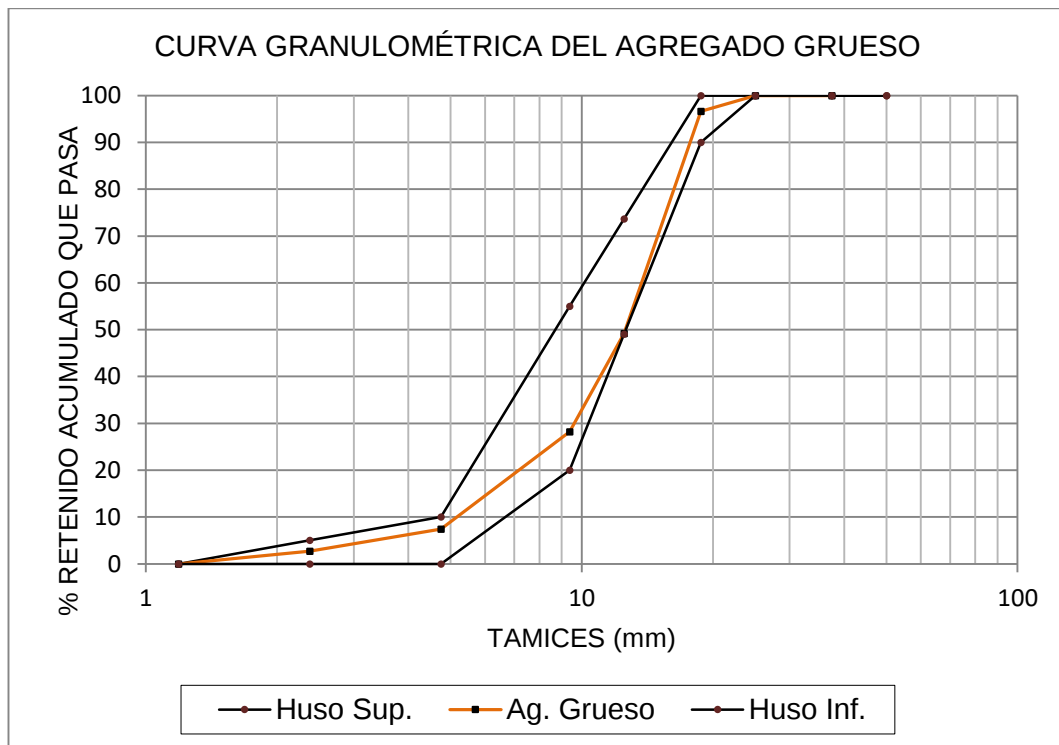


Gráfico N° 3.2 Curva granulométrica del Agregado Grueso

3.5. DISEÑO DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL (NTP 400.012:2013)

Las experiencias y estudios en el transcurso de los años, ha demostrado que los agregados tienen influencia directa en el concreto y se debe a que el agregado ocupa las dos terceras partes del concreto. La preparación del concreto es particular debido a que los agregados tienen diferentes características y propiedades de acuerdo a su procedencia, aun dependiendo de la ubicación en la misma cantera, por lo que la granulometría de cada agregado (fino o grueso), no necesariamente se encuentra entre los husos establecidos por las Normas ASTM C-33, NTP400.012:2013, pero estas normas aceptan que podemos combinarlos o mezclarlos buscando obtener una distribución eficiente en cuanto a la gradación de partículas. Esta combinación o mezcla de agregados, realizado de forma eficiente, se le denomina Agregado Global.

3.5.1. Peso Unitario Compactado del Agregado Global (NTP 400.017)

El tratar de obtener el mayor Peso Unitario Compactado con la mejor combinación de agregados y se obtiene:

- Un volumen mínimo de vacíos, requiriendo menor cantidad de cemento en el concreto.
- Un concreto de mayor resistencia a la compresión.
- Un factor de economía: mayor resistencia – menos pasta de cemento.
- El procedimiento del ensayo consiste en llenar la probeta en tres capas:
- Cada capa estará apisonada con 25 golpes de una varilla lisa de $\Phi 5/8"$ de 2 pies de longitud con punta roma.
- Se golpeará la probeta en cada capa con 12 golpes de un martillo de goma.
- Se nivelará o emparejará la superficie con la varilla.
- Se harán suficientes ensayos proporcionándolos hasta encontrar la combinación de mayor Peso Unitario Compactado.
- Los agregados antes de mezclarlos se deben hacer secar al horno o al medio ambiente, haciendo que la humedad de los agregados sea la menor posible.

Para la presente investigación se llegó a reducir la humedad a 0.1%.

Los resultados para la determinación del Peso Unitario Compactado y los porcentajes de arena y piedra usados en cada mezcla de agregados se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla N° 3.4 Peso unitario compactado del Agregado Global.

% Arena	% Piedra	P.U.C del Agregado Global (kg/m ³)
40%	60%	2041.19
45%	55%	2056.26
50%	50%	2068.38
55%	45%	2059.32
60%	40%	2017.17

Nota. Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 3.3, muestra como varía el peso unitario compactado. El valor máximo de la curva nos mostrará la combinación de agregados, fino y grueso, con máxima densidad y mínima cantidad de vacíos.

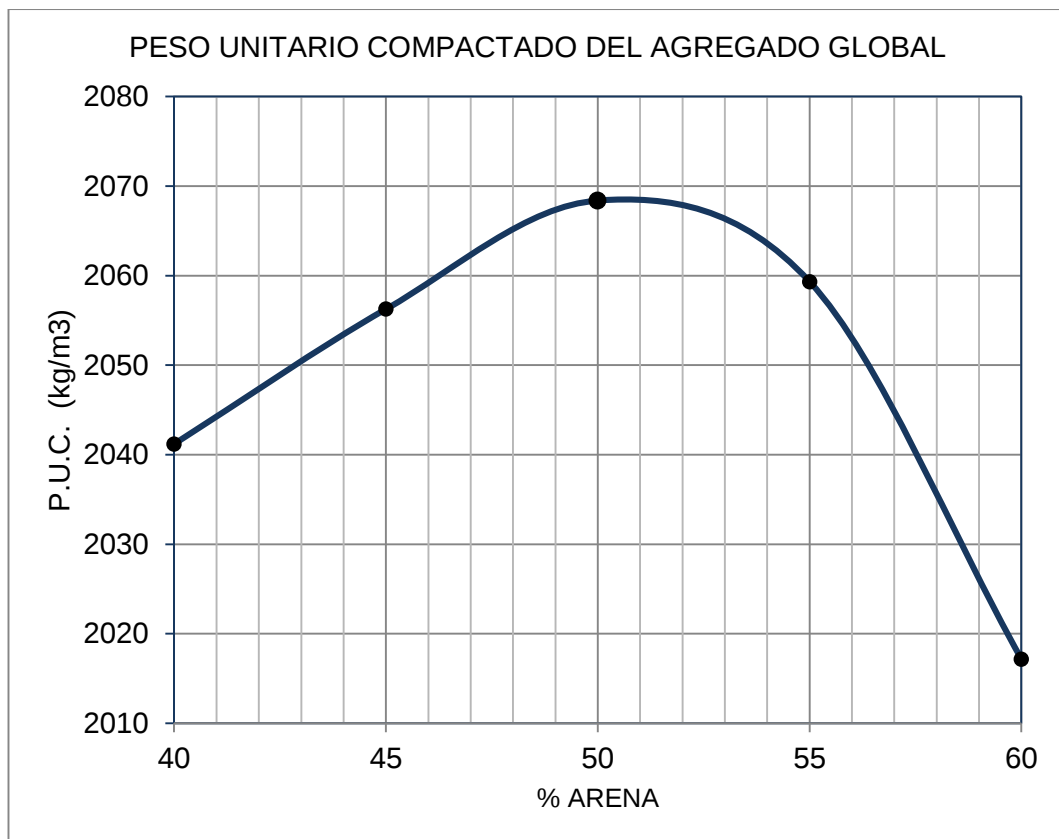


Gráfico N° 3.3 Peso Unitario Compactado del Agregado Global vs %Arena.

Del gráfico anterior se obtiene:

Agregado Fino = **50.5%** Agregado Grueso = **49.5%**

3.5.2. Análisis Granulométrico del Agregado Global

Con los porcentajes óptimo de los agregados analizados, se hará la Tabla del análisis granulométrico del agregado global. En la Tabla 3.5 y el gráfico 3.4 se muestra el análisis y la curva granulométrica del agregado global: Arena = 50.5% y Piedra = 49.5%.

Tabla N° 3.5 Análisis granulométrico del Agregado Global.

Malla		Arena 50.5%	Piedra 49.5%	% Agregado que pasa malla
N° Tamiz	mm			
1"	25.4	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	1.66	98.34
1/2"	12.7	0.00	23.50	74.84
3/8"	9.53	0.00	10.36	64.48
1/4"	6.35	0.00	10.31	54.17
N°4	4.76	1.62	3.67	48.88
N°8	2.38	11.64	0.00	37.24
N°16	1.19	10.96	0.00	26.29
N°30	0.595	9.86	0.00	16.43
N°50	0.297	7.60	0.00	8.83
N°100	0.149	4.89	0.00	3.94
Fondo		3.94	0.00	0.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

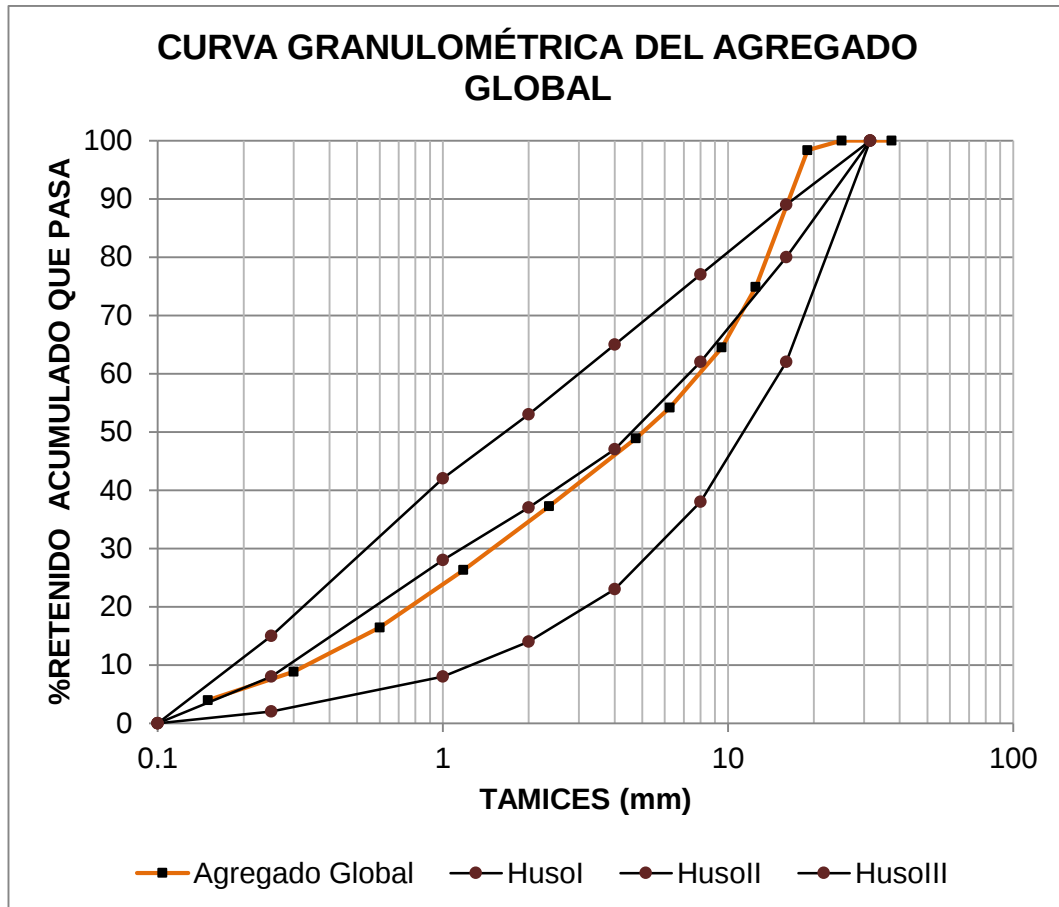


Gráfico N° 3.4 Curva granulométrica del Agregado Global.

Módulo de Finura: Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices: 1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, dividida entre 100.

$$M.F = \frac{1.66 + 35.52 + 51.12 + 62.76 + 73.71 + 83.57 + 91.17 + 96.06}{100} = 4.96$$

Módulo de Finura (M.F.) = 4.96

3.5.3. Diseño del concreto A.G.

En este capítulo se realiza el diseño de la mezcla de concreto, considerando que se ha asumido el proceso más adecuado (A.G.), conveniente y más económico de sus componentes. Este diseño tendrá la finalidad de obtener un producto que en su estado fresco tenga trabajabilidad y la consistencia adecuada, logrando que su vida útil cumpla con los requisitos del diseño.

El criterio para el diseño de mezcla se basó en el de optimización de los materiales y obtener un óptimo concreto, bajo el siguiente procedimiento:

- En lo precedente, se obtuvo la relación de proporciones de la combinación de los agregados con el Máximo Peso Unitario Compactado y obtener la menor relación de vacíos.
- Se analizó el diseño de la mezcla variando la relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70.
- Se determinó la cantidad de agua mediante tres ensayos para cada relación agua/cemento, de forma experimental, que se le denominará “agua patrón” y obtener un concreto con un asentamiento de 4”.
- Se hicieron las pruebas de resistencia del concreto: se diseñó el concreto, variando el porcentaje de la relación arena/piedra con mayor P.U.C., en un +/- 5% después se curaron por siete días antes de las pruebas de compresión.
- De la comparación entre P.U.C global y la máxima resistencia determinada, se obtuvo la relación de arena/piedra óptima para cada diseño de concreto.

Método para la obtención del agua

El procedimiento es experimental:

- Se considera valores de agua buscando que el asentamiento del concreto se encuentre cerca de 4”, con este asentamiento se asegura una adecuada trabajabilidad del concreto.
- Se realizaron tres pruebas de diseño de concreto para cada relación a/c = 0.60, 0.65 y 0.70; mediante una interpolación de la gráfica de asentamiento vs cantidad de agua (ver ANEXO 2), se obtiene la cantidad de agua patrón para cada relación agua/cemento.

En la siguiente Tabla 3.6 y el Gráfico 3.5, se observa los valores de agua determinadas para cada relación a/c con sus respectivos asentamientos de 4”.

Tabla N° 3.6 Agua Patrón por m³ de concreto con valores de asentamiento de 4”, para las relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.

AGUA PATRÓN		
Relación a/c	AGUA (l/m ³)	Slump
0.60	229.20	4"
0.65	223.75	4"
0.70	221.00	4"

Nota. Fuente: Elaboración propia

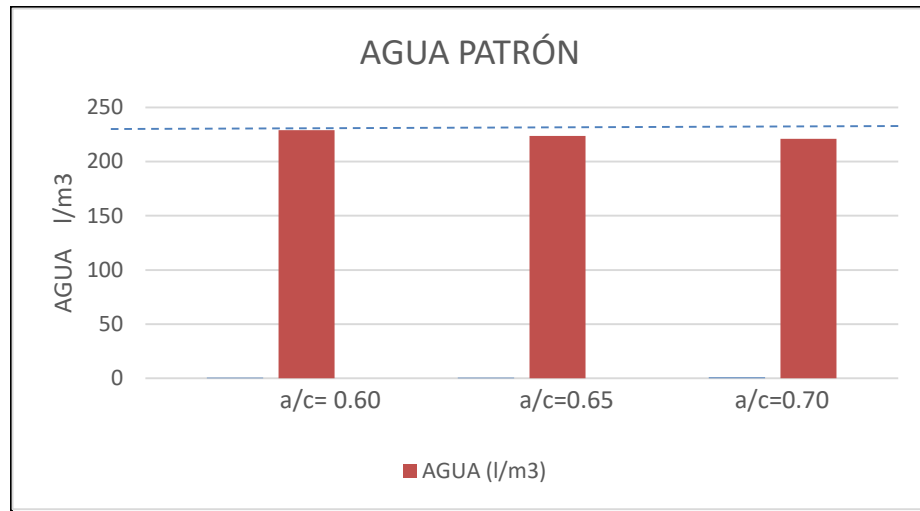


Gráfico N° 3.5 Agua Patrón por m³ de concreto a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.

Determinación de la relación arena/piedra

La determinación de la relación arena/piedra (a/p) se realiza por resistencia, mediante pruebas de compresión de probetas para determinar la resistencia.

Luego de obtener el Máximo Peso Unitario Compactado del Agregado Global, se tiene el porcentaje de agregados de arena y piedra, pero aún no interviene el agua y el cemento, por lo cual no se puede definir como diseño final.

Inicialmente para las relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70, se halló la cantidad de agua por m³ de concreto con porcentajes de 50.50% de arena y 49.50% de piedra. Manteniendo constante la cantidad de agua, se halló el valor óptimo de los agregados por pruebas de resistencia, variando el porcentaje de la relación arena/piedra en peso en tres por ciento en exceso y/o defecto.

Con estos porcentajes de agregados se realizaron tres nuevos diseños de concreto para las relaciones de a/c = 0.60, 0.65 y 0.70. Se procedió a realizar las probetas y curarlas durante 7 días y realizar los ensayos a compresión.

En la Tabla 3.7 se presentan los porcentajes de agregados en cada diseño y los resultados del ensayo a compresión a los 7 días.

Tabla N° 3.7 Porcentajes de agregados en diseño A.G. y resistencias a la compresión a los 7 días de curado, para relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70.

a/c	% Arena	% Piedra	Resistencia (kg/cm ²)	Curado (días)
0.60	50	50	365.14	7 días
	53	47	363.85	
	56	44	343.66	
0.65	47	53	312.83	7 días
	50	50	323.67	
	53	47	308.63	
0.70	47	53	268.06	7 días
	50	50	277.00	
	53	47	271.28	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los gráficos 3.6, 3.7 y 3.8 se presentan para hallar el porcentaje de agregados óptimo para cada relación a/c. Para ello se interpuso el gráfico P.U.C global y resistencia a compresión a 7 días con el porcentaje de Arena.

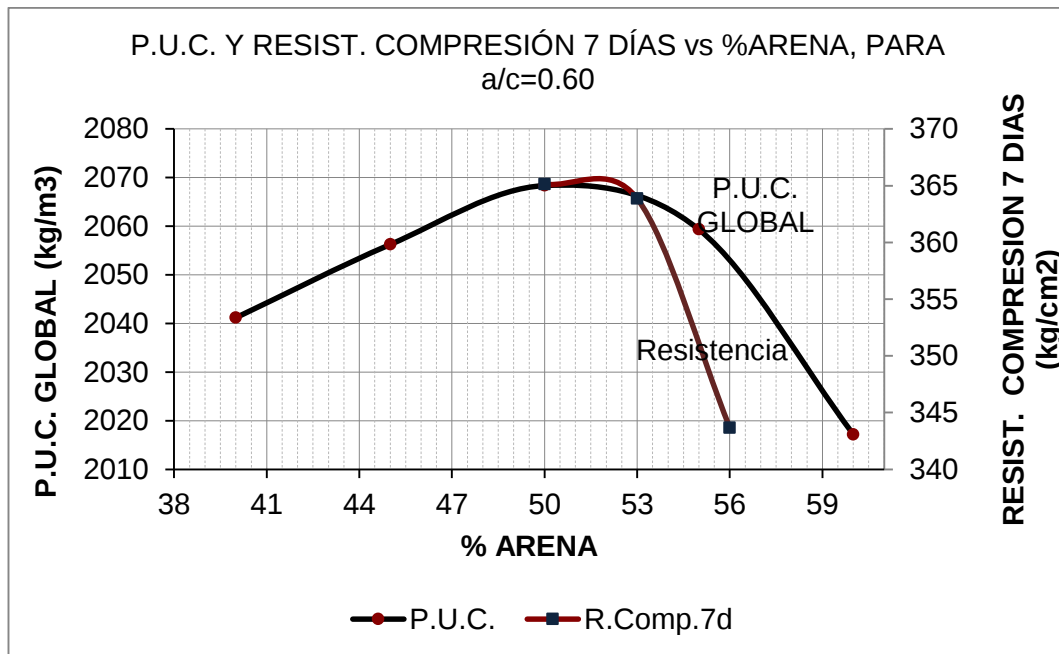


Gráfico N° 3.6 P.U.C del A.G. y Resistencia a compresión a los 7 días vs %Arena, para la relación a/c = 0.60.

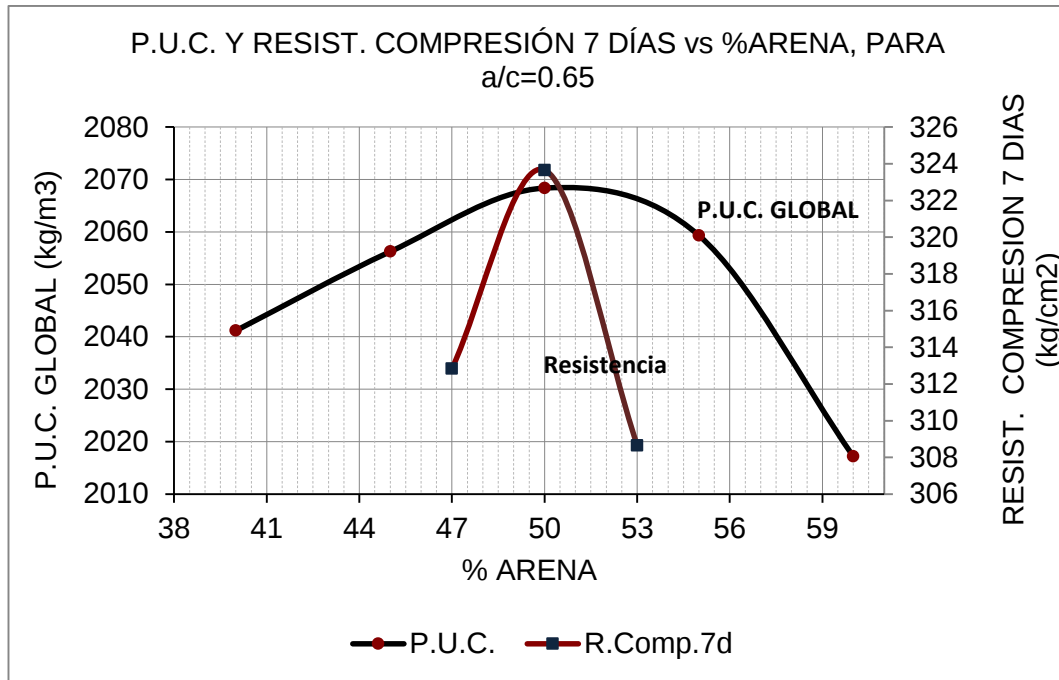


Gráfico N° 3.7 P.U.C del A.G y Resistencia a compresión a los 7días vs %Arenas, para la relación $a/c = 0.65$.

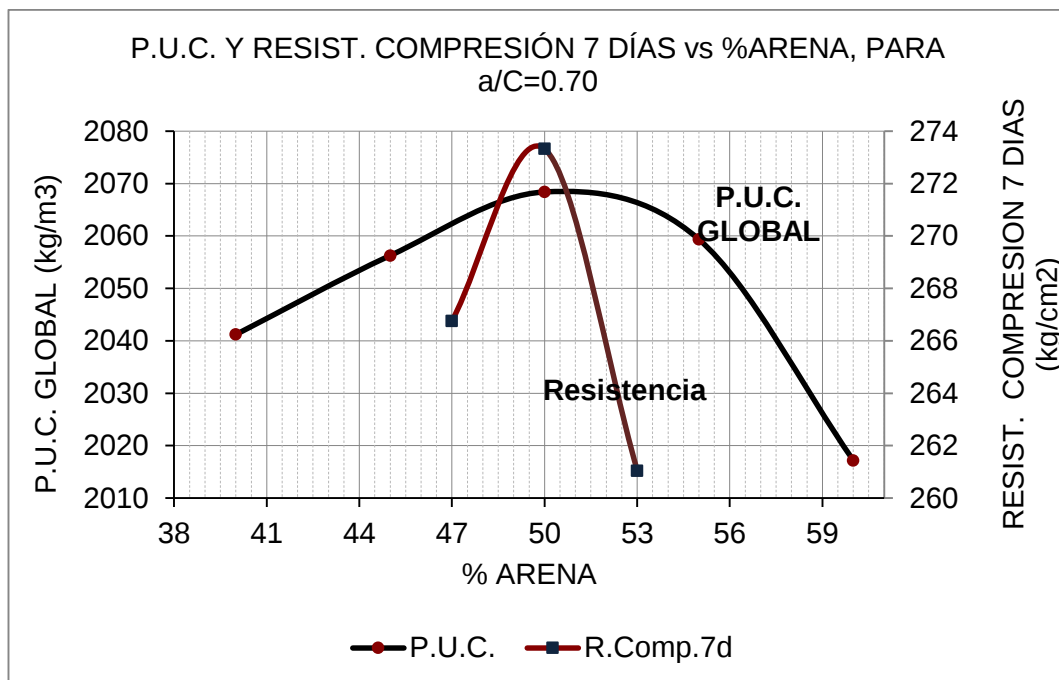


Gráfico N° 3.8 P.U.C del A.G. y Resistencia a compresión a los 7días vs % Arenas, para la relación $a/c = 0.70$.

De los gráficos 3.6, 3.7 y 3.8 se observa que para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia, los valores de porcentaje de agregados son los siguientes:

- Para la relación a/c = 0.60
%Arena = **51.65%** , %Piedra= **48.35%**
- Para la relación a/c = 0.65
%Arena = **49.70%** , %Piedra= **50.30%**
- Para la relación a/c = 0.70
%Arena = **50.00%** , %Piedra= **50.00%**

Aplicación del desarrollo del diseño

Para diseñar el concreto en la presente investigación, se usaron los resultados:

- De la Tabla 3.1, las propiedades físicas de los agregados.
- De la Tabla 3.6, los resultados del agua patrón obtenido.
- De los gráficos 3.6, 3.7 y 3.8, los porcentajes de agregados finales.

De esta manera se obtuvieron tres diseños de relaciones a/c = 0.60, 0.65 y 0.70, por el método del agregado global, los cuales son para el estudio de evaluación de las fisuras.

Para las relaciones de agua/cemento = 0.60, 0.65 y 0.70, que corresponden a las asumidas para la relación agua/cemento (a/c) en el presente estudio, el procedimiento a aplicar para diseño del concreto es el mismo. Para los diseños de mezclas usados para la obtención del agua patrón y los agregados por resistencia, también se aplicarán el mismo criterio para el procedimiento de diseño que se presentará.

Procedimiento de diseño de concreto para la relación a/c = 0.60:

Diseño de Concreto para la relación a/c=0.60:

- El agua patrón: 229.20 litros por m³: $\frac{a}{c} = 0.60 = \frac{229.20}{c}$

Entonces el cemento será: $c = 382 \text{ kg}$

- Propiedades de los agregados:
Arena = 51.65% Piedra = 48.35% TMN = 3/4"
Peso Específico Arena = 2.68 gr/cm³
Peso Específico Piedra = 2.60 gr/cm³

% Absorción Arena = 0.712 % Humedad Arena = 2.85
% Absorción Piedra = 0.878 % Humedad Piedra = 0.45
Asentamiento = 3.5" a 4.5". Aire (3/4") = 2%
Peso Específico del Cemento = 3.11 gr/cm³

Se considero evaluar la variación de la humedad de los agregados para cada vaciado, ya que estos se encontraban expuestos al medio ambiente, para lo cual optó por embolsar el material para cada vaciado y así minimizar el efecto de pérdida de humedad.

a) Volumen Absoluto (V.Ab.)

$$\text{Cemento} = \frac{382 \text{ kg}}{\text{Pe}} = \frac{382 \text{ kg}}{3110 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1213 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{228 \text{ litros}}{\text{Pe}} = \frac{229.2 \text{ litros}}{1000 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3}} = 0.2292 \text{ m}^3$$

Cemento + Agua + Arena + Piedra + Aire atrapado = 1 m³
Arena + Piedra = 1 – 0.1206 -0.2280 – 0.02 = 0.6295 m³
Arena = 0.5165 x 0.6295 = 0.3252 m³
Piedra = 0.4835 x 0.6295 = 0.3044 m³

b) Diseño Seco (D.S.)

Cemento = 382 kg
Agua = 229.2 litros

$$\text{Arena} = \text{Pe} * \text{Vab.} = 0.3252 \text{ m}^3 * 2680 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 871.4082 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = \text{Pe} * \text{Vab.} = 0.3044 \text{ m}^3 * 2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 791.3824 \text{ kg}$$

c) Diseño Unitario Seco (D.U.S.)

$$\text{Cemento} = \frac{382\text{kg}}{382\text{kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{229.2 \text{ litros}}{382 \text{ kg}} = 0.60$$

$$\text{Arena} = \frac{871.4082\text{kg}}{382\text{kg}} = 2.2812$$

$$\text{Piedra} = \frac{791.3824\text{kg}}{382\text{kg}} = 2.0717$$

d) Diseño de Obra o Diseño Húmedo (D.O.)

Cemento = 382kg

Agua = determinación del agua por la Humedad y Absorción de los agregados:

- Determinación de agua en la Arena:

$$\frac{(\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) * \text{Arena Seca}}{100}$$

$$\frac{(2.85 - 0.712) * 871.4082}{100} = 18.6307 \text{ litros}$$

- Determinación del agua en la Piedra:

$$\frac{(\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) * \text{Piedra Seca}}{100}$$

$$\frac{(0.45 - 0.878) * 791.3824}{100} = -3.3871 \text{ litros}$$

Agua que aporta = 18.6307 litros – 3.3871 litros = 15.2436 litros.

En este caso, que la arena aporta agua a la mezcla, mientras la piedra demanda agua.

El agua para el Diseño de Obra es igual:

Agua = 229.2 litros – 15.2436 litros = 213.96 litros.

Arena = Cálculo de la cantidad de arena en obra, se tiene que considerar la humedad del agregado.

$$(1 + \% \text{Humedad}/100) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$(1 + 0.0285) * 871.4082 \text{ kg} = 896.2434 \text{ kg}$$

Arena de diseño de obra = 896.24 kg

Piedra= Cálculo de la cantidad de piedra en obra, se tiene que considerar la humedad para su cálculo.

$$(1 + \% \text{Humedad}/100) * \text{Peso Piedra Seca}$$

$$(1 + 0.0045) * 791.3824 \text{ kg} = 794.9436 \text{ kg}$$

Piedra de diseño de obra = 794.94 kg

e) Determinando Diseño Unitario de Obra (D.U.O.)

$$\text{Cemento} = \frac{382 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{213.9564 \text{ litros}}{382 \text{ kg}} = 0.5601$$

$$\text{Arena} = \frac{896.2434 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 2.3462$$

$$\text{Piedra} = \frac{794.9436 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 2.0810$$

f) Determinando Diseño de Laboratorio.

Sumatoria de los D.U.O. = $1 + 0.5601 + 2.3462 + 2.0810 = 5.9873$

Se programaron tandas de concreto de 54 kg, por lo tanto, el factor que va a multiplicar cada uno de los D.U.O., para obtener el peso en laboratorio será:

$$nt = \frac{54kg}{5.9873} = 9.02$$

$$nt = 9.02$$

Ahora hallamos los pesos de laboratorio a usar:

$$\text{Cemento} = (\text{D. U. O. cemento}) * 9.02 = 9.02 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = (\text{D. U. O. agua}) * 9.02 = 5.05 \text{ litros}$$

$$\text{Arena} = (\text{D. U. O. arena}) * 9.02 = 21.16 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = (\text{D. U. O. piedra}) * 9.02 = 18.77 \text{ kg}$$

En la Tabla 3.8 se muestran los 3 diseños de mezclas para el concreto por agregado global, con relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70.

Tabla N° 3.8 Diseños por el método del Agregado Global para las relaciones a/c= 0.60, 0.65 y 0.70.

a/c	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	V.AB. (m3)	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	LAB. (4"- 8") 54 Kg
0.60	Cemento	382.00	0.121	1.000	382.00	1.000	9.02
	Agua	229.20	0.229	0.600	213.96	0.560	5.05
	Arena	871.41	0.325	2.281	896.24	2.346	21.16
	Piedra	791.38	0.304	2.072	794.94	2.081	18.77
	Asentamiento:						3.85 pulg.
0.65	Cemento	344.23	0.109	1.000	344.23	1.000	8.12
	Agua	223.75	0.224	0.650	208.95	0.607	4.93
	Arena	861.74	0.322	2.503	886.30	2.575	20.91
	Piedra	846.11	0.325	2.458	849.92	2.469	20.05
	Asentamiento:						4.20 pulg.
0.70	Cemento	315.71	0.100	1.000	315.71	1.000	7.44
	Agua	221.00	0.221	0.700	205.05	0.649	4.83
	Arena	911.89	0.340	2.888	937.88	2.971	22.11
	Piedra	828.14	0.319	2.623	831.87	2.635	19.61
	Asentamiento:						4.00 pulg.

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.6. DISEÑO DEL CONCRETO POR EL MÉTODO ACI

El diseño del concreto por el método del ACI, fue para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. La investigación se llevó en condiciones semejantes, manteniendo similares los dos diseños de concreto, entre el diseño ACI y el Método del Agregado Global, sólo así se podría comparar de las fisuras presentadas y la cantidad de estas. Se usó las mismas relaciones de agua/cemento ($a/c=0.60, 0.65$ y 0.70) y se utilizarán los valores del agua patrón, obtenidos en el diseño de concreto por el método del agregado global.

El procedimiento para el diseño de concreto por el método del ACI es el mismo para todas las tres relaciones agua/cemento ($a/c=0.60, 0.65$ y 0.70). Se presenta el desarrollo del diseño para la relación $a/c = 0.60$.

El procedimiento de diseño es el siguiente:

- Elección de la relación $a/c=0.60$, la misma que la del agregado global, para poder comparar los resultados entre ambos.
- Asentamiento: $3.5'' - 4.5''$.
- Estimación del contenido de aire atrapado: Para T.N.M. de $3/4''$ es de 2.0%
- El agua en el diseño para 1m^3 : 229.2 litros.
- Cantidad de cemento: $\text{Cemento} = \text{agua}/(a/c) = 382 \text{ kg}$
- Determinación del contenido de agregado grueso:

De la tabla del ACI: volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/b_0). Se estima la cantidad de agregado grueso, para un módulo de finura de 3.20 , un tamaño máximo de $3/4''$.

Se procede a interpolar en la tabla, obteniéndose un factor de 0.58 metros cúbicos de agregado grueso, por lo tanto, el peso de la grava es:

$$(1453.00 \text{ kg/m}^3) \times (0.58) = 843.32 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 843.32 / \text{P.E.} \quad \text{piedra} = 0.32 \text{ m}^3$$

- Cálculo el volumen de agregado fino:

$$\text{Vol. Total Agregado Fino} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. Piedra} + \text{Vol. aire})$$

$$\text{Vol. Agregado Fino} = 0.31\text{m}^3$$

- Determinación de los valores de diseño seco:

$$\text{Cemento} = 382 \text{ kg} \quad \text{Agua} = 229.2 \text{ litros}$$

$$\text{Arena} = 0.31 \times \text{P.E. arena} = 817.80 \text{ kg} \quad \text{Piedra} = 843.32 \text{ kg}$$

- Cálculo de los valores del diseño húmedo:

$$\text{Cemento} = 382 \text{ kg}$$

Agua = Determinamos el agua por la Humedad y Absorción de los agregados:

- Para la Arena:

$$\frac{(\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) * \text{Arena Seca}}{100} = 17.49 \text{ litros}$$

- Para la Piedra:

$$\frac{(\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) * \text{Piedra Seca}}{100} = -3.61 \text{ litros}$$

Agua que aporta = 17.49 litros – 3.31 litros = 13.88 litros

El agua en el Diseño de Húmedo es igual:

$$\text{Agua} = 229.2 \text{ litros} - 13.88 \text{ litros} = 215.32 \text{ litros}$$

Arena = Para la determinación del cálculo de la cantidad de arena en obra, se considerará la humedad del agregado.

$$\left(1 + \% \frac{\text{Humedad}}{100}\right) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$\text{Arena diseño de obra} = 817.87 \text{ kg}$$

Piedra = Para la determinación del cálculo de la cantidad de piedra en obra, se considerará la humedad del agregado.

$$\left(1 + \% \frac{\text{Humedad}}{100}\right) * \text{Peso Piedra Seca}$$

$$\text{Piedra diseño de obra} = 843.32 \text{ kg}$$

a) Cálculo del diseño unitario húmedo:

$$\text{Cemento} = \frac{382 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{215.3233 \text{ litros}}{382 \text{ kg}} = 0.56$$

$$\text{Arena} = \frac{841.1806 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 2.20$$

$$\text{Piedra} = \frac{847.1161 \text{ kg}}{382 \text{ kg}} = 2.22$$

En la Tabla 3.9 se muestra los 3 diseños de mezclas para el concreto por el método del ACI.

Tabla N° 3.9 Diseños por el método del ACI, para las relaciones a/c= 0.60, 0.65 y 0.70.

a/c	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	V.AB. (m3)	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	LAB. (4"- 8") 54 Kg
0.60	Cemento	382.00	0.121	1.000	382.00	1.000	9.03
	Agua	229.20	0.229	0.600	215.32	0.564	5.09
	Arena	817.87	0.305	2.141	841.18	2.202	19.87
	Piedra	843.32	0.324	2.208	847.12	2.218	20.01
	Asentamiento:						4.00 pulg.
0.65	Cemento	352.62	0.112	1.000	352.62	1.000	8.35
	Agua	229.20	0.229	0.650	214.79	0.609	5.08
	Arena	842.87	0.315	2.390	866.89	2.458	20.52
	Piedra	843.32	0.324	2.392	847.12	2.402	20.05
	Asentamiento:						4.25 pulg.
0.70	Cemento	327.43	0.104	1.000	327.43	1.000	7.76
	Agua	229.20	0.229	0.700	214.33	0.655	5.08
	Arena	864.30	0.323	2.640	888.93	2.715	21.07
	Piedra	843.32	0.324	2.576	847.12	2.587	20.08
	Asentamiento:						4.10 pulg.

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.7. ENSAYO DE CONTRACCIÓN

En el proceso de contracción del concreto y la aparición de fisuras se puede observar dos etapas:

- Microfisuración inicial: no son apreciables a simple vista pues, en general, no aparecen al exterior salvo las que llegan a convertirse en Macrofisuras, que son las que podemos llegar a evaluar. Se consideran Microfisuras las fisuras en las que el espesor es inferior a 0,05 mm. Se pueden observar luego del secado superficial del concreto y la pérdida del color de humedad superficial, esto es generalmente entre las 12 a 24 horas de elaboración de la muestra.

- Macrofisuración: son las que se evaluarán y cuyo espesor se encuentran en el rango de 0.10 a 0.40mm. Se les denominará simplemente Fisuras.

Tomando como base de criterio la opinión técnica del Ing. Enrique Riva López (2006), la patología de las fisuras por contracción plástica ocurre entre las dos y las cuatro primeras horas de preparado el concreto, por lo que se definió en 4.5 horas máximo como el período de observación de aparición de las fisuras en el estado plástico del concreto, iniciando el período después de la colocación del concreto en los moldes.

3.7.1. Métodos para medir la contracción del concreto

Los métodos más usados para estudiar la fisuración producida por la contracción del concreto son tres:

a. Método con los extremos restringidos, permite realizar una evaluación directa sobre los refuerzos necesarios para las estructuras de concreto.

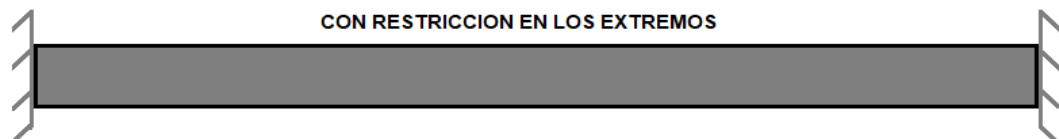


Figura N° 3.1 Método de los extremos restringidos

b. Método con restricción en la base, permite evaluar el comportamiento del concreto en losas.

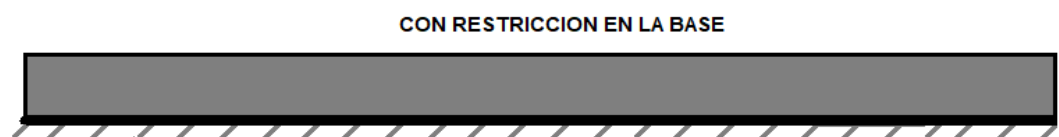


Figura N° 3.2 Método con restricción en la base.

c. Método del Molde del Anillo de Contracción, permite evaluar los efectos de disminución de volumen longitudinal del concreto, en la que se mide el tiempo para alcanzar el agrietamiento. El concreto se encuentra confinado por anillos de acero (AASHTO PP34-98).

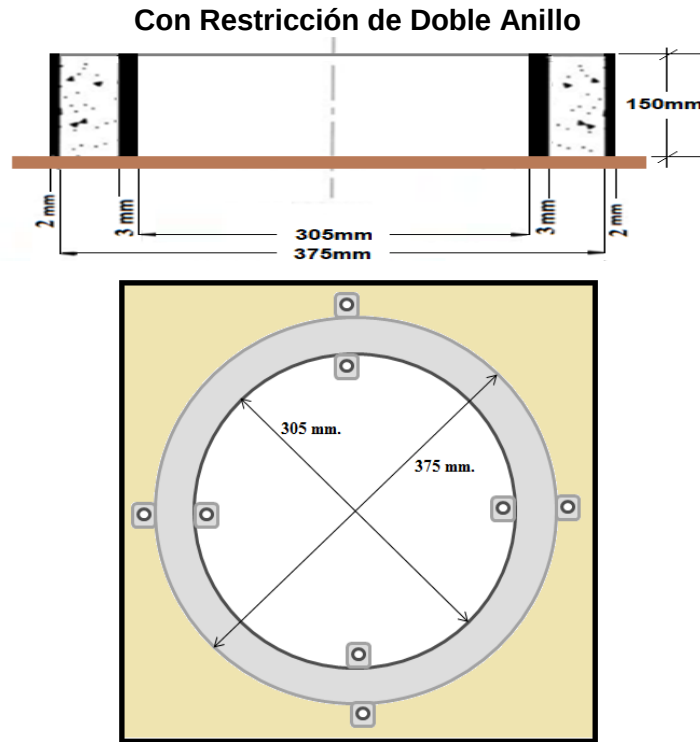


Figura N° 3.3 Método con restricción de Doble Anillo: Medidas del molde en vista de corte longitudinal y vista de planta.

3.8. MÉTODO DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN

Para la presente tesis se aplicó el concepto del anillo para limitar la contracción del concreto longitudinalmente en la circunferencia rígida y forzar la aparición de fisuras. Si el concreto está restringido de alguna manera, la contracción por secado introducirá esfuerzos de tensión y cuando estos exceden la resistencia a tensión del concreto, harán que el concreto se agriete. El concreto está confinado interiormente por un anillo de acero (AASHTO PP34-98).

El agrietamiento en elementos de concreto se observa con la prueba de contracción del concreto ACI 209R, ACI 302.1R. El método desarrollado en Noruega, y reportado en el ACI 544.2R (Measurement of properties of fiber reinforced concrete).

3.9. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS

El programa de ensayos se realizó en función del tiempo máximo requerido entre el concreto preparado y la colocación en los moldes, el cual no debería exceder en más de 30 minutos; éste incluye el transporte del concreto,

homogenizado manual, llenado de los moldes cumpliendo con los protocolos y normatividad sin exceder ese tiempo. Por lo tanto, se definió:

- Preparar 4 moldes por tanda.
- Preparar 4 tandas por día.
- El orden de preparación de las tandas fueron alternas, d tratando de mantener un promedio de condiciones climáticas en los ensayos, por lo que el orden muestras fue: (1) tanda A.G + (2) tanda ACI + (3) tanda A.G + (4) tanda ACI.
- Por día de ensayo se realizaron 8 moldes ACI y 8 moldes A.G. Fueron necesarios dos días para cumplir con los 16 ensayos programados por diseño.

Definido el programa de vaciados, el protocolo del ensayo del anillo fue el siguiente:

- a) Se realizó la prueba del slump en cada ensayo.
- b) Se prepararon dos probetas de cada tanda para determinar la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.
- c) Las pruebas se realizaron manteniendo las condiciones ambientales naturales y el cuidado del concreto se asemejó a los procedimientos de obra.
- d) Los ensayos se han realizado en función a dos diseños de mezclas, el método del ACI y del Agregado Global, cada uno de tres proporciones de agua/cemento: 0.60, 0.65 y 0.70. En consecuencia, se generaron tres ensayos por diseño.

El procedimiento de evaluación de resultados se realizó bajo las denominaciones:

- 1) PRIMER ENSAYO: Ensayo comparativo que correspondió a la proporción a/c de 0.60, entre el diseño ACI y en el diseño A.G.
- 2) SEGUNDO ENSAYO: Ensayo comparativo que correspondió a la proporción a/c de 0.65, entre el diseño ACI y en el diseño A.G.
- 3) TERCER ENSAYO: Ensayo comparativo que correspondió a la proporción a/c de 0.70, entre el diseño ACI y en el diseño A.G.
- e) Luego del vaciado de las muestras o moldes, se procedió a la observación, ubicación e identificación, medida e inventario de las fisuras observadas. El tiempo proyectado de observación fue de 4.5 horas después de colocado el concreto en los moldes o estabilización del concreto.

- f) Se hizo un repaso a manera de verificación de las fisuras pasadas las 12 horas de fabricadas las muestras.
- g) Se tomó en cuenta el ancho y número de fisuras, no se consideró la longitud puesto que esta varió con mayor tiempo de observación, lo cual indica que es un inicio podría incrementarse las medidas en el tiempo y la afectación podría llegar al ancho del molde y no ser observable. (Sadegh Ghourchian, 2018)

3.10. INVENTARIO DE FISURAS

Las fisuras que se presentadas en el estado plástico se discriminaron entre fisuras por contracción, por asentamiento y las microfisuras por exudación. Se evaluaron las fisuras por contracción, pero se identificaron y se descartaron las otras dos fisuras descritas.

Se procedió con el protocolo de preparación de concreto y ensayos, obteniéndose los resultados indicados en las tablas siguientes.

PRIMER ENSAYO: Relación a/c=0.60.

Tabla N° 3.10 Inventario de fisuras, A.G. PRIMER ENSAYO a/c=0.60.

A.G.: PRIMER ENSAYO a/c = 0.60							
MOLDE	FISURAS ANCHO (mm.)				A.G.		
	1	2	3	4	ACUMULADO MOLDE (mm.)	CANTIDAD FISURAS	PROMEDIO (mm.)
1	0.15				0.15	1	0.15
2	0.15				0.15	1	0.15
3	0.10				0.10	1	0.10
4	0.10				0.10	1	0.10
5	0.15				0.15	1	0.15
6	0.10				0.10	1	0.10
7	0.25				0.25	1	0.25
8	0.15	0.10			0.25	2	0.13
9	0.30				0.30	1	0.30
10	0.25				0.25	1	0.25
11	0.15	0.10			0.25	2	0.13
12	0.30				0.30	1	0.30
13	0.25				0.25	1	0.25
14	0.15				0.15	1	0.15
15	0.25	0.20	0.10		0.55	3	0.18
16	0.35	0.30			0.65	2	0.33
RANGO	0.30	0.10			3.95	21	0.19

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.11 RESUMEN de la Tabla 3.10, A.G. PRIMER ENSAYO a/c = 0.60.

A.G.: RESUMEN PRIMER ENSAYO a/c = 0.60		
PRIMER ENSAYO A.G.	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO A.G.	0.30	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	3.95	mm.
CANTIDAD DE FISURAS	21	Unidades.
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.19	mm.
FISURA MOLDE ACUMULADA MAYOR	0.65	mm.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.12 Inventario de fisuras, ACI PRIMER ENSAYO a/c=0.60

ACI: PRIMER ENSAYO a/c = 0.60								
FISURAS ANCHO (mm.)					ACI			
MOLDE	1	2	3	4	ACUMULADO MOLDE (mm.)	CANTIDAD FISURAS	PROMEDIO (mm.)	
1	0.25				0.25	1	0.25	
2	0.15	0.10			0.25	2	0.13	
3	0.10	0.10			0.20	2	0.10	
4	0.20	0.10			0.30	2	0.15	
5	0.25	0.10			0.35	2	0.18	
6	0.20				0.20	1	0.20	
7	0.15				0.15	1	0.15	
8	0.15	0.10			0.25	2	0.13	
9	0.25	0.15			0.40	2	0.20	
10	0.25	0.20	0.15		0.60	3	0.20	
11	0.30	0.20	0.10		0.60	3	0.20	
12	0.25	0.20	0.20		0.65	3	0.22	
13	0.30	0.25	0.20	0.15	0.90	4	0.23	
14	0.25	0.20	0.20		0.65	3	0.22	
15	0.30	0.25	0.20		0.75	3	0.25	
16	0.25	0.20	0.20	0.15	0.80	4	0.20	
RANGO	0.30	0.10			7.30	38	0.19	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.13 RESUMEN de la Tabla 3.12, ACI PRIMER ENSAYO a/c = 0.60.

ACI: RESUMEN PRIMER ENSAYO a/c = 0.60		
PRIMER ENSAYO ACI	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO ACI	0.30	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	7.30	mm.
CANTIDAD DE FISURAS	38	Unidades.
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.19	mm.
FISURA MOLDE ACUMULADA MAYOR	0.90	mm.

Nota. Fuente: Elaboración propia

SEGUNDO ENSAYO: Relación a/c=0.65.

Tabla N° 3.14 Inventario de fisuras, A.G. SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.

A.G.: SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65							
FISURAS ANCHO (mm.)				A.G.			
MOLDE	1	2	3	4	ACUMULADO MOLDE (mm.)	CANTIDAD FISURAS	PROMEDIO (mm.)
1	0.20				0.20	1	0.20
2	0.25				0.25	1	0.25
3	0.15				0.15	1	0.15
4	0.10				0.10	1	0.10
5	0.25				0.25	1	0.25
6	0.20				0.20	1	0.20
7	0.15				0.15	1	0.15
8	0.10	0.10			0.20	2	0.10
9	0.15	0.10			0.25	2	0.13
10	0.10	0.10			0.20	2	0.10
11	0.20				0.20	1	0.20
12	0.20	0.10			0.10	2	0.05
13	0.20	0.15			0.35	2	0.18
14	0.15	0.15	0.10		0.40	3	0.13
15	0.30	0.20			0.50	2	0.25
16	0.20	0.15	0.10		0.45	3	0.15
RANGO	0.30	0.10			3.95	26	0.16

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.15 RESUMEN de la Tabla 3.14. A.G. SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65.

A.G.: RESUMEN SEGUNDO ENSAYO a/c = 0.65		
SEGUNDO ENSAYO	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO A.G.	0.30	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	3.95 mm.	
CANTIDAD DE FISURAS	26 Unidades.	
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.16 mm.	
FISURA MOLDE ACUMULADA MAYOR	0.50 mm.	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.16 Inventario de fisuras, ACI SEGUNDO ENSAYO $a/c = 0.65$.

ACI: SEGUNDO ENSAYO $a/c = 0.65$								
MOLDE	FISURAS ANCHO (mm.)				ACI			
	1	2	3	4	ACUMULADO MOLDE (mm.)	CANTIDAD FISURAS	PROMEDIO (mm.)	
1	0.20				0.20	1	0.20	
2	0.30				0.30	1	0.30	
3	0.30				0.30	1	0.30	
4	0.20	0.20			0.40	2	0.20	
5	0.30				0.30	1	0.30	
6	0.25	0.25			0.50	2	0.25	
7	0.25	0.20			0.45	2	0.23	
8	0.15	0.15			0.30	2	0.15	
9	0.40	0.15			0.55	2	0.28	
10	0.35	0.35	0.10		0.80	3	0.27	
11	0.30	0.25	0.25	0.10	0.90	4	0.23	
12	0.35	0.25	0.15		0.75	3	0.25	
13	0.40	0.25	0.10		0.75	3	0.25	
14	0.35	0.35			0.70	2	0.35	
15	0.30	0.30	0.20		0.80	3	0.27	
16	0.30	0.25	0.10		0.65	3	0.22	
RANGO	0.40	0.10			8.65	35	0.25	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.17 RESUMEN de la Tabla 3.16. ACI SEGUNDO ENSAYO $a/c = 0.65$.

ACI: SEGUNDO ENSAYO $a/c = 0.65$		
SEGUNDO ENSAYO ACI	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO ACI	0.40	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	8.65 mm.	
CANTIDAD DE FISURAS	35 Unidades	
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.25 mm.	
FISURA MOLDE ACUMULADA MAYOR	0.90 mm.	

Nota. Fuente: Elaboración propia

TERCER ENSAYO: Relación $a/c=0.70$.

Tabla N° 3.18 Inventario de las fisuras, A.G. TERCER ENSAYO $a/c = 0.70$

A.G.: TERCER ENSAYO $a/c = 0.70$							
MOLDE	FISURAS ANCHO (mm.)				A.G.		
	1	2	3	4	ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
1	0.20	0.10			0.30	2	0.15
2	0.15				0.15	1	0.15
3	0.10	0.10			0.20	2	0.10
4	0.20				0.20	1	0.20
5	0.15				0.15	1	0.15
6	0.15				0.15	1	0.15
7	0.20				0.20	1	0.20
8	0.10	0.10			0.20	2	0.10
9	0.15				0.15	1	0.15
10	0.10	0.10			0.20	2	0.10
11	0.10				0.10	1	0.10
12	0.10				0.10	1	0.10
13	0.00				0.00	0	0.00
14	0.00				0.00	0	0.00
15	0.00				0.00	0	0.00
16	0.10				0.10	1	0.10
RANGO	0.20	0.10			2.20	20	0.11

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.19 RESUMEN de la Tabla 3.18, A.G. TERCER ENSAYO $a/c = 0.70$.

A.G.: TERCER ENSAYO $a/c = 0.70$		
TERCER ENSAYO	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO A.G.	0.20	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	2.20 mm.	
CANTIDAD DE FISURAS	20 Unidades.	
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.11 mm.	
FISURA MOLDE ACUMULADA MAYOR	0.30 mm.	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.20 Inventario de las fisuras, ACI. TERCER ENSAYO a/c = 0.70

ACI: TERCER ENSAYO a/c = 0.70								
FISURAS ANCHO (mm.)					ACI			
MOLDE	1	2	3	4	ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD FISURAS	PROMEDIO (mm.)	
1	0.20	0.15			0.35	2	0.18	
2	0.20	0.10			0.30	2	0.15	
3	0.20	0.10	0.10		0.40	3	0.13	
4	0.15	0.15	0.10		0.40	3	0.13	
5	0.15	0.10	0.10		0.35	3	0.12	
6	0.20	0.10			0.30	2	0.15	
7	0.15	0.15			0.30	2	0.15	
8	0.15	0.10	0.10		0.35	3	0.12	
9	0.25				0.25	1	0.25	
10	0.20	0.10			0.30	2	0.15	
11	0.20	0.10			0.30	2	0.15	
12	0.15	0.10			0.25	2	0.13	
13	0.25				0.25	1	0.25	
14	0.10				0.10	1	0.10	
15	0.15	0.10			0.25	2	0.13	
16	0.10	0.10			0.20	2	0.10	
RANGO	0.25	0.10			4.65	33	0.15	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.21 RESUMEN de la Tabla 3.20, ACI TERCER ENSAYO a/c = 0.70

ACI: TERCER ENSAYO a/c = 0.70		
TERCER ENSAYO	MÁXIMO (mm)	MÍNIMO (mm)
RANGO DE FISURAS DISEÑO ACI	0.25	0.10
ACUMULADO DE FISURAS	4.65 mm.	
CANTIDAD DE FISURAS	33 Unidades.	
ANCHO PROMEDIO DE LAS FISURAS	0.15 mm.	
FISURA MOLDE/ENSAYO ACUMULADA	0.40 mm	

Nota. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La evaluación de los resultados del método del anillo se hará en función a las tablas presentadas en el capítulo anterior, de donde:

- a) La sección FISURAS OBSERVADAS ANCHO O AMPLITUD (mm.), corresponde a las medidas de las fisuras observadas en el ensayo por cada molde.
- b) De la sección A.G. y la sección ACI, se recogen los valores de las columnas:
 - ACUMULADO, que indica la acumulación de las amplitudes o aperturas de las fisuras en milímetros por molde/ensayo.
 - CANTIDAD DE FISURAS: Corresponde al total o sumatoria de la cantidad de fisuras observadas por molde/ensayo.
 - PROMEDIO (en mm.): Corresponde al ancho o amplitud promedio de las fisuras presentada por molde/ensayo.

Comparación de resultados

ANCHO DE FISURAS OBSERVADAS: PRIMER ENSAYO A/C=0.60

Los valores de las Tablas 3.10 y 3.12, generan la Tabla 4.1:

- De la sección A.G. de la Tabla 3.10 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.
- De la sección ACI de la Tabla 3.12 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.

Se extrae por molde observado y se plantea la Tabla 4.1, donde se observa que los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la amplitud acumulada de las fisuras, llegando a un valor final acumulado de: A.G. = 3.95mm. y ACI = 7.30mm.

Siendo una diferencia de 3.35mm. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño es:

- 84.81% de ancho o amplitud adicional del diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.1 Ancho de Fisuras acumuladas, relación $a/c=0.60$. Extraído de las Tablas 3.10 y 3.12.

PRIMER ENSAYO $a/c=0.60$	ANCHO FISURAS OBSERVADAS ACUMULADAS (mm.)	
	A.G.	ACI
1	0.15	0.25
2	0.30	0.50
3	0.40	0.70
4	0.50	1.00
5	0.65	1.35
6	0.75	1.55
7	1.00	1.70
8	1.25	1.95
9	1.55	2.35
10	1.80	2.95
11	2.05	3.55
12	2.35	4.20
13	2.60	5.10
14	2.75	5.75
15	3.30	6.50
16	3.95	7.30

Nota. Fuente: Elaboración propia

Cantidad fisuras: primer ensayo $a/c=0.60$

Los valores de las Tablas 3.10 y 3.12, generan la Tabla 4.2:

- La sección A.G. de la Tabla 3.10 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna CANTIDAD DE FISURAS.
- La sección ACI de la Tabla 3.10 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna CANTIDAD DE FISURAS.

Por lo tanto, quedan los valores de acumulación por niveles o moldes.

En este primer ensayo con la proporción $a/c=0.60$ los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la cantidad de fisuras acumuladas, llegando a una diferencia final acumulada de: A.G. = 21u. y ACI = 38u.

Siendo una diferencia de 17u. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

- 80.95% de unidades de fisuras adicionales del diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.2 Número de fisuras acumuladas, relación a/c=0.60. Extraído de las Tablas 3.10 y 3.12.

PRIMER ENSAYO a/c=0.60	CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS (u)	
	A.G.	ACI
1	1	1
2	2	3
3	3	5
4	4	7
5	5	9
6	6	10
7	7	11
8	9	13
9	10	15
10	11	18
11	13	21
12	14	24
13	15	28
14	16	31
15	19	34
16	21	38

Nota. Fuente: Elaboración propia

Ancho de fisuras: segundo ensayo a/c=0.65

Los valores de las Tablas 3.14 y 3.16, generan la Tabla 4.3:

- De la sección A.G. de la Tabla 3.14 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.
- De la sección ACI de la Tabla 3.16 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.

Por lo tanto, quedan los valores de acumulación por niveles o moldes.

Producto del segundo ensayo, se presenta la Tabla 4.3 con los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la amplitud acumulada de las fisuras, llegando a una diferencia final acumulada de: A.G. = 3.95mm. y ACI = 8.65mm.

Siendo una diferencia de 4.70mm. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

- 118.99% de amplitud adicional de diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.3 Ancho de Fisuras acumuladas, relación a/c=0.65. Extraído de las Tablas 3.14 y 3.16.

SEGUNDO ENSAYO a/c=0.65	ANCHO FISURAS OBSERVADAS ACUMULADAS (mm.)	
	A.G.	ACI
1	0.20	0.20
2	0.45	0.50
3	0.60	0.80
4	0.70	1.20
5	0.95	1.50
6	1.15	2.00
7	1.30	2.45
8	1.50	2.75
9	1.75	3.30
10	1.95	4.10
11	2.15	5.00
12	2.25	5.75
13	2.60	6.50
14	3.00	7.20
15	3.50	8.00
16	3.95	8.65

Nota. Fuente: Elaboración propia

Cantidad de fisuras: segundo ensayo a/c=0.65

Los valores de las Tablas 3.14 y 3.16, generan la Tabla 4.4:

- La columna A.G. se acumulan por niveles la CANTIDAD DE FISURAS.
- La columna ACI se acumulan por niveles la CANTIDAD DE FISURAS.

Por lo tanto, se extrae por molde observadas y en la Tabla 7.4 nos permite observar la diferencia entre los diseños.

En este segundo ensayo con la proporción $a/c=0.65$, los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la cantidad de fisuras acumulada, llegando a una diferencia final acumulada de: A.G. = 26u. y ACI = 35u.

Siendo una diferencia de 9u. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

- 34.62% de unidades de fisuras adicionales del diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.4 Número de fisuras acumuladas en el segundo ensayo del método A.G. y del ACI, relación $a/c=0.65$. Extraído de las Tablas 3.14 y 3.16.

SEGUNDO ENSAYO $a/c=0.65$	CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS (u)	
	A.G.	ACI
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	5
5	5	6
6	6	8
7	7	10
8	9	12
9	11	14
10	13	17
11	14	21
12	16	24
13	18	27
14	21	29
15	23	32
16	26	35

Nota. Fuente: Elaboración propia

Ancho de fisuras: tercer ensayo $a/c = 0.70$

Los valores de las Tablas 3.18 y 3.20, generan la Tabla 4.5:

- De la sección A.G. de la Tabla 3.18 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.
- De la sección ACI de la Tabla 3.20 se acumulan y se toman los valores por niveles de la columna ACUMULADO POR MOLDE.

Por lo tanto, quedan los valores de acumulación por niveles o moldes.

En este tercer ensayo, se plantea la Tabla 4.5 con los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la amplitud acumulada de las fisuras, llegando a una diferencia final acumulada de: A.G. = 2.20mm. y ACI = 4.65mm. Siendo una diferencia de 2.45mm. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

- 111.36% de amplitud adicional sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.5 Ancho Fisuras acumuladas en el tercer ensayo del método A.G y del ACI, relación a/c=0.65. Extraído de las Tablas 3.18 y 3.20.

TERCER ENSAYO a/c=0.70	ANCHO FISURAS OBSERVADAS ACUMULADAS (mm.)	
	A.G.	ACI
1	0.3	0.35
2	0.45	0.65
3	0.65	1.05
4	0.85	1.45
5	1.00	1.8
6	1.15	2.10
7	1.35	2.40
8	1.55	2.75
9	1.70	3.00
10	1.90	3.30
11	2.00	3.60
12	2.10	3.85
13	2.10	4.10
14	2.10	4.20
15	2.10	4.45
16	2.20	4.65

Nota. Fuente: Elaboración propia

Cantidad de fisuras observadas: tercer ensayo $a/c=0.70$

Los valores de las Tablas 3.18 y 3.2, generan la Tabla 4.6:

- La sección A.G. se acumulan por niveles de la CANTIDAD DE FISURAS.
- La sección ACI se acumulan por niveles de la CANTIDAD DE FISURAS.

Por lo tanto, se extrae por molde observadas y en la Tabla 7.6 nos permite observar la diferencia entre los diseños.

En este tercer ensayo con la proporción $a/c=0.70$ los valores de acumulación del diseño ACI adelantan al diseño A.G. en la cantidad de fisuras acumuladas, llegando a una diferencia final acumulada de: A.G. = 20u. y ACI = 33u.

Siendo una diferencia de 13u. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

- 65% de unidades de fisuras adicionales del diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla Nº 4.6 Número de fisuras acumuladas, relación $a/c=0.70$. Extraído de las Tablas 3.18 y 3.20.

TERCER ENSAYO $a/c=0.70$	CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS (u)	
	A.G.	ACI
NIVEL/MOLDE		
1	2	2
2	3	4
3	5	7
4	6	10
5	7	13
6	8	15
7	9	17
8	11	20
9	12	21
10	14	23
11	15	25
12	16	27

13	17	28
14	18	29
15	19	31
16	20	33

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Rango del ancho o amplitud de fisuras entre los diseños

De las Tablas previas presentados, se prepara la Tabla 4.7, tomando del rango de fisuras el máximo y el mínimo del ancho de cada diseño les confiere.

Tabla N° 4.7 Rango de amplitud de las fisuras de los ensayos de los métodos del Agregado Global y ACI.

		A.G.		ACI		%
		MAX	MIN	MAX	MIN	DEL MAX
RANGO	PRIMER ENSAYO $a/c=0.60$	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00%
	SEGUNDO ENSAYO $a/c=0.65$	0.30	0.10	0.40	0.10	33.33%
	TERCER ENSAYO $a/c=0.70$	0.20	0.10	0.25	0.10	25.00%

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.7 se puede observar que la amplitud mínima es igual para todos los diseños y relaciones, por ser el valor mínimo de medición establecido. La amplitud de fisura máxima en los diseños que muestra la Tabla para la relación $a/c=0.60$ son iguales para ambos diseños, pero para el diseño ACI en las relaciones $a/c=0.65$ y $a/c=0.70$, sí es mayor el ancho de la fisura máxima. Se presenta los porcentajes del diseño ACI sobre el diseño A.G.

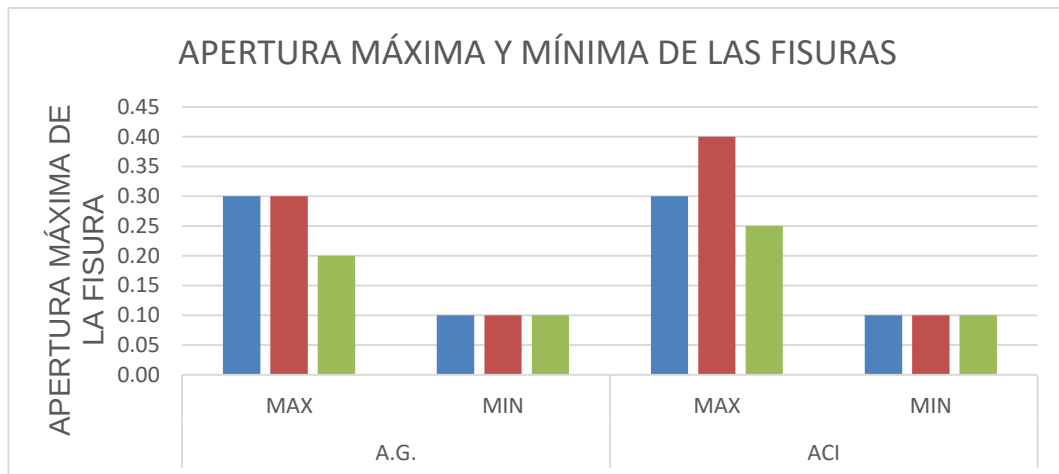


Gráfico N° 4.1 De la Tabla 4.7 se obtiene Rango de Ancho de Fisura mayor de cada diseño, relación a/c=0.60, 0.65, 0.70.

Máximo ancho o amplitud de fisuras acumuladas por molde o nivel de ensayo en cada diseño

De las Tablas antes presentados, se toman las mayores amplitudes o ancho de las fisuras acumulados para establecer el rango que el diseño les confiere. En la Tabla 4.8 se presentan los valores acumulados máximos por molde o nivel.

Tabla N° 4.8 Fisura acumulada mayor por molde/ensayo de cada diseño.

PRIMER ENSAYO a/c=0.60		SEGUNDO ENSAYO a/c=0.65		TERCER ENSAYO a/c=0.70	
FISURA ACUMULADA MAYOR EN MOLDE / ENSAYO		FISURA ACUMULADA MAYOR EN MOLDE / ENSAYO		FISURA ACUMULADA MAYOR EN MOLDE / ENSAYO	
A.G.	ACI	A.G.	ACI	A.G.	ACI
0.65	0.90	0.50	0.90	0.30	0.40
Diferencia ACI - A.G = 0.25		Diferencia ACI - A.G = 0.25		Diferencia ACI - A.G =0.10	
ACI=A.G. + 38.46% (A.G.)		ACI=A.G. + 80.00% (A.G.)		ACI=A.G. + 33.33% (A.G.)	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la Tabla 4.9 en los ensayos el porcentaje de mayor amplitud acumulada por ensayo y molde presenta el diseño ACI sobre el diseño A.G.

Tabla N° 4.9 Ancho o Amplitud Acumulada Mayor de las fisuras por molde/ensayo de cada diseño.

	A.G.	ACI	DIFERENCIA	%
PRIMER ENSAYO a/c=0.60	0.65	0.90	0.25	38.46%
SEGUNDO ENSAYO a/c=0.65	0.50	0.90	0.40	80.00%
TERCER ENSAYO a/c=0.70	0.30	0.40	0.10	33.33%

Nota. Fuente: Elaboración propia

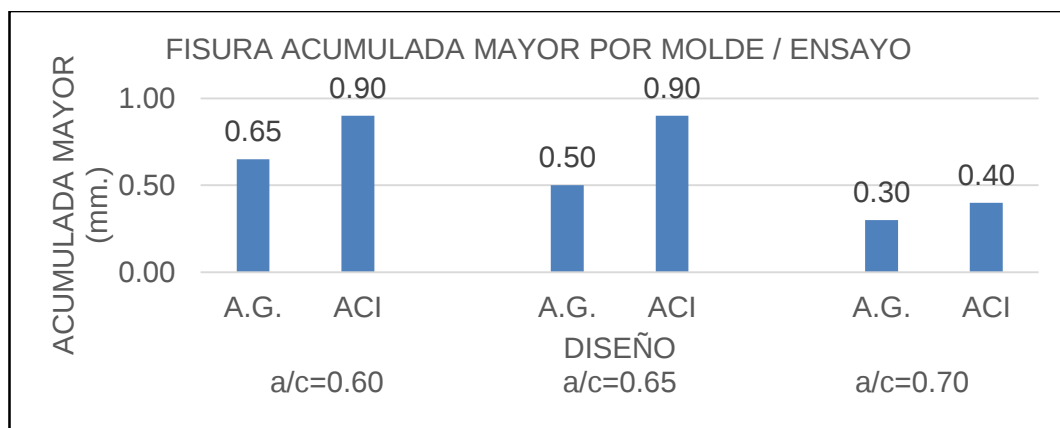


Gráfico N° 4.2 De la Tabla 4.9, Ancho de Fisura Acumulada Mayor por molde/ensayo.

Ancho de fisuras acumuladas por diseño

Se muestra los valores de las medidas acumuladas totales de las fisuras presentadas por cada diseño, observándose que el diseño por el método del Agregado Global presenta un valor menor en el ancho acumulado de las fisuras.

En la revisión de las Tablas 4.1, 4.3 y 4.5 se extraen de los valores máximos acumulados, la suma de las fisuras acumuladas de los moldes observados. Con estos valores se determina qué diseño genera la máxima contracción al tener mayor sumatoria de ancho de fisuras acumuladas por diseño.

En la Tabla 4.10, se presentan las mayores fisuras acumuladas por molde o ensayo en las Columnas A, B, C, de los ensayos de A.G y ACI para la relación $a/c = 0.60, 0.65, 0.70$. Se observa que los resultados de los ensayos. Por diseño por el Agregado Global presentan mejor comportamiento. Expresándolo en porcentaje y referente al diseño:

Tabla N° 4.10 Se presenta el valor de acumulación Máximo de fisuras por ensayo.

A a/c=0.60		B a/c=0.65		C a/c=0.70	
PRIMER ENSAYO- 6.1		SEGUNDO ENSAYO- 6.3		TERCER ENSAYO- 6.5	
FISURA ACUMULADA POR MOLDE (mm.)		FISURA ACUMULADA POR MOLDE (mm.)		FISURA ACUMULADA POR MOLDE (mm.)	
A.G.	ACI	A.G.	ACI	A.G.	ACI
3.95	7.30	3.95	8.65	2.20	4.65
Diferencia ACI – A.G. = 3.35		Diferencia ACI – A.G. = 4.70		Diferencia ACI – A.G. = 2.45	
ACI=AG+84.81%(AG)		ACI=AG+118.99%(AG)		ACI=AG+111.36%(A G)	

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.10 observamos:

- En la sección A, primer ensayo, en el acumulado total de las fisuras se observa que el agregado global es de 3.95 y en el método ACI es de 7.30 mm., dando una diferencia de 3.35mm., siendo 84.81% por encima del valor del A.G.
- En la sección B, segundo ensayo, en el acumulado total se observa que en el agregado global es de 3.95 y en el método ACI es de 8.65 mm., dando una diferencia de 4.70mm., siendo 118.99% por encima del valor del A.G.
- En la sección C, tercer ensayo, en el acumulado total se observa que en el agregado global es de 2.20 y en el método ACI es de 4.65 mm., dando una diferencia de 2.45mm., siendo 111.36% por encima del valor del A.G.

Con los valores de la Tabla 4.10 desarrollamos la Tabla 4.11 y el Gráfico 4.11 para cada ensayo, permitiendo comparar las aperturas o fisuras acumuladas de cada diseño.

Tabla N° 4.11 Se muestra los valores acumulados máximos de las medidas de las fisuras por diseño de los métodos del Agregado Global y ACI.

	VALOR ACUMULADO ANCHO MÁXIMO POR DISEÑO DE FISURAS OBSERVADAS		DIFERENCIA ENTRE ACI Y A.G.	
	A.G.	ACI	DIFERENCIA	%
ENSAYO 1	3.95	7.30	3.35	84.81%
ENSAYO 2	3.95	8.65	4.70	118.99%
ENSAYO 3	2.20	4.65	2.45	111.36%

Nota. Fuente: Elaboración propia

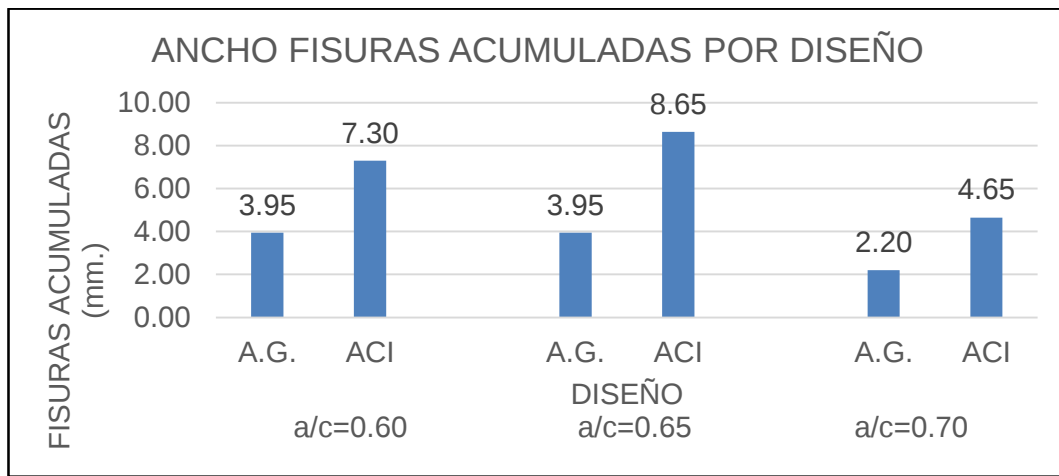


Gráfico N° 4.3 Obtenido de la Tabla 4.11, muestra gráficamente que el método ACI sobre el método A.G. presenta mayor ancho o amplitud acumulada de las fisuras en los tres ensayos.

En los Gráficos 4.4, 4.5 y 4.6 presenta los resultados ACUMULADO DE FISURAS POR NIVEL/PROBETA

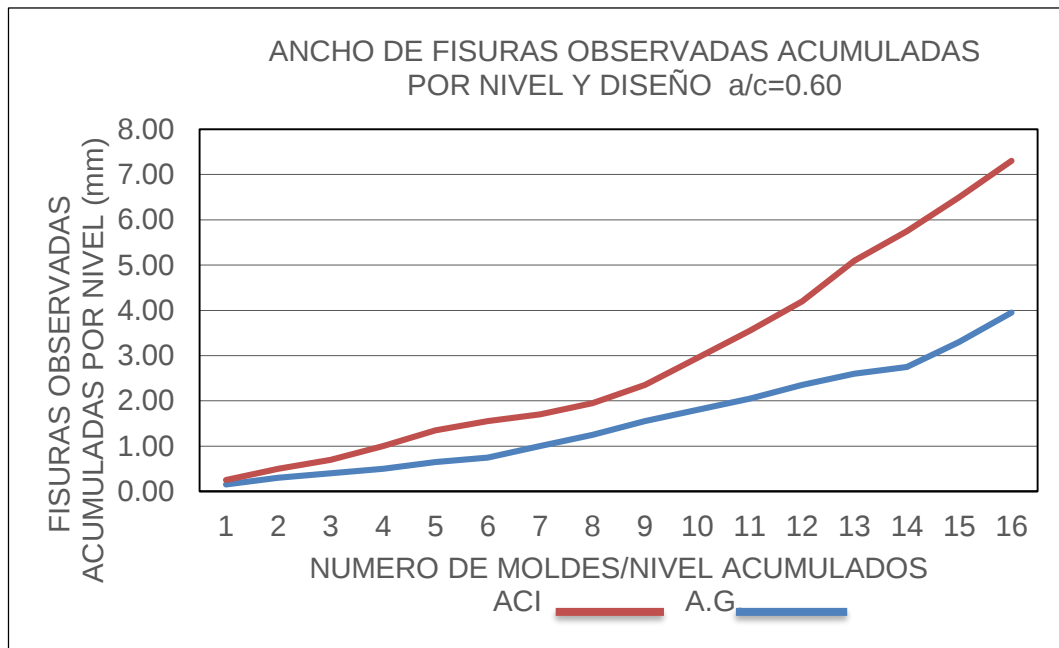


Gráfico N° 4.4 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño $a/c=0.60$, significando un 84.81% de del ACI sobre el diseño A.G.

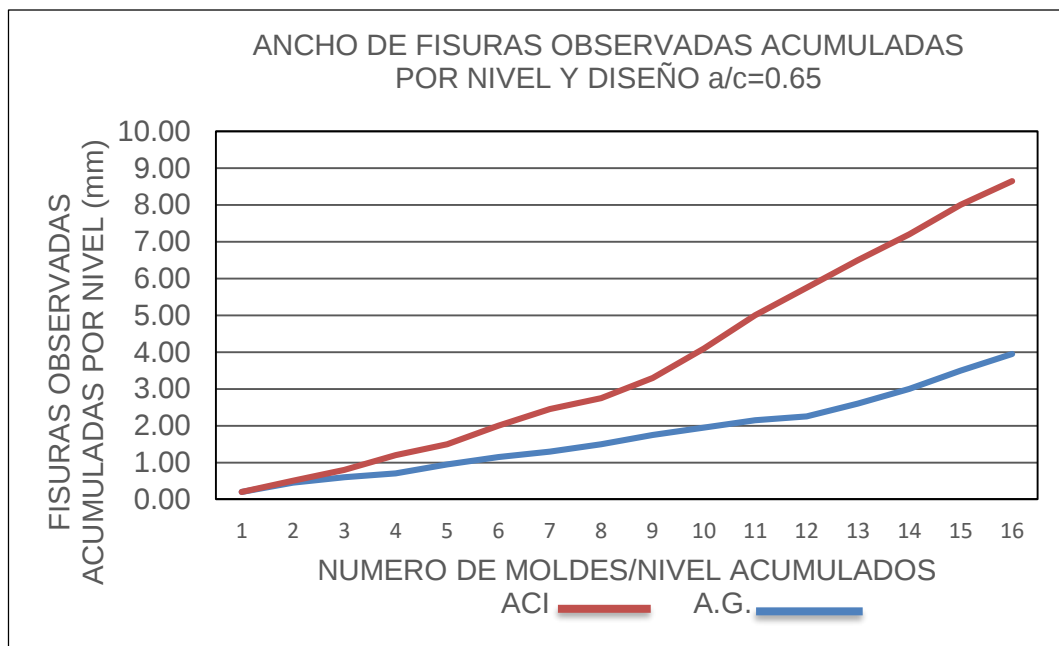


Gráfico N° 4.5 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño $a/c=0.65$, significando un 118.99% de ancho fisuras acumuladas del ACI sobre el diseño A.G.

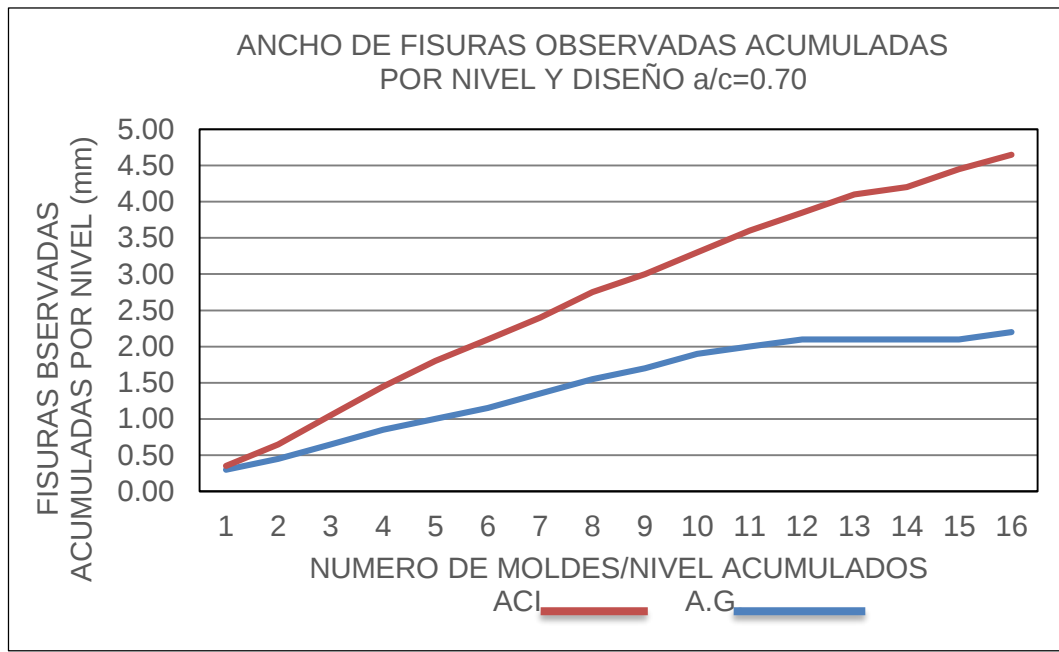


Gráfico N° 4.6 Ancho fisuras acumuladas por nivel y diseño $a/c=0.70$, significando un 111.36% de ancho fisuras acumuladas del ACI sobre el diseño A.G.

De lo mostrado en los gráficos, podemos concluir que el diseño ACI en las tres relaciones a/c , tiene el comportamiento de mayor formación de fisuras.

Cantidad de fisuras acumuladas por diseño

A continuación, se presenta el análisis de la cantidad total de fisuras por cada diseño y relación a/c .

Tabla N° 4.12 Presenta la cantidad de fisuras acumuladas por diseño, relación a/c y el porcentaje de fisuras adicionales del diseño ACI sobre el diseño A.G.

PRIMER ENSAYO $a/c=0.60$		SEGUNDO ENSAYO $a/c=0.65$		TERCER ENSAYO $a/c=0.70$	
CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS		CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS		CANTIDAD FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI	A.G.	ACI	A.G.	ACI
21	38	26	35	20	33
Diferencia ACI - A.G = 17		Diferencia ACI - A.G = 9		Diferencia ACI - A.G = 13	
ACI=A.G. + 80.95% (A.G.)		ACI=A.G. + 34.62% (A.G.)		ACI=A.G. + 65% (A.G.)	

Nota. Fuente: Elaboración propia

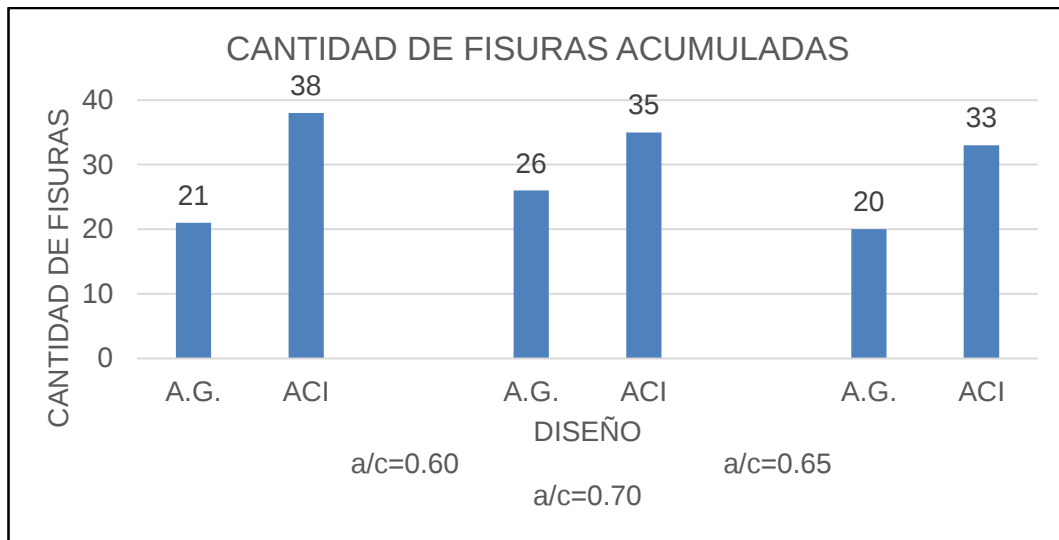


Gráfico N° 4.7 Con los valores de la Tabla 4.12, se realiza el presente gráfico. El método ACI presenta mayor cantidad acumulada de fisuras en los tres ensayos.

En los gráficos 3.16, 3.17 y 3.18 presenta los resultados de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños. Se observa que el método ACI en los tres diseños de a/c, presenta mayor número de fisuras.

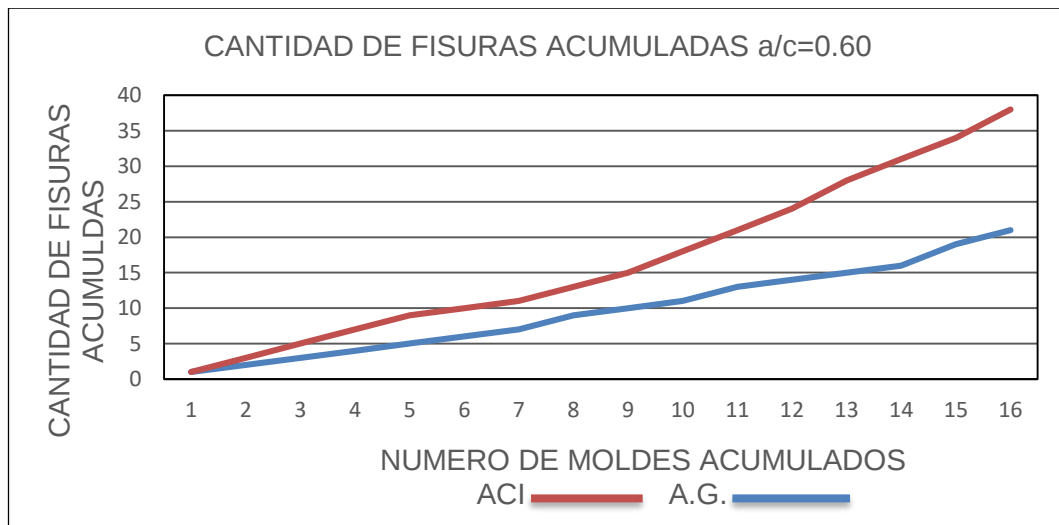


Gráfico N° 4.8 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños a/c=0.60. A.G. = 21u. y ACI = 38u.

- 80.95% de unidades de fisuras adicionales sobre el diseño A.G.

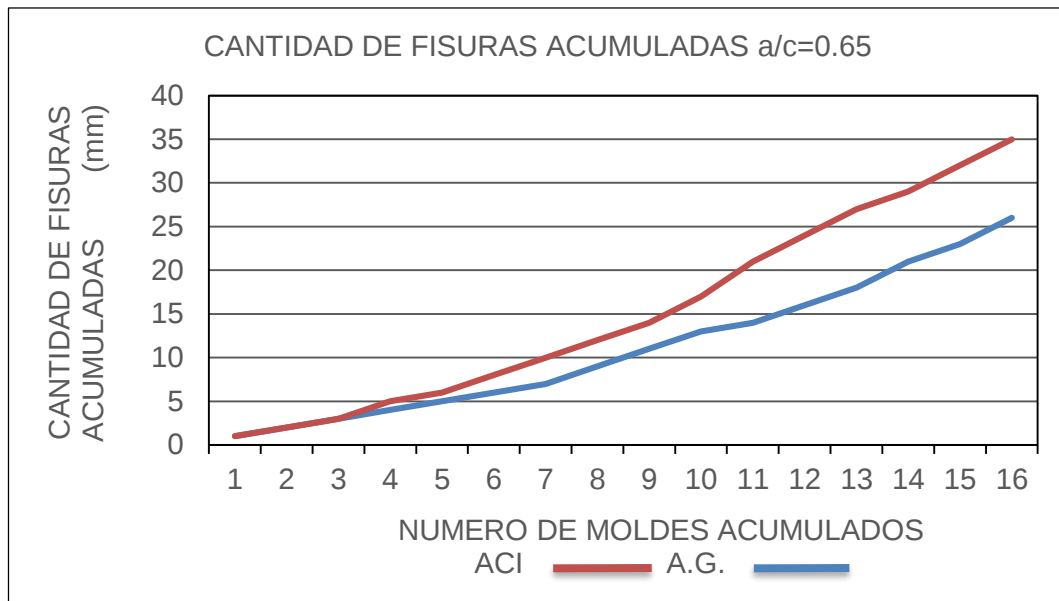


Gráfico N° 4.9 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños $a/c=0.65$. A.G. = 26u. y ACI = 35u.

- 34.62% de unidades de fisuras adicionales sobre el diseño A.G.

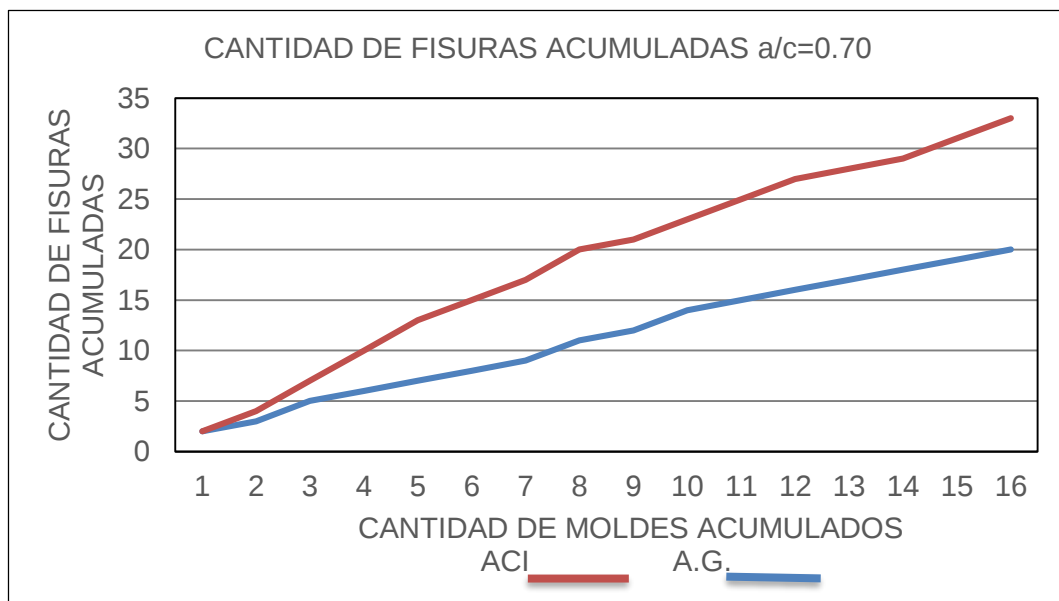


Gráfico N° 4.10 Comparativo de cantidad de fisuras acumuladas entre diseños $a/c=0.70$. A.G. = 20u. y ACI = 33u.

- 65% de unidades de fisuras adicionales sobre el diseño A.G.

De los gráficos podemos concluir que el diseño ACI en las tres relaciones a/c , tiene el comportamiento de mayor formación de fisuras.

Ancho o amplitud promedio de fisuras en los diseños

De las Tablas precedentes, se extraen los valores correspondientes al Ancho Promedio de Fisuras, se prepara la Tabla 4.13 que muestra el ancho promedio de las fisuras de cada diseño y relación a/c, la diferencia entre la apertura en los diseños, el porcentaje que se encuentra por encima el diseño ACI sobre el diseño A.G. y se presenta EL Gráfico 3.19, observándose que el método ACI tiene mayor promedio de amplitud o ancho de fisura, en los diseños ACI a/c=0.65 y 0.70, pero muestra la misma amplitud promedio en el diseño a/c=0.60.

Tabla N° 4.13 Ancho promedio de fisuras de cada diseño. Elaboración propia.

PRIMER ENSAYO a/c=0.60		SEGUNDO ENSAYO a/c=0.65		TERCER ENSAYO a/c=0.70	
ANCHO PROMEDIO DE FISURAS		ANCHO PROMEDIO DE FISURAS		ANCHO PROMEDIO DE FISURAS	
A.G.	ACI	A.G.	ACI	A.G.	ACI
0.19	0.19	0.16	0.25	0.11	0.15
Diferencia ACI - A.G. = 0.00		Diferencia ACI - A.G. = 0.09		Diferencia ACI - A.G. = 0.04	
ACI=A.G. + 0.00% (A.G.)		ACI=A.G. + 56.25% (A.G.)		ACI=A.G. + 36.36% (A.G.)	

Nota. Fuente: Elaboración propia

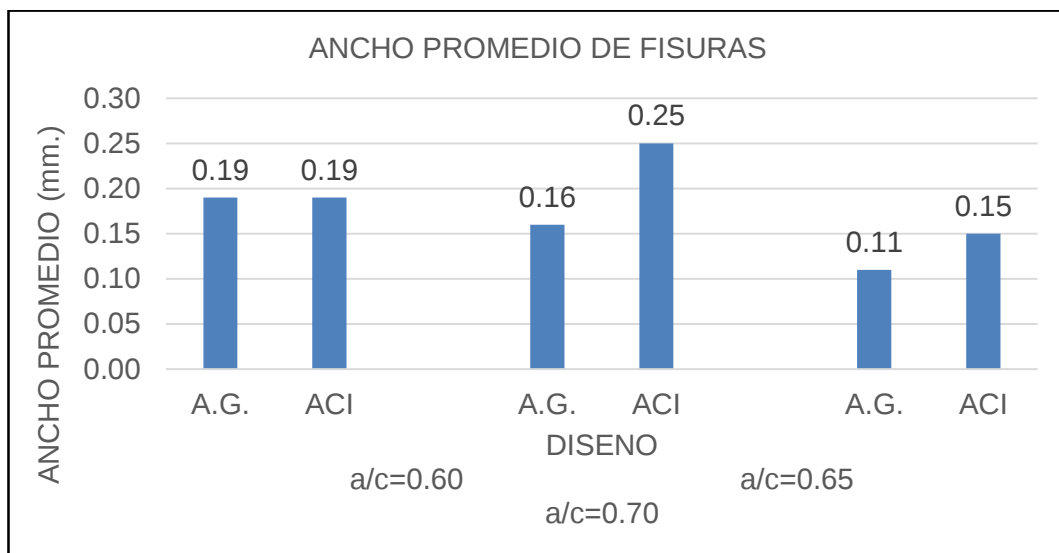


Gráfico N° 4.11 De la Tabla 4.13 se obtiene este gráfico, ancho promedio por cada diseño.

CAPÍTULO V. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y COMPROBACIÓN DE LOS OBJETIVOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se menciona la diferencia entre los diseños evaluados:

- *El diseño del Agregado Global ejerce un control de la granulometría, procurando la máxima compacidad generando una tendencia a la reducción de vacíos o espacios llenos sólo de pasta en el concreto, en consecuencia, menor contracción, por lo tanto, menor cantidad de fisuras.*
- *El diseño del Agregado Global define una tendencia clara a disminuir la aparición de la cantidad de fisuras con una menor amplitud o ancho de las mismas.*
- *El diseño ACI que no tiene control de granulometría, lo que es la diferencia fundamental con el diseño del Agregado Global; el diseño ACI presenta mayor cantidad de fisuras y un ancho o amplitud mayor de las mismas, que las presentadas en el diseño del Agregado Global.*

5.2. COMPROBACIÓN DE LOS OBJETIVOS

- *RANGO DE ANCHO O AMPLITUD DE FISURAS ENTRE LOS DISEÑOS*

Del punto 7.3:

El comportamiento del diseño ACI posee una tendencia a mayor contracción en el estado plástico que el diseño del Agregado Global, al presentar la mayor amplitud o ancho de fisura por diseño en las relaciones $a/c=0.65$ y $a/c=0.70$, sin embargo, en la relación $a/c=0.60$, se muestra la misma amplitud o ancho en ambos diseños evaluados; en el mismo ensayo, el diseño ACI presenta mayor número de fisuras, por lo tanto, ratifica el planteamiento inicial.

- *MÁXIMO ANCHO DE FISURAS ACUMULADAS POR MOLDE O NIVEL DE ENSAYO EN CADA DISEÑO*

Del punto 7.4:

El comportamiento del diseño ACI, presenta una tendencia a la mayor contracción en el estado plástico que el diseño del Agregado Global, al poseer el mayor valor del ancho o amplitud de fisuras acumuladas por molde o nivel en cada diseño evaluado.

➤ *ANCHO DE FISURAS ACUMULADAS POR DISEÑO*

Del punto 7.5:

El comportamiento del diseño ACI, presenta una tendencia a la mayor contracción en el estado plástico que el diseño del Agregado Global, al poseer el mayor valor del ancho o amplitud de fisuras acumuladas por diseño.

➤ *CANTIDAD DE FISURAS ACUMULADAS POR DISEÑO*

Del punto 7.6:

El comportamiento del diseño ACI, posee una tendencia a la mayor contracción en el estado plástico que el diseño del Agregado global, al presentar mayor cantidad de fisuras acumuladas por diseño.

➤ *ANCHO/AMPLITUD PROMEDIO DE FISURAS ENTRE LOS DISEÑOS*

Del punto 7.7:

El comportamiento del diseño ACI, posee una tendencia a la mayor contracción en el estado plástico que el diseño del Agregado Global, al presentar el mayor ancho o amplitud promedio de fisuras por diseño en las relaciones $a/c=0.65$ y $a/c=0.70$, sin embargo, no sucede lo mismo en la relación $a/c=0.60$, donde se muestra la misma amplitud/ancho en ambos diseños, ratificando la presente evaluación, por ser el mismo promedio, pero en mayor número de fisuras en el mismo ensayo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente tesis, al comparar la influencia de los métodos de diseño del concreto ACI y del Agregado Global en la fisuración del concreto estado plástico, nos permite concluir que:

El agregado es una influencia importante en la contracción del concreto en el estado plástico. El agregado proporciona restricciones a la contracción.

El Diseño del Agregado Global colabora en:

Minimizar el ancho/amplitud de las fisuras.

La reducción en la cantidad de aparición de fisuras.

Por lo tanto, se concluye que:

El Método de diseño del Agregado Global presenta un aporte efectivo en minimizar la Patología de la Contracción en el concreto.

RECOMENDACIONES

Revisión de causas o agravantes de la patología: contracción del concreto en el estado plástico.

Los resultados y conclusiones de la presente tesis, ha permitido plantear mediante un árbol o diagrama (considerando los componentes y sus propiedades) las principales causantes o agravantes de esta patología tanto en diseño o ejecución, combinando los estudios y experiencias previas con conclusiones de la presente Tesis.

Se resalta que: No debe concluirse que todas las fisuradas del concreto son peligrosas, lo que importa conocer es porque han aparecido y su naturaleza para prevenirlas.

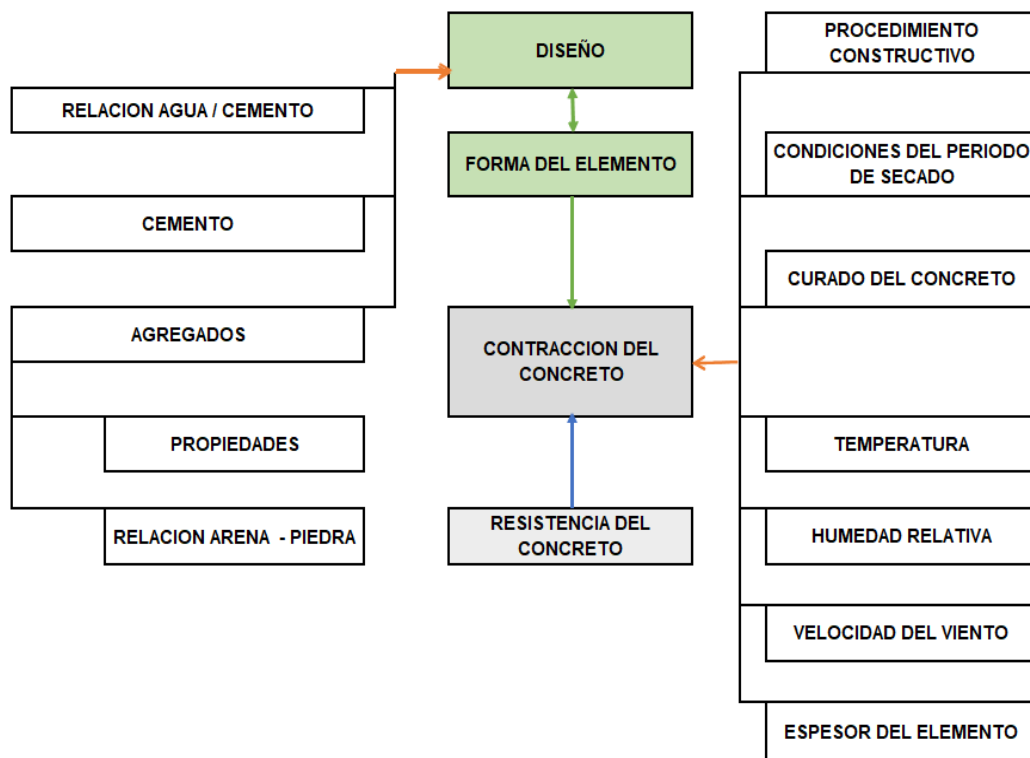


Figura N° 8.1 Diagrama o Árbol de las causas o agravantes de la patología de las fisuras.

Aplicando las conclusiones de la presente tesis, se realizará el análisis del Árbol:

En la rama izquierda del árbol: Tenemos los componentes del concreto: Agua, agregados y cemento con los que se procederá a diseñar el concreto de acuerdo a la función a cumplir en su vida útil.

- Con los agregados seleccionados, se recomienda aplicar el Diseño del Método del Agregado Global y lograr un alto peso específico del concreto, reduciéndose los espacios entre partículas y el volumen de pasta requerido. Esto redundará en: (1) menor segregación, (2) menor cantidad de agua sin perder la trabajabilidad, (3) menor contenido de cemento (reduciendo el costo), (4) mejor acabado, (5) mejor trabajabilidad, (6) mejora la resistencia y la durabilidad, y, por último, la conclusión de la presente tesis, (7) disminuye la contracción del concreto.

En la rama central superior del árbol, en función a los componentes, se procederá a realizar el diseño del Agregado Global.

- La relación Diseño del Concreto y Forma del Elemento es bicondicional, dado que, de ser necesario, se corregirá la fluidez, manteniendo la menor relación agua/cemento posible. El poder controlar esta etapa del diseño, permitirá disminuir la segregación, el asentamiento diferencial y minimizar la contracción del concreto.
- En la rama central inferior del árbol, en función al diseño del Agregado Global, se procederá a la comprobación de la resistencia del concreto diseñado y se realizará la corrección de acuerdo a la resistencia requerida, puesto que, al lograrse mayor resistencia o pasta no necesaria en este diseño, demandará mayor cantidad de cemento, mayor requerimiento de agua, generándose mayor posibilidad de asentamiento, mayor contracción del concreto y evidentemente mayor costo.

En la rama derecha del árbol, tenemos dos ramas secundarias:

- Sub rama superior, corresponde a la etapa de campo u obra. En el proceso de fabricación o proceso constructivo se presentan factores que intervienen en la calidad final del concreto o la pieza de concreto, los cuales son:

- La falta de capacitación adecuada del personal de acuerdo a los nuevos conocimientos del tratamiento del concreto fresco.
 - El control del tiempo máximo para la colocación del concreto en su lugar definitivo.
 - El poder evitar, controlar o corregir la segregación por traslado.
 - El cuidado de los encofrados.
 - El vibrado correcto.
 - En el período de secado y el de curado, debe imponerse una permanente supervisión, debido a que el proceso constructivo va íntimamente vinculado al clima y a la forma y espesor del elemento, por lo que para conseguir el concreto correcto, se debe: (1) Controlar o minimizar los factores externos (sub rama inferior) en el periodo plástico y de fragua del concreto. (2) Dar el tratamiento oportuno, en el estado plástico, a las fisuras que se presentasen. (3) Dar inicio oportuno a la aplicación de los protocolos de curado del concreto, compensando la pérdida de humedad superficial provocados por los factores internos y externos (sub rama inferior).
- Sub rama inferior: Corresponde a los principales responsables de la aparición de las fisuras o agravamiento de la patología, ya vinculados en los párrafos anteriores con el proceso constructivo, y se puntualiza:
- Los factores externos son los principales agravantes de esta patología al ser los responsables del incremento de la pérdida de humedad superficial del concreto, tales como la temperatura ambiental, la humedad relativa, la velocidad del viento, brillo solar, presión atmosférica.
 - El espesor y/o volumen grande de la pieza de concreto, se encuentra íntimamente relacionado con los factores externos. La tensión diferencial entre la tracción superficial por el secado rápido y las resistencias internas propias del concreto aun en formación, incrementan la patología de las fisuras en el concreto en grandes volúmenes.

Recomendaciones como medida de control de la patología contracción del concreto en el estado plástico.

Del análisis del Árbol de las Causas o Agravantes de la Patología de las Fisuras se concluye recomendar:

Transmitir los conocimientos y avances en el conocimiento del concreto en forma integral al personal técnico de obra, en los procesos constructivos, los conceptos de diseño y su fabricación para el buen comportamiento de la vida útil del concreto.

Buscar la proporción adecuada de los agregados para que se consiga un concreto más denso, con mayor compacidad, con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los vacíos entre las partículas de los agregados, así como la adición de agua mínima necesaria para la trabajabilidad requerida.

Realizar EL DISEÑO DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL, cumpliendo con la normativa, manteniendo un correcto protocolo y buenas costumbres en su fabricación, colocación y curado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, W. (2019). *Análisis comparativo de métodos de diseño de mezclas de un hormigón de alta resistencia conformado por agregados procedentes de la cantera de Pintag* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18189>
- Cáceres, F. y Chira, M. (2021). *Evaluación del Mejor Diseño de Mezclas utilizando Métodos ACI, Fuller y Módulo de Fineza en un Concreto F'C 210 y 280 KG/CM2* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87122>
- Cachay, R. (1995). *Diseño de mezclas - método de agregado global y módulo de finura, para concretos de mediana a alta resistencia* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/6222>
- Castillo, J. (2019). *Factores intrínsecos del concreto premezclado que producen la fisuración en su proceso de fraguado* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio de la UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4898>
- Huacho, A. (2021). *Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10787/1/IV_FIN_105_TE_Huacho_Ochoa_2021.pdf
- López, V. (2003). *Estudio de los efectos de algunos materiales componentes en las propiedades mecánicas de hormigones de altas prestaciones desde edades tempranas* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.260>
- Rivva, L. (2006). *Durabilidad y Patología del concreto*, 2006. <https://es.scribd.com/doc/216929690/Durabilidad-y-Patologia-del-Concreto-ENRIQUE-RIVVA-L>.

- Toirac, J. (2004). *Patología de la construcción y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención*. Ciencia y sociedad, 29(1), 72-114. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.
- Hermite, R. (1956). *A pie de Obra*, Editorial Juan Mejía Baca, Tecnos S.A. Madrid.
- Romaní, A. (1996). *Estudio de las características del mortero sin contracción* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/20318>
- Rodríguez, D. (2011). *Estudio del concreto con aditivo reductor de contracción utilizando cemento Portland tipo* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/3217>
- Kayongo, M. y Combrick, R. (2019). *State of the art review on plastic of Concrete*, Construction and Building Materials, <https://www.sciencedirect.com/journal/construction-and-building-materials>.
- Armin, J., Joao, M. Brabha, N. y Michael, L. (2022). *A new four stage model of capillary pressure in early age concrete: Insights from high capacity tensiometers*, Cement and Concrete Research, <https://www.sciencedirect.com/journal/cement-and-concrete-research>
- Ahmed, Z., Emmanuel, R. y Ahmed, L. (2016). *Plastic shrinkage and cracking risk of recycled aggregates concrete*, Construction and Building Materials, <https://www.sciencedirect.com/journal/construction-and-building-materials>.
- Charles, N., Mark, B. y Joseph, D., (enero 2018). *Retracción del concreto: minimizar/eliminar el potencial de agrietamiento*. Tilt-Up Concrete Association. <https://tilt-up.org/tilt-up-today/2018/01/27/shrinkage-of-concrete-minimizingeliminating-the-potential-for-cracking/>
- Sadegh, G., Mateusz, W. Mathieu, P. y Pietro, L. (2018). *On the mechanism of plastic shrinkage cracking in fresh cementitious materials* https://www.researchgate.net/publication/330052375_On_the_mechanism_of_plastic_shrinkage_cracking_in_fresh_cementitious_materials

ANEXOS

Anexo 1: PROCEDIMIENTO Y PROGRAMA.....	97
Anexo 2: PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	102
Anexo 3: OBTENCIÓN DEL AGUA	113
Anexo 4: PORCENTAJES DE AGREGADOS.....	117
Anexo 5: ENSAYO DE CONTRACCIÓN.....	123
Anexo 6: DETERMINACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD.....	140
Anexo 7: PROCEDIMIENTO DE TOMA DE DATOS DE LOS ENSAYOS	143
Anexo 8: TOMA DE DATOS DEL ENSAYO ANILLO CONTRACCIÓN	147
Anexo 9: ROTURA DE PROBETAS.....	153
Anexo 10: ARCHIVO FOTOGRÁFICO.....	154

ANEXO 1: PROCEDIMIENTO Y PROGRAMA

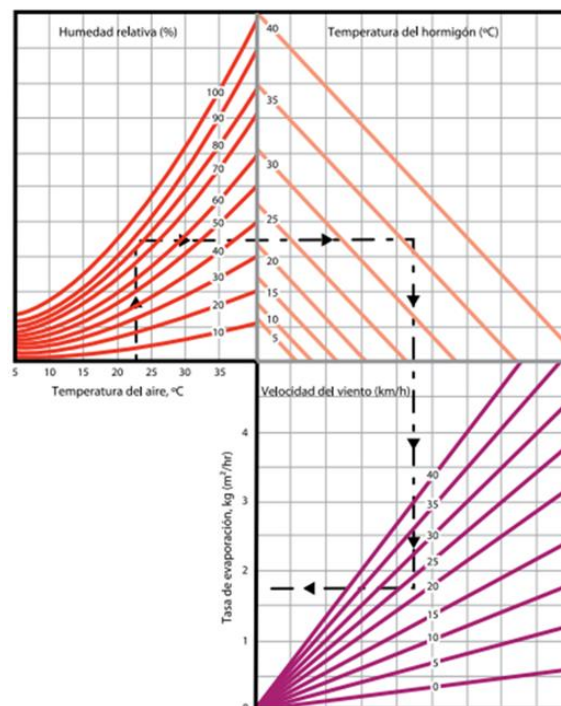
- a) Definición: La “Patología del Concreto” es definida como el estudio del concreto, realizado sistemáticamente en los procesos de diseño, producción, colocación o por servicio. Mediante este estudio se identifican los defectos y/o daños que pueda sufrir, determinando sus causas y consecuencias, tratando de encontrar las previsiones para evitar o minimizar su aparición o realizar las reparaciones posteriores.
- b) El procedimiento y programa se establece en función a los estudios precedentes a la presente tesis, sobre esta patología del concreto.
- c) IDENTIFICACIÓN DE LA FISURA: En la fase de observación se encuentra la fisura y el tiempo de aparición.
- d) CONCEPTO BASE: La contracción origina esfuerzos de tracción. El hormigón es débil ante esta tensión en su edad temprana, pudiendo ser superiores a los esfuerzos desarrollados por el concreto, en consecuencia, se presentan las fisuras cuando esos valores sobrepasan los valores de resistencia que va ganando el concreto.
- e) “En el mismo ambiente, un miembro de concreto pequeño, debido a su proporción más alta de área/volumen de la superficie, retraerá más que a un miembro más grande.” Charles Nmai, Mark Bury, Joseph Daczko, RETRACCIÓN DEL CONCRETO: MINIMIZAR/ELIMINAR EL POTENCIAL DE AGRIETAMIENTO January 2018.
- f) FISURAS OBSERVABLES EN EL ESTADO PLÁSTICO.
 - 1) Fisuras por contracción plástica.
 - 2) Fisuras por asentamiento plástico, por acomodo de los componentes.
 - 3) Se realiza la identificación de la FISURA de acuerdo a la causa que la origina: CONTRACCION DEL CONCRETO.
 - 4) Características de las fisuras de contracción plástica:
 - 5) Aparecen en las primeras horas.
 - Las condiciones climáticas influyen (temperatura, viento y humedad)
 - Estas fisuras rodean las piedras
 - No presentan bordes agudos ni definidos.

En el procedimiento del anillo, las fisuras tratan de mantener la perpendicularidad al perímetro del molde.

Rivva (2006) menciona que las fisuras se presentan cuando el concreto está en estado fresco, en forma de microfisuras cuando desaparece el brillo de agua y con más frecuencia en climas secos y cálidos.

El tiempo de cuatro horas y media de observación se eligió porque según “Durabilidad y patología del concreto”, realizada por Rivva, E. en 2006, las fisuras por contracción plástica ocurren generalmente entre las dos y cuatro horas siguientes al mezclado.

- a) PRODUCCION DEL CONCRETO: Respetando el diseño con la dosificación de agua calculada, expertiz en la fabricación, correcta colocación y la correcta compactación.
- b) Kayondo en State of the art review on plastic cracking of concreto, anota que el tiempo en que aparecieron las fisuras fue de 45 minutos ocasionadas por el viento y la alta temperatura del aire, cesando su aparición en 60 minutos.
- c) La fisuración por contracción plástica, no se puede predecir con seguridad, pero el Ábaco Velocidad de Evaporación, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento nos permite tener una correlación con los tiempos tomados de los ensayos previos para estimar el tiempo de inicio y final de observación.



Ábaco Velocidad de Evaporación

PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS

Protocolo básico

Se destaca la importancia de identificación visual de las fisuras en el estado plástico de manera técnica para lograr determinar el tipo y magnitud de esta, bajo los objetivos:

- a) GENERAL: Evaluar visualmente las fisuras tempranas.
- b) ESPECÍFICOS: Identificar y seleccionarlas de acuerdo a las causas que las originan.

Procedimiento

Se tratará de mantener las mismas condiciones ambientales, alternando los vaciados 4 moldes de un diseño y 4 moldes del segundo diseño. Y se repetirá la secuencia para completar los 16 moldes de ensayos por cada diseño a/c.

- a) Pruebas iniciales para establecer la elegir la fluidez y el protocolo de los ensayos:
 - Tiempo de vaciado.
 - Periodos de observación.
 - Acabado superficial que no altere al concreto.
- b) La elección del agua óptima, simultáneamente a la determinación de:
 - Slump
 - Los porcentajes de agregados (P.U.C.).
 - La trabajabilidad del diseño con la fabricación de anillos (mejor colocación del concreto en el molde).
- c) Se determinó:
 - La elección del Slump óptimo 4", por mejor trabajabilidad y menos vacíos en la inspección al desmoldar la pieza del anillo.
 - Las capas de vaciado óptimo para el molde (tres capas iguales).
 - La cantidad de varillados (25 varillados por capa).
 - No se hará frotachado superficial, se aplicará golpes a los moldes:15 golpes por capa. En la última capa se dejan 5 a 8 golpes, para completar el molde con mezcla en caso de faltar material después del varillado.
 - Tiempo aproximado de la aparición de las fisuras para determinar tiempo de observación.
 - El tipo de fisuras a identificar y el modo de discriminarlas.

- Ubicación del tipo de fisuras.

Para mantener características ambientales semejantes comparativas en los diseños y la calidad del concreto:

- Información de afectaciones externas y ambientales particulares, que puedan interferir en la evaluación.
- Información básica de temperatura, horas de sol, viento, presión y humedad en el lugar, para mantener condiciones semejantes en cada diseño.
- Determinación de los tiempos de ensayos previos: verificación del Slump, llenado de moldes del anillo, fabricación de las probetas en un tiempo máximo de 15 minutos.
- Ubicación de los anillos y equipos en exteriores.
- Determinación del número de anillos por ensayo.
- Orden de llenado.

PROGRAMA DE TRABAJO

1) El análisis de las propiedades de los materiales por medio del:

- Estudio granulométrico del agregado grueso y fino, independientemente, para determinar el porcentaje del peso en relación a su tamaño. De lo cual obtendremos el módulo de finura, tamaño máximo, tamaño nominal.
- Peso unitario del agregado grueso.
- Peso unitario del agregado fino.
- Peso unitario del agregado global.
- Peso unitario del agregado grueso seco suelto.
- Peso unitario del agregado grueso seco compactado.
- Peso unitario del agregado fino seco suelto.
- Peso unitario del agregado fino seco compactado.
- Peso unitario del agregado global seco suelto.
- Peso unitario del agregado global seco compactado.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Porcentaje de absorción y contenido de vacíos
- Peso específico de los agregados.

2) Los ensayos en concreto fresco que se efectuarán son:

- Peso unitario.

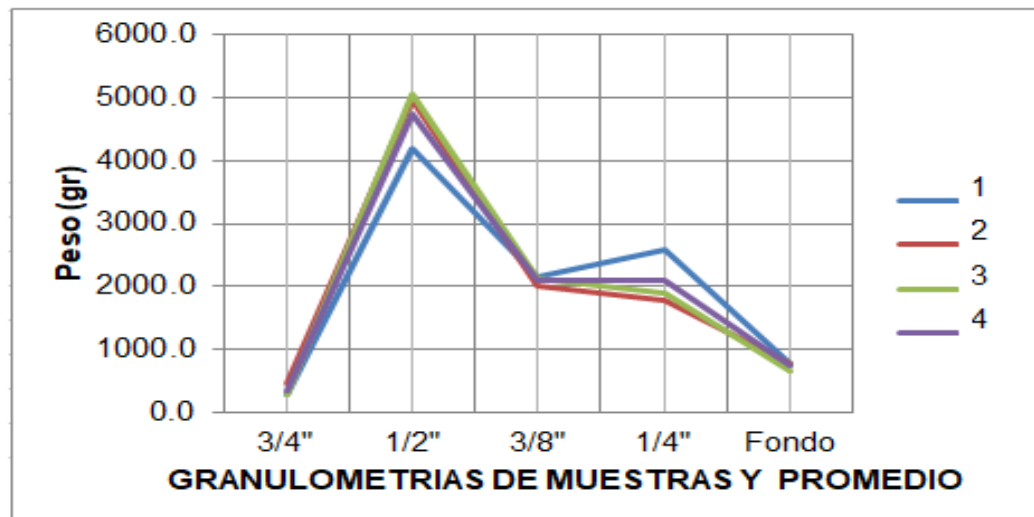
- Consistencia - Fluidez.
 - Contenido de aire.
 - Exudación.
- 3) Los ensayos concreto fresco que se efectuarán, en su estado plástico, son:
- Observación por contracción en el concreto para evaluar las fisuras que se originen. Se observará la aparición de fisuras mediante el método del anillo de contracción, en un número de 16 ensayos para cada diseño.
- 4) Los ensayos en concreto endurecido serán:
- Resistencia a la compresión, dos probetas por diseño, ensayo a 7 y 21 días.

ANEXO 2: PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO: Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON)

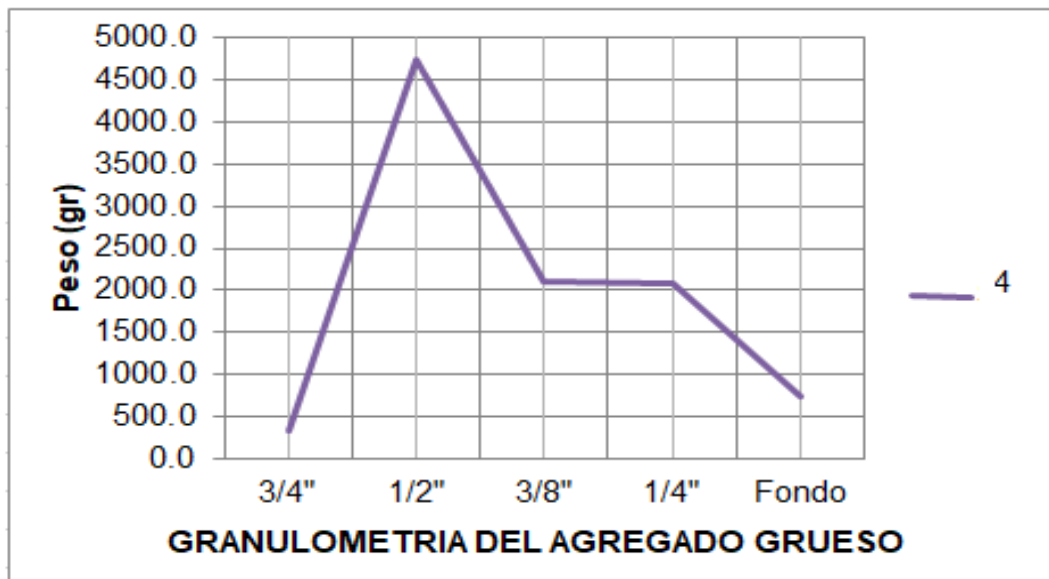
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO

Malla (Pulgadas)	Muestras			Promedio (gr.)
	M1 (gr.)	M2 (gr.)	M3 (gr.)	
3/4"	273.4	450.4	281.1	334.9
1/2"	4203.3	4987.5	5053.5	4748.1
3/8"	2164.6	2003.2	2112.2	2093.4
1/4"	2576.2	1782.9	1890.0	2083.0
Fondo	782.5	776.0	663.3	740.6
TOTAL	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DETERMINADO DEL AGREGADO GRUESO

Malla (Milímetros)	Malla (Pulgadas)	Muestra (gr)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Acumulado que Pasa
25.00	1"	0.0	0	0	100
19.00	3/4"	334.9	3	3	97
12.50	1/2"	4748.1	47	51	49
9.50	3/8"	2093.4	21	72	28
6.30	1/4"	2083.0	21	93	7
4.75	Fondo	740.6	7	100	0
TOTAL		10000.0	100		
MF	6.751				
TM	1"				
TMN	3/4"				



FINOS QUE PASAN LA MALLA N°200			
PESO (gr.)	Muestra Seca sin Lavar	Muestra Seca lavada retenida por la malla N°12 (g)	Porcentaje que pasa malla N°200
AGREGADO GRUESO	2500.00	2467.50	1.30

AGREGADO GRUESO Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON) PESO UNITARIO				
a) Peso Unitario Suelto		Muestra		
Descripción	Unidad	M 1	M 2	M 3
PESO AGREGADO+PESO DEL balde	gr	26280	26340	26260
PESO DEL BALDE	gr	5720	5720	5720
PESO DE LA MUESTRA	gr	20560	20620	20540
VOLUMEN DEL BALDE (0.5 p3)	cc	14158.4 2	14158.4 2	14158.4 2
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cc	1.452	1.456	1.451
		PUS	1.453	gr/cc
		PUS	1453	Kg/m3

LIMITE S	Inferior	PUS	Superior
	1.439	1.453	1.467

Cumplen los valores.

b) Peso Unitario Compactado	Unidad	Muestra		
Descripción	gr	M 1	M 2	M 3

PESO AGREGADO+PESO DEL BALDE	gr	28160	28190	28150
PESO DEL BALDE	gr	5720	5720	5720
PESO DE LA MUESTRA	cc	22440	22470	22430
VOLUMEN DEL BALDE (0.5 p3)	gr/cc	14158.4 2	14158.4 2	14158.4 2
PESO UNITARIO SUELTO		1.585	1.587	1.584
		PUC	1.585	gr/cc
		PUC	1585	Kg/m3
	LIMITE S			
	LIMITE S	Inferior	PUS	Superior
		1.571	1.585	1.599
		Cumplen los valores.		

AGREGADO GRUESO					
Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON)					
PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN					
Basado Norma Técnica: NTP 400.022		Muestra			
Descripción	Unidad	M 1	M 2	M 3	Promedio
Peso de la muestra secada al horno	gr	2973.4	2973.0	2975.3	2973.9
Peso de la muestra superficialmente seca	gr	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0
Peso de la muestra sumergida en agua + peso de la canastilla	gr	2859.9	2860.8	2860.7	2860.5
Peso de la canastilla	gr	1002.7	1002.7	1002.7	1002.7
Peso de la muestra sumergida en agua	gr	1857.2	1858.1	1858.0	1857.8

Peso específico de masa	gr/cm3	2.604
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm3	2.626
Peso específico aparente	gr/cm3	2.664
Porcentaje de absorción	%	0.878

CONTENIDO DE HUMEDAD

Piedra después de secar	
Piedra Semiseca	4000 g
Tara + Piedra Seca	4191.7 g
Tara	201.6 g
Piedra Seca	3990.1 g
Agua	9.9 g
Contenido de Humedad	0.25 %
Agregado Grueso: Procedencia: Cantera "Jicamarca" Tabla: Resumen de las propiedades físicas del Agregado Grueso	

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO		
Propiedad	Unidad	Resultado
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1453
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1585
Peso Específico	Kg/m ³	2604
Porcentaje de Absorción	%	0.878
Contenido de Humedad	%	0.25
Porcentaje que pasa la malla N°200	%	1.3
% Desgaste	%	17.91
Módulo de Finura		6.751
Tamaño Máximo		1"
Tamaño Máximo Nominal		3/4"

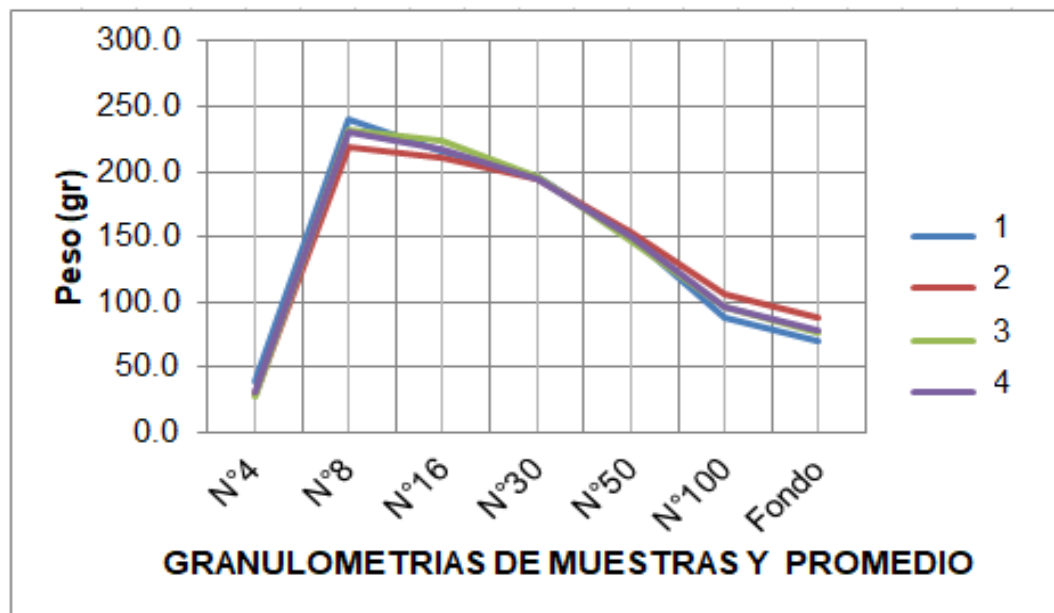
NOTA: El CH determinado de los agregados secos

ABRASIÓN - ENSAYO DE LOS ÁNGELES	
Tipo de Gradación	Método B
Peso Inicial Seco (gr)	5000
Peso Luego de Proceso de Abrasión (gr)	4104.5
Porcentaje de desgaste %D	17.91

AGREGADO FINO Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON)

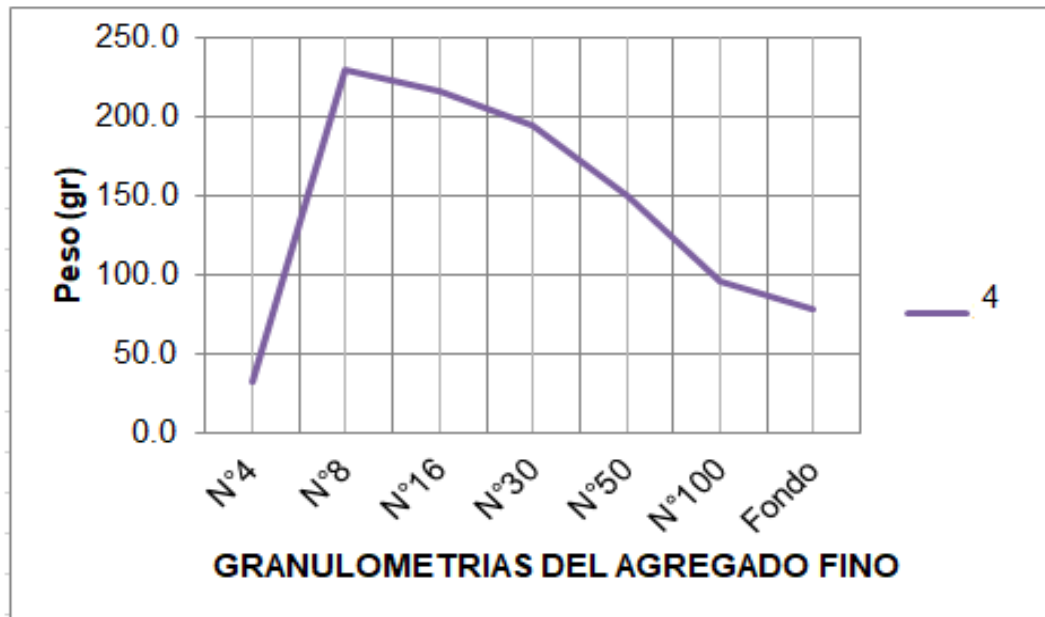
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO

Malla	Muestras			Promedio (gr)
	M1 (gr.)	M2 (gr.)	M3 (gr.)	
N°4	39.5	29.1	27.3	32.0
N°8	240.0	219.0	232.5	230.5
N°16	216.5	210.1	224.5	217.0
N°30	196.0	193.9	195.8	195.2
N°50	150.0	154.3	146.8	150.4
N°100	88.0	105.6	96.7	96.8
Fondo	70.0	88.0	76.4	78.1
TOTAL	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DETERMINADO					
Malla (Milímetros)	Malla	Muestra (gr)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Acumulado que Pasa
4.75	N°4	32.0	3	3	97
2.36	N°8	230.5	23	26	74
1.18	N°16	217.0	22	48	52
0.60	N°30	195.2	20	67	33
0.30	N°50	150.4	15	83	17
0.15	N°100	96.8	10	92	8
	Fondo	78.1	8	100	0
	TOTAL	1000.0	100		

MF:	3.196
-----	-------



FINOS QUE PASAN LA MALLA N°200			
PESO (gr.)	Muestra Seca sin Lavar	Muestra Seca lavada retenida por la malla N°12 (g)	Porcentaje que pasa malla N°200
AGREGADO FINO	500.00	469.00	6.20

AGREGADO FINO					
Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON)					
PESO UNITARIO					
a) Peso Unitario Suelto		Muestra			
Descripción	Unidad	M 1	M 2	M 3	
PESO AGREGADO+PESO DEL balde	gr	6360	6360	6340	
PESO DEL BALDE	gr	1560	1560	1560	
PESO DE LA MUESTRA	gr	4800	4800	4780	
VOLUMEN DEL BALDE (0.1 p3)	cc	2831.68	2831.68	2831.68	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cc	1.695	1.695	1.688	
		PUS	1.693	gr/cc	
		PUS	1693	Kg/m3	

LIMITE S	Inferior	PUS	Superior
	1.679	1.693	1.707
Cumplen los valores.			

b) Peso Unitario Compactado	
-----------------------------	--

		Muestra		
Descripción	Unidad	M 1	M 2	M 3
PESO AGREGADO+PESO DEL BALDE	gr	6840	6830	6860
PESO DEL BALDE	gr	1560	1560	1560
PESO DE LA MUESTRA	gr	5280	5270	5300
VOLUMEN DEL BALDE (0.1 p3)	cc	2831.68	2831.68	2831.68
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cc	1.865	1.861	1.872
		PUC	1.866	gr/cc
		PUC	1866	Kg/m3

LIMITE S	Inferior	PUS	Superior
	1.852	1.866	1.880
Cumplen los valores.			

AGREGADO FINO

Procedencia: Cantera Jicamarca (UNICON)

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Basado Norma Técnica: NTP 00.022		Muestra			
Descripción	Unidad	M 1	M 2	M 3	Promedio
Peso del agregado superficialmente seco	gr	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso del agregado superficialmente seco + peso del balde + peso del agua	gr	992.5	993.0	992.8	992.8
Peso del balde	gr	178.0	178.0	178.0	178.0
Peso del agua	gr	314.5	315.0	314.8	314.8
Peso del agregado secada al horno	gr	496.5	496.6	496.3	496.5
Peso del balde	cc	500.0	500.0	500.0	500.0

Peso específico de masa	gr/cm ³	2.680
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm ³	2.699
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.732
Porcentaje de absorción	%	0.712

FINOS QUE PASAN LA MALLA N°200			
PESO (gr.)	Muestra Seca sin Lavar	Muestra Seca lavada retenida por la malla N°12 (g)	Porcentaje que pasa malla N°200
AGREGADO FINO	500.00	469.00	6.20

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Arena después de secar	
Arena Semiseca	1000 g
Tara + Arena Seca	1268.1 g
Tara	275.4 g
Arena Seca	992.7 g
Agua	7.3 g
Contenido de Humedad	0.74 %

Agregado Fino:
Procedencia: Cantera "Jicamarca"
Tabla: Resumen de las propiedades físicas del Agregado Fino

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO		
Propiedad	Unidad	Valor
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1693
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1866
Peso Específico	Kg/m ³	2680
Porcentaje de Absorción	%	0.712
Contenido de Humedad	%	0.74
Porcentaje que pasa la malla N°200	%	6.2
Módulo de Finura		3.196

NOTA: El CH determinado de los agregados secos

AGREGADO GLOBAL

AGREGADO GLOBAL Combinaciones Arena - Piedra				
---	--	--	--	--

40% Arena - 60% Piedra				
		Muestra		
Descripción	UNIDAD	M 1	M 2	M 3
P. Molde	gr	5720	5720	5720
P. Molde + Agregado	gr	34580	34540	34740
P. Agregado combinado	gr	28860.00	28820.00	29020.00
Vol. Molde	cc	14158.42	14158.42	14158.42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	2.038	2.036	2.050
El balde usado es de 1/2 pie ³		PUC	2.041	gr/cc

45%Arena - 55%Piedra				
		Muestra		
Descripción	UNIDAD	M 1	M 2	M 3
P. Molde	gr	5720	5720	5720
P. Molde + Agregado	gr	34770	34870	34860
P. Agregado combinado	gr	29050.00	29150.00	29140.00
Vol. Molde	cc	14158.42	14158.42	14158.42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	2.052	2.059	2.058
El balde usado es de 1/2 pie ³		PUC	2.056	gr/cc

50%Arena - 50%Piedra				
		Muestra		
Descripción	UNIDAD	M 1	M 2	M 3
P. Molde	gr	5720	5720	5720
P. Molde + Agregado	gr	34970	35070	35050
P. Agregado combinado	gr	29250.00	29350.00	29330.00
Vol. Molde	cc	14158.42	14158.42	14158.42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	2.066	2.073	2.072
El balde usado es de 1/2 pie ³		PUC	2.070	gr/cc

55%Arena - 45%Piedra				
		Muestra		
Descripción	UNIDAD	M 1	M 2	M 3
P. Molde	gr	5720	5720	5720
P. Molde + Agregado	gr	34740	34940	34950

P. Agregado combinado	gr	29020.00	29220.00	29230.00
Vol. Molde	cc	14158.42	14158.42	14158.42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	2.050	2.064	2.064
El balde usado es de 1/2 pie ³	PUC	2.059	gr/cc	
60%Arena - 40%Piedra				
		Muestra		
Descripción	UNIDAD	M 1	M 2	M 3
P. Molde	gr	5720	5720	5720
P. Molde + Agregado	gr	34210	34330	34300
P. Agregado combinado	gr	28490.00	28610.00	28580.00
Vol. Molde	cc	14158.42	14158.42	14158.42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	2.012	2.021	2.019
El balde usado es de 1/2 pie ³	PUC	2.017	gr/cc	

COMBINACIONES PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO COMPACTADO

PORCENTAJE DE LOS AGREGADOS

TABLA RESUMEN			
% Arena	% Piedra	UNIDAD	PUC
40	60	gr/cc	2.041
45	55	gr/cc	2.056
50	50	gr/cc	2.070
55	45	gr/cc	2.059
60	40	gr/cc	2.017

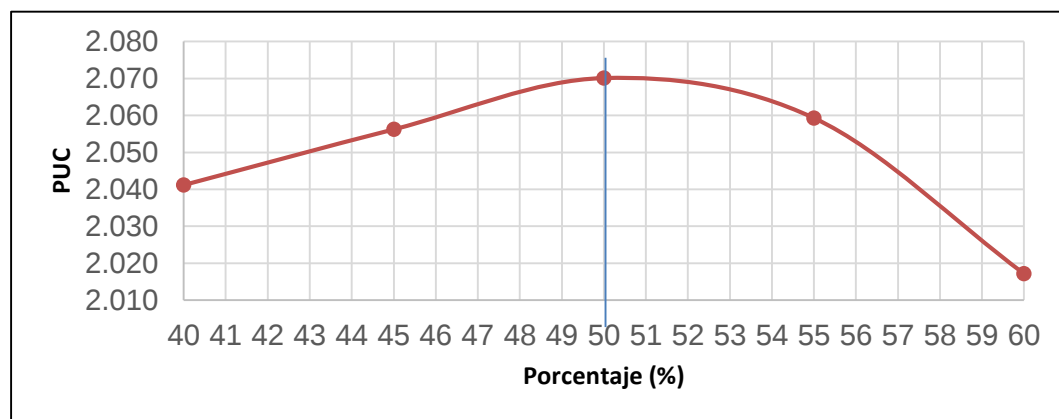


Gráfico 1: Porcentaje óptimo de los agregados tabla anterior. PUC vs porcentaje

PORCENTAJE OPTIMO DE LOS AGREGADOS OBTENIDO DEL GRÁFICO

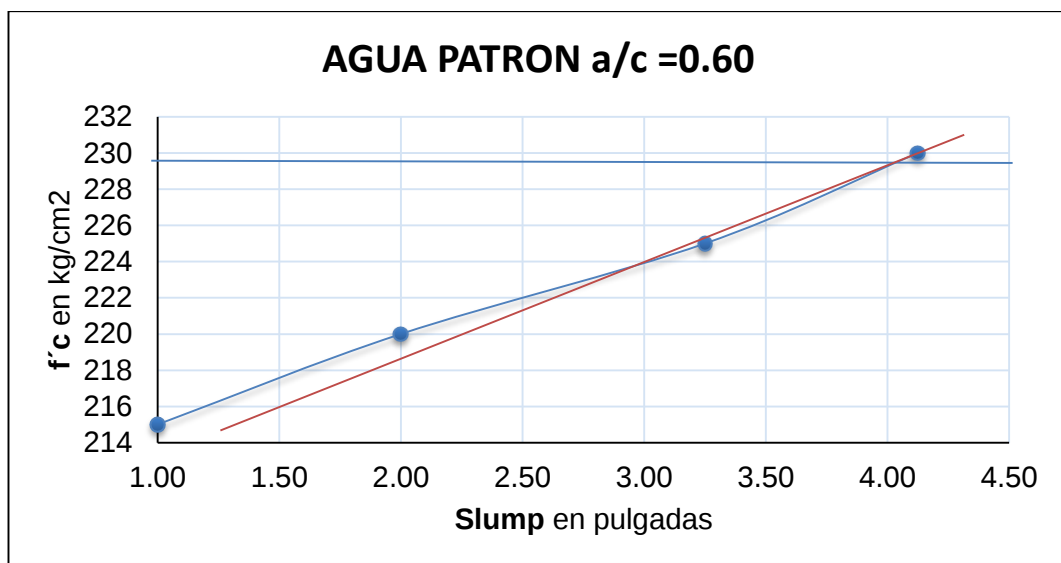
Arena	50.50 %
Piedra	49.50 %

ANEXO 3: OBTENCIÓN DEL AGUA

Desarrollo de Gráficos y Cálculo del AGUA PATRÓN

1.0 AGUA PATRÓN a/c= 0.60

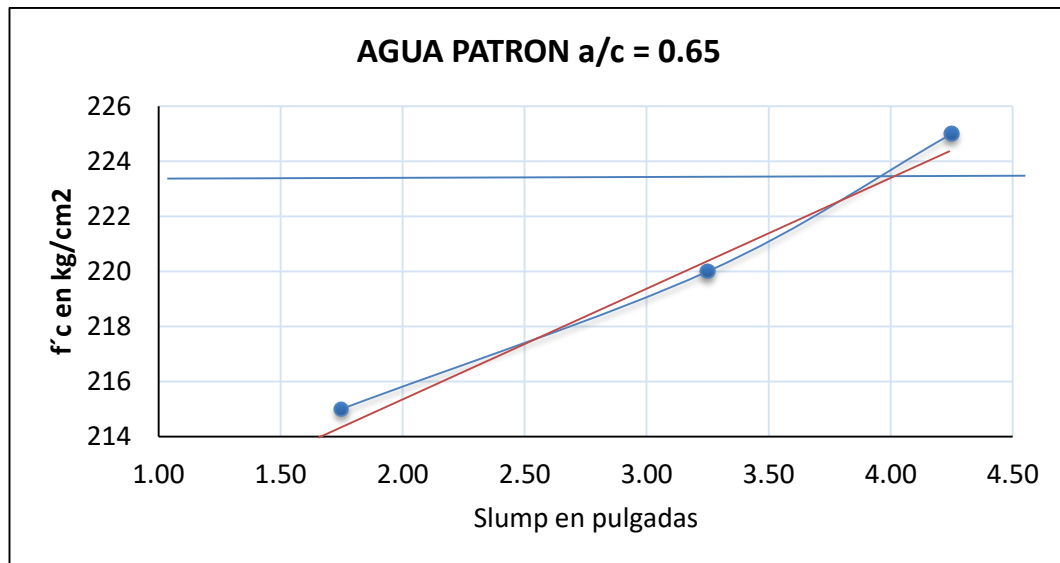
Mezcla	R a/c	Slump	Agua	Cemento	CH Piedra	CH Arena
1	0.60	1.00	215	400.00	0.45%	2.85%
2	0.60	2.00	220	408.33	0.45%	2.85%
3	0.60	3.25	225	425.00	0.45%	2.85%
4	0.60	4.13	230	383.33	0.45%	2.85%



4.00	pulg	229.2	L/m3
------	------	-------	------

2.0 AGUA PATRÓN a/c= 0.65

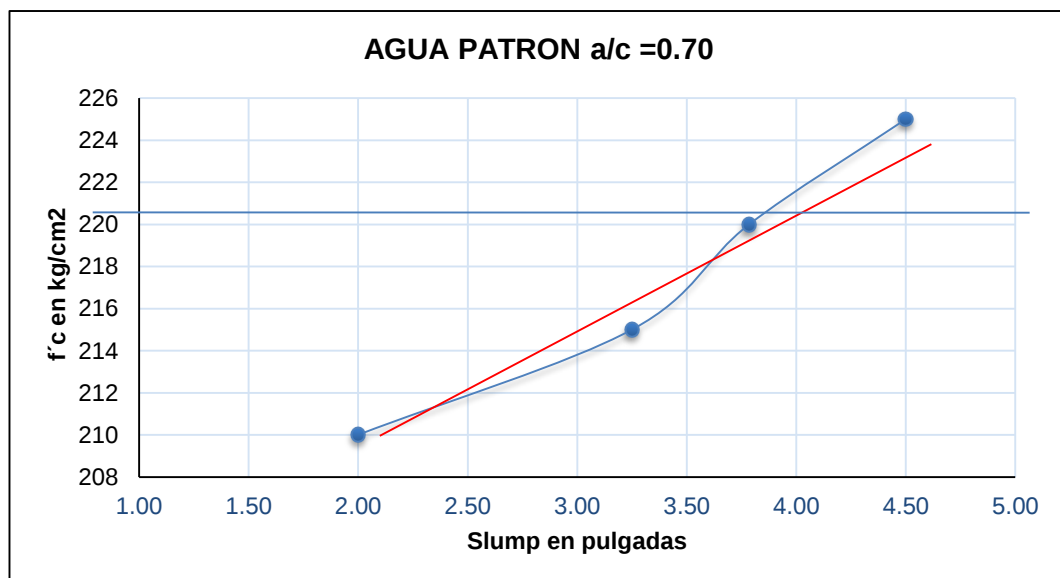
Mezcla	R a/c	Slump	Agua	Cemento	CH Piedra	CH Arena
4	0.65	1.75	215	330.76923	0.45%	2.85%
5	0.65	3.25	220	338.46154	0.45%	2.85%
6	0.65	4.25	225	346.15385	0.45%	2.85%



4.00	pulg	223.75	L/m3
------	------	--------	------

3.0 AGUA PATRÓN a/c= 0.70

Mezcla	R a/c	Slump	Agua	Cemento	CH Piedra	CH Arena
7	0.70	2.00	210	300.00	0.45%	2.85%
8	0.70	3.25	215	307.14	0.45%	2.85%
9	0.70	3.79	220	314.29	0.45%	2.85%
10	0.70	4.50	225	321.43	0.45%	2.85%



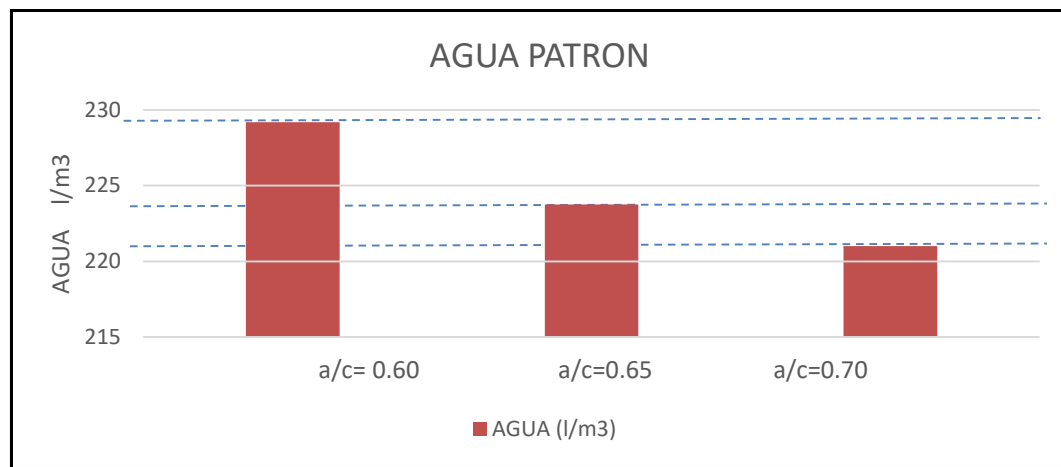
4.00	pulg	221.0	L/m3
------	------	-------	------

4.0 AGUA PATRÓN PARA SLUMP DE 4"

a/c	AGUA (litros x m3 concreto)	SLUMP (pulgadas)
0.60	215	1.00
	220	2.00
	225	3.25
	230	4.13
	Agua patrón = 229.20 lt/m3 – SLUMP 4"	
0.65	215	1.75
	220	3.25
	225	4.25
	Agua patrón = 223.75 lt/m3 – SLUMP 4"	
0.70	210	2.00
	215	3.25
	220	3.79
	225	4.50
	Agua patrón = 221.00 lt/m3 – SLUMP 4"	

AGUA PATRÓN

Relación a/c	AGUA (l/m3)	Slump
0.6	229.2	4"
0.65	223.75	4"
0.7	221	4"



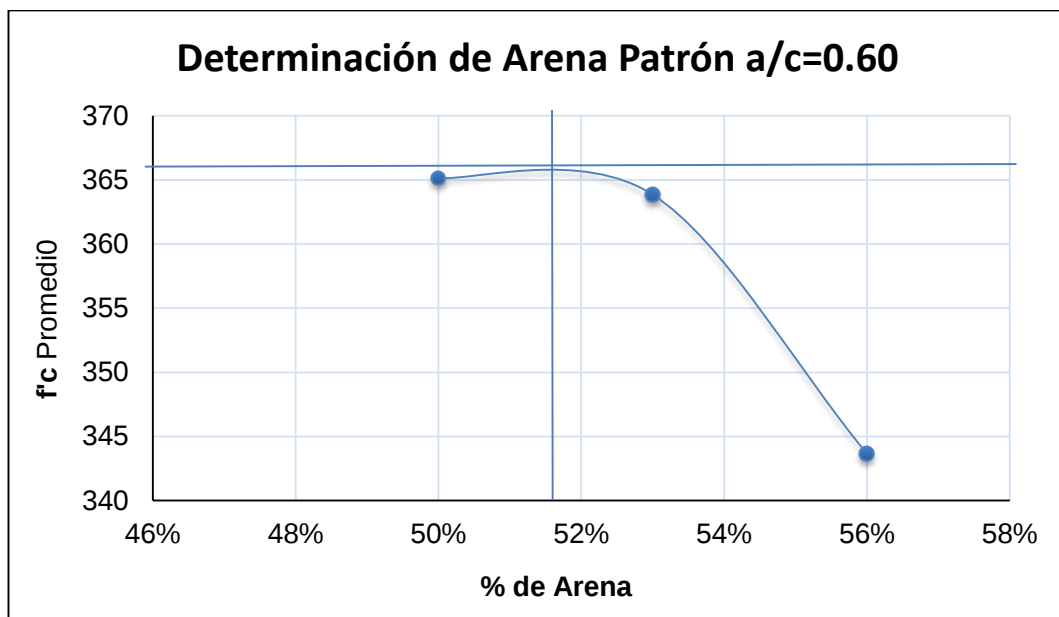
ANEXO 4: PORCENTAJES DE AGREGADOS

Desarrollo de Gráficos y Cálculo de la ARENA PATRÓN

1.0 ARENA PATRÓN $a/c = 0.60$

Relación $a/c = 0.60$

% de Arena	50%	53%	56%
Resistencia a la Compresión.	377.4	358.16	335.5
	352.9	374.2	356.9
	358.1	345.3	346.1
	368.3	369.2	340.3
	369	372.4	339.5
f'c Promedio	365.14	363.85	343.66

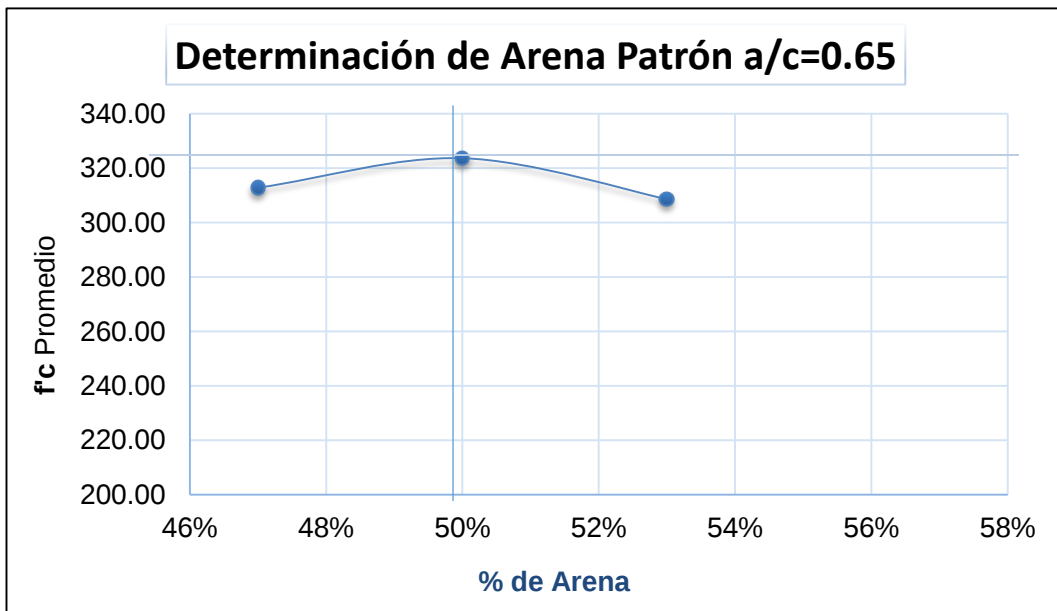


Relación $a/c = 0.60$	f'c prom	367 kg/cm²
	% arena	51.65 %

2.0 ARENA PATRÓN $a/c = 0.65$

Relación $a/c = 0.65$

% de Arena	47%	50%	53%
Resistencia a la Compresión	305.2	326.8	306.1
	319.5	316.4	309.7
	319	329.2	308.2
	310.3	312.5	293.8
	312.9	334.2	325.1
f'c Promedio	313.38	323.82	308.58

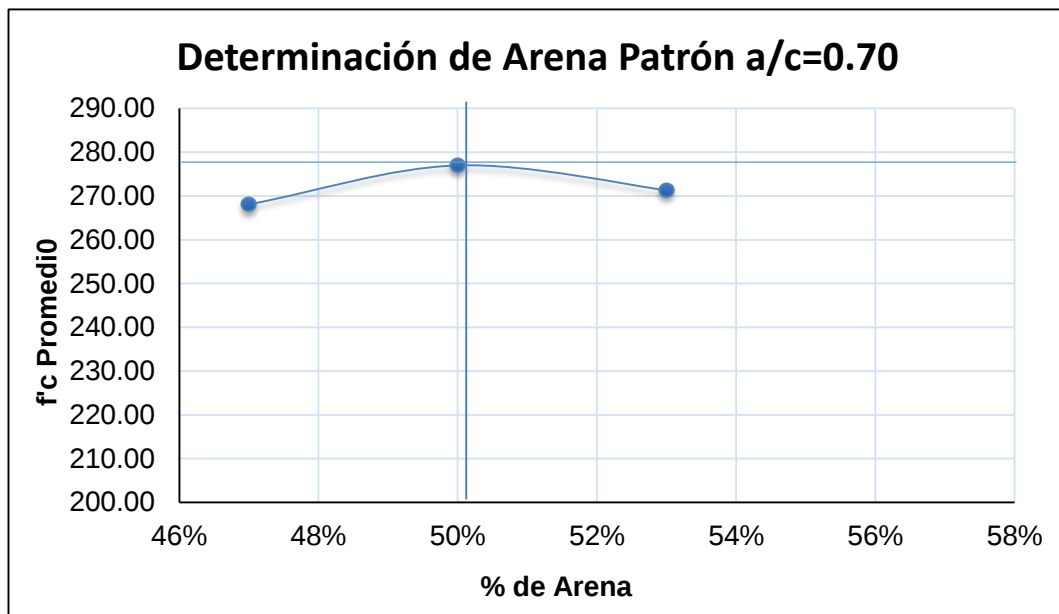


Relación $a/c = 0.65$	f'c prom	325 kg/cm ²
	% arena	49.75 %

3.0 ARENA PATRÓN $a/c = 0.70$

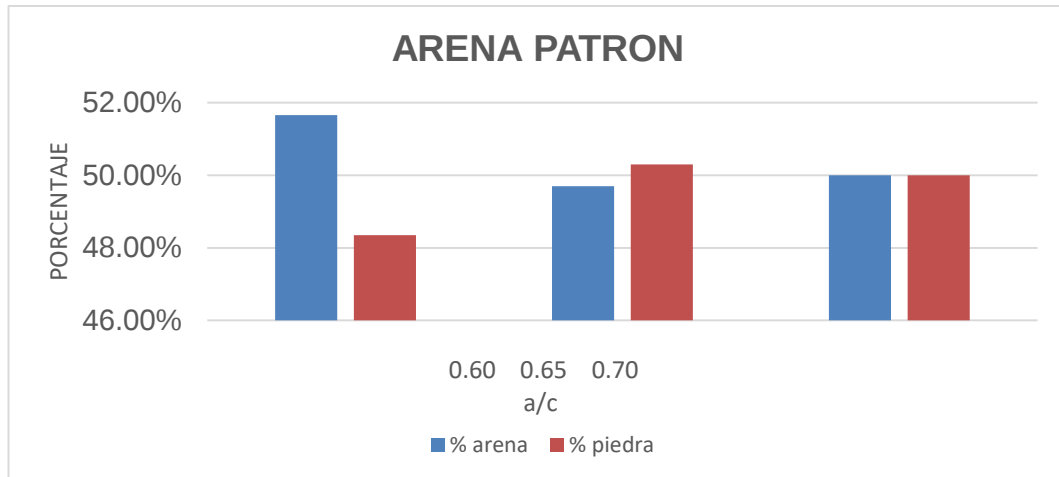
Relación $a/c = 0.70$

% de Arena	47%	50%	53%
Resistencia a la Compresión.	272.3	279.5	258.7
	275.2	284	275.4
	265.6	276.7	275.3
	254.3	271.6	269.2
	272.9	273.2	277.8
f'c Promedio	268.06	277.00	271.28



Relación $a/c = 0.70$	f'c prom	278.00 kg/cm2
	% arena	50.00 %

ARENA PATRÓN		
Relación a/c	% arena	% piedra
0.60	51.65%	48.35%
0.65	49.70%	50.30%
0.70	50.00%	50.00%



DISEÑOS DE CONCRETO

CONCRETO PATRÓN			
AGREGADO GLOBAL: $f^c=210\text{kg/cm}^2$, SLUMP 4"			
DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DEL MÉTODO DEL ANILLO			
Relación a/c	Agua (l/m ³)	% arena	% piedra
0.6	229.2	51.65%	48.35%
0.65	223.75	49.70%	50.30%
0.7	221	50.00%	50.00%

SLUMP		4"				
RELACION AGUA/CEMENTO	CEMENTO KG	AGUA LITROS	PIEDRA %	ARENA %	PIEDRA KG	ARENA KG
0.60	213.96		48.35	51.65		
0.65			50.30	49.70		
0.70			50.00	50.00		

CUADRO 5. 3. Resumen de los Diseños de Mezclas para el Concreto por agregado global, para a/c= 0.60, 0.65 y 0.70.									
a/c	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	V.AB. (m3)	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	LAB.(4"-8") 54 Kg		
0.6	Cemento	382	0.121	1	382	1	1	9.02	
	Agua	229.2	0.229	0.6	213.96	0.56		5.05	
	Arena	871.41	0.325	2.281	896.24	2.346		21.16	
	Piedra	791.38	0.304	2.072	794.94	2.081		18.77	
Asentamiento: 3.85 pulg.									
0.65	Cemento	344.23	0.109	1	344.23	1	1	8.12	
	Agua	223.75	0.224	0.65	208.95	0.607		4.93	
	Arena	861.74	0.322	2.503	886.3	2.575		20.91	
	Piedra	846.11	0.325	2.458	849.92	2.469		20.05	
Asentamiento: 4.20 pulg.									
0.7	Cemento	315.71	0.1	1	315.71	1	1	7.44	
	Agua	221	0.221	0.7	205.05	0.649		4.83	
	Arena	911.89	0.34	2.888	937.88	2.971		22.11	
	Piedra	828.14	0.319	2.623	831.87	2.635		19.61	
Asentamiento: 4.00 pulg.									

CUADRO 5. 4. Resumen de los Diseños de Mezclas para el Concreto por método del ACI, para $a/c = 0.60, 0.65$ y 0.70 .

a/c	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	V.AB. (m3)	D.U.S.	D.O. (kg)	D.U.O.	LAB.(4"-8") 54 Kg
0.6	Cemento	382	0.121	1	382	1	9.03
	Agua	229.2	0.229	0.6	215.32	0.564	5.09
	Arena	817.87	0.305	2.141	841.18	2.202	19.87
	Piedra	843.32	0.324	2.208	847.12	2.218	20.01
Asentamiento: 4.00 pulg.							
0.65	Cemento	352.62	0.112	1	352.62	1	8.35
	Agua	229.2	0.229	0.65	214.79	0.609	5.08
	Arena	842.87	0.315	2.39	866.89	2.458	20.52
	Piedra	843.32	0.324	2.392	847.12	2.402	20.05
Asentamiento: 4.25 pulg.							
0.7	Cemento	327.43	0.104	1	327.43	1	7.76
	Agua	229.2	0.229	0.7	214.33	0.655	5.08
	Arena	864.3	0.323	2.64	888.93	2.715	21.07
	Piedra	843.32	0.324	2.576	847.12	2.587	20.08
Asentamiento: 4.10 pulg.							

ANEXO 5: ENSAYO DE CONTRACCIÓN

Se usa en concepto: Solo se puede relacionar resultados o comparar adecuadamente concretos diferentes usando la misma prueba.

MÉTODO DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN

Concreto

Se harán dos diseños de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$:

- CONCRETO ACI: Método ACI, el cual será el concreto patrón.
- CONCRETO AGREGADO GLOBAL (A.G.): Método del agregado global.

Cada uno con tres proporciones de agua-cemento (a/c): 0.70, 0.65, 0.60.

Fueron seis diseños, tres de cada método:

Equipo

- Molde circular de acero, 16 unidades, conformado por dos elementos cilíndricos de acero rolado, para contener el concreto entre ambos.
Pintura de acabado con una capa de base anticorrosiva y dos de pintura esmalte.
- Base del molde de triplay fenólico de $\frac{3}{4}$ `` con tres capas de laca desmoldante.
- Varilla de acero liso de $\frac{5}{8}$ `` para chuceado con la punta redondeada.
- Martillo de goma.

Se usaron 16 moldes circulares de acero. El acabado elegido para los ensayos fue bajo el concepto de minimizar la adherencia entre los materiales y minimizar su interrelación o interferencia.

Metodología: procedimiento usado en el método del anillo de contracción y particularizado por observación de los vaceados preliminares

En las pruebas preliminares en el proceso de medición se observó que:

- 1) Antes de los vaciados, para minimizar la adherencia entre los materiales, se froto con un guaipe remojado en petróleo y escurrido para evitar excesos. Luego se dejó reposar para eliminar la posible presencia líquida del petróleo y la posible interferencia.
- 2) Colocación del concreto:
 - a) Se llenó el molde en tres capas de igual volumen.
 - b) Cada capa se compactó con 25 penetraciones con la varilla, distribuidos uniformemente.

- c) Se golpeó, ligeramente, 15 veces cada capa con el martillo de goma.
 - d) En la última capa se agregó la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
 - e) De ser el caso, se eliminó el sobrante empujando el material procurando no alterar el acabado obtenido solo por el chuceo y el golpe del martillo de goma.
 - f) De ser el caso, el faltante de concreto se completó con una porción de mezcla y se reservaron un mínimo de 5 golpes para este fin.
 - g) No se dio acabado a la superficie de concreto, sólo fue el acomodo del material con el chuceo y el golpe.
- 3) Se controló el tiempo para que no transcurra más de 15 minutos entre el final de la preparación de concreto y el vaciado de los anillos de concreto. Se vaciaron cuatro moldes por tanda. Mediante este procedimiento se logró el tiempo máximo para el llenado de los moldes.
 - 4) Se realizó la prueba del slump en cada ensayo y se verificó que no superara la desviación de 1/4" del diseño.
 - 5) Se prepararon dos (02) probetas de cada ensayo para evaluar la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.
 - 6) Las tandas se eligieron alternas, una de diseño del agregado global y la segunda del diseño ACI, para lograr la mayor similitud en las características ambientales para el proceso comparativo. Realizándose dos tandas de cada una por día de ensayo.
 - 7) Las condiciones ambientales durante los ensayos fueron las semejantes a las que se presentan en obra.
 - 8) Se tomará el inventario y medidas de las fisuras observadas.
 - 9) La aparición de las fisuras tempranas o en concreto en estado plástico se observó su aparición de inicio cerca de las 2 horas y culminaba antes de las 4.5 horas, luego de colocado el concreto en el molde. Las fisuras aparecidas posteriormente, no se han contabilizado. La razón es porque al no realizarse curado del concreto, aparecieron una serie de fisuras que no corresponden al objetivo de esta investigación. Las fisuras se incrementan en número y tipo después del fraguado del concreto.
 - 10) El concreto al no alcanzar el fraguado al momento de la aparición de las fisuras y su posible afectación por roce o riesgo de movimiento al momento

de la medición, sumada a la dificultad propia de la identificación correcta del tipo de fisura (asentamiento, por influencia del agregado, etc.) , obligó que la medida se realice: (1) identificando la fisura en el estado plástico, (2) tomar su medición sin dañar el concreto, (3) identificando correctamente si es fisura por contracción o no (las medidas muy pequeñas, microfisuras, no se encuentran definidas en este período), (4) la verificación de las medida, de la fisuras por contracción, se realizó después del período de 4.5 horas, pasadas las 12 horas del colocado del concreto en el molde.

En conclusión, las fisuras que se consideraron y midieron, son aquellas que se identificaron dentro del periodo de observación máximo de 4.5 horas después de colocado el concreto, y corresponden a las de denominadas: fisuras por contracción del concreto en el estado plástico.

La medición se realizó bajo las siguientes premisas:

- 1) Se tomaron las medidas de las fisuras de contracción que se extienden a lo ancho de molde y perpendicular al perímetro. Se midió el ancho o amplitud de la fisura, la cual se tomó en la zona de mayor abertura de esta.
- 2) Observando que el agregado grueso muy cercano, influido por la fisura de asentamiento no distorsione la medición. La fisura de contracción rodea al agregado y es visible antes y después del mismo.
- 3) La verificación de la medición final de las fisuras se hace entre 12 y 24 horas después del vaciado, sobre fisuras observadas durante las primeras cuatro horas, comprobando su definición y permanencia transcurrido el periodo de fraguado inicial del concreto. Se valida, de esta manera, el ancho o amplitud de la fisura en estado fraguado del concreto.
- 4) Se vuelve a medir del archivo digital.

* Los días y horas de preparación de las muestras, se supeditaron a la disponibilidad de los ambientes y equipos del laboratorio.

Identificación de las fisuras

Se identifican los siguientes tipos de fisuras (figura 1.B):

- 1) Fisuras por los agregados: Al quedar unidades de agregado grueso en la superficie, la pasta que lo rodea presenta un asentamiento o contracción, tratando de expulsar la pieza y fisurando el perímetro del agregado. Cuando la pieza está bien anclada en el concreto y sale una sección menor la contracción genera fisura de los bordes que son netamente por baja

adherencia y segregación del material (efecto del agua), estas son microfisuras no medibles, de textura lisa y brillante, cambiando luego a una textura pastosa (concreto de baja resistencia). Se ubican en cualquiera de las secciones del molde (1,2 o 3). Son apreciables en el estado seco del concreto.

- 2) Fisuras por asentamiento plástico: El concreto se contrae en altura, donde la principal restricción es el encofrado o molde perimétrico, que por adherencia entre los materiales y un pequeño diferencial de tiempos de fraguado entre los extremos y el centro genera la aparición de fisuras paralelas a las paredes del molde o encofrado. Se ubican con mayor frecuencia en la sección 1 y 3. (Figura 1.A)
- 3) Fisuras por exudación: La presencia de estas fisuras no ha sido relevante, dado que el concreto no ha presentado pérdidas visibles de agua, salvo en pequeñas depresiones al no tener acabado frotachado o pulido. Su textura es lisa y abrigantada. Sus dimensiones, que las calificaremos como tipo malla de araña por no tener regularidad en sentido, son microfisuras, no medibles, solo perceptibles en el estado seco del concreto.
- 4) Fisuras por contracción. Se presentan cuatro tipos de estas fisuras:
 - a) Fisuras al ancho total de la pieza concreto: es la fisura franca que va de la pared interior del molde a la pared exterior. Tiene como característica ser perpendicular a las paredes o puede avanzar rodeando un agregado grueso, pero sin perder la característica de perpendicularidad. la denominaremos fisura total.
 - b) Fisuras en la sección 1: se presentan el tercio exterior de la pieza,
 - c) Fisuras en la sección 2: se presenta en el tercio central de la pieza. esta fisura es la que más demora en su aparición.
 - d) Fisuras en la sección 3: Se presenta en el tercio interior de la pieza.

Las fisuras b, c y d tienden a incrementar su amplitud a toda la distancia entre las paredes de los moldes pasado el estado plástico, a pesar de no ser visibles en esta etapa, razón por lo que se observan y evalúan pasadas las 12 horas.

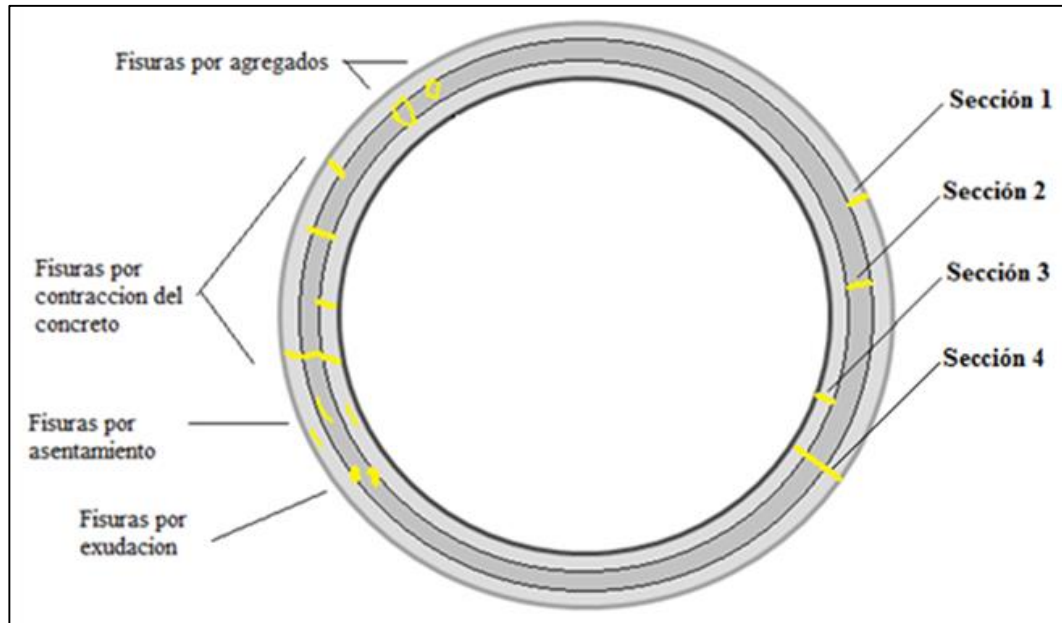


Figura 1.A. El espesor de cada sección de la figura N°1.A es un tercio de la separación entre los anillos. Sólo se tomarán en cuenta las fisuras por contracción.

Medición de la fisura

En cuanto al ancho de la fisura por contracción plástica, se establece como el ancho promedio máximo del sector de mayor amplitud, determinada visualmente en la sección que se presenta, mostrado en el esquema de fisuramiento, Figura N° 1.B

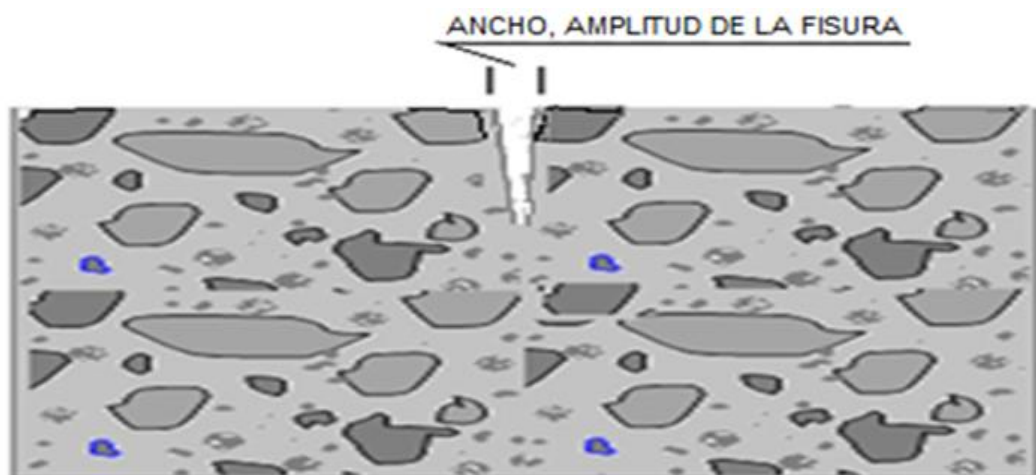


Figura 1.B. Ancho de la fisura.

RESULTADOS

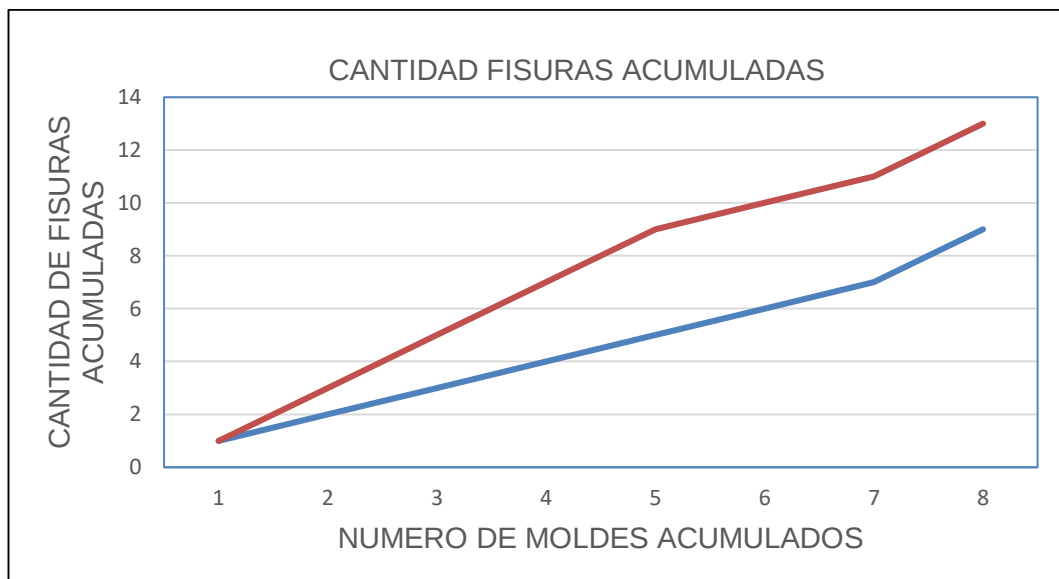
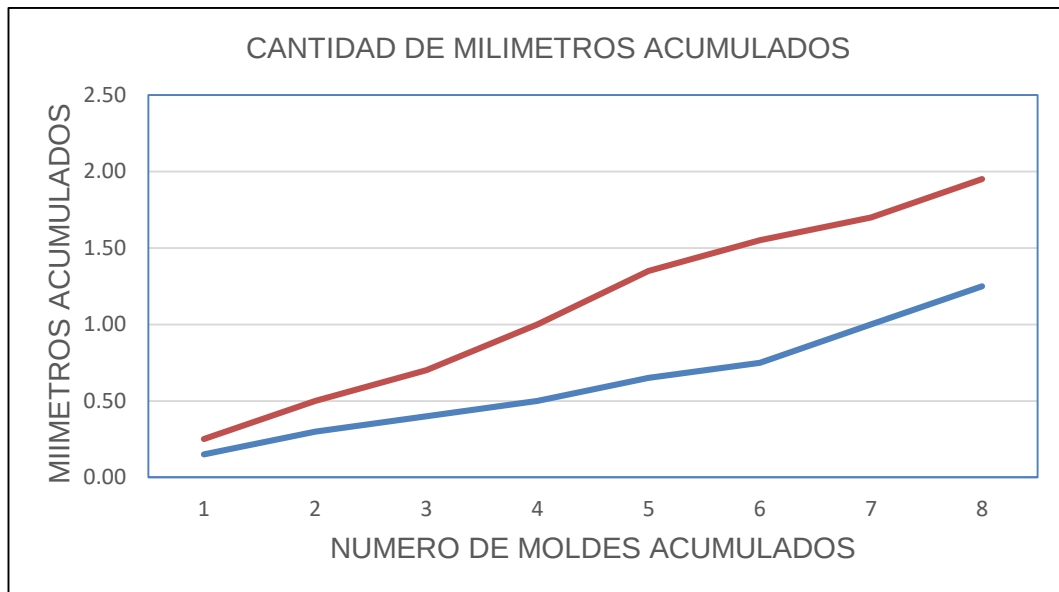
A.1 PRIMER ENSAYO ANILLO: TRAMO I – 4 TANDAS / 27-11-14

RELACIÓN $a/c=0.60$

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (en mm.)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.15				0.15	1	0.15
2	0.15				0.15	1	0.15
3	0.10				0.10	1	0.10
4	0.10				0.10	1	0.10
5	0.15				0.15	1	0.15
6	0.10				0.10	1	0.10
7	0.25				0.25	1	0.25
8	0.15	0.10			0.25	2	0.13
					1.25	9	0.14
ACI							
9	0.25				0.25	1	0.25
10	0.15	0.10			0.25	2	0.13
11	0.10	0.10			0.20	2	0.10
12	0.20	0.10			0.30	2	0.15
13	0.25	0.10			0.35	2	0.18
14	0.20				0.20	1	0.20
15	0.15				0.15	1	0.15
16	0.15	0.10			0.25	2	0.13
					1.95	13	0.16

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.15	0.25
0.30	0.50
0.40	0.70
0.50	1.00
0.65	1.35
0.75	1.55
1.00	1.70
1.25	1.95

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
1	1
2	3
3	5
4	7
5	9
6	10
7	11
9	13



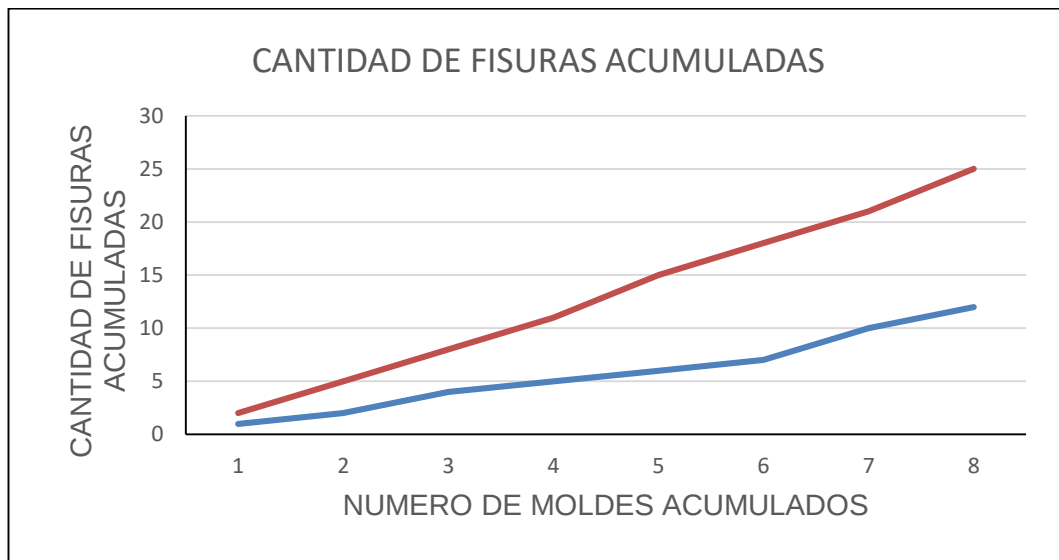
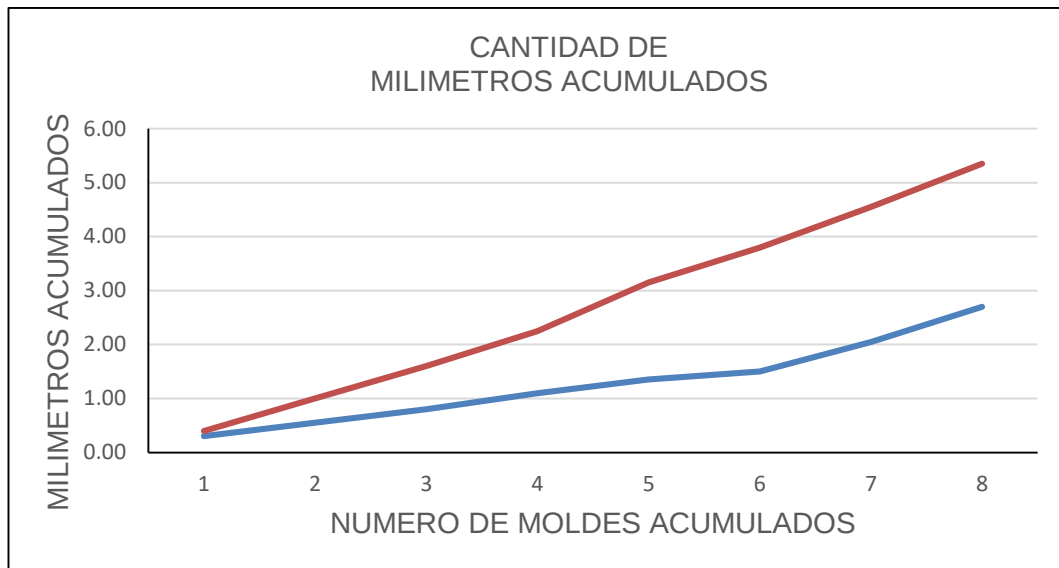
A.2 PRIMER ENSAYO ANILLO: TRAMO II – 4 TANDAS / 10-12-14

RELACIÓN $a/c=0.60$

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (en mm.)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.30				0.30	1	0.30
2	0.25				0.25	1	0.25
3	0.15	0.10			0.25	2	0.13
4	0.30				0.30	1	0.30
5	0.25				0.25	1	0.25
6	0.15				0.15	1	0.15
7	0.25	0.20	0.10		0.55	3	0.18
8	0.35	0.30			0.65	2	0.33
					2.70	12	0.24
ACI							
9	0.25	0.15			0.40	2	0.20
10	0.25	0.20	0.15		0.60	3	0.20
11	0.30	0.20	0.10		0.60	3	0.20
12	0.25	0.20	0.20		0.65	3	0.22
13	0.30	0.25	0.20	0.15	0.90	4	0.23
14	0.25	0.20	0.20		0.65	3	0.22
15	0.30	0.25	0.20		0.75	3	0.25
16	0.25	0.20	0.20	0.15	0.80	4	0.20
					5.35	25	0.21

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.30	0.40
0.55	1.00
0.80	1.60
1.10	2.25
1.35	3.15
1.50	3.80
2.05	4.55
2.70	5.35

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
1	2
2	5
4	8
5	11
6	15
7	18
10	21
12	25



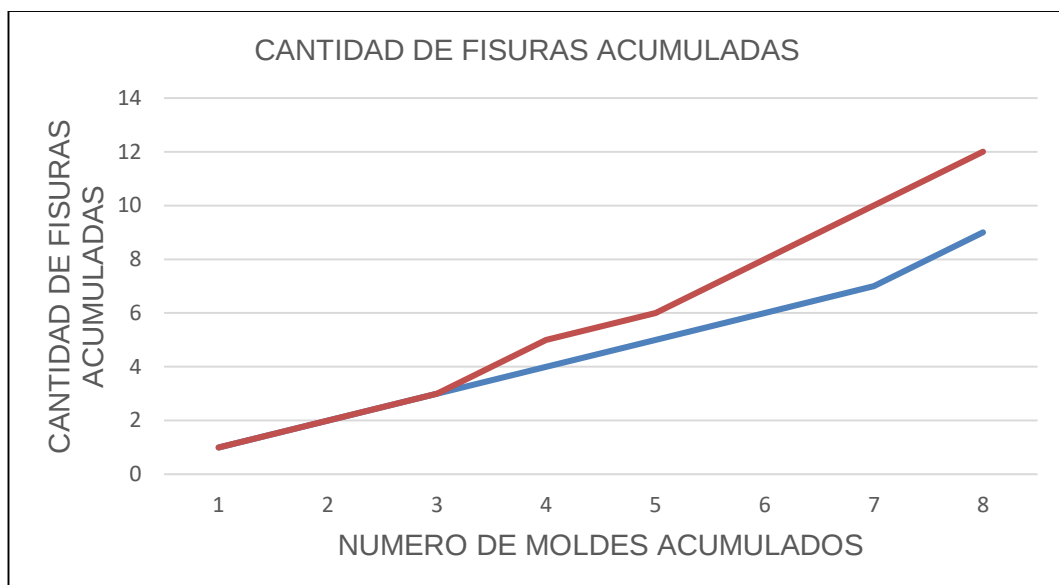
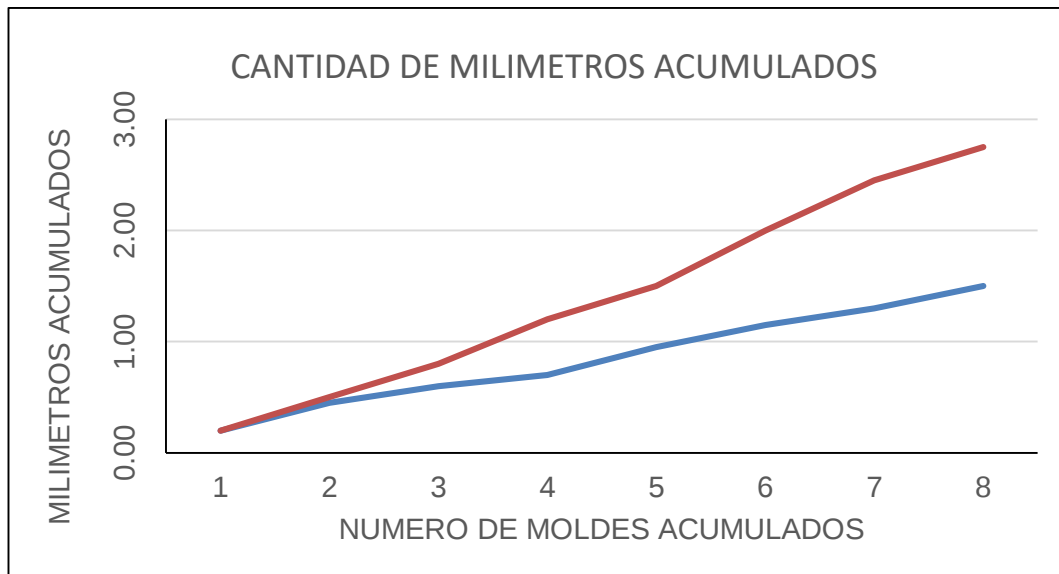
B.1 SEGUNDO ENSAYO ANILLO: TRAMO I – 4 TANDAS / 16-12-14

RELACIÓN $a/c=0.65$

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (mm.)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.20				0.20	1	0.20
2	0.25				0.25	1	0.25
3	0.15				0.15	1	0.15
4	0.10				0.10	1	0.10
5	0.25				0.25	1	0.25
6	0.20				0.20	1	0.20
7	0.15				0.15	1	0.15
8	0.10	0.10			0.20	2	0.10
					1.50	9	0.18
ACI							
9	0.20				0.20	1	0.20
10	0.30				0.30	1	0.30
11	0.30				0.30	1	0.30
12	0.20	0.20			0.40	2	0.20
13	0.30				0.30	1	0.30
14	0.25	0.25			0.50	2	0.25
15	0.25	0.20			0.45	2	0.23
16	0.15	0.15			0.30	2	0.15
					2.75	12	0.24

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.20	0.20
0.45	0.50
0.60	0.80
0.70	1.20
0.95	1.50
1.15	2.00
1.30	2.45
1.50	2.75

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
2	1
3	2
4	3
5	5
6	6
7	8
8	10
9	12



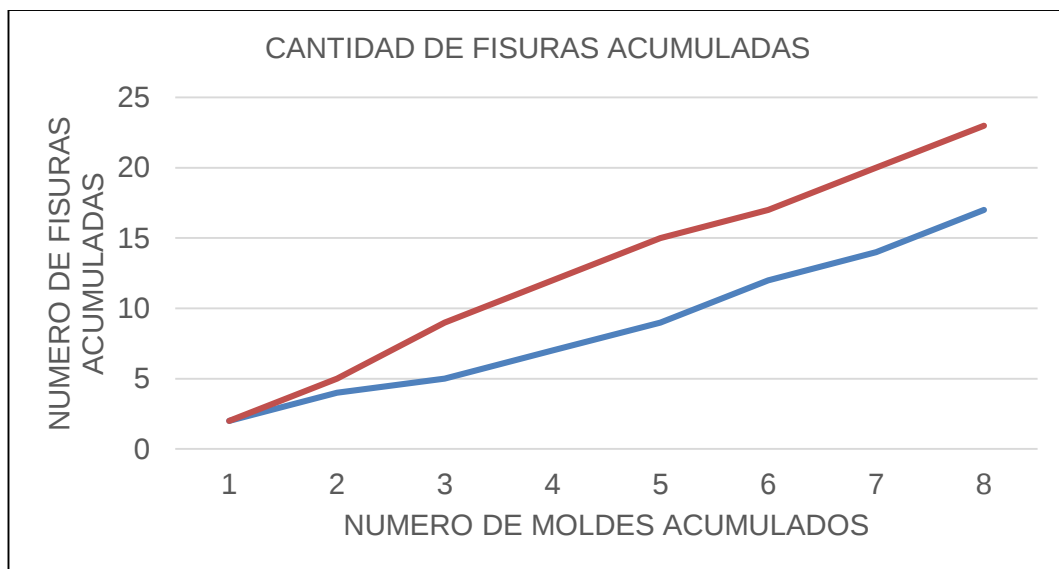
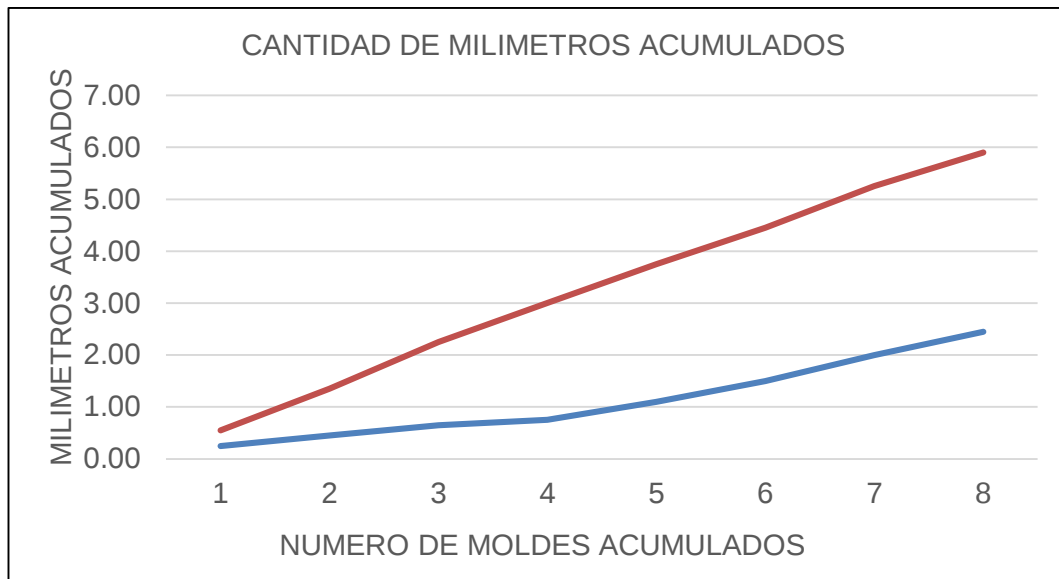
B.2 SEGUNDO ENSAYO ANILLO: TRAMO II – 4 TANDAS / 18-12-14

RELACIÓN $a/c=0.65$

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (mm.)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.15	0.10			0.25	2	0.13
2	0.10	0.10			0.20	2	0.10
3	0.20				0.20	1	0.20
4	0.20	0.10			0.10	2	0.05
5	0.20	0.15			0.35	2	0.18
6	0.15	0.15	0.10		0.40	3	0.13
7	0.30	0.20			0.50	2	0.25
8	0.20	0.15	0.10		0.45	3	0.15
					2.45	17	0.15
ACI							
9	0.40	0.15			0.55	2	0.28
10	0.35	0.35	0.10		0.80	3	0.27
11	0.30	0.25	0.25	0.10	0.90	4	0.23
12	0.35	0.25	0.15		0.75	3	0.25
13	0.40	0.25	0.10		0.75	3	0.25
14	0.35	0.35			0.70	2	0.35
15	0.30	0.30	0.20		0.80	3	0.27
16	0.30	0.25	0.10		0.65	3	0.22
					5.90	23	0.26

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.25	0.55
0.45	1.55
0.65	2.65
0.95	3.55
1.30	4.50
1.70	5.20
2.20	6.10
2.65	6.95

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
2	2
4	5
5	9
7	12
9	15
12	17
14	20
17	23



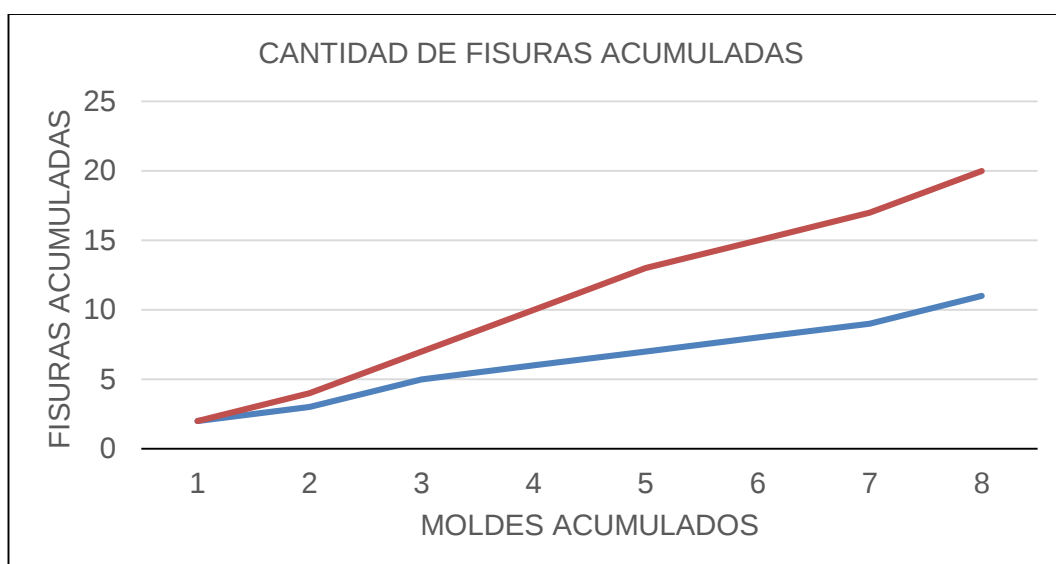
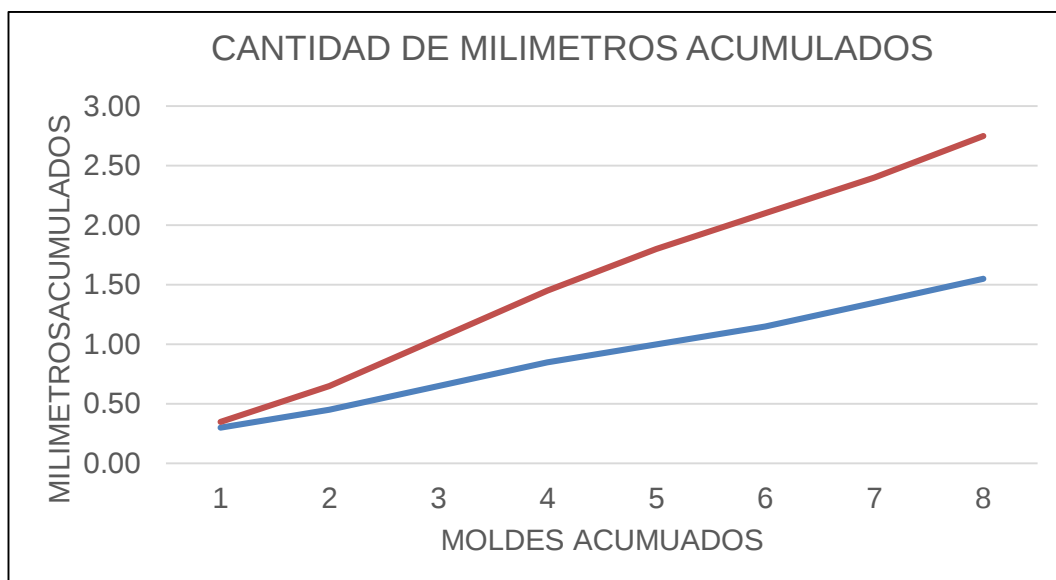
C.1 TERCER ENSAYO ANILLO: TRAMO I – 4 TANDAS / 23-12-14

RELACIÓN a/c=0.70

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (mm)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.20	0.10			0.30	2	0.15
2	0.15				0.15	1	0.15
3	0.10	0.10			0.20	2	0.10
4	0.20				0.20	1	0.20
5	0.15				0.15	1	0.15
6	0.15				0.15	1	0.15
7	0.20				0.20	1	0.20
8	0.10	0.10			0.20	2	0.10
					1.55	11	0.15
ACI							
9	0.20	0.15			0.35	2	0.18
10	0.20	0.10			0.30	2	0.15
11	0.20	0.10	0.10		0.40	3	0.13
12	0.15	0.15	0.10		0.40	3	0.13
13	0.15	0.10	0.10		0.35	3	0.12
14	0.20	0.10			0.30	2	0.15
15	0.15	0.15			0.30	2	0.15
16	0.10	0.10	0.15		0.35	3	0.12
					2.75	20	0.14

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.30	0.35
0.45	0.65
0.65	1.05
0.85	1.45
1.00	1.80
1.15	2.10
1.35	2.40
1.55	2.75

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
2	2
3	4
5	7
6	10
7	13
8	15
9	17
11	20



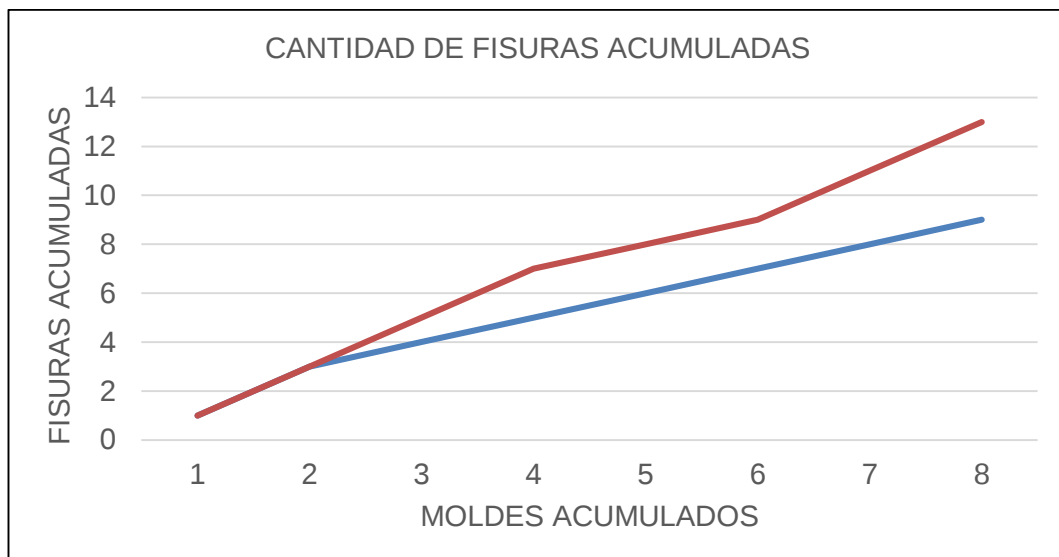
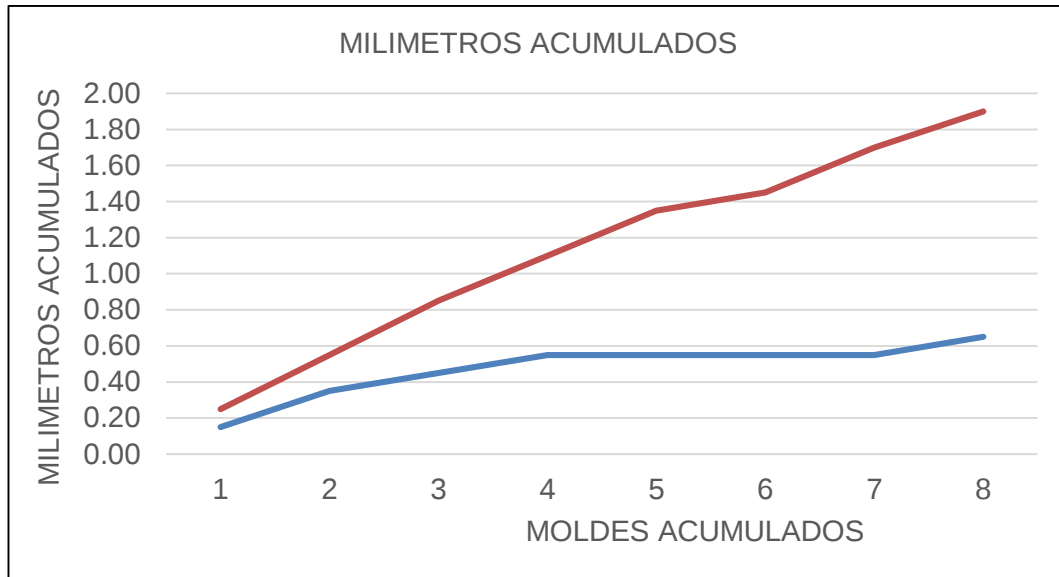
C.2 TERCER ENSAYO ANILLO: TRAMO II – 4 TANDAS / 29-12-14

RELACIÓN $a/c=0.70$

MOLDE	FISURAS OBSERVADAS (mm.)				ACUMULADO (mm.)	CANTIDAD DE FISURAS	PROMEDIO (mm.)
	1	2	3	4			
A.G.							
1	0.15				0.15	1	0.15
2	0.10	0.10			0.20	2	0.10
3	0.10				0.10	1	0.10
4	0.10				0.10	1	0.10
5	0.00				0.00	1	0.00
6	0.00				0.00	1	0.00
7	0.00				0.00	1	0.00
8	0.10				0.10	1	0.10
					0.65	9	0.07
ACI							
9	0.25				0.25	1	0.25
10	0.20	0.10			0.30	2	0.15
11	0.20	0.10			0.30	2	0.15
12	0.15	0.10			0.25	2	0.13
13	0.25				0.25	1	0.25
14	0.10				0.10	1	0.10
15	0.15	0.10			0.25	2	0.13
16	0.10	0.10			0.20	2	0.10
					1.90	13	0.16

MILIMETROS ACUMULADOS	
A.G.	ACI
0.15	0.25
0.35	0.55
0.45	0.85
0.55	1.10
0.55	1.35
0.55	1.45
0.55	1.70
0.65	1.90

FISURAS ACUMULADAS	
A.G.	ACI
1	1
3	3
4	5
5	7
6	8
7	9
8	11
9	13



Se observa que: los resultados de los ensayos muestran que el diseño A.G. presenta menor rango de apertura de fisuras y menor número de fisuras con respecto al diseño ACI.

Por lo tanto, el diseño del Agregado Global colabora en la reducción de la patología de las fisuras por contracción.

ANEXO 6: DETERMINACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD

Concreto en estado fresco: Es una suspensión concentrada de agregados en la pasta de concreto y está considerada un fluido viscoso no homogéneo en edad temprana tras su producción. El concreto para ser considerado como un fluido debe estar diseñado con un slump igual o superior a 4". Bajo este concepto se pueden tomar modelos reológicos para evaluarlo, por lo tanto, los datos obtenidos en la presente tesis, sirven de referencia para estudios posteriores.

DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO

Se realizaron pruebas para verificar la trabajabilidad del concreto en los moldes de anillo de contracción.

Se realizaron cuatro diseños previos con slump de 2", de 2 1/2" de 3" y de 4". Se evaluó la trabajabilidad en los anillos y se determinó el diseño con slump de 4" para la realización de los ensayos.

Los diseños previos, donde se hicieron sendas pruebas del anillo, permitieron determinar:

- 1) La trabajabilidad
- 2) El volumen de concreto que se podía colocar en un tiempo máximo de 15 minutos después de la preparación.
- 3) El procedimiento para enrase de la superficie del concreto y minimizar la afectación que presente fisuras por el exceso de acabado
- 4) La variación del slump aceptada para la prueba del anillo, fue de $\pm 1/2$ ". de ser mayor o menor se repitió el ensayo del cono, con el mismo protocolo inicial.

Especificaciones		Tolerancias ASTM C 94/C 94M NTP 339.114
Asentamiento nominal	2" (50 mm) y menos	$\pm 1/2$ " (15 mm)
	2" a 4" (50 mm a 100 mm)	± 1 " (25 mm)
	más de 4" (100 mm)	$\pm 1 1/2$ " (40 mm)
Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"	3" (75 mm) o menos	En exceso 0" (0 mm)
		En defecto 1 1/2" (40 mm)
	más que 3" (75 mm)	En exceso 0" (0 mm) En defecto 2 1/2" (65 mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)		30 min desde llegada a obra

Ensayo 1: Asentamiento 2"

- 1) ACABADO: poco frotachado.
- 2) Fue necesario presionar la superficie para rellenar vacíos excesivos superficiales y eliminar manualmente la piedra que no se hundió a pesar de los golpes a los moldes.
- 3) Quedó demasiado mortero superficial sin piedra producto del acabado excesivo.
- 4) Presencia de vacíos en la altura (lateral) del anillo al desencofrar.
apariencia superficial de acabado pulido al fraguar.



FOTO 5.1 Compactación, no se consigue



FOTO 5.2 acabado superficial duro

Ensayo 2: Asentamiento 3":

- 1) ACABADO: frotachado.
- 2) Fue necesario presionar la superficie para rellenar vacíos excesivos superficiales y eliminar piedra a pesar de los golpes a los moldes.
- 3) Quedó demasiado mortero sin piedra superficial por acabado excesivo necesario al eliminar piedra, presencia de vacíos en la altura (lateral) del anillo al desencofrar.
- 4) Apariencia superficial de acabado pulido al fraguar.



FOTO 5.3 Mucha presión para acabado



FOTO 5.4 acabado superficial duro

Ensayo 3: Asentamiento 4”:

- 1) ACABADO: sin frotachado, solo se golpearon los moldes
- 2) Se elimino el exceso de piedra superficial suelta.
- 3) Menor presencia de vacíos en la altura lateral del anillo.
- 4) Mejor colocación y acomodo del concreto en el molde.



FOTO 5.5 Acabado sin frotachar bueno



FOTO 5.6 Poca presencia de vacíos lateral

PRUEBAS DE ASENTAMIENTO REALIZADOS

Se realizó una prueba de asentamiento en cada tanda de concreto:

- Se prepararon cuatro moldes por tanda. Son 16 anillos por diseño.
- Son 6 diseños. Son 96 anillos en total.
- Se realizaron 24 pruebas del cono de Abrams. Los resultados de las pruebas estuvieron dentro de las tolerancias.

ANEXO 7: PROCEDIMIENTO DE TOMA DE DATOS DE LOS ENSAYOS TIEMPO DE APARICIÓN DE FISURAS, TIPO DE FISURAS, UBICACIÓN DE FISURAS.

Pruebas del anillo para la determinación del:

- TIEMPO APROXIMADO OBSERVADO DE APARICIÓN DE FISURAS: 02 horas con 05 minutos.
- PERIODO DE OBSERVADO DE ULTIMA FISURA: 04 horas con 10 minutos.
- TIPO FISURAS OBSERVABLES EN EL ESTADO PLÁSTICO: Contracción, asentamiento, exudación.
- OBSERVACIÓN DE SU EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO: pasadas las 12 horas para confirmar las fisuras y el tipo de fisura. Algunas fisuras no lograron definirse.
- DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE FISURAS para su verificación a las 12 horas posteriores.

OBSERVACIONES DE LOS ENSAYOS:

- a) Inicio tiempo de aparición y evolución de fisuras observado: entre las dos horas 05 minutos y las cuatro horas 10 minutos.
- b) Tiempo de evaluación del estado plástico promedio: tres horas treinta minutos desde el vaciado.
- c) La verificación de la medición de fisuras: mejor observación de su desarrollo es en el estado seco, habiéndolos ubicados en el estado plástico

PRUEBAS DEL ANILLO

Fotos en estado plástico desde la FOTO 1 hasta la FOTO 7. Son de ensayos previos a los ensayos para la tesis. Se observan para identificar las características del concreto y el procedimiento de control.

FOTOS DE PRUEBAS PRELIMINARES DEL MÉTODO DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN



FOTO 6.1 Fisura en estado plástico



FOTO 6.2 Fisura en formación vista lente



FOTO 6.3 Fisura en estado plástico



FOTO 6.4 Fisura en estado plástico



FOTO 6.5 Fisura en estado plástico



FOTO 6.6 Fisura en formación

**OBSERVACION PASADA LAS 12 HORAS DEL VACEADO: PARA
CONFIRMACION DE FISURAS OBSERVADAS EN EL ESTADO PLASTICO.**

Fotos en el estado seco o fraguado, pasadas las 12 horas de preparación del concreto. Identificación de fisuras y verificación de las observadas en estado plástico.



FOTO 6.7.



FOTO 6.8.



FOTO 6.9



FOTO 6.10.



FOTO 6.11



FOTO 6.12



FOTO 6.13



FOTO 6.14

Las marcas en los ensayos muestran una gran cantidad de fisuras que aparecen en el concreto fraguado. Se identificaron todas, pero las que se tomaron para la evaluación:

- Sólo fueron las fisuras de contracción
- Sólo las observadas que aparecieron en el estado plástico.

ANEXO 8: TOMA DE DATOS DEL ENSAYO ANILLO CONTRACCIÓN

7.1 RELACIÓN a/c = 0.60 - TRAMO I: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno -

27/11/14

RELACION a/c = 0.60 - TRAMO I - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 27/11/14									
ENSAYO AG.									
ENSAYO ACI									
CONDICIONES CLIMATICAS									
HORAS DE OBSERVACION: 4									
VERIFICA OBSERVACION									
ANCHO DE FISURA									
UBICACIÓN 1-2-3-4									
ANILLO									
1	4	0.15	V	27 NOV	09:38	20	69	1015	3
2	4	0.15	V	10:43	23	62	1015	1	
				11:48	26	60	1018	4	
				12:58	28	57	1019	7	
3	4	0.10	V	14:22	27	52	1020	3	
				16:00	27	64	1019	3	
				17:00	21	68	1019	4	
				18:00	21	68	1019	4	
4	4	0.10	V	08:22	20	69	1015	3	
				09:38	23	62	1015	1	
				11:48	26	60	1018	4	
				12:58	28	57	1019	7	
5	4	0.15	V	14:22	27	52	1020	3	
				16:00	27	64	1019	3	
				17:00	21	68	1019	4	
				18:00	21	68	1019	4	
6	4	0.10	V	08:22	20	69	1015	3	
				09:38	23	62	1015	1	
				11:48	26	60	1018	4	
				12:58	28	57	1019	7	
7	4	0.25	V	14:22	27	52	1020	3	
				16:00	27	64	1019	3	
				17:00	21	68	1019	4	
				18:00	21	68	1019	4	
8	4	0.15	V	06:12	20	69	1015	3	
				07:28	23	62	1015	1	
				08:44	26	60	1018	4	
				09:59	28	57	1019	7	
				11:25	27	52	1020	3	
				12:40	27	64	1019	3	
				13:55	21	68	1019	4	
				15:10	21	68	1019	4	
				16:25	21	68	1019	4	
				17:40	21	68	1019	4	
				18:55	21	68	1019	4	
				20:10	21	68	1019	4	
				21:25	21	68	1019	4	
				22:40	21	68	1019	4	
				23:55	21	68	1019	4	
				01:10	21	68	1019	4	
				02:25	21	68	1019	4	
				03:40	21	68	1019	4	
				04:55	21	68	1019	4	
				06:10	21	68	1019	4	
				07:25	21	68	1019	4	
				08:40	21	68	1019	4	
				09:55	21	68	1019	4	
				11:10	21	68	1019	4	
				12:25	21	68	1019	4	
				13:40	21	68	1019	4	
				14:55	21	68	1019	4	
				16:10	21	68	1019	4	
				17:25	21	68	1019	4	
				18:40	21	68	1019	4	
				19:55	21	68	1019	4	
				21:10	21	68	1019	4	
				22:25	21	68	1019	4	
				23:40	21	68	1019	4	
				00:55	21	68	1019	4	
				02:10	21	68	1019	4	
				03:25	21	68	1019	4	
				04:40	21	68	1019	4	
				05:55	21	68	1019	4	
				07:10	21	68	1019	4	
				08:25	21	68	1019	4	
				09:40	21	68	1019	4	
				10:55	21	68	1019	4	
				12:10	21	68	1019	4	
				13:25	21	68	1019	4	
				14:40	21	68	1019	4	
				15:55	21	68	1019	4	
				17:10	21	68	1019	4	
				18:25	21	68	1019	4	
				19:40	21	68	1019	4	
				20:55	21	68	1019	4	
				22:10	21	68	1019	4	
				23:25	21	68	1019	4	
				00:40	21	68	1019	4	
				01:55	21	68	1019	4	
				03:10	21	68	1019	4	
				04:25	21	68	1019	4	
				05:40	21	68	1019	4	
				06:55	21	68	1019	4	
				08:10	21	68	1019	4	
				09:25	21	68	1019	4	
				10:40	21	68	1019	4	
				11:55	21	68	1019	4	
				13:10	21	68	1019	4	
				14:25	21	68	1019	4	
				15:40	21	68	1019	4	
				16:55	21	68	1019	4	
				18:10	21	68	1019	4	
				19:25	21	68	1019	4	
				20:40	21	68	1019	4	
				21:55	21	68	1019	4	
				23:10	21	68	1019	4	
				00:25	21	68	1019	4	
				01:40	21	68	1019	4	
				02:55	21	68	1019	4	
				04:10	21	68	1019	4	
				05:25	21	68	1019	4	
				06:40	21	68	1019	4	
				07:55	21	68	1019	4	
				09:10	21	68	1019	4	
				10:25	21	68	1019	4	
				11:40	21	68	1019	4	
				12:55	21	68	1019	4	
				14:10	21	68	1019	4	
				15:25	21	68	1019	4	
				16:40	21	68	1019	4	
				17:55	21	68	1019	4	
				19:10	21	68	1019	4	
				20:25	21	68	1019	4	
				21:40	21	68	1019	4	
				22:55	21	68	1019	4	
				00:10	21	68	1019	4	
				01:25	21	68	1019	4	
				02:40	21	68	1019	4	
				03:55	21	68	1019	4	
				05:10	21	68	1019	4	
				06:25	21	68	1019	4	
				07:40	21	68	1019	4	
				08:55	21	68	1019	4	
				10:10	21	68	1019	4	
				11:25	21	68	1019	4	
				12:40	21	68	1019	4	
				13:55	21	68	1019	4	
				15:10	21	68	1019	4	
				16:25	21	68	1019	4	
				17:40	21	68	1019	4	
				18:55	21	68	1019	4	
				20:10	21	68	1019	4	
				21:25	21	68	1019	4	
				22:40	21	68	1019	4	
				23:55	21	68	1019	4	
				01:10	21	68	1019	4	
				02:25	21	68	1019	4	
				03:40	21	68	1019	4	
				04:55	21	68	1019	4	
				06:10	21	68	1019	4	
				07:25	21	68	1019	4	
				08:40	21	68	1019	4	
				09:55	21	68	1019	4	
				11:10	21	68	1019	4	
				12:25	21	68	1019	4	
				13:40	21	68	1019	4	
				14:55	21	68	1019	4	
				16:10	21	68	1019	4	
				17:25	21	68	1019	4	
				18:40	21	68	1019	4	
				19:55	21	68	1019	4	
				21:10	21	68	1019	4	
				22:25	21	68	1019	4	
				23:40	21	68	1019	4	
				00:55	21	68	1019	4	
				02:10	21	68	1019	4	
				03:25	21	68	1019	4	
				04:40	21	68	1019	4	
				05:55	21	68	1019	4	
				07:10	21	68	1019	4	
				08:25	21	68	1019	4	
				09:40	21	68	1019	4	
				10:55	21	68	1019	4	
				12:10	21	68	1019	4	
				13:25	21	68	1019	4	
				14:40	21	68	1019	4	
				15:55	21	68	1019	4	
				17:10	21	68	1019	4	
				18:25	21	68	1019	4	
				19:40	21	68	1019	4	
				20:55	21	68	1019	4	
				22:10	21	68	1019	4	
				23:25	21	68	1019	4	
				00:40	21	68	1019	4	
				01:55	21	68	1019	4	
				03:10	21	68	1019	4	
				04:25	21	68	1019	4	
				05:40	21	68	1019	4	
				06:55	21	68	1019	4	
				08:10	21	68	1019	4	
				09:25	21	68	1019	4	
				10:40	21	68	1019	4	
				11:55	21	68	1019	4	
				13:10	21	68	1019	4	
				14:25	21	68	1019	4	
				15:40	21	68	1019	4	
				16:55	21	68	1019	4	
				18:10	21	68	1019	4	
				19:25	21	68	1019	4	
				20:40	21	68	1019	4	

7.2 RELACIÓN a/c = 0.60 - TRAMO 2: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 10/12/14

RELACION a/c = 0.60 - TRAMO II - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 10/12/2014									
ENSAYO A.G.					ENSAYO A.C.I.				
HORAS DE OBSERVACION:					HORAS DE OBSERVACION:				
ANILLO	UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION	CONDICIONES CLIMÁTICAS					ANILLO
				HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO	
1	4	0.30	V	10.DIC	20	63	1018	5	9
				09.25	24	59	1020	4	
2	4	0.25	V	10.46	25	52	1020	4	10
				11.50	25	51	1020	4	
				12.51	25	51	1020	4	
				14.00	25	51	1019	3	
				15.00	24	53	1019	3	
3	4	0.15	V	16.00	24	53	1019	3	11
				17.00	23	55	1018	5	
				18.00	23	55	1018	5	
4	4	0.30	V	07.35 HORAS OBSERVACION					
				09.25 HORA DE VACEADO					
				10.46 HORA DE VACEADO					
5	4	0.25	V	10.DIC	25	52	1020	4	13
				11.50	25	51	1020	4	
				12.51	25	51	1020	4	
				14.00	25	51	1019	3	
				15.00	24	53	1019	3	
6	4	0.15	V	16.00	24	53	1019	3	14
				17.00	23	55	1018	5	
				18.00	21	62	1018	5	
				05.10 HORAS OBSERVACION					
				11.50 HORA DE VACEADO					
7	4	0.25	V	10.DIC	25	52	1020	4	15
				11.50	25	51	1020	4	
				12.51	25	51	1020	4	
				14.00	25	51	1019	3	
				15.00	24	53	1019	3	
8	4	0.35	V	16.00	24	53	1019	3	16
				17.00	23	55	1018	5	
				18.00	21	62	1018	5	
				05.09 HORAS OBSERVACION					
				12.51 HORA DE VACEADO					
				14.00	25	51	1019	3	
				15.00	24	53	1019	3	
				16.00	24	53	1019	3	
				17.00	23	55	1018	5	
				18.00	21	62	1018	5	
				05.09 HORAS OBSERVACION					
				12.51 HORA DE VACEADO					
				14.00	25	51	1019	3	
				15.00	24	53	1019	3	
				16.00	24	53	1019	3	
				17.00	23	55	1018	5	
				18.00	21	62	1018	5	

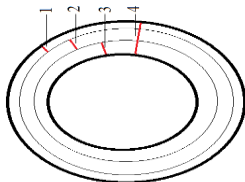
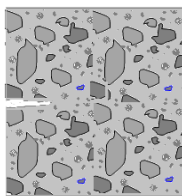
7.3 RELACIÓN a/c = 0.65 - TRAMO 1: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 16/12/14

RELACION a/c = 0.65 - TRAMO 1 - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 16/12/14									
ENSAYO AG.									
HORAS DE OBSERVACION: 4		CONDICIONES CLIMATICAS							
ANILLO	UBICACIÓN 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION		HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO
1	4	0.20	V	16DIC					
					09:45	22	58	1018	3
2	4	0.25	V		10:50	24	56	1018	3
					11:39	25	55	1020	4
3	4	0.15	V		12:51	27	49	1020	3
					14:00	27	49	1020	3
4	4	0.10	V		15:00	27	51	1019	2
					16:00	26	51	1019	2
					17:00	25	53	1019	3
07:15 HORAS OBSERVACION									
09:45 HORA DE VACEADO									
5	4	0.25	V	16DIC					
					11:39	25	55	1020	4
6	4	0.20	V		12:51	27	49	1020	3
					14:00	27	49	1020	3
					15:00	27	51	1019	2
7	4	0.15	V		16:00	26	51	1019	2
					17:00	25	53	1019	3
8	4	0.10	V						
	2	0.10	V		05:21 HORAS OBSERVACION				
					11:39 HORA DE VACEADO				
05:21 HORAS OBSERVACION									
11:39 HORA DE VACEADO									
07:15 HORAS OBSERVACION									
09:45 HORA DE VACEADO									
9	4	0.25	V	16DIC					
					11:39	25	55	1020	4
10	4	0.25	V		12:51	27	49	1020	3
					14:00	27	49	1020	3
11	4	0.30	V		15:00	27	51	1019	2
					16:00	26	51	1019	2
12	4	0.20	V		17:00	25	53	1019	3
06:10 HORAS OBSERVACION									
10:50 HORA DE VACEADO									
13	4	0.30	V	16DIC					
					12:51	27	49	1020	3
14	4	0.25	V		14:00	27	49	1020	3
					15:00	27	51	1019	2
	3	0.25			16:00	26	51	1019	2
15	4	0.25	V		17:00	25	53	1019	3
					18:00	25	53	1019	3
16	4	0.15	V						
	1	0.15	V		05:09 HORAS OBSERVACION				
					12:51 HORA DE VACEADO				
ENSAYO ACI									
HORAS DE OBSERVACION: 4		CONDICIONES CLIMATICAS							
ANILLO	UBICACIÓN 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION		HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO
9	4	0.20	V	16DIC					
					10:50	24	56	1018	3
					11:39	25	55	1020	4
10	4	0.30	V		12:51	27	49	1020	3
					14:00	27	49	1020	3
11	4	0.30	V		15:00	27	51	1019	2
					16:00	26	51	1019	2
12	4	0.20	V		17:00	25	53	1019	3

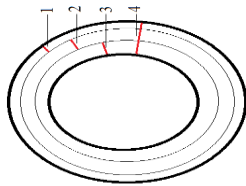
7.4 RELACIÓN a/c = 0.65 - TRAMO 2: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 18/12/14

RELACION a/c = 0.65 - TRAMO II - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 18/12/2014																																		
ENSAYO AG.																																		
ANILLO	HORAS DE OBSERVACION: 4		CONDICIONES CLIMATICAS				VERIFICA OBSERVACION	HORAS DE OBSERVACION: 4		CONDICIONES CLIMATICAS																								
	UBICACION DE LA MEDICION 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA		VIENTO	ANILLO	UBICACION 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO																	
1	4	0.15	V	18.DIC	28	56	1019	4	11.50	29	50	1021	3	13.46	29	48	1019	3																
																			1	0.10	V	12.50	29	50	1021	3								
																											2	0.10	V	13.46	29	48	1019	3
2	0.10	V	16.00	26	52	1019	3																											
								2	0.10	V	17.00	25	54	1018	4																			
																4	0.20	V	18.00	23	56	1018	5											
																								5	0.20	V	19.00	21	61	1019	5			
3	4	0.20	V	19.00	21	61	1019	5																										
									07:10 HORAS OBSERVACION	11:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	48	1019	3																			
																13.46	29	51	1019	4														
																					14.51	29	51	1019	4									
4	4	0.20	V	16.00	26	52	1019	3																										
									17.00	25	54	1018	4																					
														18.00	23	56	1018	5																
																			19.00	21	61	1019	5											
5	4	0.20	V	18.DIC	29	48	1019	3																										
									13.46	29	51	1019	4																					
														14.51	29	51	1019	4																
																			16.00	26	52	1019	3											
6	4	0.15	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	21	61	1019	5																
																			05:14 HORAS OBSERVACION	13:46 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	48	1019	3									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
7	4	0.30	V	16.00	26	52	1019	3																										
									17.00	25	54	1018	4																					
														18.00	23	56	1018	5																
																			19.00	21	61	1019	5											
8	4	0.20	V	18.DIC	29	48	1019	3																										
									13.46	29	51	1019	4																					
														14.51	29	51	1019	4																
																			16.00	26	52	1019	3											
9	4	0.15	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	21	61	1019	5																
																			04:09 HORAS OBSERVACION	14:51 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
10	4	0.35	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
11	4	0.35	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4										
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
12	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
13	4	0.40	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
14	4	0.35	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
15	4	0.30	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
16	4	0.30	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
17	4	0.35	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
18	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
19	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
20	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
21	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
22	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
23	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
24	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
25	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
26	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
27	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
28	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
29	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
30	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
31	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1019	5																
																			06:10 HORAS OBSERVACION	12:50 HORA DE VACEADO	18.DIC	29	51	1019	4									
13.46	29	51	1019	4																														
					14.51	29	51	1019	4																									
32	4	0.25	V	17.00	25	54	1018	4																										
									18.00	23	56	1018	5																					
														19.00	22	61	1																	

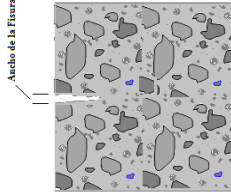
7.5 RELACIÓN a/c = 0.70 - TRAMO 1: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 23/12/14

RELACION a/c = 0.70 - TRAMO 1 - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 23/12/2014 - 26/12/2014																		
ENSAJO AG.																		
HORAS DE OBSERVACION: 4				CONDICIONES CLIMATICAS														
ANILLO				HORA				TEMPERATURA				HUMEDAD RELATIVA		PRESION ATMOSFERICA		VIENTO		
UBICACION DE LA MEDICION 1-2-3-4				ANCHO DE FISURA				A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION										
1				4	0.20	V	23.DIC	13:25	26	54	1020	3						
				1	0.10	V	13:25	26	55	1017	2							
2				4	0.15	V	15:10	26	55	1017	3							
							15:55	26	55	1018	4							
3				4	0.10	V	17:00	25	57	1018	4							
							18:00	24	60	1018	5							
4				0.10	V	18:00	24	60	1018	5								
				0.10	V	19:00	23	60	1017	5								
4				4	0.20	V	05:35 HORAS OBSERVACION	10:50	24	56	1020	3						
							13:25 HORA DE VACEADO	15:20	26	52	1019	2						
5				4	0.15	V	26.DIC											
							10:50	24	56	1020	3							
							11:55	26	55	1020	2							
							13:00	26	52	1019	2							
6				4	0.15	V	14:00	26	52	1019	2							
							15:00	26	53	1018	3							
							16:00	25	53	1018	3							
7				4	0.20	V	17:00	25	54	1018	4							
							18:00	24	55	1018	4							
8				4	0.10	V	06:10 HORAS OBSERVACION	10:50	24	55	1018	4						
				1	0.10	V	10:50 HORA DE VACEADO											
ENSAJO ACI																		
HORAS DE OBSERVACION: 4				CONDICIONES CLIMATICAS														
ANILLO				HORA				TEMPERATURA				HUMEDAD RELATIVA		PRESION ATMOSFERICA		VIENTO		
UBICACION 1-2-3-4				ANCHO DE FISURA				A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION										
9				4	0.20	V	23.DIC	14:25	26	55	1017	2						
				4	0.15	V	15:10	26	55	1017	3							
10				4	0.20	V	15:55	26	55	1018	4							
				4	0.10	V	17:00	25	57	1018	4							
11				4	0.20	V	18:00	24	60	1018	5							
				4	0.10	V	19:00	23	60	1017	5							
				1	0.10	V												
12				4	0.15	V	04:35 HORAS OBSERVACION	10:50										
				2	0.15	V	14:25 HORA DE VACEADO	15:20										
				2	0.10	V												
13				4	0.15	V	26.DIC											
				4	0.10	V	11:55	26	55	1020	2							
				2	0.10	V	13:00	26	52	1019	2							
14				4	0.20	V	14:00	26	52	1019	2							
				4	0.10	V	15:00	26	53	1018	3							
				4	0.10	V	16:00	25	53	1018	3							
							17:00	25	54	1018	4							
15				4	0.15	V	18:00	24	55	1018	4							
				4	0.15	V												
16				4	0.10	V	05:05 HORAS OBSERVACION	11:55 HORA DE VACEADO										
				4	0.10	V												
				3	0.15	V												
MEDICION DE LA FISURA																		
UBICACIÓN DE MEDICION DE LA FISURA																		
																		
MEDICION DE LA FISURA																		
																		
ESPECIFICACIONES																		
Tolerancias ASTM C 94/C 94M NTP 339.114																		
2" (50 mm) y menos ± 1/2" (15 mm)																		
2" a 4" (50 mm a 100 mm) ± 1" (25 mm)																		
Asentamiento nominal más de 4" (100 mm) ± 1 1/2" (40 mm)																		
TIEMPO DE ENSAYO 4:30 HORAS																		
DISEÑO a/c 0.70																		
SLUMP ACI 4.10																		
SLUMP AG. 4.00																		

UBICACION DE MEDICION DE LA FISURA



MEDICION DE LA FISURA



ENSAYOS AG.	TANDA 1	TANDA 2
FECHA	23/12/2014	23/12/2014
MOLDES DEL 9 AL 12		
HORA INICIO ENSAYO	13:25	14:25
HORA FIN ENSAYO	17:55	18:55
CANTIDAD DE ANILLOS	4	4
CONO DE ABRAHAMS	3.58	4.12

ENSAYOS AG.	TANDA 3	TANDA 4
FECHA	26/12/2014	26/12/2014
MOLDES DEL 5 AL 8		
HORA INICIO ENSAYO	10:50	11:55
HORA FIN ENSAYO	15:20	16:25
CANTIDAD DE ANILLOS	4	4
CONO DE ABRAHAMS	4	4.12

Especificaciones		Tolerancias
ASTM C 94/C 94M		NTP 339.114
Asentamiento nominal		± 1/2" (15 mm)
2" a 4" (50 mm a 100 mm)		± 1" (25 mm)
más de 4" (100 mm)		± 1 1/2" (40 mm)

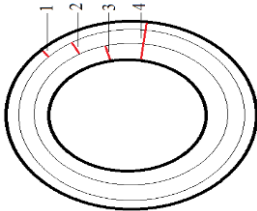
DISENO	8/c	0.70
SLUMP	ACI	4.10
SLUMP	AG	4.00

TEMPO DE ENSAYO	4:30 HORAS
-----------------	------------

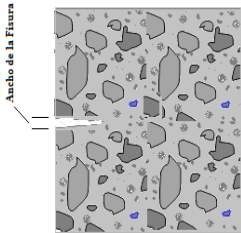
7.6 RELACIÓN a/c = 0.70 - TRAMO 2: 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 29/12/14

RELACION a/c = 0.70 - TRAMO II - 4 TANDAS de 4 ensayos cada uno - 29/12/2014																			
ENSAYO AG.										ENSAYO ACI									
HORAS DE OBSERVACION: 4				CONDICIONES CLIMATICAS				HORAS DE OBSERVACION: 4				CONDICIONES CLIMATICAS							
ANILLO	UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO	ANILLO	UBICACIÓN 1-2-3-4	ANCHO DE FISURA	A LAS 24 HORAS SE VERIFICA OBSERVACION	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESION ATMOSFERICA	VIENTO		
1	4	0.15	V	29 DIC	09:35	22	54	1018	4	9	4	0.25	V	29 DIC	10:25	26	54	1018	3
2	4	0.10	V	10:25	26	54	1018	3	10	4	0.20	V	12:00	27	53	1020	2		
	1	0.10	V	12:00	27	53	1020	2		4	0.10	V	13:00	28	50	1020	2		
3	4	0.10	V	13:00	28	50	1020	2					14:00	28	50	1020	2		
				14:00	28	50	1020	2	11	4	0.20	V	15:00	27	51	1019	2		
				15:00	27	51	1019	2		4	0.10	V							
4	4	0.10	V						12	4	0.15	V							
										2	0.10	V							
5	0.00	V	05:25 HORAS OBSERVACION										04:35 HORAS OBSERVACION						
			09:35 HORA DE VACEADO										10:25 HORA DE VACEADO						
6	0.00	V	29 DIC	11:35	27	53	1017	3	13	4	0.25	V	29 DIC	12:48	28	53	1019	3	
			11:35	27	53	1017	3						12:48	28	53	1019	2		
7	0.00	V	12:48	28	53	1019	3		14	4	0.10	V	14:00	28	53	1019	2		
			14:00	28	53	1019	2						15:00	27	53	1019	2		
8	0.00	V	15:00	27	53	1019	2		15	4	0.15	V	16:00	27	53	1018	2		
			16:00	27	53	1018	2						16:50	26	55	1018	4		
			16:50	26	55	1018	4			4	0.10	V	17:30	24	59	1018	4		
			17:30	24	59	1018	4		16	4	0.10	V							
										4	0.10	V							
9	0.00	V	05:55 HORAS OBSERVACION										04:42 HORAS OBSERVACION						
			11:35 HORA DE VACEADO										12:48 HORA DE VACEADO						

UBICACIÓN DE MEDICION DE LA FISURA



MEDICION DE LA FISURA



ENSAYOS AG.		TANDA 1	
FECHA	29/12/2014	MOLDES DEL 1 AL 4	09:35
HORA INICIO ENSAYO	14:05	HORA FIN ENSAYO	14:05
CANTIDAD DE ANILLOS	4	CONO DE ABRAHAM	4

ENSAYOS ACI		TANDA 2	
FECHA	29/12/2014	MOLDES DEL 9 AL 12	10:25
HORA INICIO ENSAYO	14:55	HORA FIN ENSAYO	14:55
CANTIDAD DE ANILLOS	4	CONO DE ABRAHAM	4

FECHA		29/12/2014 TANDA 3	
MOLDES DEL 5 AL 8	11:35	HORA INICIO ENSAYO	16:05
HORA FIN ENSAYO	16:05	CANTIDAD DE ANILLOS	4
CONO DE ABRAHAM	4		

FECHA		29/12/2014 TANDA 4	
MOLDES DEL 13 AL 16	12:48	HORA INICIO ENSAYO	17:18
HORA FIN ENSAYO	17:18	CANTIDAD DE ANILLOS	4
CONO DE ABRAHAM	4		

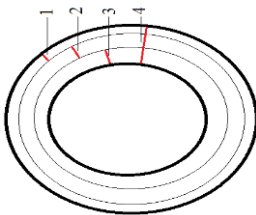
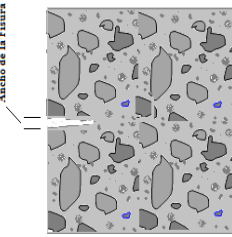
Tolerancias	
ASTM C 94/C 94M	
NTP 339.114	
2" (50 mm) y menos	± 1/2" (15 mm)
2" a 4" (50 mm a 100 mm)	± 1" (25 mm)
más de 4" (100 mm)	± 1 1/2" (40 mm)

Especificaciones	
Tolerancias	
ASTM C 94/C 94M	
NTP 339.114	
2" (50 mm) y menos	± 1/2" (15 mm)
2" a 4" (50 mm a 100 mm)	± 1" (25 mm)
más de 4" (100 mm)	± 1 1/2" (40 mm)

TIEMPO DE ENSAYO	
4:30 HORAS	

DISEÑO a/c	
0.70	
SLUMP ACI	
4.10	
SLUMP A.G.	
4.00	

Nota: La ubicación de la fisura en el anillo sirvió para su medición y ubicación posterior.

UBICACIÓN DE MEDICIÓN DE LA FISURA				MEDICIÓN DE LA FISURA			
							
ENSAYOS AG.				ENSAYOS ACI			
FECHA 29/12/2014				FECHA 29/12/2014			
MOLDES DEL 1 AL 4				MOLDES DEL 9 AL 12			
HORA INICIO ENSAYO 09:35				HORA INICIO ENSAYO 10:25			
HORA FIN ENSAYO 14:05				HORA FIN ENSAYO 14:55			
CANTIDAD DE ANILLOS 4				CANTIDAD DE ANILLOS 4			
CONO DE ABRAHAMS 4				CONO DE ABRAHAMS 4.1/8			
FECHA 29/12/2014 TANDA 3				FECHA 29/12/2014 TANDA 4			
MOLDES DEL 5 AL 8				MOLDES DEL 13 AL 16			
HORA INICIO ENSAYO 11:35				HORA INICIO ENSAYO 12:48			
HORA FIN ENSAYO 16:05				HORA FIN ENSAYO 17:18			
CANTIDAD DE ANILLOS 4				CANTIDAD DE ANILLOS 4			
CONO DE ABRAHAMS 4				CONO DE ABRAHAMS 4.1/8			
Especificaciones				Tolerancias			
ASTM C 94/C 94M				NTP 339.114			
Asentamiento nominal				± 1/2" (15 mm)			
2" a 4" (50 mm a 100 mm)				± 1" (25 mm)			
más de 4" (100 mm)				± 1 1/2" (40 mm)			
DISEÑO a/c 0.70				TEMPO DE ENSAYO 4:30 HORAS			
SLUMP A.G. 4.00							

ANEXO 9: ROTURA DE PROBETAS

RELACION	a/c = 0.60	kg/cm2
TRAMO I	4 TANDAS	27/11/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	4/12/2014	26/12/2014
AG	346.5	402.8
AG	343.9	423.3
ACI	334.7	361.5
ACI	297.1	381.5
TRAMO II	4 TANDAS	10/12/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	17/12/2014	7/01/2014
AG	348.4	438.3
AG	316.6	411.8
ACI	318.2	362.6
ACI	321.3	371.2
RELACION	a/c = 0.65	kg/cm2
TRAMO I	4 TANDAS	16/12/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	23/12/2014	15/01/2014
AG	281.3	393.6
AG	342.1	369.5
ACI	233.4	293.5
ACI	299.7	342.5
TRAMO II	4 TANDAS	18/12/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	26/12/2014	15/01/2014
AG	307.3	321.3
AG	310.8	348.4
ACI	264.4	318.2
ACI	252.1	316.6
RELACION	a/c = 0.70	kg/cm2
TRAMO I	4 TANDAS	23/12/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	30/12/2014	20/01/2014
AG	228.2	310.8
AG	249.1	307.3
ACI	205.3	251.0
ACI	248.8	252.1
TRAMO II	4 TANDAS	29/12/2014
	7 DIAS	28 DIAS
	5/01/2015	26/01/2015
AG	205.6	327.5
AG	205.2	325.0
ACI	254.9	300.9
ACI	200.5	264.4

ANEXO 10: ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ÍNDICE

1. ÁREAS DE TRABAJO.
2. EQUIPOS UTILIZADOS.
3. ALMACENAJE DE AGREGADOS.
4. PRODUCCIÓN Y PRUEBAS DEL CONCRETO.
 - 4.1 PREPARACIÓN DEL CONCRETO.
 - 4.2 PRUEBAS DE TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO.
 - 4.3 DELMOLDAJE, IDENTIFICACIÓN, CURADO DE PROBETAS.
 - 4.4 TOMA DE MEDIDAS DE PROBETAS.
 - 4.5 PRUEBAS DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO.
5. PRUEBA DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN.
 - 5.1 ENSAYOS DISEÑOS PRELIMINARES.

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

1.0 ÁREA DE TRABAJO

1.1 INTERIOR: Área de producción del concreto, elaboración de probetas para diseños, desmoldaje e identificación, zona equipos para pruebas de laboratorio.



FOTO 1.1 Área interior laboratorio



FOTO 1.2 Área interior laboratorio

1.2 EXTERIOR. Área de almacenaje, producción de pruebas del método del Anillo, poza de curado.



FOTO 1.3 Poza curado de Probetas



FOTO 1.4 Área de pruebas

2.- EQUIPOS UTILIZADOS



FOTO 2.1 Mezcladora (120 kg)



FOTO 2.2 Moldes prueba del anillo

EQUIPO CONTENIDO DE HUMEDAD: La determinación del contenido de humedad se obtuvo en el horno eléctrico y la verificación del contenido de humedad por día de prueba, se realizó mediante el secado en cocinilla y luego homogenizado en el horno por dos horas.



FOTO 2.3 Secador Cocinilla



FOTO 2.4 Horno de secado



FOTO 2.5 Y 2.6 Las balanzas de campo utilizadas



FOTO 2.7 Equipo meteorológico

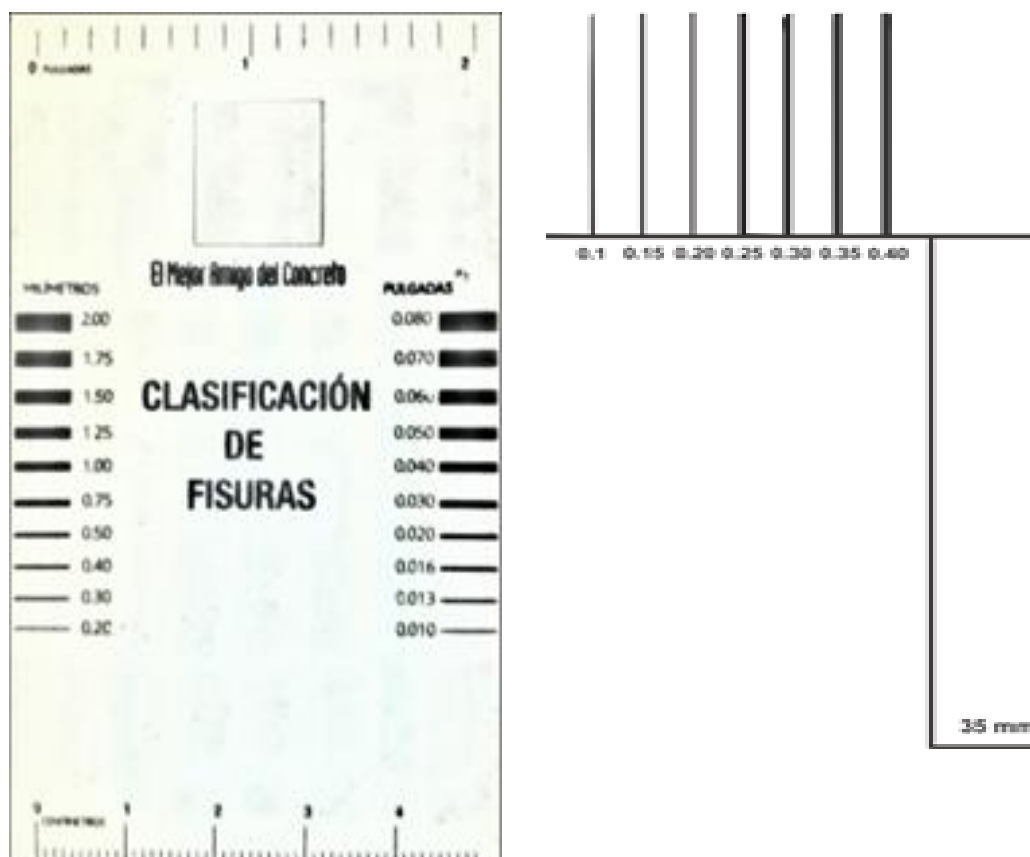


FOTO 2.8 Fisurómetro físico y de computadora (digital).



FOTO 2.9 y 2.10 Uso del fisurómetro de computadora para las medidas finales de fisuras

Los fisurómetros físicos proporcionado por una distribuidora nacional eran de cartón y se usaron referencialmente por su poca duración al ser concreto fresco el evaluado, se optó por validar el fisurómetro digital.

3.0 ALMACENAJE DE AGREGADOS Y CEMENTO

Agregado preparado para almacenar (mezclado, cuarteado, embolsado): Para obtener una granulometría constante y preservar condiciones estables de humedad.



FOTO 3.1 Mezcla, cuarteo, pesaje



FOTO 3.2 Mezcla, cuarteo, pesaje



FOTO 3.3. Cemento, Preservado



FOTO 3.4. Cemento cubierto con 2 mantas plástica y en 2 bolsas plásticas selladas

4.0 PRODUCCIÓN Y PRUEBAS DEL CONCRETO



FOTO 4.1. Mezcladora en proceso



FOTO 4.2. Vaciado de la mezcla

4.1 PRUEBAS DE TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO

Cono de Abraham: determinación del Slump o prueba de revenimiento



FOTO 4.3. Cono de Abrahams



FOTO 4.5. Medida del Slump

4.2 DELMOLDAJE, IDENTIFICACIÓN, CURADO DE PROBETAS



FOTO 4.6 Zona de vaciado



FOTO 4.7 Probetas de diseño



FOTO 4.8 Deslomoldaje de probetas



FOTO 4.9 Identificación para curado



FOTO 4.10 Curado de probetas

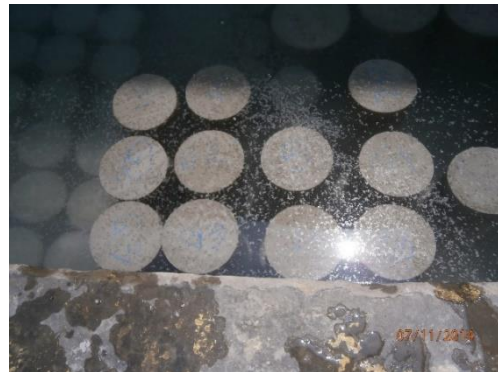


FOTO 4.11 Curado de probetas

4.3 TOMA DE DATOS DE PROBETAS



FOTO 4.12 Pesaje de moldes



FOTO 4.13 Toma de medidas



FOTO 4.14 Probetas a romper



FOTO 4.15 Prueba de rotura

4.4 PRUEBAS DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO.



FOTO 4.16 Prueba de rotura



FOTO 4.17 Probetas ensayadas

5.0 PRUEBA DEL ANILLO DE CONTRACCIÓN

- Selección del punto de colocación de moldes por disponibilidad.
- Selección del punto de colocación de moldes por influencias del clima.
- Selección de las horas de vaciado preferenciales para los vaciados.
- Prueba de la consistencia.
- Prueba del acabado superficial.
- Selección de la cantidad de moldes por tanda.



FOTO 5.1 PRUEBA N°2 14-11-14



FOTO 5.2 PRUEBA N°3 20-11-14



FOTO 5.3 PRUEBA N°4 20/21-11-14



FOTO 5.4 PRUEBA N°3 23-11-14

5.1 ENSAYOS DE DISEÑOS PRELIMINARES: Pruebas para determinar acabado, ubicación y medición de fisuras



FOTO 5.1 Vista lente de aumento



FOTO 5.2 Acabado slump bajo



FOTO 5.2 Acabado slump 4''



FOTO 5.2 Acabado slump 4''