

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



**TESIS**

**“PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA  
RESISTENCIA CON ADITIVO PLASTIFICANTE Y CAL  
HIDRATADA AL 40%, 50% Y 60%”**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**PÁVEL FERNANDO MONTALVÁN GIRÓN**

**ASESOR**

**Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ**

**LIMA – PERÚ**

**2017**

© 2016, 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.”**

MONTALVÁN GIRÓN, Pável Fernando

[pavelmg@gmail.com](mailto:pavelmg@gmail.com)

987 099 893

*Al Silencio, quién es el  
único que realmente contesta  
las preguntas del caótico  
cerebro humano.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Escribir una tesis es una tarea algo complicada, o al menos resultó serlo para mí. Espero haber logrado la claridad necesaria de los argumentos; entre los cuadros, gráficos y análisis e interpretación de dichos datos, también deseo haber logrado un nivel de explicación que sea de fácil entendimiento sin degradar el interesante aporte a la carrera. Si todo este balance deseado se obtuvo, será en buena medida gracias a un número de personas que influyeron en mi formación como profesional.

Quiero manifestar mi agradecimiento a algunos quienes, directa o indirectamente, contribuyeron al resultado del trabajo de investigación, ya que me sería imposible mencionarlos a todos. Al ing. Carlos Barzola quien me asesoró durante todo el proceso, a los técnicos del LEM (Laboratorio de Ensayo de Materiales) y técnicos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones quienes me ayudaron y dieron consejos de acuerdo a sus experiencias con la elaboración de concreto y realización de ensayos.

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>PROLOGO</b>                                     | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE CUADROS</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>                           | <b>12</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                | <b>13</b> |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b>              | <b>14</b> |
| 1.1 PRESENTACIÓN                                   | 14        |
| 1.2 ANTECEDENTES                                   | 14        |
| 1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS                         | 16        |
| 1.3.1 Ventajas                                     | 16        |
| 1.3.2 Desventajas                                  | 17        |
| <br>   |           |
| <b>CAPÍTULO II: MATERIALES</b>                     | <b>18</b> |
| 2.1 AGREGADOS                                      | 18        |
| 2.1.1 Propiedades físicas de los agregados         | 18        |
| 2.1.1.1 <i>Peso Unitario</i>                       | 18        |
| 2.1.1.2 <i>Peso Específico</i>                     | 19        |
| 2.1.1.3 <i>Absorción</i>                           | 19        |
| 2.1.1.4 <i>Contenido de humedad</i>                | 20        |
| 2.1.1.5 <i>Granulometría</i>                       | 20        |
| 2.1.1.6 <i>Módulo de finura</i>                    | 22        |
| 2.1.1.7 <i>Materiales que pasan la malla N°200</i> | 23        |
| 2.1.1.8 <i>Agregado Global</i>                     | 27        |
| 2.2 EL ADITIVO                                     | 29        |
| 2.2.1 Definición                                   | 29        |
| 2.2.2 Propiedades del aditivo empleado             | 29        |
| 2.3 CAL  | 31        |

---

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.3.1                                     | Propiedades físicas y químicas  | 31        |
| 2.3.2                                     | Fraguado y endurecido   | 32        |
| 2.3.3                                     | Uso de cales hidratadas   | 32        |
| 2.3.4                                     | Fabricación de cal hidratada  | 32        |
| 2.4                                       | CEMENTO   | 32        |
| 2.4.1                                     | Cemento usado   | 34        |
| <b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA</b>     |   | <b>35</b> |
| 3.1                                       | DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN   | 35        |
| 3.1.1                                     | Ensayo de máxima compacidad   | 35        |
| 3.2                                       | DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO PLASTIFICANTE                           | 43        |
| 3.3                                       | DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO PLASTIFICANTE MAS<br>PORCENTAJES DE CAL | 45        |
| <b>CAPÍTULO IV: ENSAYOS</b>               |   | <b>50</b> |
| 4.1                                       | ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO                                   | 50        |
| 4.1.1                                     | Consistencia  | 50        |
| 4.1.2                                     | Peso Unitario   | 52        |
| 4.1.3                                     | Fluidez   | 54        |
| 4.1.4                                     | Contenido de Aire   | 57        |
| 4.1.5                                     | Tiempo de Fraguado  | 59        |
| 4.2                                       | ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO                               | 61        |
| 4.2.1                                     | Resistencia a la compresión   | 61        |
| 4.2.2                                     | Resistencia a la tracción por compresión diametral                      | 65        |
| 4.2.3                                     | Módulo elástico   | 68        |
| <b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> |   | <b>70</b> |
| 5.1                                       | INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS  | 70        |
| 5.1.1                                     | Generalidades   | 70        |
| 5.1.2                                     | Agregados   | 71        |
| 5.1.2.1                                   | <i>Agregado Fino</i>  | 71        |
| 5.1.2.2                                   | <i>Agregado Grueso</i>  | 71        |
| 5.1.2.3                                   | <i>Agregado Global</i>  | 71        |
| 5.1.3                                     | Propiedades del concreto en estado fresco                               | 71        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| 5.1.3.1 Consistencia   | 71        |
| 5.1.3.2 Peso Unitario  | 72        |
| 5.1.3.3 Fluidez  | 72        |
| 5.1.3.4 Contenido de Aire                                    | 73        |
| 5.1.3.5 Tiempo de Fraguado                                   | 73        |
| 5.1.4 Propiedades del concreto en estado endurecido          | 73        |
| 5.1.4.1 Resistencia a la compresión                          | 73        |
| 5.1.4.2 Resistencia a la compresión por compresión diametral | 75        |
| 5.1.4.3 Modulo Elástico                                      | 75        |
| <b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>           | <b>76</b> |
| 6.1 Conclusiones   | 77        |
| 6.2 Recomendaciones  | 80        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>83</b> |
| <b>ANEXOS</b>  | <b>84</b> |

---

## RESUMEN

La presente investigación estudia los concretos de mediana a baja resistencia con asentamiento en el rango de 3" a 4" usando cemento Portland tipo I, principalmente los cambios que experimentan sus propiedades tanto cualitativa y cuantitativamente al usar aditivo plastificante ULMEN (SH3 adicionante a cementos) y porcentajes de 40%, 50% y 60% de cal hidratada.

Asimismo, se exponen las propiedades de los diferentes materiales usados en la investigación. Los agregados (grueso y fino) fueron ensayados en el laboratorio con el fin de conocer sus propiedades; y las propiedades del cemento, aditivo plastificante ULMEN y cal hidratada, fueron proveídas por los fabricantes.

En el diseño del concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra del agregado global se hallaron con la superposición de gráficas del ensayo de máxima compacidad y ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días de edad (ver gráfica 3.4, 3.8 y 3.12), para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70. Solo para este proceso de diseño se ensayaron probetas a los 7 días, para el caso de las muestras de compresión se ensayaron a los 7, 28, 45 y 60 días.

El diseño del concreto con aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón y la dosificación de aditivo fue de 1% del peso del cemento para las 3 relaciones a/c. Consecuentemente, se tuvo que disminuir una cierta cantidad de agua para los diseños, pues al agregar el aditivo plastificante la mezcla requería una menor cantidad de agua para conservar la misma consistencia.

Luego los diseños con 40%, 50% y 60% de cal hidratada respecto al peso del cemento, se obtuvieron a partir del concreto patrón más aditivo. En estos casos se tuvo que agregar más agua porque al aumentar el porcentaje de cal la mezcla requería más agua para conservar su consistencia (3" a 4").

---

## ABSTRACT

The research study concretes from medium to low resistance with settlement between 3 and 4 inch using Portland cement type I, principally the changes that its properties experiment qualitative and quantitative when we use plasticizing additive ULMEN (SH3 ) and percentages in 40%, 50% and 60% of hydrated lime.

Likewise, I show the properties from different materials that I use in this research. The aggregates (thick and thin) was rehearsed in the laboratory to know its properties; in other hand the cement, plasticizing additive ULMEN and hydrated lime properties was provided by the manufacturers.

In the first place, the pattern concrete design, the percentages of sand and rock of the global aggregate was calculate with the superposition between graphics about maximum compactness test and compression test of 7 days of age (see graphics 3.4, 3.8 and 3.12), for the relations water/cement of 0.60, 0.65 and 0.70. Just for this process of design the specimens were tested at 7 days of age, for the compression test case the specimens were tested at 7, 28, 45 and 60 days.

In second place, the concrete design with additive was obtain from the pattern concrete and the additive dosage was 1% of the cement weight for the 3 relations w/c. Consequently, a certain amount of water had to be reduced for the designs, because when adding the plasticizer additive the mixture required a smaller amount of water to maintain the same consistency.

Finally, the designs with 40%, 50% and 60% of hydrated lime with respect to the weight of the cement, was obtain from the pattern concrete plus additive. In these cases more water had to be added because as the percentage of lime increased the mixture required more water to maintain its consistency (3" to 4").

## PRÓLOGO

Durante muchos años no se ha visto el uso de la cal en el concreto, sin embargo se sabe de manera enigmática de construcciones hechas por nuestros antepasados, quienes usaron la Cal en estructuras que perduran hasta hoy.

Por lo tanto se tomó la decisión de retomar el uso de la Cal y hoy el autor nos brinda todo un estudio de experimentación, análisis e interpretación del comportamiento del *Concreto con Aditivo y Cal Hidratada* para poder llenar ese vacío que los actuales procesos de construcción han reducido u obviado.

En las primeras páginas se encontrará con todo lo referente a antecedentes y conceptos generales relacionados al tema de investigación. Luego una serie de cuadros y gráficos ya resumidos de acuerdo a los diferentes ensayos que se practicaron al concreto, que verdaderamente le ayudaran a entender de manera práctica el lineamiento del tema de investigación.

Por último pero no menos importante, usted encontrará en el apartado “Anexo” gran cantidad de datos, cuadros, gráficos de manera extensa y detallada de los datos registrados durante los ensayos.

El ideal del autor de la presente investigación, es compartir sus experiencias para que por medio de él usted logre fácilmente lo que a él le ha costado tanto.

Esperamos que el presente trabajo de investigación le agrade y que sus consejos sencillos aporten de alguna manera en su vida profesional.

Ing. Carlos Barzola Gastelú

Asesor

---

| <b>LISTA DE CUADROS</b> |   | <b>Pág.</b> |
|-------------------------|---|-------------|
| <b>Cuadro 2.1</b>       | Husos para agregado fino (NTP 400.037 - 2002)                 | 21          |
| <b>Cuadro 2.2</b>       | Husos para agregado grueso (NTP 400.037 - 2002)               | 21          |
| <b>Cuadro 2.3</b>       | Husos para agregado global (NTP 400.037 - 2002)               | 22          |
| <b>Cuadro 2.4</b>       | Resumen de propiedades físicas del agregado fino.             | 24          |
| <b>Cuadro 2.5</b>       | Resumen de propiedades físicas del agregado grueso            | 24          |
| <b>Cuadro 2.6</b>       | Calculo granulometría – agregado fino                         | 25          |
| <b>Cuadro 2.7</b>       | Calculo granulometría – agregado grueso                       | 26          |
| <b>Cuadro 2.8</b>       | Resultados del ensayo de compacidad                           | 27          |
| <b>Cuadro 2.9</b>       | Calculo granulometría – agregado global                       | 28          |
| <b>Cuadro 2.10</b>      | Características físicas del cemento portland Tipo I – Sol     | 34          |
| <b>Cuadro 3.1</b>       | Resultado del ensayo de compacidad                            | 35          |
| <b>Cuadro 3.2</b>       | Resultados de agua y slump – 0.65                             | 36          |
| <b>Cuadro 3.3</b>       | Resultados de agua y slump – 0.60                             | 37          |
| <b>Cuadro 3.4</b>       | Resultados de agua y slump – 0.70                             | 38          |
| <b>Cuadro 3.5</b>       | Porcentajes de arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.65 | 38          |
| <b>Cuadro 3.6</b>       | Porcentajes de arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.60 | 39          |
| <b>Cuadro 3.7</b>       | Porcentajes de arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.70 | 40          |
| <b>Cuadro 3.8</b>       | Diseño final de concreto patrón 0.65                          | 42          |
| <b>Cuadro 3.9</b>       | Diseño final de concreto patrón 0.60                          | 43          |
| <b>Cuadro 3.10</b>      | Diseño final de concreto patrón 0.70                          | 43          |
| <b>Cuadro 3.11</b>      | Diseño del concreto patrón con aditivo 0.65                   | 44          |
| <b>Cuadro 3.12</b>      | Diseño del concreto patrón con aditivo 0.60                   | 44          |

---

---

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Cuadro 3.13</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo 0.70                  | 44 |
| <b>Cuadro 3.14</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.65 | 45 |
| <b>Cuadro 3.15</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 50% de cal - 0.65 | 45 |
| <b>Cuadro 3.16</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 60% de cal - 0.65 | 46 |
| <b>Cuadro 3.17</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.60 | 46 |
| <b>Cuadro 3.18</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 50% de cal - 0.60 | 47 |
| <b>Cuadro 3.19</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 60% de cal - 0.60 | 47 |
| <b>Cuadro 3.20</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.70 | 48 |
| <b>Cuadro 3.21</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 50% de cal - 0.70 | 48 |
| <b>Cuadro 3.22</b> | Diseño del concreto patrón con aditivo más 60% de cal - 0.70 | 49 |
| <b>Cuadro 4.1</b>  | Valores de consistencia (slump)                              | 50 |
| <b>Cuadro 4.2</b>  | Valores de peso Unitario                                     | 53 |
| <b>Cuadro 4.3</b>  | Valores de Fluidez   | 55 |
| <b>Cuadro 4.4</b>  | Valores de contenido de aire                                 | 57 |
| <b>Cuadro 4.5</b>  | Ensayo de tiempo de fraguado                                 | 59 |
| <b>Cuadro 4.6</b>  | Ensayo de tiempo de fraguado                                 | 61 |
| <b>Cuadro 4.7</b>  | Valores de F'c (a/c 0.60)                                    | 62 |
| <b>Cuadro 4.8</b>  | Valores de F'c (a/c 0.65)                                    | 63 |
| <b>Cuadro 4.9</b>  | Valores de F'c (a/c 0.70)                                    | 64 |
| <b>Cuadro 4.10</b> | Valores de resistencia a la tracción                         | 66 |
| <b>Cuadro 4.11</b> | Valores de módulo elástico                                   | 68 |

---

| <b>LISTA DE GRÁFICOS</b> |   | <b>Pág.</b> |
|--------------------------|---|-------------|
| <b>Gráfico 2.1</b>       | Granulometría del agregado fino   | 25          |
| <b>Gráfico 2.2</b>       | Granulometría del agregado grueso                                       | 26          |
| <b>Gráfico 2.3</b>       | Ensayo de compacidad agregado global                                    | 27          |
| <b>Gráfico 2.4</b>       | Granulometría del agregado global                                       | 28          |
| <b>Gráfico 3.1</b>       | Peso unitario compactado del agregado global                            | 36          |
| <b>Gráfico 3.2</b>       | Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.65                            | 37          |
| <b>Gráfico 3.3</b>       | Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.60                            | 37          |
| <b>Gráfico 3.4</b>       | Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.70                            | 38          |
| <b>Gráfico 3.5</b>       | Porcentajes de arena vs resistencia a la compresión - 0.65              | 39          |
| <b>Gráfico 3.6</b>       | Porcentajes de arena vs resistencia a la compresión - 0.60              | 39          |
| <b>Gráfico 3.7</b>       | Porcentajes de arena vs resistencia a la compresión - 0.70              | 40          |
| <b>Gráfico 3.8</b>       | Superposición entre P.U.C y F'c – 0.65                                  | 41          |
| <b>Gráfico 3.9</b>       | Superposición entre P.U.C y F'c – 0.60                                  | 41          |
| <b>Gráfico 3.10</b>      | Superposición entre P.U.C y F'c – 0.70                                  | 42          |
| <b>Gráfico 4.1</b>       | Ensayo de asentamiento – a/c 0.60                                       | 51          |
| <b>Gráfico 4.2</b>       | Ensayo de asentamiento – a/c 0.65                                       | 51          |
| <b>Gráfico 4.3</b>       | Ensayo de asentamiento – a/c 0.70                                       | 52          |
| <b>Gráfico 4.4</b>       | Ensayo de peso unitario – a/c 0.60                                      | 53          |
| <b>Gráfico 4.5</b>       | Ensayo de peso unitario – a/c 0.65                                      | 54          |
| <b>Gráfico 4.6</b>       | Ensayo de peso unitario – a/c 0.70                                      | 54          |
| <b>Gráfico 4.7</b>       | Ensayo de fluidez y variaciones respecto al concreto patrón – a/c 0.60. | 55          |

---

---

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gráfico 4.8</b>  | Ensayo de fluidez y variaciones respecto al concreto patrón – a/c 0.65.                      | 56 |
| <b>Gráfico 4.9</b>  | Ensayo de fluidez y variaciones respecto al concreto patrón – a/c 0.70.                      | 56 |
| <b>Gráfico 4.10</b> | Ensayo de contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.60         | 57 |
| <b>Gráfico 4.11</b> | Ensayos de contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.65.       | 58 |
| <b>Gráfico 4.12</b> | Ensayos de contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón - a/c 0.70        | 58 |
| <b>Gráfico 4.13</b> | Ensayo de tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.60        | 60 |
| <b>Gráfico 4.14</b> | Ensayo de tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.65        | 60 |
| <b>Gráfico 4.15</b> | Ensayo de tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.70        | 61 |
| <b>Gráfico 4.16</b> | Ensayo a la compresión (F'c) – a/c 0.60  | 63 |
| <b>Gráfico 4.17</b> | Ensayo a la compresión (F'c) – a/c 0.65  | 64 |
| <b>Gráfico 4.18</b> | Ensayo a la compresión (F'c) – a/c 0.70  | 65 |
| <b>Gráfico 4.19</b> | Ensayo de resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.60 | 66 |
| <b>Gráfico 4.20</b> | Ensayo de resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.65 | 67 |
| <b>Gráfico 4.21</b> | Ensayo de resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.70 | 67 |
| <b>Gráfico 4.22</b> | Ensayo de módulo elástico y variaciones con respecto al concreto patrón – a/c 0.60           | 68 |

---

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Gráfico 4.23</b> | Ensayo de módulo elástico y variaciones<br>con respecto al concreto patrón – a/c 0.65 | 69 |
| <b>Gráfico 4.24</b> | Ensayo de módulo elástico y variaciones<br>con respecto al concreto patrón – a/c 0.70 | 69 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

**%A:** Porcentaje de arena o agregado fino.

**%Abs:** Porcentaje de absorción

**a/c:** Relación agua cemento.

**C.P:** Concreto Patrón

**C.P+A:** Concreto Patrón con aditivo

**C.P+A+C40%:** Concreto Patrón con aditivo y cal al 40%.

**C.P+A+C50%:** Concreto Patrón con aditivo y cal al 50%.

**C.P+A+C60%:** Concreto Patrón con aditivo y cal al 60%.

**CH:** Contenido de humedad.

**F'c:** Resistencia a la compresión del concreto.

**M.F:** Modulo de finura

**%P:** Porcentaje de piedra o agregado grueso.

**Pe:** Peso Específico.

**Psss:** Peso saturado superficialmente seco.

**PU:** Peso Unitario.

**PUC:** Peso unitario compactado

**PUS:** Peso unitario suelto

**TMN:** Tamaño máximo nominal

## INTRODUCCIÓN

Los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad. En este sentido en el presente trabajo de investigación se ha experimentado usando el aditivo plastificante Ulmen (SH3 adiconante a cemento), y agregando 40%, 50% y 60% de cal respecto al peso del cemento en la mezcla de concreto patrón.

La presente investigación tiene los siguientes objetivos:

- Determinar cualitativamente y cuantitativamente la incidencia en la resistencia a la compresión, del uso de cal en el concreto con aditivo plastificante.
- Cuantificar y cualificar la variación de sus propiedades y características principales, realizando ensayos tanto en el estado fresco y en el estado endurecido del concreto.
- Determinar la dosificación adecuada de cemento, aditivo plastificante y cal hidratada en el concreto que permita obtener características mejoradas.

Asimismo, se exponen las propiedades de los diferentes materiales usados en la investigación, para lo cual los agregados (grueso y fino) fueron ensayados en el laboratorio, mientras que las del cemento, aditivo plastificante Ulmen y cal hidratada, fueron proveídas por los fabricantes.

También en la presente tesis se presentan los ensayos realizados a los diferentes diseños de mezcla, concreto patrón (CP), concreto patrón con aditivo (CP+A), concreto patrón con aditivo más 40% de cal (CP+A+C40%), concreto patrón con aditivo más 50% de cal (CP+A+C50%), concreto patrón con aditivo más 60% de cal (CP+A+C60%), tanto en el estado fresco como en el estado endurecido.

## **CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Presentación**

La búsqueda por nuevos materiales para mejorar las propiedades del concreto, ha motivado la presente investigación “PROPIEDADES DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA CON ADITIVO PLASTIFICANTE Y CAL HIDRATADA AL 40, 50 Y 60%”.

La presente investigación experimental se ha dividido en 6 capítulos:

Capítulo 1; trata sobre los aspectos generales como antecedentes revisados para el inicio de investigación, asimismo de las aplicaciones, ventajas y desventajas de un concreto de mediana a baja resistencia.

Capítulo 2; trata sobre los materiales usados en la investigación y sus propiedades, entre ellos tenemos los agregados, el cemento, el aditivo y la cal hidratada.

Capítulo 3; en el cual se presentan los diseños de mezcla de los concretos preparados, esto es:

- Diseño de concreto patrón (CP)
- Diseño de concreto patrón con aditivo (CP+A)
- Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal (CP+A+C40%)
- Diseño de concreto patrón con aditivo más 50% de cal (CP+A+C50%)
- Diseño de concreto patrón con aditivo más 60% de cal (CP+A+C60%)

Capítulo 4; en este apartado se presentan los ensayos realizados tanto en estado fresco como endurecido del concreto, se muestran los cuadros, tablas, datos.

Capítulo 5; finalmente en este apartado se desarrolla un análisis cualitativo y cuantitativo de los cambios que tuvieron las propiedades del concreto.

### **1.2 Antecedentes**

La historia no nos dice dónde empezó la práctica de la quema de piedra caliza para obtener cal viva. Sin embargo se tienen fuentes de que el uso de la cal data desde la época Neolítica, en la hoy Turquía (6000 a.n.e) donde se usaba una mezcla de cal para

recubrir maderas. En el área de la construcción sabemos que las civilizaciones antiguas utilizaron la cal como mortero para albañilería hace más de tres mil años, por ejemplo Edward Bacon cita suelos de morteros de cal en la construcción de casas aproximadamente 3000-4000 a.n.e, así como también en Mesopotamia se encontró un horno de cal hacia 2500 a.n.e, en centros ceremoniales como Copan, Chichen Itza, etc. también se usó la cal esto es 300-900 a.n.e, incluso la gran muralla china contiene morteros de cal aproximadamente 220 a.n.e. y nuestro país no es ajeno al uso de cal, pues nuestras culturas antiguas emplearon la cal con arcilla para la estabilización de adobes.

Los Romanos mejoraron los procesos de fabricación de la cal, supieron explotar este material y además popularizaron y expandieron dicha técnica por todo su imperio, la gran calidad de los morteros romanos han pasado a la leyenda, se supone que es debido a los secretos de su buena elaboración, la homogeneidad en sus dosificaciones, el uso de aditivos como caseínas y aceites y la extraordinaria ejecución cuidadosa. Todo ello contribuyó a que dos mil años después podamos conocer su legado.

Entonces está bien probado que la cal es un material apropiado y duradero para la construcción. Por ejemplo el acueducto Pont Du Gard en Nimes al Sur de Francia, construido en el año 18 A.C con mortero basado en cal hidráulica, es todavía eficiente. Hasta el siglo XX, la cal fue el principal agente cementante empleado en la construcción de viviendas y era ampliamente aplicado en concretos, morteros y enlucidos. Fue también aprovechado como un acabado decorativo en muchos edificios.

En el siglo XIX fue desarrollado el cemento Portland, que es considerablemente más resistente que la cal. A pesar de que el cemento Portland es mucho más complejo y caro de producir, fue promocionado extensamente y a comienzos del siglo XX ya era muy popular. Entonces con la intensiva fabricación de este, la cal pasó a un segundo plano, y así se le fue olvidando como un material útil en la construcción; esto, conjuntamente con la sustitución y desaparición del viejo maestro de obras por el técnico, la normatividad y la productividad por encima del buen hacer. La cal fue olvidada en la enseñanza de las generaciones futuras.

Debido a esto surge la inquietud de retomar el estudio de la cal, y viendo que históricamente se viene estudiando cómo poder realizar mejoras en la calidad del concreto, frente a los diversos problemas encontrados. Entonces surge la idea de emplear este material milenario que abunda en el territorio peruano, ya sea como un

recurso natural o de manera semielaborada como cal, el cual tiene una producción intensiva y frecuente en las diversas regiones de nuestro Perú

### 1.3 Ventajas y Desventajas

#### 1.3.1 Ventajas

El uso de la cal hidratada en el concreto de mediana a baja resistencia tiene las siguientes ventajas:

- ~ Se tiene referencias de que al sustituir una parte del cemento, dependiendo del diseño de la mezcla el cemento se sustituye en relaciones de 10% a 35% en peso por cal hidratada, obteniéndose relaciones de resistencia a los 28 días equivalentes al de las mezclas originales, sin embargo la cal genera relaciones de resistencia a largo plazo mayores (a los 90 días y 365 días).
- ~ También la cal se usa como aditivo para evitar problemas con agregados; la cal estabiliza las arcillas en caso de que existan como contaminante en los agregados, también es un excelente adhesivo entre la matriz cementante y el agregado evitando rechazos y puntos de ruptura, neutraliza los ácidos comunes en el agua o la materia orgánica y neutraliza los sulfatos evitando las eflorescencias (salitre).
- ~ Como aditivo de fraguado; la cal retiene por más tiempo el agua dentro del concreto, mejorando notablemente la calidad en el fraguado, evita las grietas, disminuye el módulo de expansión-contracción del concreto.
- ~ Como protección química; la cal protege por deterioro químico al concreto, aumenta su resistencia a los sulfatos y forma compuestos estables dentro de la matriz puzolánica.
- ~ Como protección del acero de refuerzo; la cal modifica el pH del concreto de tal manera que durante todo el proceso de fraguado del concreto el mismo permanece en valores superiores a 12 puntos, lo anterior modifica el diagrama de corrosión del acero ubicándolo en la zona de pasivación de manera permanente.
- ~ Junto con cenizas y puzolanas; se utiliza la cal para hacer diseños especiales de concretos de bajo costo utilizando materiales disponibles de manera regional.

### 1.3.2 Desventajas

- ~ Control de calidad constante
- ~ Mayor tiempo de fraguado

## **CAPÍTULO II: MATERIALES**

### **2.1 AGREGADOS:**

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario pues representan el 50% - 80% de la masa del concreto, además de ser responsables de gran parte de las características del mismo.

Se clasifican en:

- Agregado fino: Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" (9.51mm).
- Agregado grueso: Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

En la presente investigación, se utilizó agregado fino de la cantera "Jicamarca" y agregado grueso de la misma cantera "Jicamarca".

- Descripción de los agregados  
Origen geológico: Metamórfico  
Textura: Fanerítica  
Estructura: Grano grueso y Fino  
Forma: Fragmentado Anguloso

#### **2.1.1 Propiedades físicas de los agregados:**

##### **2.1.1.1 Peso Unitario: (NTP 400.017)**

El peso unitario o peso aparente del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en Kg/cm<sup>3</sup>. El peso unitario está influenciado por: la gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de

factores externos como: grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen.

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

a) Peso unitario suelto: (P.U.S)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término “Peso volumétrico unitario” porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado grueso dentro del recipiente, hasta llenarlo.

$$P.U.S = \frac{\text{peso del Material}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

b) Peso unitario compactado: (P.U.C)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural. Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del Material Compactado}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

### 2.1.1.2 Peso Específico (P.E): (NTP 400.022)

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua, se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos.

### 2.1.1.3 Absorción: (NTP 400.022)

Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como

porcentaje de masa seca (condición saturado superficialmente seco). Se utiliza generalmente en los cálculos de dosificación para elaborar el concreto.

Si la humedad es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que quitar agua al concreto ya que los agregados estarán aportando agua.

El porcentaje de absorción del agregado es la relación entre la cantidad de agua que puede absorber el material y el peso seco del mismo.

$$\% \text{ de Absorción del A. Fino} = \frac{100 \times (B - A)}{A}$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100 \times (B - A)}{A}$$

Donde:

A = Peso seco del agregado fino o grueso

B = Peso seco del agregado grueso en estado natural

#### **2.1.1.4 Contenido de Humedad (C.H): (NTP 400.016)**

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación a/c del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto. En consecuencia es necesario controlar la dosis de agua.

$$C.H = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}) \times 100}{\text{Peso Seco}}$$

#### **2.1.1.5 Granulometría: (NTP 400.012)**

Se denomina de esta manera a la distribución por tamaños de las partículas que constituyen un agregado y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al peso total. Ello se logra separando el material a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

La norma NTP 400.037 establece los límites granulométricos, donde debe estar comprendido el agregado fino (cuadro 2.1) y el agregado grueso (cuadro 2.2) a fin de ser aptos para la elaboración de concretos. Estos límites son definidos por los llamados husos granulométricos que representan los rangos dentro de los cuales debe estar determinado la gradación para obtener la distribución de partículas adecuadas para la elaboración del concreto.

Cuadro 2.1 Husos para agregado fino

| TAMIZ MALLA       | PROCENTAJE QUE PASA |
|-------------------|---------------------|
| 9.5 mm (3/8 pulg) | 100                 |
| 4.75 mm (Nº 4)    | 95 a 100            |
| 2.36 mm (Nº 8)    | 80 a 100            |
| 1.18 mm (Nº 16)   | 50 a 85             |
| 600 µm (Nº 30)    | 25 a 60             |
| 300 µm (Nº 50)    | 05 a 30             |
| 150 µm (Nº 100)   | 0 a 10              |

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

Cuadro 2.2 Husos agregado Grueso

| Tamaño Nominal                  | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados |             |               |                 |                |                 |                 |                  |
|---------------------------------|--|-------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                 | 37.5 mm<br>1 1/2"                                | 25 mm<br>1" | 19 mm<br>3/4" | 12.5 mm<br>1/2" | 9.5 mm<br>3/8" | 4.75 mm<br>Nº 4 | 2.56 mm<br>Nº 8 | 1.25 mm<br>Nº 16 |
| 25 mm a 12.5 mm<br>1" a 1/2"    | 100  | 90 a 100    | 20 a 55       | 0 a 10          | 0 a 5          | -               | -               | -                |
| 25 mm a 9.5 mm<br>1" a 3/8"     | 100  | 90 a 100    | 40 a 85       | 10 a 40         | 0 a 15         | 0 a 5           | -               | -                |
| 19 mm a 4.75 mm<br>1" a Nº 4"   | 100  | 95 a 100    | -             | 25 a 60         | -              | 0 a 10          | 0 a 5           | -                |
| 19 mm a 9.5 mm<br>3/4" a 3/8"   | -  | 100         | 90 a 100      | 20 a 55         | 0 a 15         | 0 a 5           | -               | -                |
| 19 mm a 4.75 mm<br>3/4" a Nº 4" | -  | 100         | 90 a 100      | -               | 20 a 55        | 0 a 10          | 0 a 5           | -                |

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

En el caso del agregado global también existen límites granulométricos que dan referencia a la calidad del agregado grueso y fino en conjunto y que son establecidas por la NTP 400.037 (cuadro 2.3)

Cuadro 2.3 Husos agregado Global

| Tamiz            | Porcentaje en peso que pasa        |                                  |                                 |
|------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                  | Tamaño Nominal<br>37.5 mm (1 1/2") | Tamaño Nominal<br>19.0 mm (3/4") | Tamaño Nominal<br>9.5 mm (3/8") |
| 50 mm (2")       | 100                                | --                               | --                              |
| 37.5 mm (1 1/2") | 95 a 100                           | 100                              | --                              |
| 19 mm (3/4")     | 45 a 80                            | 95 a 100                         | --                              |
| 12.5 mm (1/2")   | --                                 | --                               | 100                             |
| 9.5 mm (3/8")    | --                                 | --                               | 95 a 100                        |
| 4.75 mm (Nº 4")  | 25 a 50                            | 35 a 55                          | 30 a 65                         |
| 2.36 mm (Nº 8")  | --                                 | --                               | 20 a 50                         |
| 1.18 mm (Nº 16") | --                                 | --                               | 15 a 40                         |
| 600 µm (Nº 30")  | 8 a 30                             | 10 a 35                          | 10 a 30                         |
| 300 µm (Nº 50")  | --                                 | --                               | 5 a 15                          |
| 150 µm (Nº 100") | 0 a 8*                             | 0 a 8*                           | 0 a 8*                          |

\* Incrementar 10% para finos de roca triturada

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

La importancia de la granulometría del agregado global en el concreto se debe a que por razones de economía, mayor resistencia y mayor estabilidad volumétrica, pues, conviene que los agregados ocupen la mayor masa de concreto, compatible con la trabajabilidad. Esto se logra tratando que la mezcla de agregados sea lo más compacta posible, es decir, que la cantidad de huecos dejado por los agregados sea la mínima, esto se logra con la máxima compacidad.

#### 2.1.1.6 Módulo De Finura: (NTP 400.12)

El módulo de finura es un número adimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas de los agregados, se utiliza para controlar uniformidad de los agregados, además de servir como medida del valor lubricante de un agregado, ya que cuanto mayor es su valor menor será su valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

La norma establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.3 – 3.10

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices 1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, y N°100, dividida entre 100.

$$M.F = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos (1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, y N°100)}}{100}$$

#### **2.1.1.7 Materiales que pasan la malla N°200 (75um): (NTP 400.018)**

Representa la cantidad de material fino cuyo tamaño es menos a la abertura del tamiz N° 200 (75um), se puede representar en el agregado, en forma de revestimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material fino, estaría constituido por arcilla y limo el cual se presenta recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, en el primer caso afecta la adherencia del agregado y la pasta, mientras que el segundo caso incrementaría los requerimientos de agua.

Las normas establecen los límites para la presencia del material que pasa la malla N°200:

##### *Agregado Fino:*

- Concreto sujeto a abrasión < 3%
- Otros Concretos < 5%

##### *Agregado Grueso:*

- ✓ En general <1%

A continuación se presenta el cuadro 2.4 y 2.5 el resumen de las propiedades y características físicas mencionadas líneas arriba tanto del agregado fino como del agregado grueso.

✓ **Agregado Fino:**

Procedencia: Cantera “Jicamarca”

Cuadro 2.4 Resumen de propiedades físicas

| <b>Propiedad</b>                   | <b>Unidad</b>     | <b>Resultado</b> |
|------------------------------------|-------------------|------------------|
| Peso Unitario Suelto               | Kg/m <sup>3</sup> | 1693             |
| Peso Unitario Compactado           | Kg/m <sup>3</sup> | 1866             |
| Peso Específico de masa            | Kg/m <sup>3</sup> | 2.68             |
| Porcentaje de absorción            | %                 | 0.712            |
| Contenido de Humedad               | %                 | Variable         |
| Porcentaje que pasa la malla N°200 | %                 | 6.2              |
| Módulo de Finura                   |                   | 3.20             |

✓ **Agregado Grueso:**

Procedencia: Cantera “Jicamarca”

Cuadro 2.5 Resumen de propiedades físicas

| <b>Propiedad</b>         | <b>Unidad</b>     | <b>Resultado</b> |
|--------------------------|-------------------|------------------|
| Peso Unitario Suelto     | Kg/m <sup>3</sup> | 1453             |
| Peso Unitario Compactado | Kg/m <sup>3</sup> | 1585             |
| Peso Específico de masa  | Kg/m <sup>3</sup> | 2.60             |
| Porcentaje de absorción  | %                 | 0.878            |
| Contenido de Humedad     | %                 | Variable         |
| Módulo de Finura         |                   | 6.75             |

Los resultados se encuentran de manera más extendida y detallada en el apartado anexos, para el agregado fino revise desde la página 84 a 87, para el agregado grueso desde la página 88 a la 90, y el agregado global se puede encontrar desde la página 91 a la 94.

✓ **Granulometría del agregado fino:**

En el cuadro 2.6 se muestra el cálculo granulométrico de la arena, así como también en el gráfico 2.1 se muestra la distribución gráfica granulométrica referente a los husos de la NTP.

Procedencia: Cantera Jicamarca

Cuadro 2.6 Calculo de granulometría

| Malla  | Muestra | % Retenido | %Retenido Acumulado | %Acumulado que pasa | % Que pasa NTP 400.037 |     |
|--------|---------|------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----|
| 3/8"   | 0.0     | 0          | 0                   | 100                 | 100                    | 100 |
| N° 4   | 32.0    | 3.2        | 3.2                 | 96.8                | 95                     | 100 |
| N° 8   | 230.5   | 23.1       | 26.2                | 73.8                | 80                     | 100 |
| N° 16  | 217.0   | 21.7       | 48.0                | 52.1                | 50                     | 85  |
| N° 30  | 195.2   | 19.5       | 67.5                | 32.5                | 25                     | 60  |
| N° 50  | 150.4   | 15.0       | 82.5                | 17.5                | 5                      | 30  |
| N° 100 | 96.8    | 9.7        | 92.2                | 7.8                 | 0                      | 10  |
| Fondo  | 78.1    | 7.8        | 100                 | 0                   | 0                      | 0   |

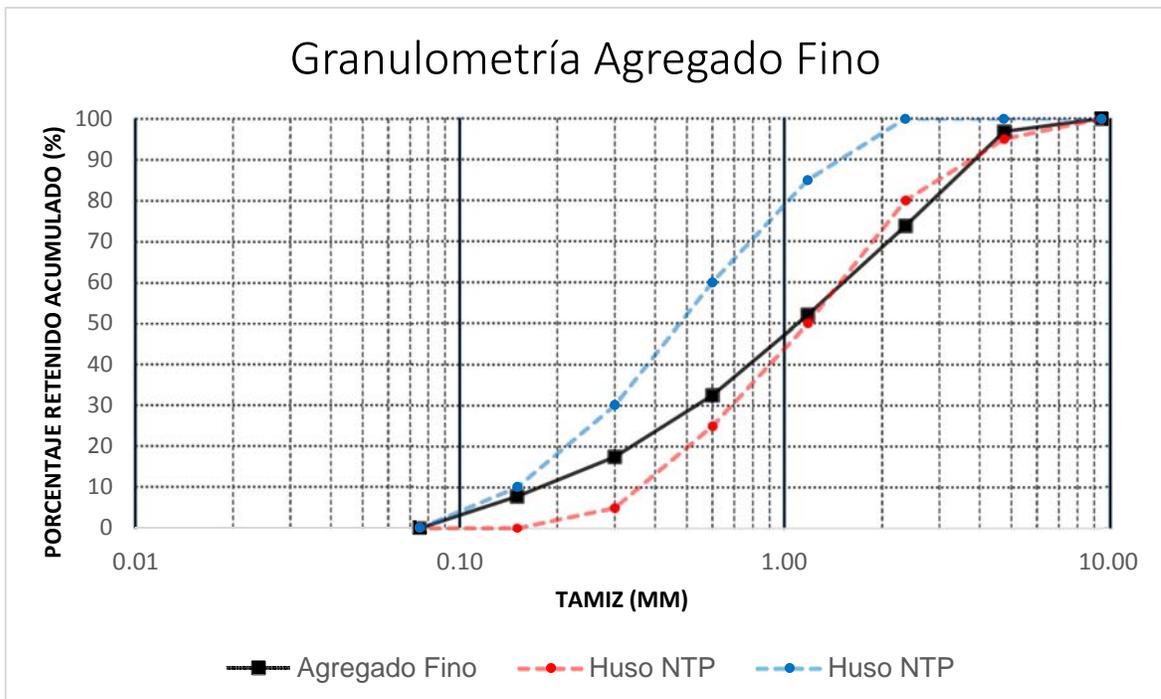


Gráfico 2.1 Granulometría del agregado fino

✓ **Granulometría del agregado grueso:**

En el cuadro 2.7 se muestra el cálculo granulométrico de la piedra, así como también en el gráfico 2.2 se muestra la distribución gráfica granulométrica referente a los husos de la NTP.

Procedencia: Cantera Jicamarca

Cuadro 2.7 Calculo de Granulometría

| Malla  | Muestra | % Retenido | %Retenido acumulado | %Acumulado que pasa |
|--------|---------|------------|---------------------|---------------------|
| 1 1/2" | 0.0     | 0.0        | 0.0                 | 100                 |
| 1"     | 0.0     | 0.0        | 0.0                 | 100                 |
| 3/4"   | 334.9   | 3.3        | 3.3                 | 96.7                |
| 1/2"   | 4748.1  | 47.5       | 50.8                | 49.2                |
| 3/8"   | 2093.4  | 20.9       | 71.8                | 28.2                |
| 1/4"   | 2083.0  | 20.8       | 92.6                | 7.4                 |
| Fondo  | 740.6   | 7.4        | 100                 | 0                   |

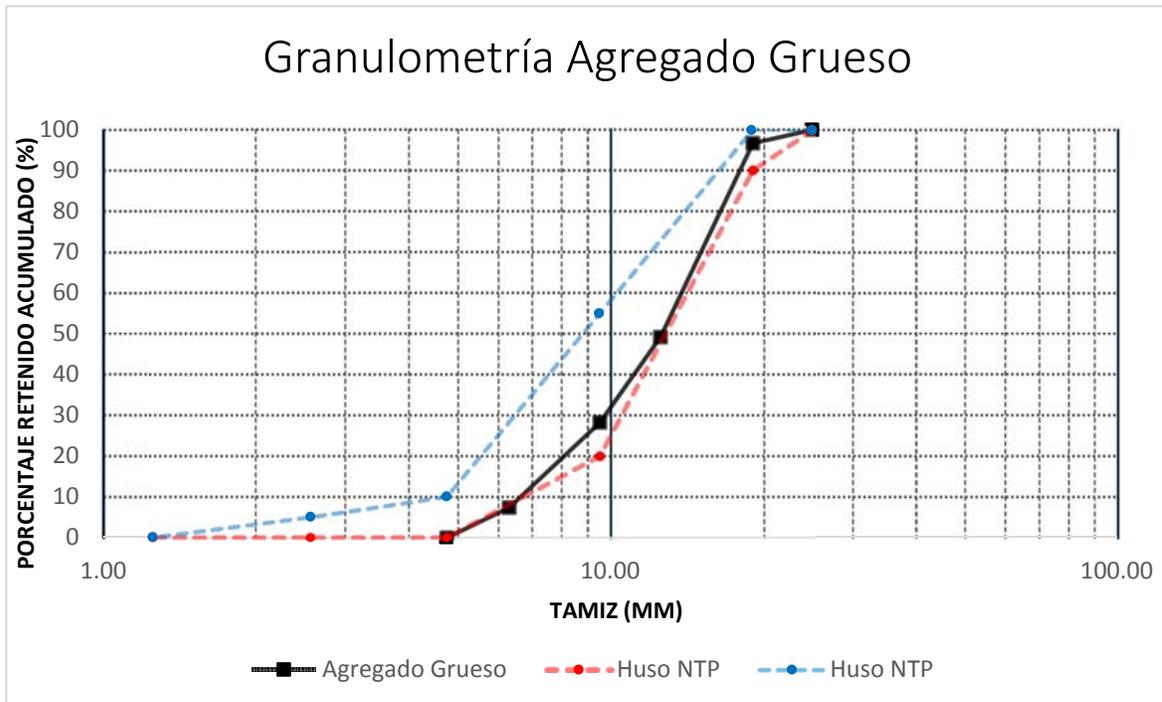


Gráfico 2.2 Granulometría del agregado grueso

### 2.1.1.8 Agregado Global:

En el cuadro 2.8 se muestra el resultado del ensayo de PUC para cada variación de arena y piedra, seguidamente en el gráfico 2.3 podemos ver el comportamiento del PUC y del cual se puede obtener la relación arena/piedra que nos brinda mayor PUC.

Cuadro 2.8 Resultados del ensayo de compacidad

| % Arena | % Piedra | PUC     | UNIDAD            |
|---------|----------|---------|-------------------|
| 40      | 60       | 2041.19 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 45      | 55       | 2056.26 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 50      | 50       | 2070.15 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 55      | 45       | 2059.32 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 60      | 40       | 2017.17 | Kg/m <sup>3</sup> |

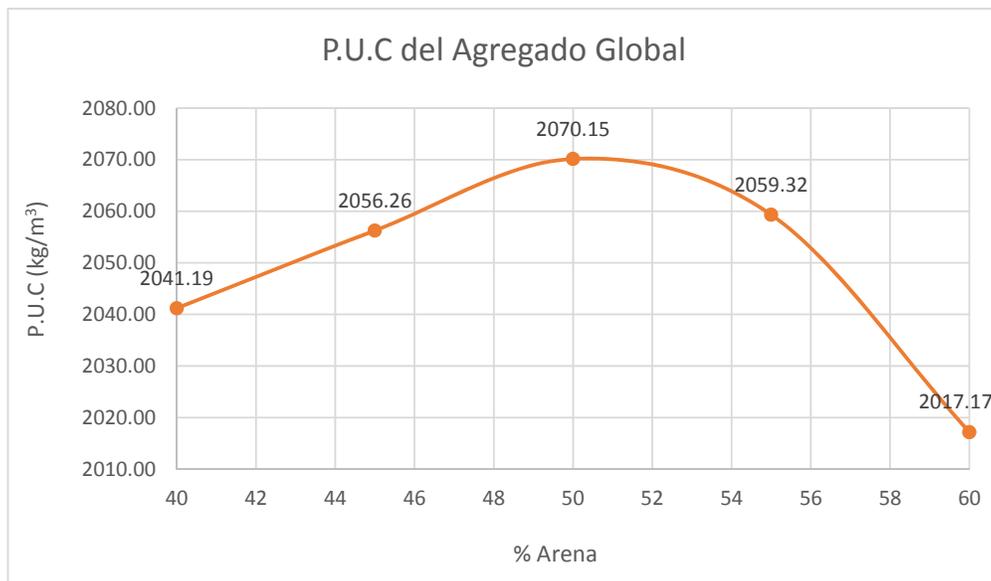


Gráfico 2.3 Ensayo de compacidad agregado global

Acorde al grafico la óptima relación de arena/piedra es: **50.5% / 49.5%**, dicha relación será la usada para proceder con el cálculo de granulometría del agregado global.

✓ **Granulometría del agregado global**

Cuadro 2.9 Calculo de Granulometría

| Malla  | Retenido Piedra | Retenido Arena | 49.5% de Piedra | 50.5% de Arena | % Retenido | %Retenido acumulado | %Acumulado que pasa |
|--------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------|---------------------|---------------------|
| 1 1/2" | 0.0             |                | 0.0             |                | 0          | 0                   | 100                 |
| 3/4"   | 3.3             |                | 1.7             |                | 1.7        | 1.7                 | 98.3                |
| 1/2"   | 47.5            |                | 23.5            |                | 23.5       | 25.2                | 74.8                |
| 3/8"   | 20.9            |                | 10.4            |                | 10.4       | 35.5                | 64.5                |
| 1/4"   | 20.8            |                | 10.3            |                | 10.3       | 45.8                | 54.2                |
| N° 4   | 7.4             | 3.20           | 3.7             | 1.61           | 5.3        | 51.1                | 48.9                |
| N° 8   |                 | 23.05          |                 | 11.64          | 11.6       | 62.8                | 37.2                |
| N° 16  |                 | 21.70          |                 | 10.96          | 11.0       | 73.7                | 26.3                |
| N° 30  |                 | 19.52          |                 | 9.86           | 9.9        | 83.6                | 16.4                |
| N° 50  |                 | 15.04          |                 | 7.59           | 7.6        | 91.2                | 8.8                 |
| N° 100 |                 | 9.68           |                 | 4.89           | 4.9        | 96.1                | 3.9                 |
| Fondo  |                 | 7.81           |                 | 3.95           | 3.9        | 100                 | 0                   |

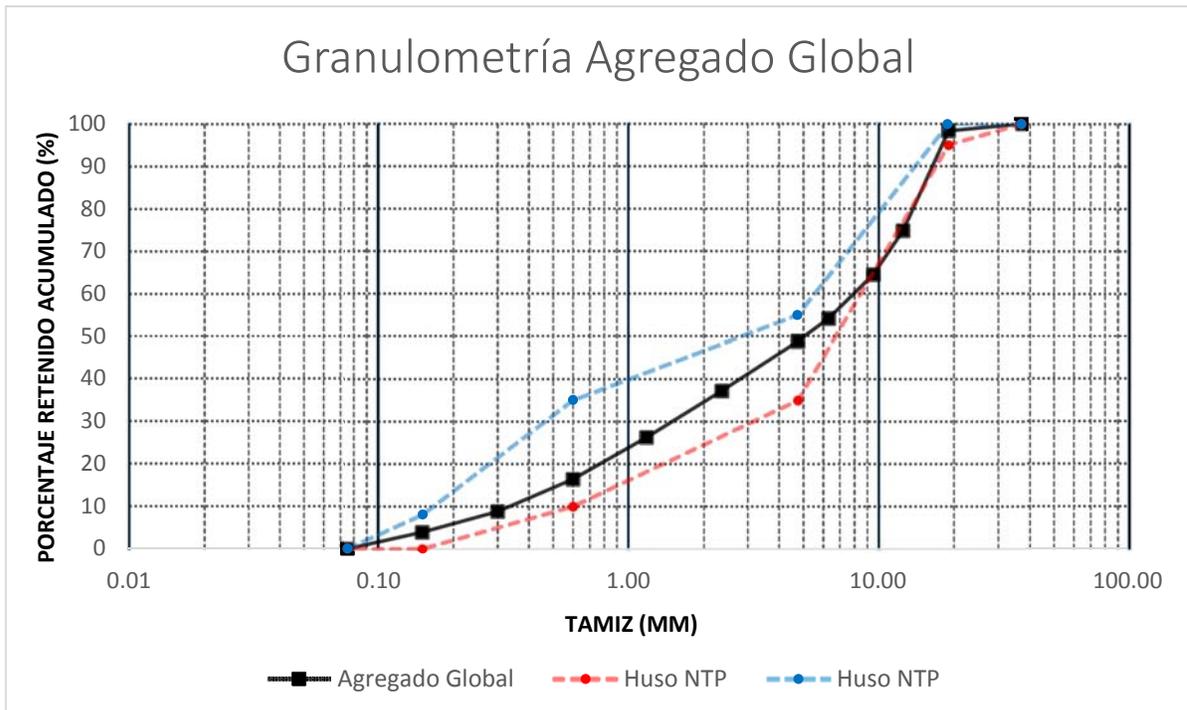


Gráfico 2.4 Granulometría del agregado global

Como se puede observar la curva granulométrica se encuentra dentro del huso establecido por la N.T.P 400.037.

## **2.2 EL ADITIVO:**

### **2.2.1 Definición**

Los aditivos son generalmente clasificados como químicos minerales, incorporadores de aire y misceláneos empleados para propósitos específicos.

La Norma ASTM C 494 ha clasificado a los aditivos químicos en los grupos:

- a. Tipo A, los cuales actúan como reductores de agua.
- b. Tipo B, los cuales actúan como retardadores del tiempo de fraguado.
- c. Tipo C, los cuales actúan como acelerantes.
- d. Tipo D, los cuales actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
- e. Tipo E, los cuales actúan como reductores de agua y acelerantes.
- f. Tipo F, los cuales actúan como reductores de agua de alto rango.
- g. Tipo G, los cuales actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Estos últimos grupos o tipos F y G son usualmente conocidos como aditivos superplastificantes.

### **2.2.2 Propiedades del aditivo empleado:**

En la presente investigación se usó el plastificante SH3 de la empresa ULMEN, este aditivo pertenece al tipo F (reductores de agua de alto rango). La ficha técnica del aditivo se puede encontrar en el apartado Anexos pág. 93

#### **Descripción:**

SH3 pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

Es adiconante, líquido, a cementos usados para concretos de alta permeabilidad y alta resistencia inicial.

*Acción del aditivo plastificante en el concreto*, las cargas eléctricas entre los granos no hidratados causan floculación de las partículas de cemento lo cual tiene un efecto negativo en la trabajabilidad e impide una pronta hidratación. Con la inclusión de reductores de agua en la mezcla es posible deflocular las partículas de cemento. Estas moléculas orgánicas son muy efectivas en neutralizar las cargas eléctricas en la superficie de las partículas de cemento. El efecto reductor de agua hace que se libere el agua que queda atrapada en los flóculos de los granos de cemento.

### **Ventajas:**

Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento, paralelos al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades.

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Alta permeabilidad.
- Extrema reducción de agua
- Excelente fluidez
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica
- Aumenta la durabilidad del concreto
- Reduce la exudación y la segregación
- Aumenta la cohesión del concreto
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.

### **Presentación:**

- En cilindros de 220Kg
- En dispenser de 1.100 Kg

### **Propiedades Físicas**

Apariencia: Líquido

Color: Café claro

Densidad: 1.03 +/- 0.02 g/ml

pH: 5 +/- 1

Viscosidad: 20 +/- 2 (s) (C. Ford N°4)

### **Duración y Almacenamiento:**

6 meses almacenado en un lugar fresco y protegido del sol, recomendado por Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001.

### **2.3 LA CAL:**

Hace cincuenta años, la cal se usaba principalmente en construcción y agricultura. Hoy, cerca de tres cuartas partes de toda la cal producida se utiliza como químico en industria. Se emplea en la producción de acero y magnesio; en el refinamiento del cobre, zinc y otros metales no ferrosos; en la fabricación de papel, cemento y vidrio, y en muchas otras aplicaciones diversificadas.

Como material de construcción, la cal se obtiene en los siguientes tipos: 1) cal viva, 2) cal hidratada para albañilería, 3) cal hidratada para acabados especiales, 4) cal hidratada para acabados normales.

En la presente investigación se empleó la Cal nieve hidratada, La ficha técnica del aditivo se puede encontrar en el apartado Anexos pág. 94

#### **2.3.1 Propiedades Físicas y Químicas:**

La cal, también llamada cal viva, es óxido de calcio (CaO), una sustancia blanca o blanco grisácea, finamente cristalina que algunas veces tiene un tinte amarillo o café debido a las impurezas de hierro. Su densidad específica es de 2.30; su punto de fusión, 2580°C; y su punto de ebullición, 2867.78°C. La cal reacciona fuertemente con el agua, para formar hidróxido de calcio (fórmula semidesarrollada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , fórmula molecular  $\text{CaO}_2\text{H}_2$ ) conocido como cal apagada. El apagado se debe controlar cuidadosamente debido a las grandes cantidades de calor que emanan durante la hidratación.

### 2.3.2 Fraguado y Endurecimiento:

El fraguado de la cal se debe en gran medida a la desecación y la recristalización (recarbonación) del hidrato de calcio. El endurecimiento se debe a la combinación de la cal con el bióxido de carbono del aire para formar carbonato de calcio, con algunos efectos puzolánicos con el sílice de la arena.

### 2.3.3 Uso de Cales Hidratadas:

La cal hidratada es cal viva combinada (apagada) con agua suficientemente para satisfacer su afinidad química con el agua. Tiene la ventaja de ser seca y luego, cuando se mezcla con otros ingredientes, está lista para usarla en aplanados en un tiempo menor que la cal no apagada (cal viva).

### 2.3.4 Fabricación de cal Hidratada:

La cal hidratada se obtiene moliendo cal viva, apagando el polvo con una cantidad controlada de agua, y luego separándolo por corriente de aire y cribándolo para obtener un polvo fino y seco, del cual pasará 98% a través de una malla o tamiz número 200.

## 2.4 CEMENTO:

Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo agua como al aire y formar compuestos estables.

El cemento Pórtland es el tipo de cemento más utilizado para preparación de concreto.

Las materias primas que se emplean para la producción del cemento Pórtland, son minerales que contienen:

- Óxido de calcio (CaO) → 60% al 67% (Cal)
- Óxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) → 17% al 25% (Sílice)
- Óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) → 3% al 8% (Alumina)
- Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) → 2% al 6%

- Óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) → 0.1% al 2.5%

La composición química del cemento portland se define convenientemente mediante la identificación de cuatro compuestos principales:

- Silicato tricálcico:  $3\text{CaO SiO}_2$  → 30% al 50% (C3S)
- Silicato dicálcico:  $2\text{CaO SiO}_2$  → 15% al 30% (C2S)
- Aluminato tricálcico:  $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  → 4% al 12% (C3A)
- Ferro aluminato tetracálcico:  $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$  → 8% al 13% (C4AF)

#### Características:

- Producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado
- Por un buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- Es versátil para muchos usos.

#### Usos y Aplicaciones:

- Para las construcciones en general y de gran envergadura
- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.
- Pre-fabricados de hormigón.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
- Mortero para el asentado de ladrillos, tarrajeos, emchapes de mayólicas y otros materiales.

#### Recomendaciones:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento a fin de obtener un buen desarrollo de resistencia y trabajabilidad.

- Para lograr resistencias adecuadas es recomendable un curado cuidadoso.
- Para asegurar la buena conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo separada de paredes o pisos, y protegidos de aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas más de 10 bolsas para evitar la compactación.

#### 2.4.1 Cemento Usado:

En esta investigación se utilizó el cemento Portland Tipo I Sol, en presentación de bolsas de 42.5 Kg, de la Fábrica de Cementos Lima S.A. Cumple con la N.T.P 334.009.

Cuadro 2.10 Características físicas del Cemento Portland Tipo I – Sol

| Característica Física                              | Tipo I - Sol | Requisito NTP 334.002 |
|--|--------------|-----------------------|
| Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )              | 3.15         | ---                   |
| Fineza malta 100 (%)                               | 0.04         | ---                   |
| Fineza malta 200 (%)                               | 4.14         | ---                   |
| Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /gr) | 3840         | Mínimo 2800           |
| Contenido de aire (%)                              | 9.99         | Máximo 12             |
| Expansión autoclave (%)                            | 0.18         | Máximo 0.8            |
| Fraguado Inicial Vicat (hr.min)                    | 1.49         | Mínimo 0.45           |
| Fraguado final vicat (hr.min)                      | 3.29         | Máximo 6.15           |
| f'c a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )                 | 254          | 124 (12.4 Mpa)        |
| f'c a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )                 | 301          | 193 (19.3 Mpa)        |
| f'c a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )                | 357          | 276 (27.6 Mpa) *      |
| Calor de hidratación 7 días (cal/gr)               | 70.6         | ---                   |
| Calor de hidratación 28 días (cal/gr)              | 84.3         | ---                   |

Fuente: Información proporcionada por el fabricante.

(\*) Requisito opcional.

## CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

### 3.1 DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN:

El diseño de mezcla que se usó, fue aquel que a través de una dosificación óptima, cumpliera con las condiciones de: trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Para la presente investigación, se tuvo como referencia el ensayo de máxima compactación del agregado global.

**3.1.1 Ensayo de máxima compactación**, esto es conseguir el mejor acomodo de los agregados en el concreto, y la óptima proporción de agregados con el Máximo Peso Unitario Compactado, al realizar esta combinación se logra obtener la menos cantidad de vacíos en el concreto.

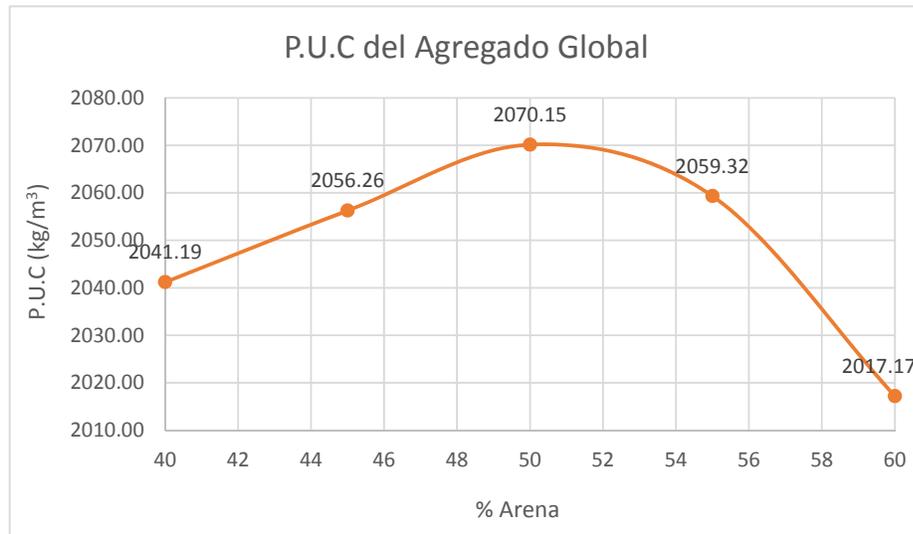
En la presente investigación se ha realizado el diseño de mezcla del concreto patrón para las relaciones agua/cemento (a/c) de 0.60, 0.65 y 0.70 con asentamientos de 3" – 4", siguiendo el criterio de máxima compactación, la cual se detalla a continuación:

**Primero:** determinar la mejor combinación de agregado fino y grueso que produzca la mejor compactación.

El parámetro que definirá la mejor combinación será el Máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C). Se muestra en el cuadro 3.1 el resumen de los PUC de los agregados con variaciones de 5%, y graficando el comportamiento de dicha propiedad en el gráfico 3.1, dicho gráfico se usará para las 3 relaciones a/c mencionadas.

Cuadro 3.1 Resultados del ensayo de compactación

| % Arena | % Piedra | PUC     | UNIDAD            |
|---------|----------|---------|-------------------|
| 40      | 60       | 2041.19 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 45      | 55       | 2056.26 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 50      | 50       | 2070.15 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 55      | 45       | 2059.32 | Kg/m <sup>3</sup> |
| 60      | 40       | 2017.17 | Kg/m <sup>3</sup> |



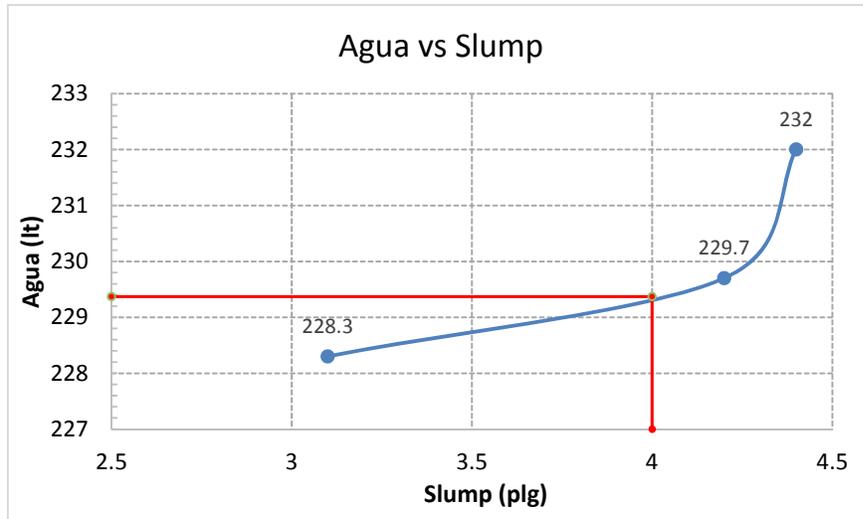
Gráfica 3.1 Peso Unitario Compactado del agregado global

La relación arena/piedra óptima que se obtiene del gráfico 3.1 es 50.5% / 49.5%, sin embargo dicha relación aun no es la definitiva para los agregados. Para obtener la relación óptima definitiva se realizó variantes a esta primera relación arena/piedra, se puede ver con mayor detalle en el tercer paso (pág. 43).

**Segundo:** determinar la cantidad de agua óptima para la mezcla, denominada “agua patrón”, para obtener el asentamiento entre 3” y 4”. Se tuvo que variar la cantidad de agua, pero siempre manteniendo constante la relación agua/cemento (a/c). Para la relación 0.60 se puede ver el cuadro 3.2 y la gráfica 3.2, para la relación 0.65 revise el cuadro 3.3 y la gráfica 3.3 finalmente para la relación 0.70 revise el cuadro 3.4 y la gráfica 3.4.

Cuadro 3.2 Resultados de agua y slump - 0.65

| Agua (Lt) | Slump (“) |
|-----------|-----------|
| 228.3     | 3.1       |
| 229.7     | 4.2       |
| 232       | 4.4       |

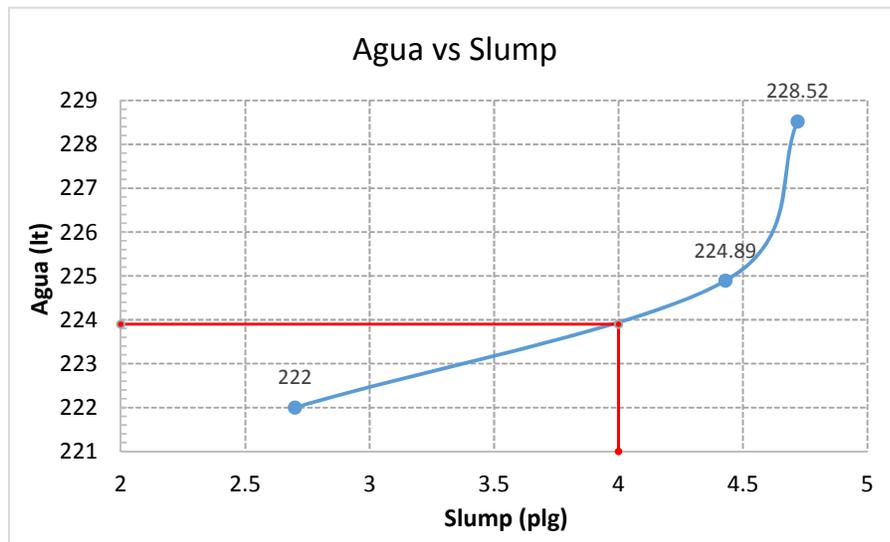


Gráfica 3.2 Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.65

El agua patrón Obtenido es: **229.37 litros**

Cuadro 3.3 Resultados de agua y slump - 0.60

| Agua (Lt) | Slump (") |
|-----------|-----------|
| 222       | 2         |
| 224.89    | 4.43      |
| 228.52    | 4.72      |

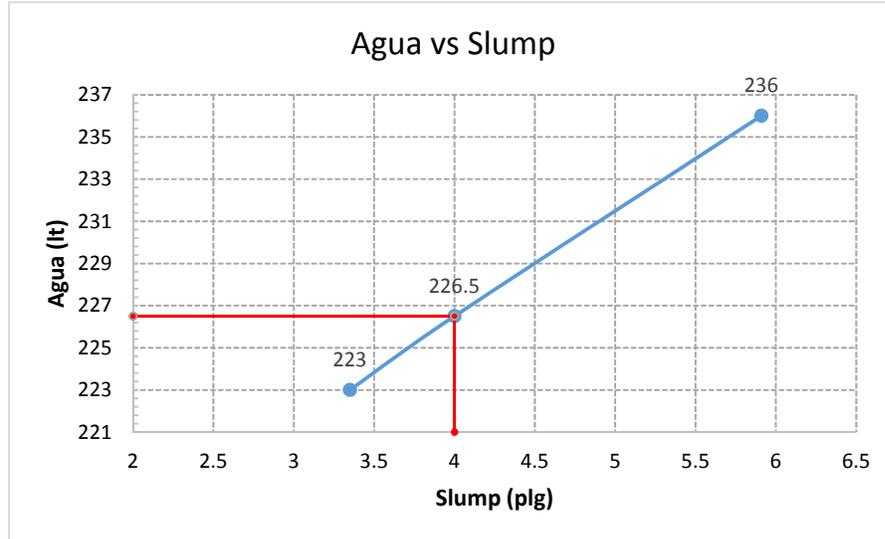


Gráfica 3.3 Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.60

El agua patrón Obtenido es: **223.9 litros**

Cuadro 3.4 Resultados de agua y slump - 0.70

| Agua (Lt) | Slump (") |
|-----------|-----------|
| 223       | 3.35      |
| 226.5     | 4         |
| 236       | 5.91      |



Gráfica 3.4 Variaciones de agua vs slump obtenido - 0.70

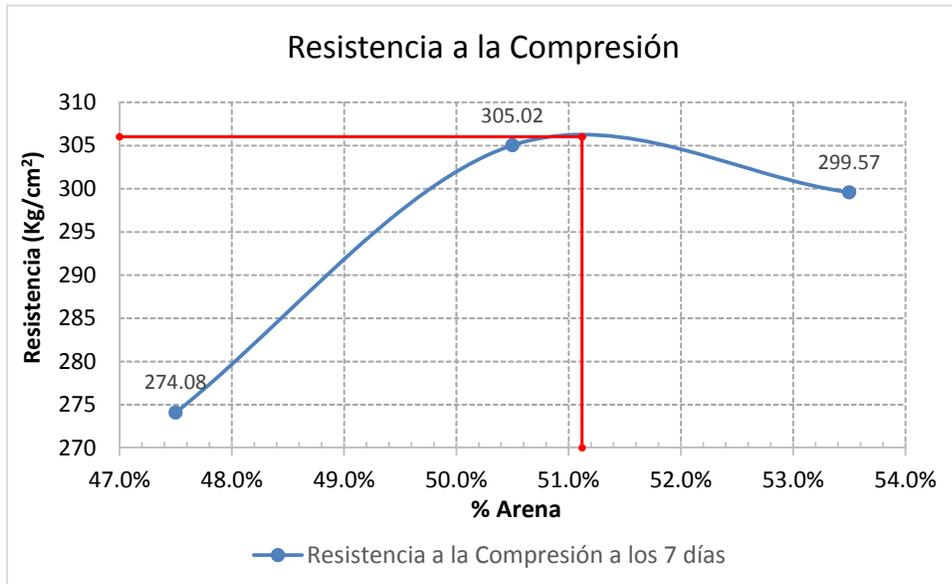
El agua patrón Obtenido es: **226.5 litros**

**Tercero:** se determinó la mejor combinación de agregados para así obtener la mejor resistencia a la compresión, para esto se procedió a variar el porcentaje de los agregados en un +/- 3%, de la relación arena/piedra con mayor P.U.C obtenido, obtenido en el primer paso (pág. 40). La variación de porcentajes se puede ver en el cuadro 3.5.

En la gráfica 3.5, grafica 3.6 y gráfica 3.7 se puede observar el comportamiento de la resistencia a la compresión para las relaciones a/c 0.65, 0.60 y 0.70 respectivamente a medida que se combinó diferentes porcentajes de arena/piedra manteniendo constantes la cantidad de cemento y agua constantes.

Cuadro 3.5 Porcentajes de Arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.65

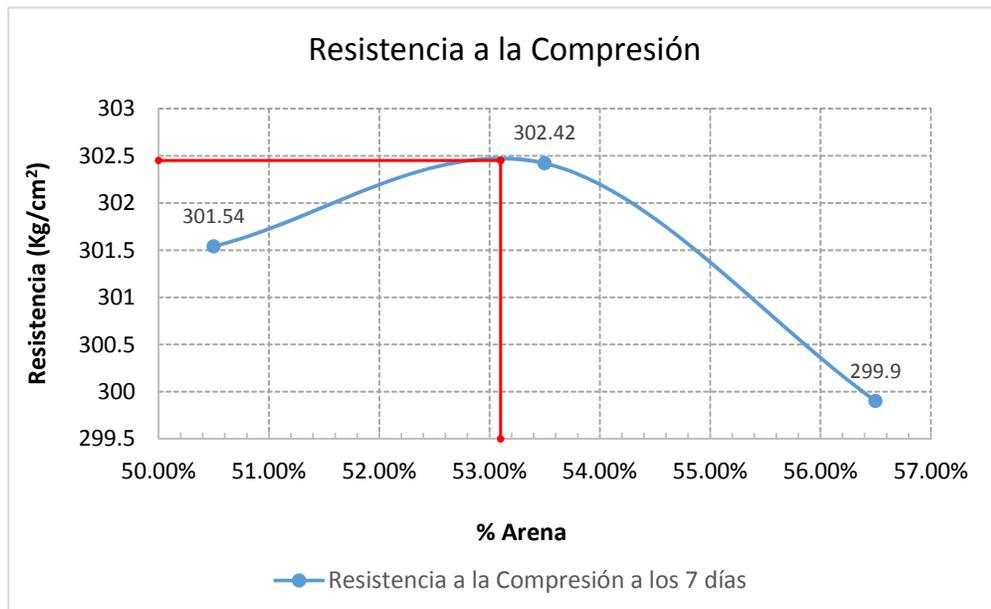
| % Piedra | % Arena | F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|---------|---------------------------|
| 52.50%   | 47.50%  | 274.08                    |
| 49.50%   | 50.50%  | 305.02                    |
| 46.50%   | 53.50%  | 299.57                    |



Gráfica 3.5 Porcentajes de Arena vs Resistencia a la compresión - 0.65

Cuadro 3.6 Porcentajes de Arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.60

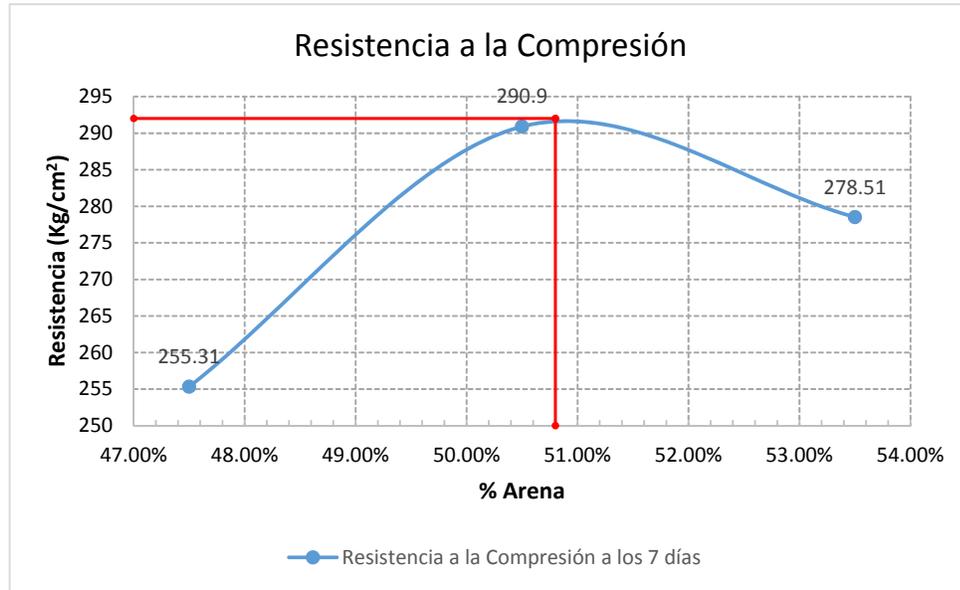
| % Piedra | % Arena | F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|---------|---------------------------|
| 52.50%   | 47.50%  | 301.54                    |
| 49.50%   | 50.50%  | 302.42                    |
| 46.50%   | 53.50%  | 299.9                     |



Gráfica 3.6 Porcentajes de Arena vs Resistencia a la compresión - 0.60

Cuadro 3.7 Porcentajes de Arena/piedra y resistencia a los 7 días - 0.70

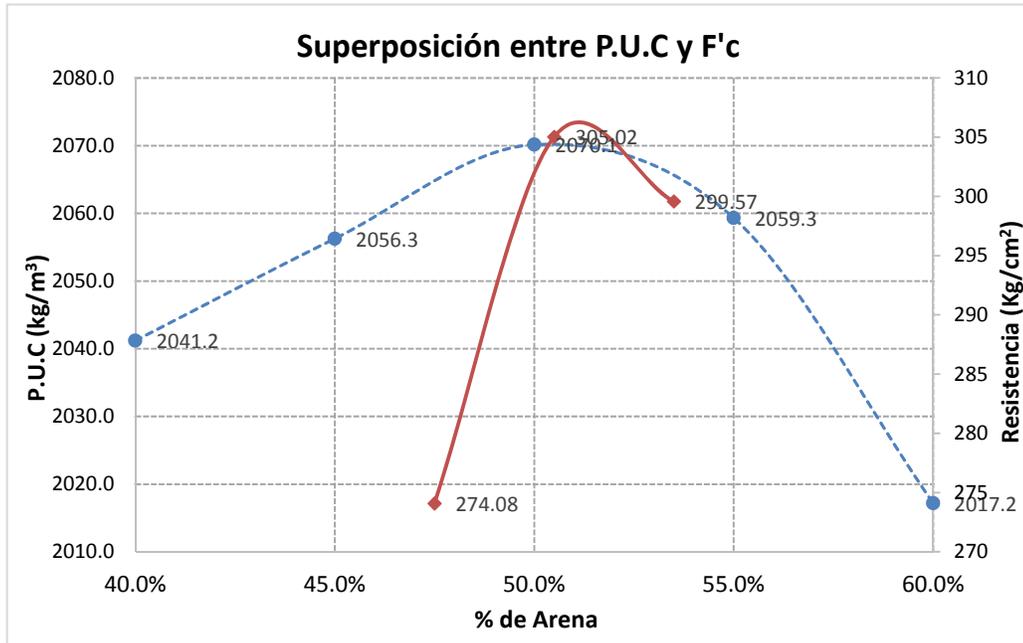
| % Piedra | % Arena | F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|---------|---------------------------|
| 52.50%   | 47.50%  | 255.31                    |
| 49.50%   | 50.50%  | 290.9                     |
| 46.50%   | 53.50%  | 278.51                    |



Gráfica 3.7 Porcentajes de Arena vs Resistencia a la compresión - 0.70

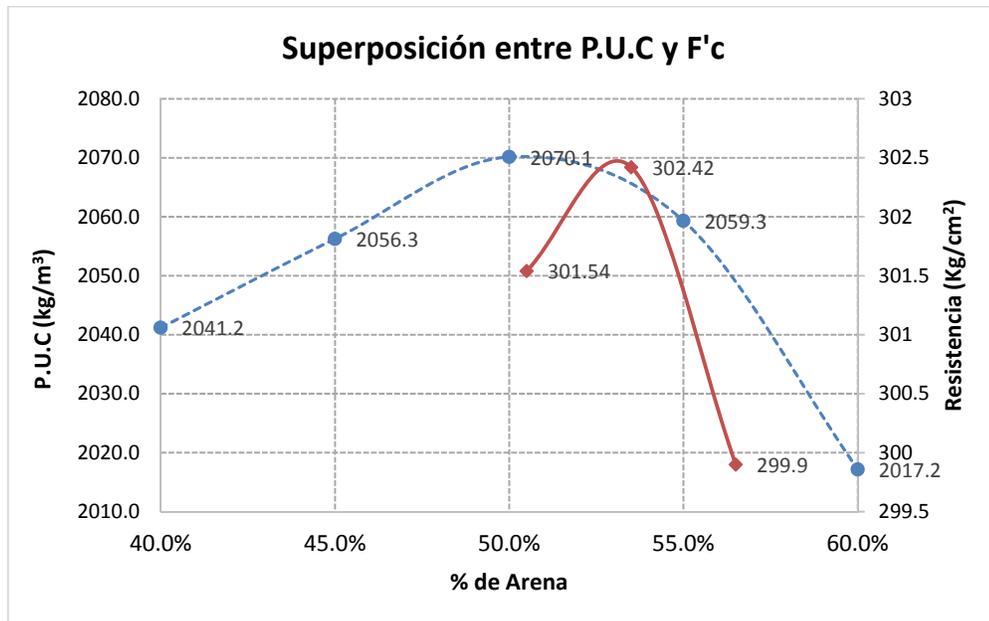
Una vez obtenidas las gráficas de comportamiento de la resistencia para cada relación a/c, se procedió a superponer dichas graficas de comportamiento con la gráfica de comportamiento de PUC, dichas superposiciones se muestran en las gráficas 3.8, 3.9 y 3.10 para las relaciones 0.65, 0.60 y 0.70 respectivamente.

De dichas superposiciones se obtuvieron las relaciones óptimas de los agregados y así se calculó los diseños de concreto con mejor desempeño los cuales fueron los diseños patrones para cada relación a/c.



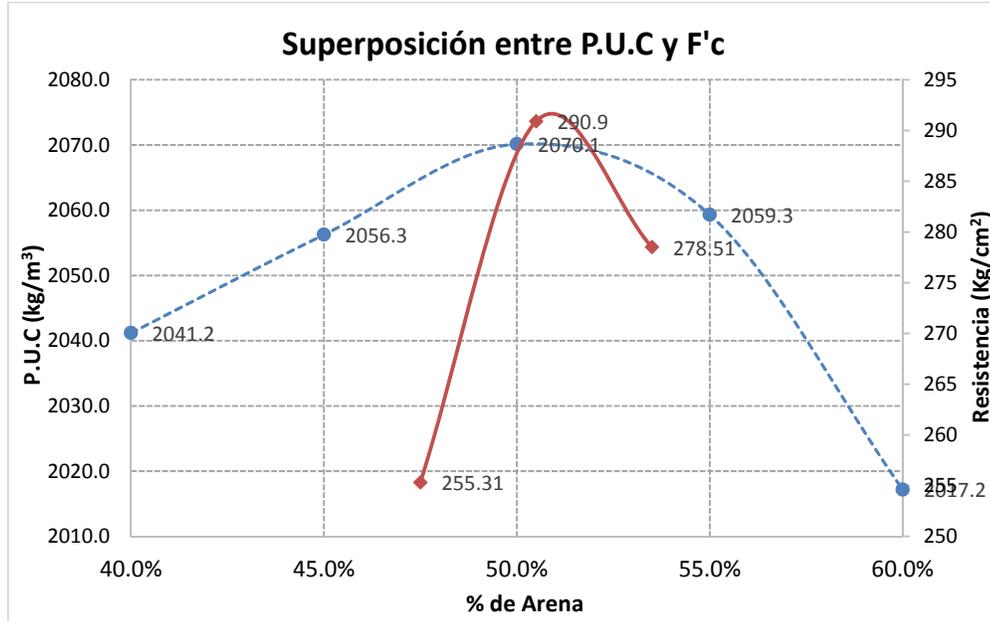
Gráfica 3.8 Superposición entre P.U.C y F'c 0.65

Se obtuvo como arena patrón: **51.1%**



Gráfica 3.9 Superposición entre P.U.C y F'c 0.60

Se obtuvo como arena patrón: **53.8%**



Gráfica 3.10 Superposición entre P.U.C y F'c 0.70

Se obtuvo como arena patrón: **51.5%**

**Cuarto:** Cálculo del diseño final de concreto patrón, una vez que se determinó los porcentajes óptimos de arena/piedra y agua patrón, se procede a realizar el diseño de concreto patrón para las 3 relaciones a/c, se muestran en los cuadros 3.8, 3.9 y 3.10.

Cuadro 3.8 Diseño final de Concreto Patrón 0.65

| Materiales     | Dosificación por metro cúbico de concreto |                |          |                    |            | Tanda de laboratorio |
|----------------|---|----------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
|                | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs. (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo |                      |
| Cemento        | 352.9                                     | 0.113          | 1.00     | 353                | 1.00       | 19.56                |
| Agua           | 229.4                                     | 0.229          | 0.65     | 203                | 0.57       | 11.23                |
| Arena (51.1%)  | 860.7                                     | 0.321          | 2.44     | 897                | 2.54       | 49.68                |
| Piedra (48.9%) | 799.6                                     | 0.307          | 2.27     | 804                | 2.28       | 44.53                |
| Aire           |   | 0.029          |          |                    |            |                      |
|                |   |                |          |                    |            | 125.00               |

Cuadro 3.9 Diseño final de Concreto Patrón 0.60

| Materiales | Dosificación por metro cúbico de concreto |               |          |                    |            | Tanda de laboratorio |
|------------|---|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
|            | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo |                      |
| Cemento    | 373.2                                     | 0.120         | 1.00     | 373                | 1.000      | 20.73                |
| Agua       | 223.9                                     | 0.224         | 0.60     | 213                | 0.570      | 11.81                |
| Arena      | 892.4                                     | 0.333         | 2.39     | 912                | 2.444      | 50.67                |
| Piedra     | 765.8                                     | 0.294         | 2.05     | 770                | 2.064      | 42.79                |
| Aire       |   | 0.029         |          |                    |            |                      |
|            |   |               |          |                    |            | 126.00               |

Cuadro 3.10 Diseño final de Concreto Patrón 0.70

| Materiales | Dosificación por metro cúbico de concreto |                |          |                    |            | Tanda de laboratorio |
|------------|---|----------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
|            | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs. (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Humedo |                      |
| Cemento    | 323.6                                     | 0.104          | 1.00     | 324                | 1.00       | 17.93                |
| Agua       | 226.5                                     | 0.227          | 0.70     | 207                | 0.64       | 11.48                |
| Arena      | 872.0                                     | 0.325          | 2.69     | 901                | 2.78       | 49.90                |
| Piedra     | 820.5                                     | 0.315          | 2.54     | 825                | 2.55       | 45.69                |
| Aire       |   | 0.029          |          |                    |            |                      |
|            |   |                |          |                    |            | 125.00               |

### 3.2 DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO PLASTIFICANTE:

Se obtuvo a partir del concreto patrón al cual se le adicionó el aditivo plastificante SH3 de la empresa Ulmen en la dosificación de 1% del peso del cemento, y restando cantidad de agua para conservar el asentamiento entre 3" y 4". Los diseños se pueden observar en los cuadros 3.11, 3.12 y 3.13.

*Dosificación con Aditivo 1% del peso del cemento:*

$$\text{Densidad} = 1.03 \text{ Kg/Lt} \Leftrightarrow 0.00103 \text{ kg/ml}$$

$$\text{Volumen de aditivo} = \frac{1\% \times W_{\text{cemento}}}{1.03 \text{ Kg/lit}}$$

$$\text{Volumen de aditivo} = 3.43 \text{ lt/m}^3$$

En nuestra mezcla de laboratorio será **0.0845kg <> 82.08 ml**

Cuadro 3.11 Diseño de Concreto Patrón con aditivo 0.65

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 209                             | 0.592      | 5.00                 |
| Arena (51.1%)                             | 860.7          | 0.321                      | 2.44     | 890                             | 2.523      | 21.31                |
| Piedra (48.9%)                            | 799.6          | 0.307                      | 2.27     | 804                             | 2.277      | 19.24                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.529          |                            |          | 3.53                            |            | <b>0.0845</b>        |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.08                |

Cuadro 3.12 Diseño de Concreto Patrón con aditivo 0.60

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 213                             | 0.570      | 11.81                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333                      | 2.39     | 912                             | 2.444      | 50.67                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294                      | 2.05     | 770                             | 2.064      | 42.79                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.73           |                            |          | 3.73                            |            | <b>0.207</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 126.21               |

Cuadro 3.13 Diseño de Concreto Patrón con aditivo 0.70

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 7.74                 |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 206                             | 0.636      | 4.93                 |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 902                             | 2.788      | 21.59                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.549      | 19.74                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.236          |                            |          | 3.24                            |            | <b>0.077</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.08                |

### 3.3 DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO PLASTIFICANTE MAS PORCENTAJES DE CAL:

La siguiente variación es agregar porcentajes de cal respecto al peso del cemento a la mezcla. Para esto se realizó varios diseños y así se observó el comportamiento de las propiedades del concreto con las diferentes proporciones de cal (40%, 50% y 60%) respecto al peso del cemento, tomando inicialmente como base el concreto con 1% de aditivo respecto al peso del cemento mostrados en los cuadros 3.11, 3.12 y 3.13.

Se muestran las variaciones para la relación a/c 0.65 en los cuadros 3.14, 3.15 y 3.16.

- Para un diseño con 40% de Cal.

Cuadro 3.14 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.65

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 353            | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229            | 0.229                      | 0.65     | 214                             | 0.606      | 5.12                 |
| Arena                                     | 861            | 0.321                      | 2.44     | 884                             | 2.506      | 21.17                |
| Piedra                                    | 800            | 0.307                      | 2.27     | 805                             | 2.280      | 19.26                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.53           |                            |          | 3.53                            |            | 0.085                |
| Cal 40%                                   | 141.15         |                            |          | 141.15                          |            | <b>3.379</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 57.46                |

- Para un diseño con 50% de Cal.

Cuadro 3.15 Diseño de concreto patrón con aditivo más 50% de cal - 0.65

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 217                             | 0.614      | 5.19                 |
| Arena                                     | 860.7          | 0.321                      | 2.44     | 882                             | 2.498      | 21.11                |
| Piedra                                    | 799.6          | 0.307                      | 2.27     | 804                             | 2.280      | 19.26                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   |                |                            |          |                                 |            | 0.085                |
| Cal 50%                                   | 176.44         |                            |          | 176.44                          |            | <b>4.224</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 58.31                |

- Para un diseño con 60% de Cal.

Cuadro 3.16 Diseño de concreto patrón con aditivo más 60% de cal - 0.65

| <b>Dosificación por metro cúbico de concreto</b> |                       |                                 |                 |                                      |                   |                             |
|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Materiales</b>                                | <b>Peso Seco (kg)</b> | <b>Vol. Abs (m<sup>3</sup>)</b> | <b>P.U Seco</b> | <b>(kg/m<sup>3</sup>)Peso Húmedo</b> | <b>P.U Húmedo</b> | <b>Tanda de laboratorio</b> |
| Cemento  | 352.9                 | 0.113                           | 1.00            | 353                                  | 1.000             | 8.45                        |
| Agua   | 229.4                 | 0.229                           | 0.65            | 217                                  | 0.614             | 5.19                        |
| Arena  | 860.7                 | 0.321                           | 2.44            | 882                                  | 2.498             | 21.11                       |
| Piedra   | 799.6                 | 0.307                           | 2.27            | 804                                  | 2.280             | 19.26                       |
| Aire   |                       | 0.029                           |                 |                                      |                   |                             |
| Aditivo  |                       |                                 |                 |                                      |                   | 0.0845                      |
| Cal 60%  | 211.73                |                                 |                 | 211.73                               |                   | <b>5.069</b>                |
|  |                       |                                 |                 |                                      |                   | 59.15                       |

Se muestran las variaciones para la relación a/c 0.60 en los cuadros 3.17, 3.18 y 3.19.

- Para un diseño con 40% de Cal.

Cuadro 3.17 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.60

| <b>Dosificación por metro cúbico de concreto</b> |                       |                                 |                 |                                      |                   |                             |
|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Materiales</b>                                | <b>Peso Seco (kg)</b> | <b>Vol. Abs (m<sup>3</sup>)</b> | <b>P.U Seco</b> | <b>(kg/m<sup>3</sup>)Peso Húmedo</b> | <b>P.U Húmedo</b> | <b>Tanda de laboratorio</b> |
| Cemento  | 373.2                 | 0.120                           | 1.00            | 373                                  | 1.000             | 20.73                       |
| Agua   | 223.9                 | 0.224                           | 0.60            | 206                                  | 0.551             | 11.42                       |
| Arena  | 892.4                 | 0.333                           | 2.39            | 919                                  | 2.463             | 51.06                       |
| Piedra   | 765.8                 | 0.294                           | 2.05            | 770                                  | 2.064             | 42.80                       |
| Aire   |                       | 0.029                           |                 |                                      |                   |                             |
| Aditivo  | 3.73                  |                                 |                 | 3.73                                 |                   | 0.207                       |
| Cal 40%  | 149.29                |                                 |                 | 149.29                               |                   | <b>8.292</b>                |
|  |                       |                                 |                 |                                      |                   | 134.50                      |

- Para un diseño con 50% de Cal.

Cuadro 3.18 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.60

| <b>Dosificación por metro cúbico de concreto</b> |                       |                                 |                 |                                      |                   |                             |
|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Materiales</b>                                | <b>Peso Seco (kg)</b> | <b>Vol. Abs (m<sup>3</sup>)</b> | <b>P.U Seco</b> | <b>(kg/m<sup>3</sup>)Peso Húmedo</b> | <b>P.U Húmedo</b> | <b>Tanda de laboratorio</b> |
| Cemento  | 373.2                 | 0.120                           | 1.00            | 373                                  | 1.000             | 20.73                       |
| Agua   | 223.9                 | 0.224                           | 0.60            | 206                                  | 0.551             | 11.42                       |
| Arena  | 892.4                 | 0.333                           | 2.39            | 919                                  | 2.463             | 51.06                       |
| Piedra   | 765.8                 | 0.294                           | 2.05            | 770                                  | 2.064             | 42.80                       |
| Aire   |                       | 0.029                           |                 |                                      |                   |                             |
| Aditivo  | 3.73                  |                                 |                 | 3.73                                 |                   | 0.207                       |
| Cal 50%  | 186.61                |                                 |                 | 186.61                               |                   | <b>10.365</b>               |
|  |                       |                                 |                 |                                      |                   | 136.57                      |

- Para un diseño con 60% de Cal.

Cuadro 3.19 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.60

| <b>Dosificación por metro cúbico de concreto</b> |                       |                                 |                 |                                      |                   |                             |
|--|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Materiales</b>                                | <b>Peso Seco (kg)</b> | <b>Vol. Abs (m<sup>3</sup>)</b> | <b>P.U Seco</b> | <b>(kg/m<sup>3</sup>)Peso Húmedo</b> | <b>P.U Húmedo</b> | <b>Tanda de laboratorio</b> |
| Cemento  | 373.2                 | 0.120                           | 1.00            | 373                                  | 1.000             | 20.73                       |
| Agua   | 223.9                 | 0.224                           | 0.60            | 206                                  | 0.551             | 11.42                       |
| Arena  | 892.4                 | 0.333                           | 2.39            | 919                                  | 2.463             | 51.06                       |
| Piedra   | 765.8                 | 0.294                           | 2.05            | 770                                  | 2.064             | 42.80                       |
| Aire   |                       | 0.029                           |                 |                                      |                   |                             |
| Aditivo  | 3.73                  |                                 |                 | 3.73                                 |                   | 0.207                       |
| Cal 60%  | 223.93                |                                 |                 | 223.93                               |                   | <b>12.438</b>               |
|  |                       |                                 |                 |                                      |                   | 138.65                      |

Se muestran las variaciones para la relación a/c 0.70 en los cuadros 3.20, 3.21 y 3.22.

- Para un diseño con 40% de Cal.

Cuadro 3.20 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.70

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 220                             | 0.678      | 12.26                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 888                             | 2.745      | 49.61                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.549      | 46.06                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.23           |                            |          | 3.24                            |            | 0.181                |
| Cal 40%                                   | 129.43         |                            |          | 129.43                          |            | <b>7.229</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 133.41               |

- Para un diseño con 50% de Cal.

Cuadro 3.21 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal - 0.70

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 216                             | 0.666      | 12.04                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 891                             | 2.755      | 49.78                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.551      | 46.10                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.23           |                            |          | 3.24                            |            | 0.181                |
| Cal 50%                                   | 161.79         |                            |          | 161.79                          |            | <b>9.036</b>         |
|   |                |                            |          |                                 |            | 135.22               |

- Para un diseño con 60% de Cal.

Cuadro 3.22 Diseño de concreto patrón con aditivo más 40% de cal 0.70

| Materiales | Dosificación por metro cúbico de concreto |                            |          |                                 |            |                      |
|------------|---|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
|            | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento    | 323.6                                     | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua       | 226.5                                     | 0.227                      | 0.70     | 216                             | 0.666      | 12.04                |
| Arena      | 872.0                                     | 0.325                      | 2.69     | 891                             | 2.755      | 49.78                |
| Piedra     | 820.5                                     | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.551      | 46.10                |
| Aire       |   | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo    | 3.23                                      |                            |          | 3.23                            |            | 0.181                |
| Cal 60%    | 194.14                                    |                            |          | 194.14                          |            | <b>10.843</b>        |
|            |   |                            |          |                                 |            | 137.02               |

## CAPITULO IV: ENSAYOS:

### 4.1 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

#### 4.1.1 Consistencia (NTP 339.035)

La consistencia se define como la capacidad de la mezcla de mantenerse homogénea con una permanencia en un estado determinado en función del tiempo. Esta propiedad se mide mediante el Ensayo de Asentamiento o Slump.

El ensayo consiste en colocar la muestra de concreto fresco mezclado en el cono de Abrams, el cual es un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El cono se retira hacia arriba permitiendo que el concreto asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto.

Los valores obtenidos de consistencia de las mezclas de concreto se muestran en el cuadro 4.1 y gráficos 4.1, 4.2 y 4.3.

**Cuadro 4.1:** Valores de consistencia

|                  | a/c 0.60  |       | a/c 0.65  |       | a/c 0.70  |       |
|------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                  | SLUMP (") | %     | SLUMP (") | %     | SLUMP (") | %     |
| <b>CP</b>        | 3.5       | 100   | 3.9       | 100   | 4.4       | 100   |
| <b>CP+A</b>      | 3.7       | 105.7 | 4.1       | 105.1 | 4.6       | 104.5 |
| <b>CP+A+C40%</b> | 4.2       | 120   | 4.1       | 105.1 | 4.2       | 95.5  |
| <b>CP+A+C50%</b> | 4.3       | 122.9 | 4.2       | 107.7 | 4.3       | 97.7  |
| <b>CP+A+C60%</b> | 4.1       | 117.1 | 4.1       | 105.1 | 4.1       | 93.2  |

Nota:

CP = Concreto Patrón

CP+A= Concreto Patrón con Aditivo

CP+A+C40%= Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

CP+A+C50%= Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal

CP+A+C60%= Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal

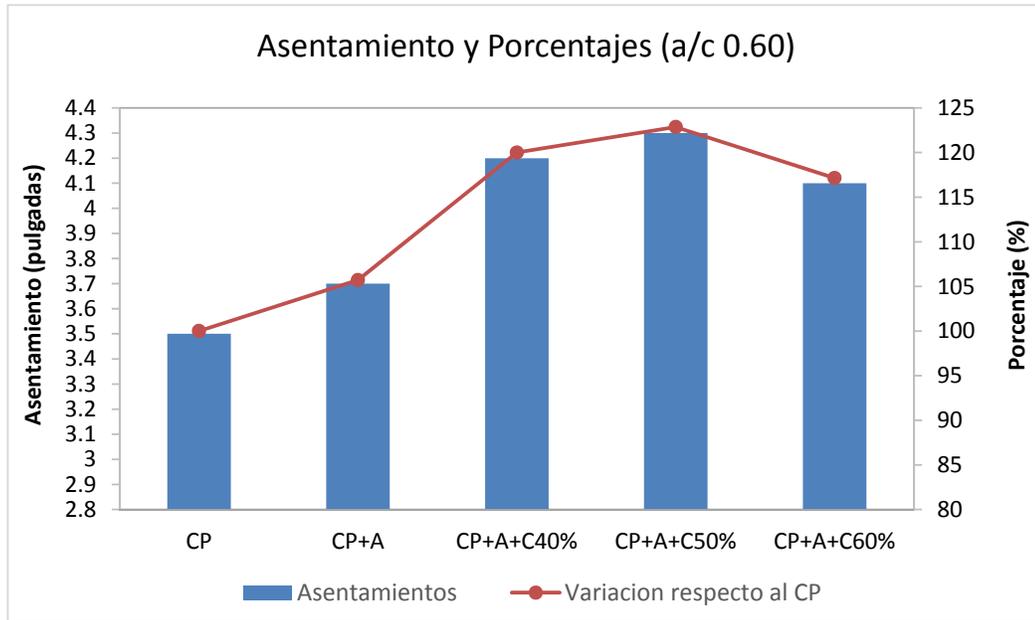


Gráfico 4.1: Ensayo de Asentamiento

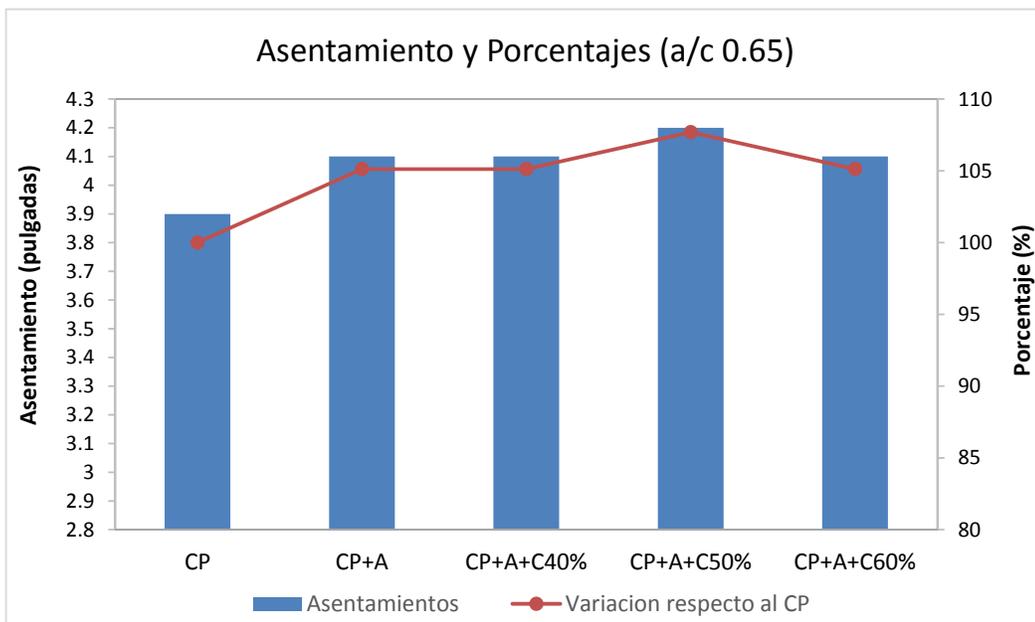
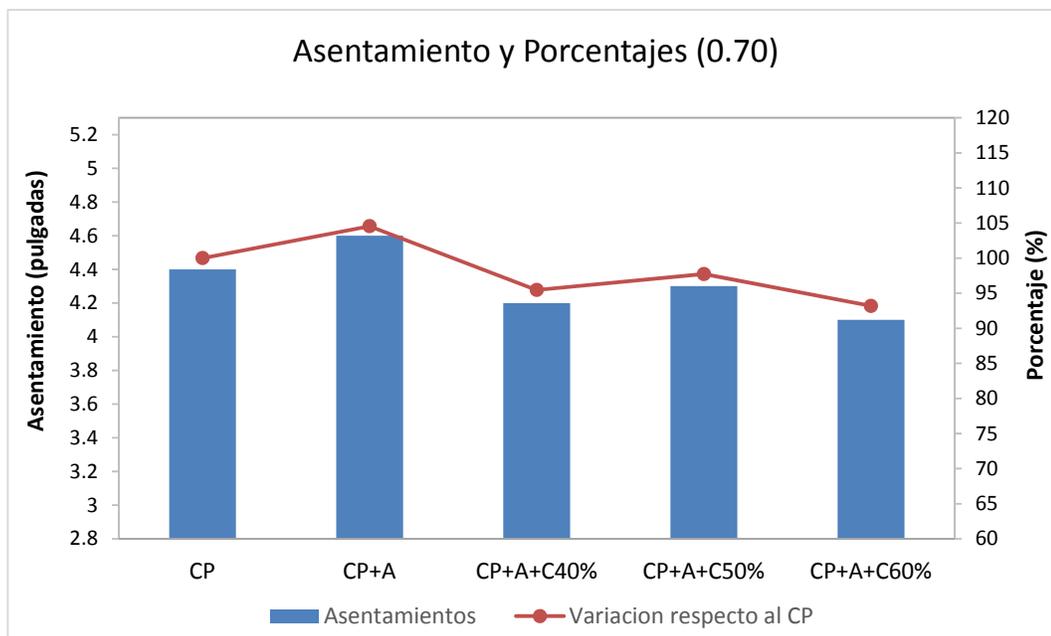


Gráfico 4.2: Ensayo de Asentamiento.



**Gráfico 4.3:** Ensayo de Asentamiento.

#### 4.1.2 Peso Unitario (NTP 339.046)

El peso unitario se refiere a la mezcla de concreto en las cuales aún no ha comenzado la reacción entre el cemento y el agua o si ya inició la reacción es todavía insignificante.

Los concretos se clasifican en:

- *Concretos livianos*, son aquellos que preparados con agregados livianos cuyo peso unitario se encuentra en el intervalo de [400 – 1700] Kg/m<sup>3</sup>.
- *Concretos normales*, son aquellos cuyo peso unitario se encuentra en el intervalo de [1700 - 2500] Kg/m<sup>3</sup>.
- *Concretos pesados*, son aquellos cuyo peso unitario es mayor que 2500kg/m<sup>3</sup>.

En este caso los valores obtenidos de PU varían entre 2100kg/m<sup>3</sup> y 2465kg/m<sup>3</sup> por lo tanto de acuerdo a lo mencionado líneas arriba, se clasifican como concreto de peso normal.

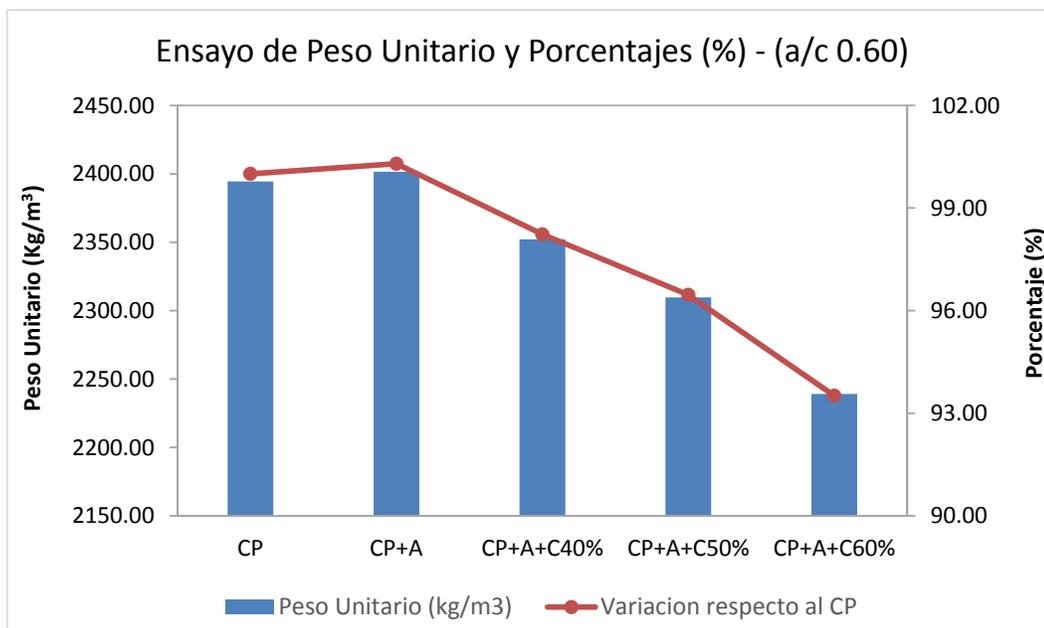
El ensayo consiste en colocar la muestra fresca en un recipiente, el cual es de forma cilíndrica y de 1/10 de pie<sup>3</sup>, luego se compacta la muestra, seguidamente

se realiza el enrasado o alisado, se limpia la superficie del recipiente y finalmente se pesa, para luego dividir el peso entre el volumen del recipiente.

A continuación en el cuadro 4.2 y gráficos 4.4, 4.5 y 4.6 se muestran los resultados de PU de los diferentes tipos de mezcla en las diferentes relaciones a/c:

**Cuadro 4.2:** Valores de peso unitario

|                  | a/c 0.60 |        | a/c 0.65 |        | a/c 0.70 |        |
|------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                  | P.U.     | %      | P.U.     | %      | P.U.     | %      |
| <b>CP</b>        | 2394.41  | 100.00 | 2316.71  | 100.00 | 2319.54  | 100.00 |
| <b>CP+A</b>      | 2401.47  | 100.29 | 2334.37  | 100.76 | 2326.60  | 100.30 |
| <b>CP+A+C40%</b> | 2352.03  | 98.23  | 2309.65  | 99.70  | 2281.40  | 98.36  |
| <b>CP+A+C50%</b> | 2309.65  | 96.46  | 2281.40  | 98.48  | 2251.73  | 97.08  |
| <b>CP+A+C60%</b> | 2239.02  | 93.51  | 2210.06  | 95.40  | 2236.19  | 96.41  |



**Gráfico 4.4:** Ensayo de Peso unitario.

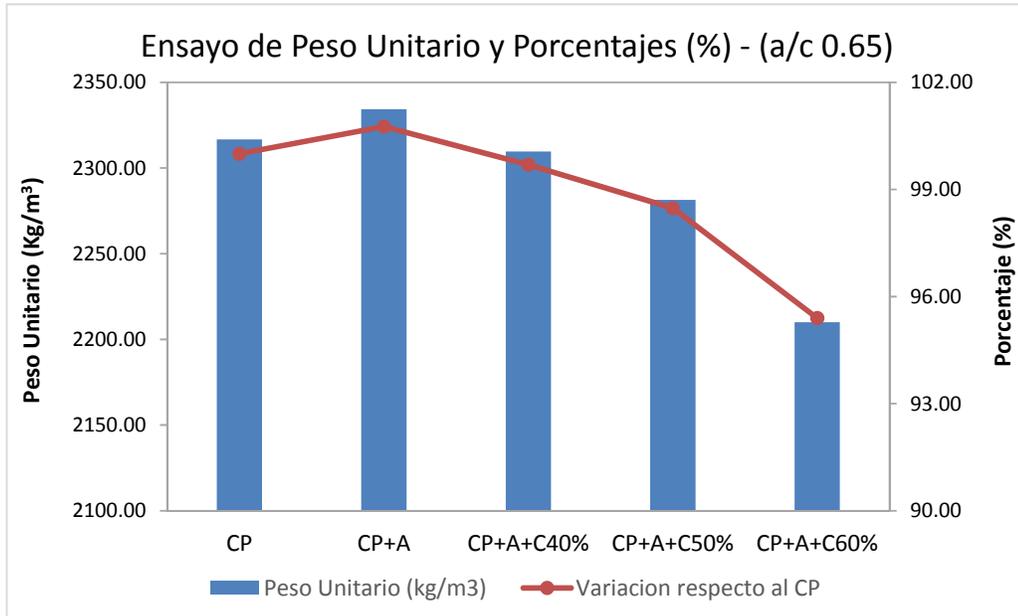


Gráfico 4.5: Ensayo de Peso unitario.

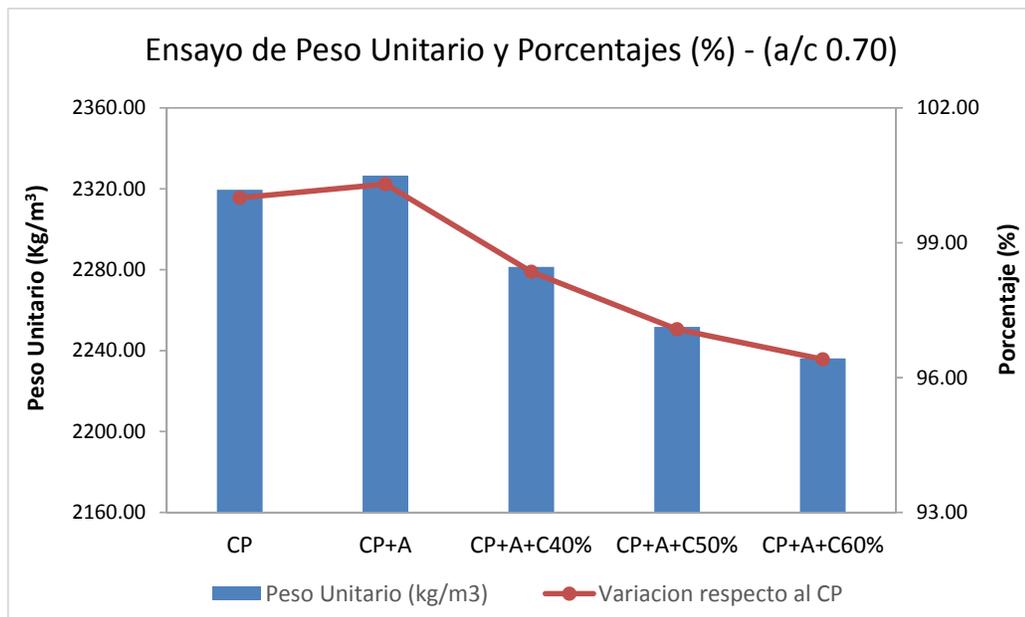


Gráfico 4.6: Ensayo de Peso unitario.

#### 4.1.3 Fluidez (NTP 339.085)

Viene a ser la capacidad que tiene el concreto para comportarse como un fluido en determinadas circunstancias, para medir esta propiedad es necesario hacer uso de la mesa de sacudidas.

El cálculo del índice de fluidez se realiza de la siguiente manera:

$$F = \frac{(D - 25)}{25} \times 100$$

Donde:

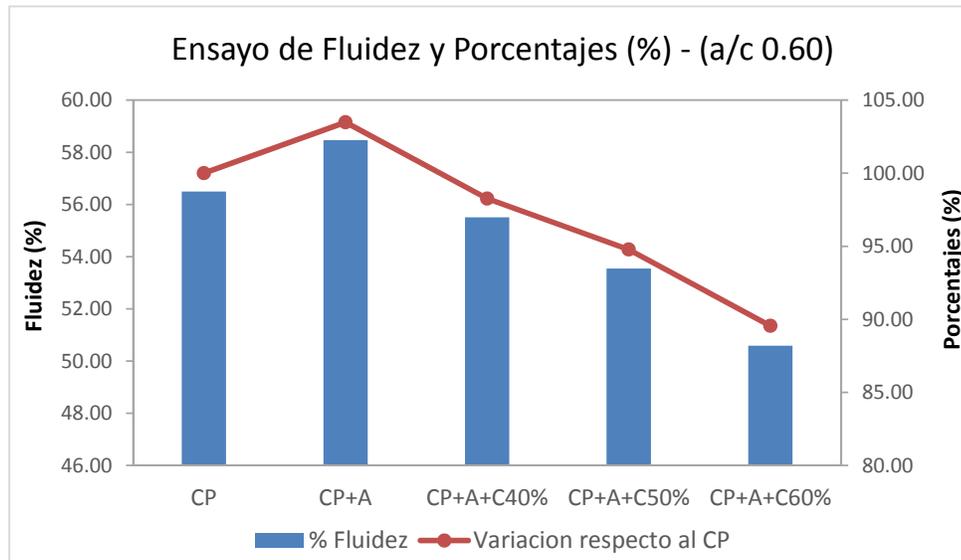
F: Porcentaje de fluidez.

D: Diámetro promedio en cm.

Se muestran los resultados obtenidos en el cuadro 4.3 y gráficos 4.7, 4.8 y 4.9.

**Cuadro 4.3:** Valores de fluidez

|                  | a/c 0.60 |        | a/c 0.65 |        | a/c 0.70 |        |
|------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                  | Fluidez  | %      | Fluidez  | %      | Fluidez  | %      |
| <b>CP</b>        | 56.50    | 100.00 | 70.28    | 100.00 | 80.12    | 100.00 |
| <b>CP+A</b>      | 58.46    | 103.48 | 60.43    | 85.99  | 67.32    | 84.03  |
| <b>CP+A+C40%</b> | 55.51    | 98.26  | 53.54    | 76.19  | 57.48    | 71.74  |
| <b>CP+A+C50%</b> | 53.54    | 94.77  | 48.62    | 69.19  | 55.51    | 69.29  |
| <b>CP+A+C60%</b> | 50.59    | 89.55  | 47.64    | 67.79  | 40.75    | 50.86  |



**Gráfico 4.7:** Ensayo de Fluidez y variaciones con respecto al concreto patrón.

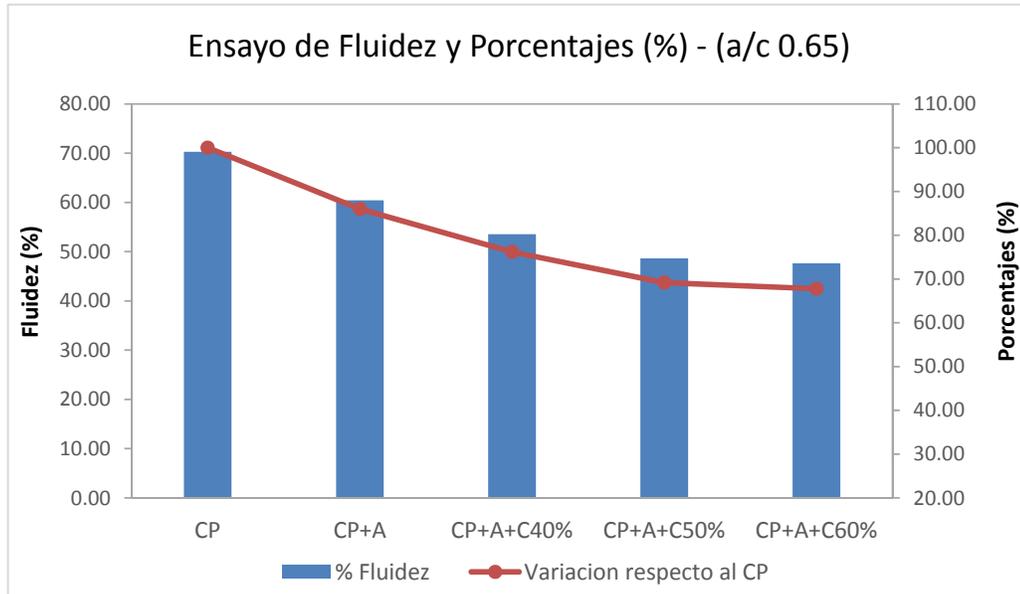


Gráfico 4.8: Ensayo de Fluidez y variaciones con respecto al concreto patrón

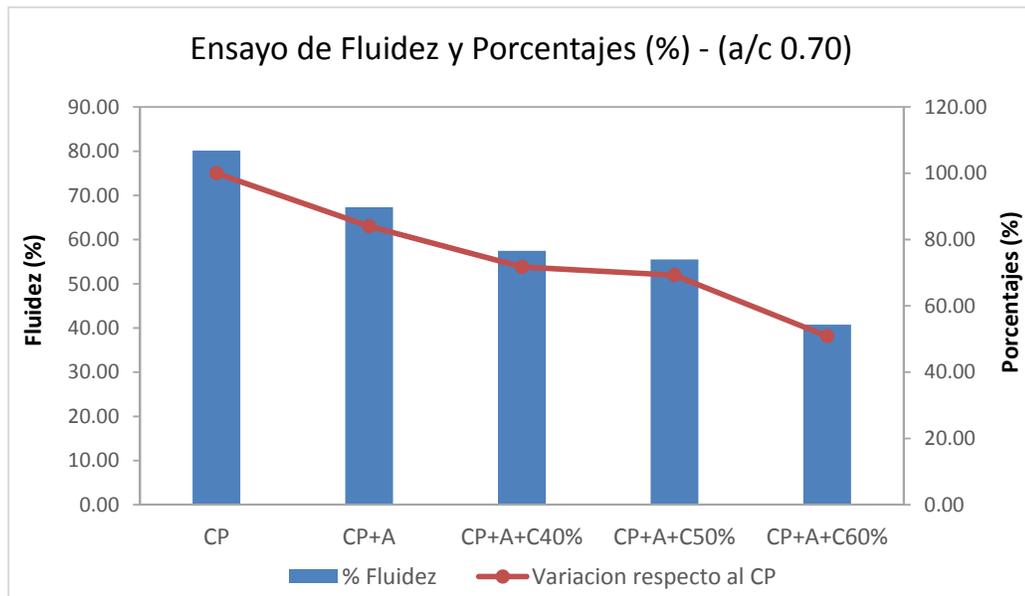


Gráfico 4.9: Ensayo de Fluidez y variaciones con respecto al concreto patrón

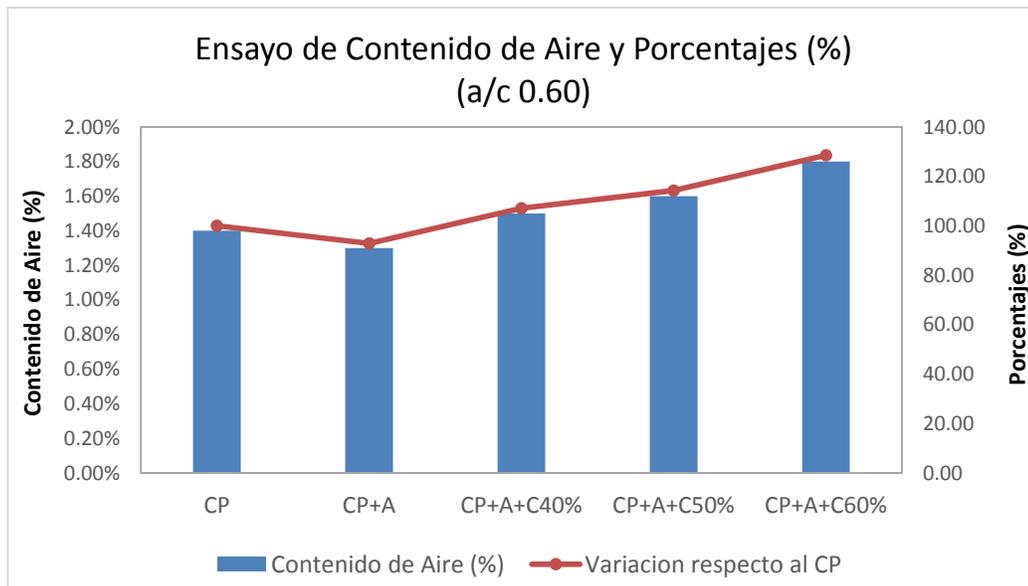
#### 4.1.4 Contenido de Aire (NTP 339.083)

El presente ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de aire en la mezcla de concreto, excluyendo el aire contenido dentro de los poros del agregado, se considera importante pues el contenido de aire da un índice de la calidad del concreto.

Para realizar este ensayo se hizo uso de la olla de Washington, y se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en el cuadro 4.4 y los gráficos 4.10, 4.11 y 4.12:

**Cuadro 4.4:** Valores de contenido de aire

|                  | a/c 0.60 |       | a/c 0.65 |       | a/c 0.70 |       |
|------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
|                  | A        | %     | A        | %     | A        | %     |
| <b>CP</b>        | 1.40%    | 100.0 | 1.00%    | 100.0 | 1.15%    | 100.0 |
| <b>CP+A</b>      | 1.30%    | 92.9  | 0.92%    | 92.0  | 1.00%    | 87.0  |
| <b>CP+A+C40%</b> | 1.50%    | 107.1 | 1.15%    | 115.0 | 1.30%    | 113.0 |
| <b>CP+A+C50%</b> | 1.60%    | 114.3 | 1.30%    | 130.0 | 1.40%    | 121.7 |
| <b>CP+A+C60%</b> | 1.80%    | 128.6 | 1.50%    | 150.0 | 1.60%    | 139.1 |



**Gráfico 4.10:** Ensayo de Contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón.

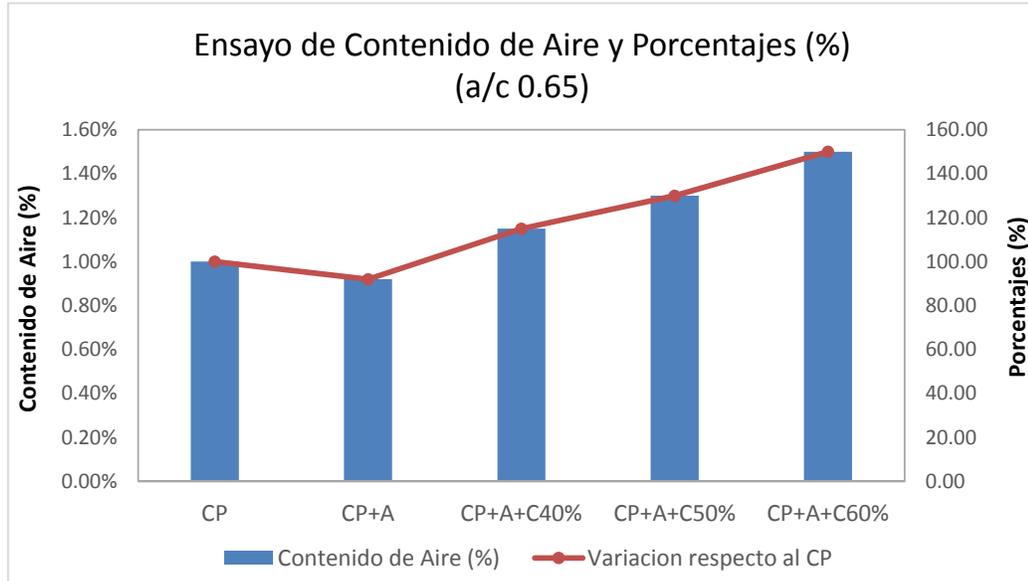


Gráfico 4.11: Ensayo de Contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón.

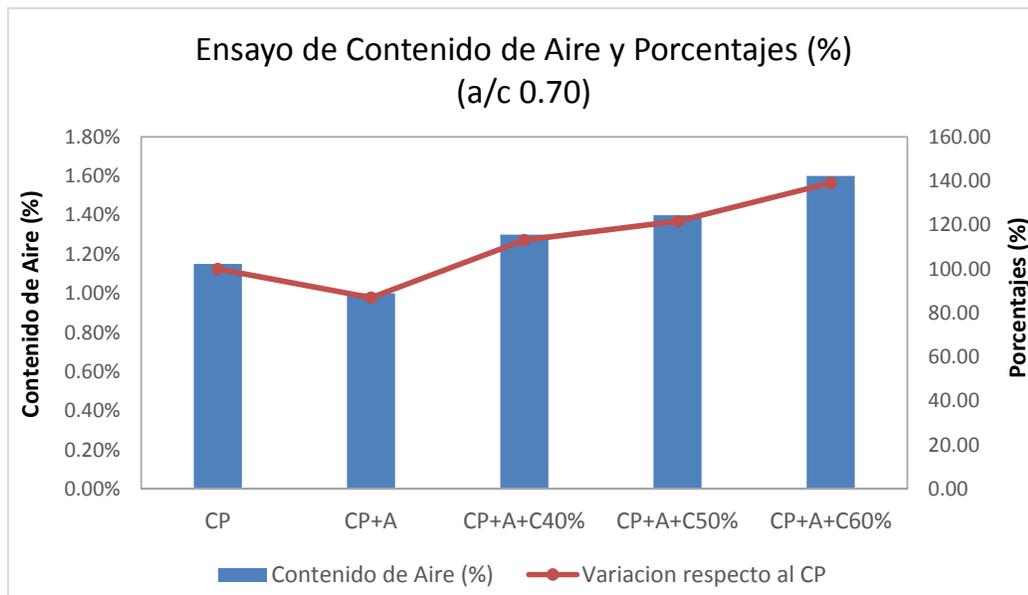


Gráfico 4.12: Ensayo de Contenido de aire y variaciones con respecto al concreto patrón.

#### 4.1.5 Tiempo de Fraguado (NTP 339.082)

El tiempo de fraguado es la propiedad que representa el tiempo mediante el cual el concreto fresco va cambiando de su consistencia plástica y moldeable a una sólida e indeformable.

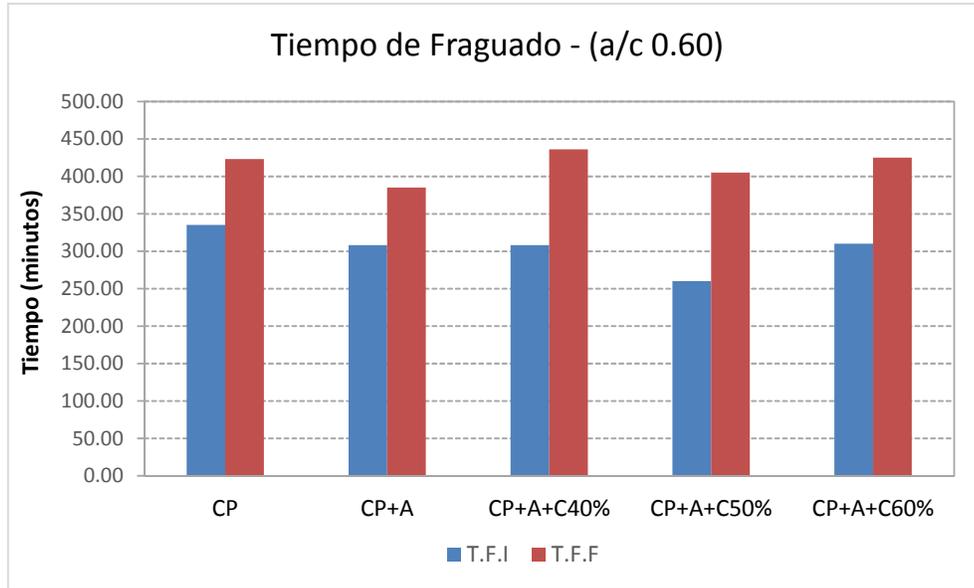
El ensayo se realiza de la siguiente manera, se toma una muestra de mortero tamizado de una muestra representativa del concreto fresco. El mortero será colocado en un recipiente y será almacenado a una temperatura ambiente especificada. A intervalos regulares de tiempo, se obtendrá la resistencia a la penetración del mortero utilizando agujas normalizadas. De una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido se determinaran los tiempos de fragua inicial y final.

- *Tiempo de Fraguado Inicial (T.F.I)*, se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla, así como también la pérdida inicial de la plasticidad. El tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia a la penetración es de 500 lb/plg<sup>2</sup>.
- *Tiempo de Fraguado Final (T.F.F)*, es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del aumento de su resistencia. El tiempo de fraguado final se considera cuando la resistencia a la penetración es 4000 lb/plg<sup>2</sup>.

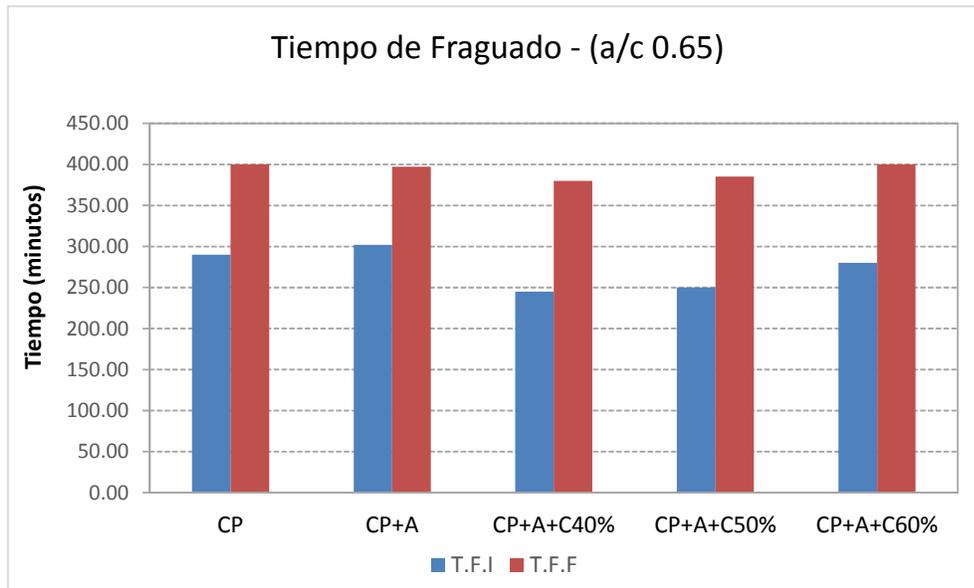
A continuación en los cuadros 4.5, 4.6 y gráficos 4.13, 4.14 y 4.15 se muestran los valores de tiempo de fragua obtenidos:

**Cuadro 4.5:** Ensayo tiempo de fraguado

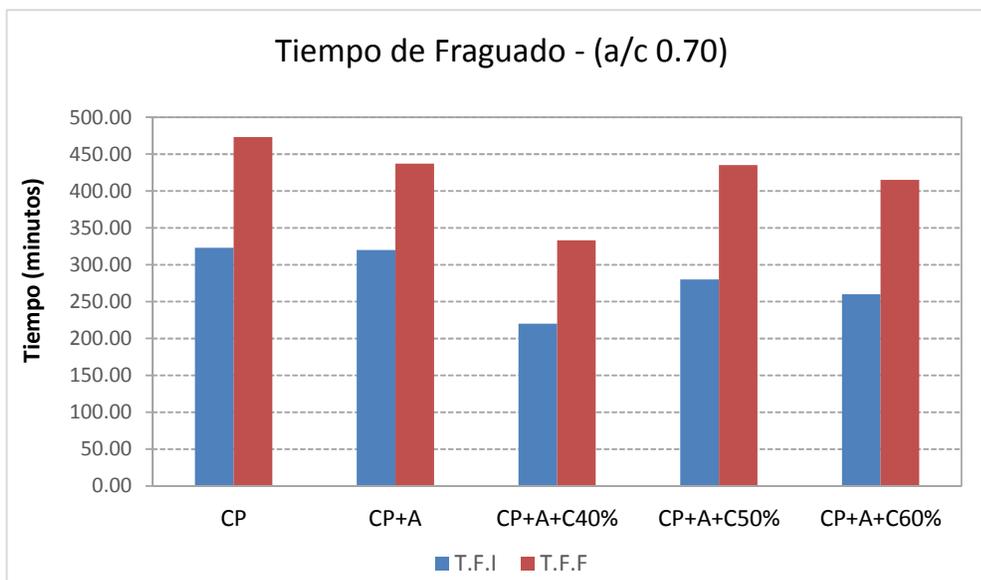
|                  | a/c 0.60    |             | a/c 0.65    |             | a/c 0.70    |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                  | T.F.I (min) | T.F.F (min) | T.F.I (min) | T.F.F (min) | T.F.I (min) | T.F.F (min) |
| <b>CP</b>        | 335         | 423         | 290         | 400         | 323         | 473         |
| <b>CP+A</b>      | 308         | 385         | 302         | 397         | 320         | 437         |
| <b>CP+A+C40%</b> | 308         | 436         | 245         | 380         | 220         | 333         |
| <b>CP+A+C50%</b> | 260         | 405         | 250         | 385         | 280         | 435         |
| <b>CP+A+C60%</b> | 310         | 425         | 280         | 400         | 260         | 415         |



**Gráfico 4.13:** Ensayo Tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón.



**Gráfico 4.14:** Ensayo Tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón.



**Gráfico 4.15:** Ensayo Tiempo de fraguado y variaciones con respecto al concreto patrón.

**Cuadro 4.6:** Ensayo de tiempo de fraguado

|                  | a/c 0.60          |                   | a/c 0.65          |                   | a/c 0.70          |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                  | T.F.I             | T.F.F             | T.F.I             | T.F.F             | T.F.I             | T.F.F             |
| <b>CP</b>        | 05:35             | 07:03             | 04:50             | 06:40             | 05:23             | 07:53             |
| <b>CP+A</b>      | 05:08             | 06:25             | 05:02             | 06:37             | 05:20             | 07:17             |
| <b>CP+A+C40%</b> | 05:08             | 07:16             | 04:05             | 06:20             | 03:40             | 05:33             |
| <b>CP+A+C50%</b> | 04:20             | 06:45             | 04:10             | 06:25             | 04:40             | 07:15             |
| <b>CP+A+C60%</b> | 05:10             | 07:05             | 04:40             | 06:40             | 04:20             | 06:55             |
|                  | <i>Hora : Min</i> |

## 4.2 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

### 4.2.1 Resistencia a la Compresión (NTP 339.034)

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, esta representa la condición de carga en que el concreto exhibe su mayor capacidad para soportar esfuerzos, y es la medida de desempeño más común usada por los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Y se calcular con la siguiente fórmula:

$$F'c = \frac{4 \times G}{\pi \times D^2}$$

Donde:

F'c: Es la resistencia de rotura a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

G: Carga de rotura (kg)

D: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

Los resultados de los ensayos a compresión se muestran en los cuadros 4.7, 4.8, 4.9 y gráficos 4.16, 4.17 y 4.18:

**Cuadro 4.7:** Valores de F'c (a/c 0.60)

| Días | F'c (Kg/cm <sup>2</sup> ) - a/c 0.60 |        |         |           |        |           |        |           |        |
|------|--------------------------------------|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|      | CP                                   | CP+A   |         | CP+A+C40% |        | CP+A+C50% |        | CP+A+C60% |        |
| 7    | 303.11                               | 334.28 | 110.28% | 272.75    | 89.98% | 251.44    | 82.95% | 233.51    | 77.04% |
| 28   | 398.72                               | 466.18 | 116.92% | 329.05    | 82.53% | 326.98    | 82.01% | 313.13    | 78.53% |
| 45   | 461.51                               | 468.57 | 101.53% | 388.41    | 84.16% | 364.25    | 78.93% | 335.93    | 72.79% |
| 60   | 468.93                               | 486.63 | 103.77% | 398.33    | 84.94% | 388.42    | 82.83% | 346.03    | 73.79% |

Nota: Los porcentajes de variación son respecto al concreto patrón.

El grafico 4.16 nos muestra que el concreto experimenta una ligera mejora en la resistencia a la compresión al agregar el aditivo, y luego tiene una disminución de esta proporcionalmente a medida que se va adicionando la cal hidratada.

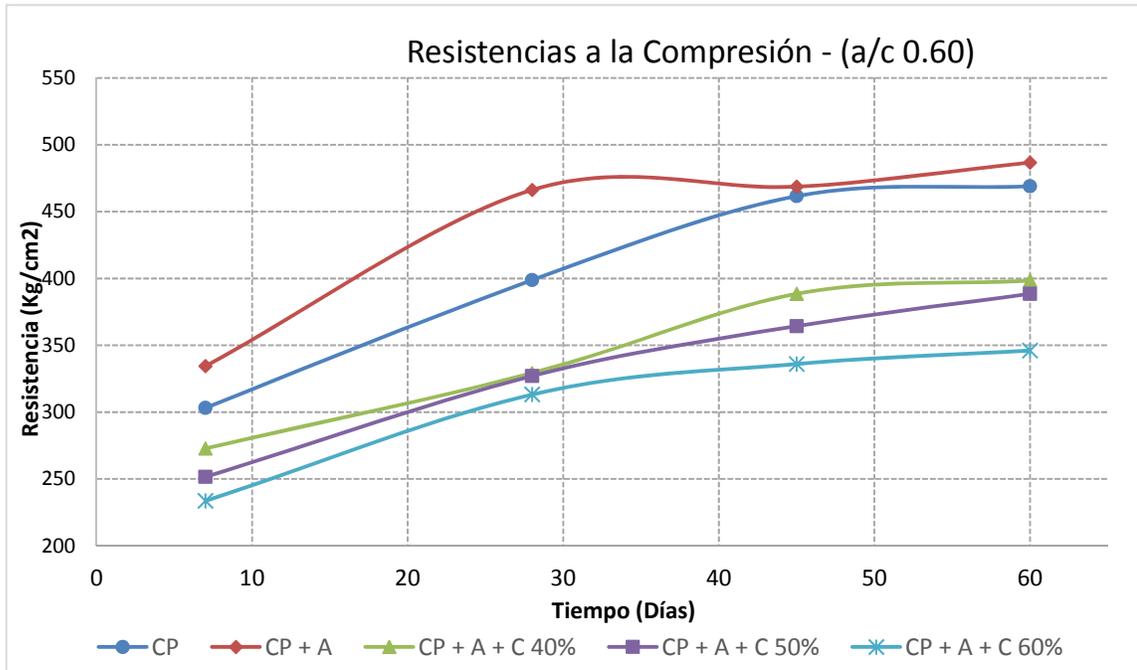


Gráfico 4.16: Ensayo a la Compresión (F'c)

Cuadro 4.8: Valores de F'c

| Días | F'c (Kg/cm <sup>2</sup> ) - a/c 0.65 |        |         |           |        |           |        |           |        |  |
|------|--------------------------------------|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--|
|      | CP                                   | CP+A   |         | CP+A+C40% |        | CP+A+C50% |        | CP+A+C60% |        |  |
| 7    | 324.14                               | 336.52 | 103.82% | 262.27    | 80.91% | 232.85    | 71.84% | 196.72    | 60.69% |  |
| 28   | 387.96                               | 400.23 | 103.16% | 337.32    | 86.95% | 300.16    | 77.37% | 275.76    | 71.08% |  |
| 45   | 419.59                               | 452.39 | 107.82% | 363.59    | 86.65% | 346.37    | 82.55% | 305.51    | 72.81% |  |
| 60   | 422.26                               | 481.33 | 113.99% | 372.67    | 88.26% | 351.89    | 83.33% | 321.7     | 76.19% |  |

Nota: Los porcentajes de variación son respecto al concreto patrón.

El comportamiento de la resistencia a la compresión es bastante similar al comportamiento de la relación a/c 0.60. En el cuadro 4.8 podemos ver de manera porcentual cuanto disminuye la resistencia y aumenta en el caso del uso del aditivo.

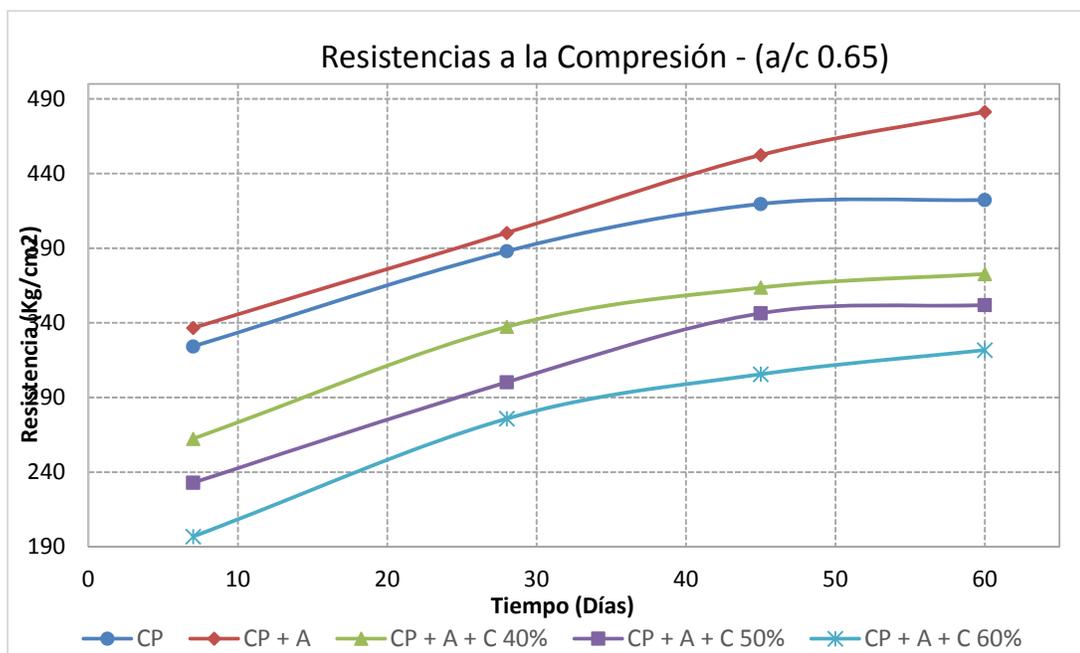


Gráfico 4.17: Ensayo a la Compresión (F'c)

Cuadro 4.9: Valores de F'c

| Días | F'C (Kg/cm <sup>2</sup> ) - a/c 0.70 |        |         |           |        |           |        |           |        |  |
|------|--------------------------------------|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--|
|      | CP                                   | CP+A   |         | CP+A+C40% |        | CP+A+C50% |        | CP+A+C60% |        |  |
| 7    | 315.36                               | 288.55 | 91.50%  | 261.71    | 82.99% | 236.41    | 74.97% | 223.92    | 71.00% |  |
| 28   | 370.4                                | 389.77 | 105.23% | 341.67    | 92.24% | 312.62    | 84.40% | 297.94    | 80.44% |  |
| 45   | 383.05                               | 432.37 | 112.88% | 350.29    | 91.45% | 324.39    | 84.69% | 307.59    | 80.30% |  |
| 60   | 419.61                               | 444.07 | 105.83% | 366.86    | 87.43% | 351.71    | 83.82% | 335.97    | 80.07% |  |

Nota: Los porcentajes de variación son respecto al concreto patrón.

El cuadro 4.9 nos muestra que después de haber adicionado 60% de cal hidratada respecto al peso del cemento, la resistencia disminuyó en un 20% aproximadamente respecto al concreto patrón.

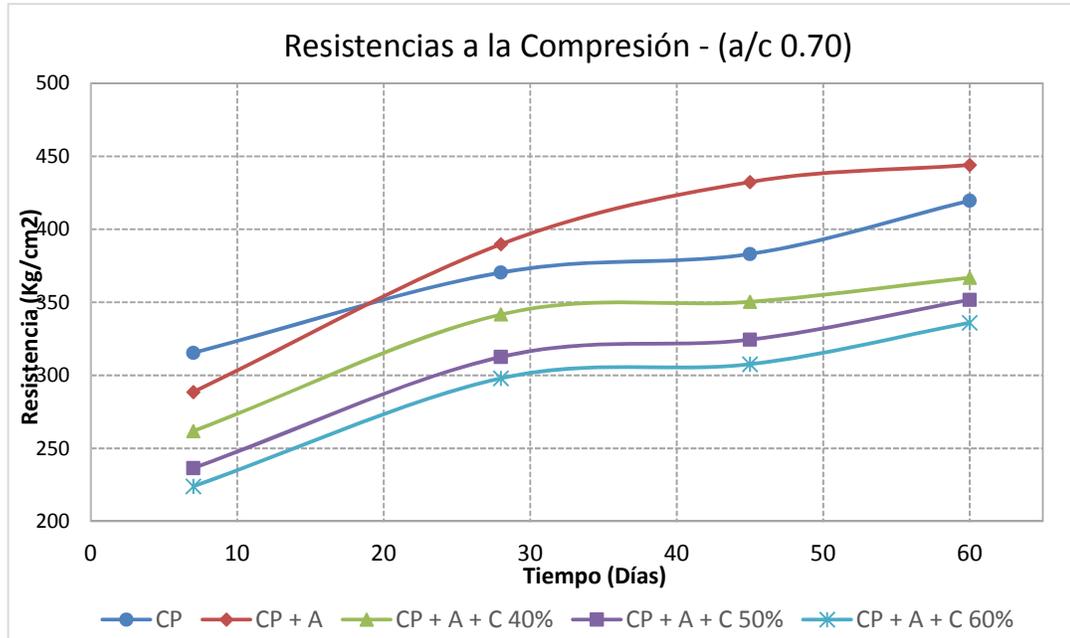


Gráfico 4.18: Ensayo a la Compresión (F'c)

#### 4.2.2 Resistencia a la Tracción por compresión Diametral (NTP 339.084)

Las probetas usadas para el ensayo de la resistencia a la tracción son de igual fabricación que las probetas usadas para el ensayo a compresión.

El método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de hormigón (concreto), a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla. Esta carga induce un esfuerzo de tracción en el plano bajo la carga y un relativamente elevado esfuerzo de compresión en el área inmediata alrededor de la carga aplicada. La falla por tracción ocurre antes que la de compresión porque las áreas de aplicación de la carga están en un estado de compresión triaxial, lo que permite soportar esfuerzo de compresión mucho mayor que el resultado conseguido con un ensayo de compresión uniaxial.

Se utilizaran platos de una prensa de compresión, el contacto de los platos con la probeta se realiza por intermedio de piezas de triplay de 5mm de espesor, su ancho es de 1/10 del diámetro del cilindro.

La resistencia a la tracción está dada por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{2 \times P}{(\pi \times D \times L)}$$

Donde:

Q: Resistencia a la tracción (kg/cm<sup>2</sup>)

P: Carga de rotura (kg)

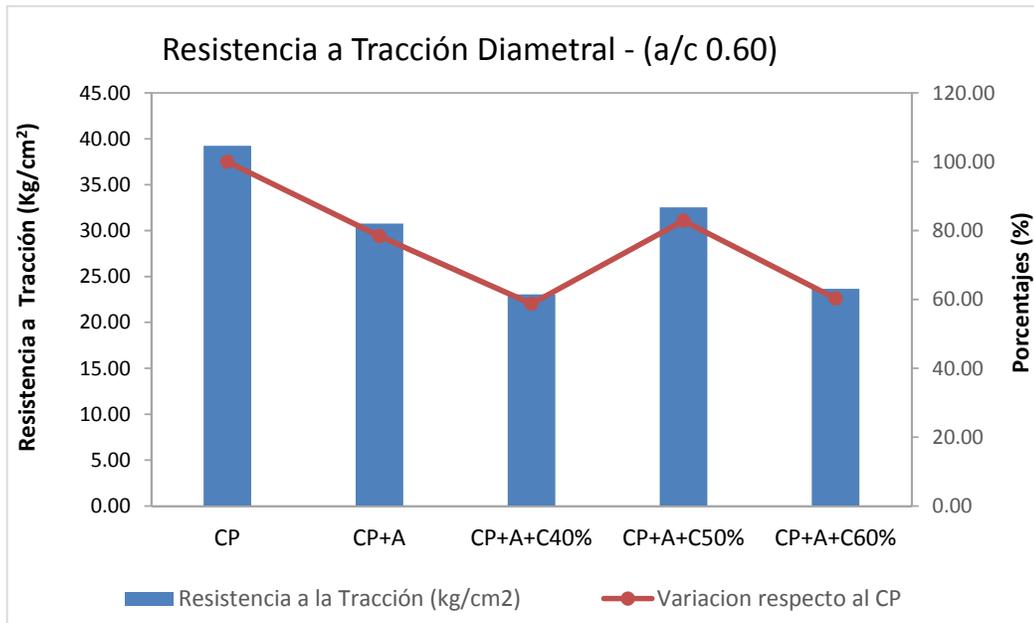
D: Diámetro del cilindro (cm)

L: Longitud del cilindro (cm)

Los valores de resistencia a la tracción se muestran en el cuadro 4.10 y los gráficos 4.19, 4.20 y 4.21.

**Cuadro 4.10:** Valores de resistencia a la tracción

|                  | a/c 0.60     |        | a/c 0.65     |        | a/c 0.70     |        |
|------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
|                  | R. Diametral | %      | R. Diametral | %      | R. Diametral | %      |
| <b>CP</b>        | 39.24        | 100.00 | 38.54        | 100.00 | 31.09        | 100.00 |
| <b>CP+A</b>      | 30.77        | 78.41  | 33.02        | 85.68  | 36.28        | 116.69 |
| <b>CP+A+C40%</b> | 23.06        | 58.75  | 33.81        | 87.73  | 35.85        | 115.29 |
| <b>CP+A+C50%</b> | 32.53        | 82.89  | 28.68        | 74.41  | 24.21        | 77.87  |
| <b>CP+A+C60%</b> | 23.66        | 60.30  | 21.30        | 55.27  | 24.47        | 78.70  |



**Gráfico 4.19:** Ensayo de Resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto Patrón

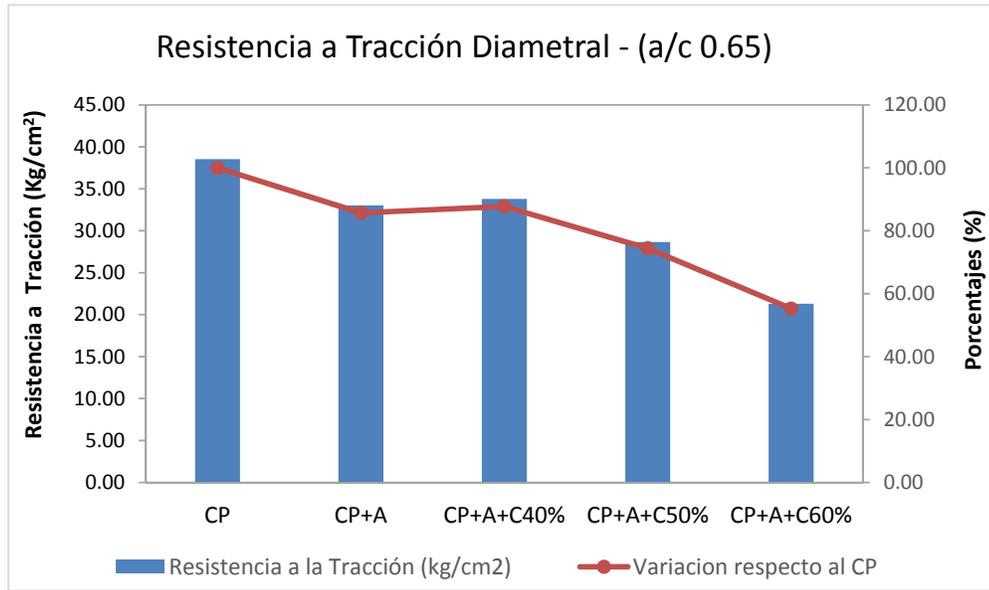


Gráfico 4.20: Ensayo de Resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto patrón.

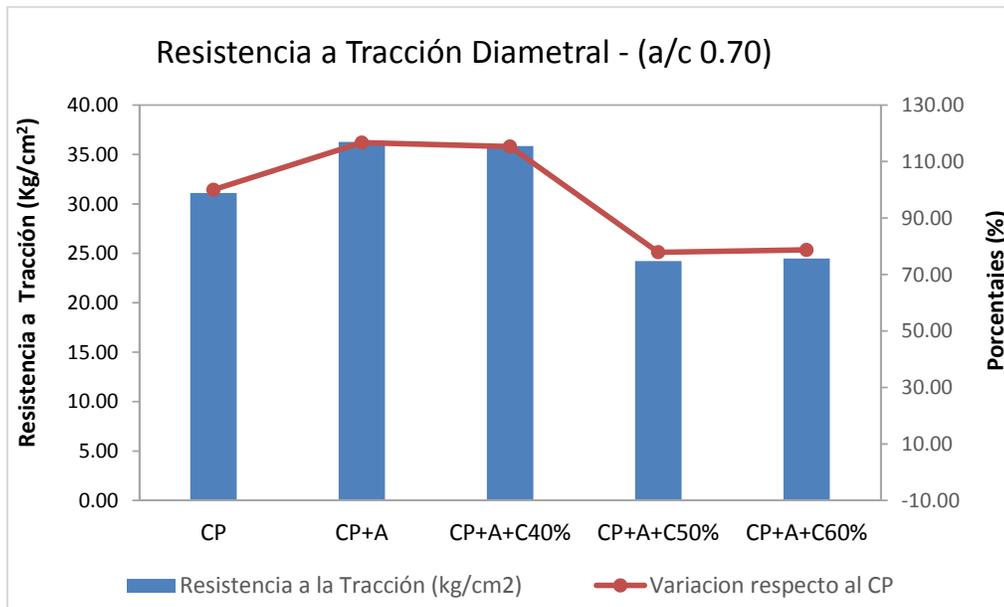


Gráfico 4.21: Ensayo de Resistencia a la tracción y variaciones con respecto al concreto patrón.

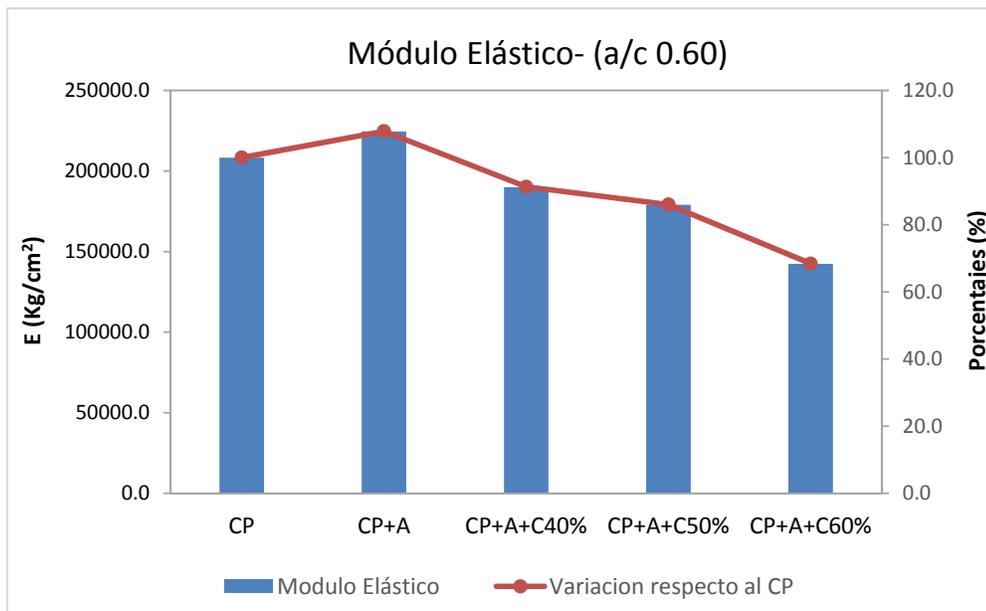
### 4.2.3 Módulo Elástico

El módulo elástico fue evaluado a los 28 días, el ensayo fue realizado según las Norma ASTM-C469 en especímenes cilíndricos de 6" x 12". El ensayo consiste en someter a cargas de compresiones sucesivas e incrementadas de 2000 en 2000 kg, hasta el 40% de la carga máxima que soporta el espécimen. Y las lecturas se realizaron mediante los sensores analógicos colocados en la probeta conjuntamente con una armadura.

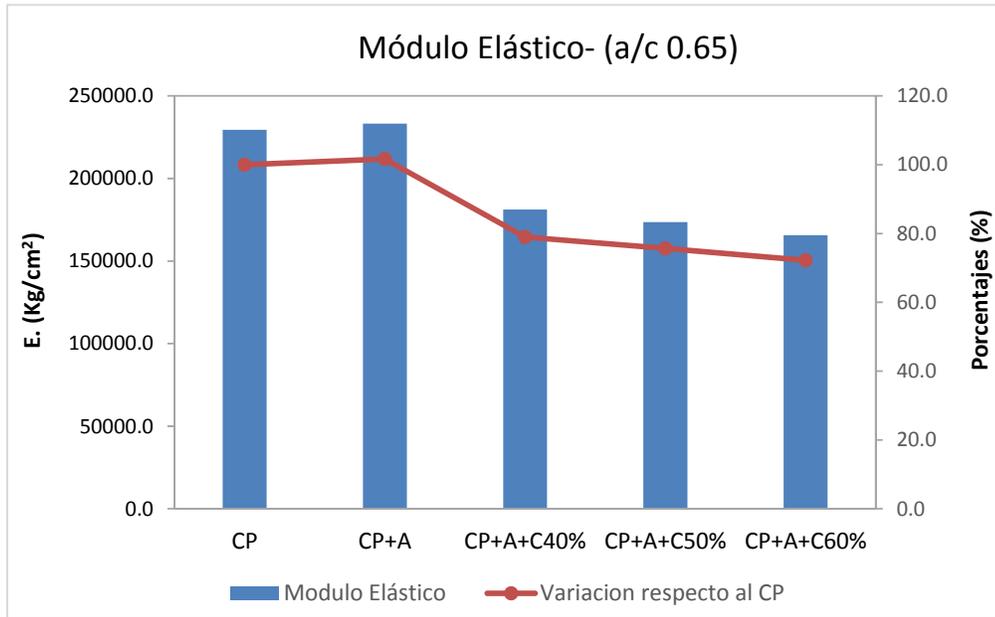
Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 4.11 y los gráficos 4.22, 4.23 y 4.24:

**Cuadro 4.11:** Valores de módulo elástico.

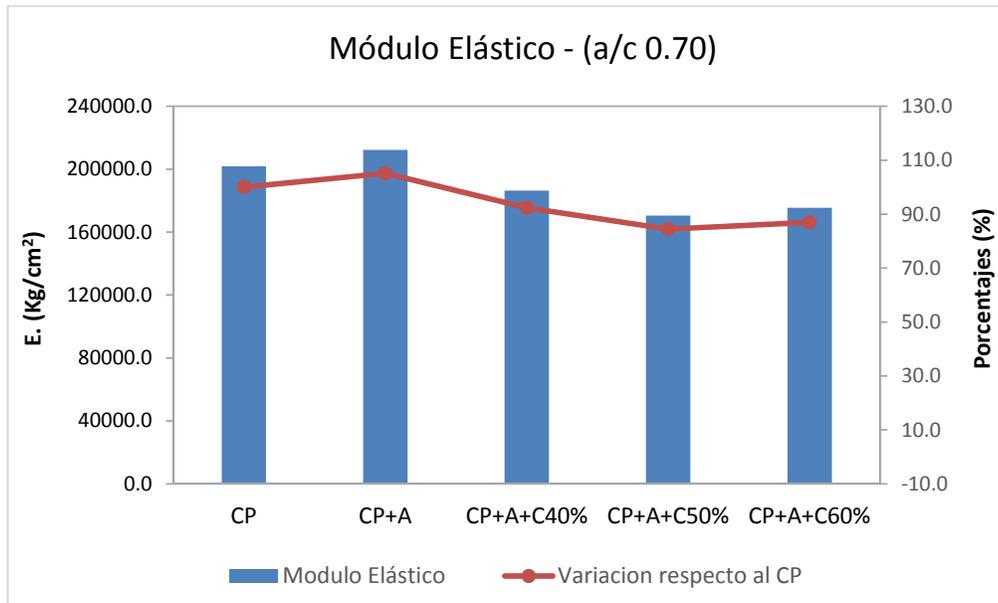
|           | a/c 0.60 |       | a/c 0.65 |        | a/c 0.70 |        |
|-----------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|
|           | Módulo E | %     | Módulo E | %      | Módulo E | %      |
| CP        | 208192.5 | 100.0 | 229454.3 | 100.00 | 201823.2 | 100.00 |
| CP+A      | 224533.3 | 107.8 | 233286.7 | 101.67 | 212227.7 | 105.16 |
| CP+A+C40% | 190046.1 | 91.3  | 181216.3 | 78.98  | 186359.7 | 92.34  |
| CP+A+C50% | 179059.1 | 86.0  | 173631.5 | 75.67  | 170474.5 | 84.47  |
| CP+A+C60% | 142426.2 | 68.4  | 165627.9 | 72.18  | 175458.2 | 86.94  |



**Gráfico 4.22:** Ensayo de Módulo elástico y variaciones con respecto al concreto patrón.



**Gráfico 4.23:** Ensayo de Módulo elástico y variaciones con respecto al concreto patrón.



**Gráfico 4.24:** Ensayo de Módulo elástico y variaciones con respecto al concreto patrón.

Los resultados completos de este ensayo se pueden encontrar en el apartado Anexos – Propiedades estado endurecido desde la página 157 hasta 179.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Interpretación de resultados

#### 5.1.1 Generalidades

El análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados para la investigación “Propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con aditivo plastificante y cal hidratada al 40, 50 y 60%”, es de suma importancia, por esta razón todo el presente capítulo abarcara este punto.

Los materiales usados para la investigación fueron:

- Agregado fino procedente de la cantera “Jicamarca”
- Agregado grueso procedente también de la cantera “Jicamarca”
- Cemento Sol tipo I.
- Aditivo plastificante: Ulmen
- Cal hidratada: “cal nieve”

Ensayos preliminares:

Inicialmente se ensayaron los agregados para poder obtener datos de sus propiedades físicas.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra se calcularon haciendo uso del ensayo de máxima compacidad, el agua patrón correspondiente a 4” de slump, y finalmente se recalculo el porcentaje óptimo de arena mediante ensayos de resistencia a compresión realizados a los 7 días, para las relaciones agua/cemento de 0.6, 0.65 y 0.70.

El diseño del concreto con aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón quitándole cantidades de agua, pues al agregar el aditivo este permite reducir la cantidad de agua.

El diseño del concreto con aditivo más los distintos porcentajes de cal (40, 50 y 60%) se obtuvieron a partir del concreto con aditivo, añadiéndole agua pues al momento de agregar la cal el concreto necesitaba mayor cantidad de agua.

## **5.1.2 Agregados**

### **5.1.2.1 Agregado Fino**

El agregado fino usado en la investigación es como mencione anteriormente de la cantera “Jicamarca”. En la gráfica de la curva granulométrica se puede apreciar que la curva se encuentra en su mayor parte dentro de los límites determinados por la norma NTP 400.037, además la curva es tendida, lo cual indica que el material es bueno. También se puede observar que la curva se inclina más al lado derecho con tendencia a una arena gruesa. Y el módulo de finura del agregado es 3.19, valor mostrado en el gráfico 2.1.

### **5.2.1.2 Agregado Grueso**

El agregado grueso usado en la investigación procede también de la cantera “Jicamarca”. En la gráfica de curva granulométrica, se puede notar que la curva se encuentra dentro del huso 67, seleccionado del cuadro elaborado por la norma NTP 400.037. Y el módulo de finura tiene el valor de 6.75, mostrado en el gráfico 2.2.

### **5.2.1.3 Agregado Global**

Una vez realizada las diferentes combinaciones en diferentes proporciones entre el agregado grueso y agregado fino, se tomó la combinación que nos dio el máximo peso unitario compactado. La curva granulométrica del agregado global, se encuentra dentro del huso establecido por la norma NTP 400.037, lo cual significaría que la calidad del agregado grueso y fino en conjunto es buena, sin embargo podemos observar que la curva no es tendida, lo cual podría indicar que el agregado global presentaría problemas a la hora de la fabricación de concreto, pero en la presente tesis se realizó el diseño del concreto con el ensayo de máxima compacidad, de acuerdo a esto se toma como prioridad la mejor combinación de agregado fino y grueso con el máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C).

## **5.1.3 Propiedades del concreto en estado fresco:**

### **5.1.3.1 Consistencia:**

El asentamiento de diseño para los diferentes diseños realizados en la investigación estuvieron en el rango de 3” a 4”, se puede apreciar los resultados obtenidos en el cuadro 4.1, considerando de esta manera que la consistencia de

las mezclas fueron plásticas, adicionalmente con el uso del plastificante se pudo mantener el asentamiento en el rango deseado y a la vez reducir la cantidad de agua en la mezcla en 7.54%, 11.20% y 10.38% para las relaciones a/c 0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente. Sin embargo en la etapa en la cual se adicionó cal en los porcentajes ya mencionados líneas arriba, se tuvo la necesidad de agregar agua para mantener el asentamiento deseado, para la relación a/c 0.60 se tuvo que agregar agua en 27.41%, 29.63% y 44.23%, para la relación a/c 0.65 se agregó 15.23%, 24.32% y 29.89% y para la relación a/c 0.70 se agregó 9.8%, 14.12%, 22.42%.

#### **5.1.3.2 Peso Unitario:**

En el cuadro 4.2 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de peso unitario para el concreto patrón, concreto con aditivo, concreto con aditivo y porcentajes de cal, para las tres relaciones de agua/cemento, además también en los gráficos 4.4, 4.5 y 4.6 se muestra porcentajes que indica o nos permite interpretar cual fue la variación con respecto al concreto patrón considerando el P.U de este como el 100% en las distintas relaciones a/c. Se puede observar que el peso unitario aumenta en 0.29%, 0.76% y 0.30% respectivamente para las relaciones a/c 0.60, 0.65 y 0.70 al agregar el aditivo, y que luego al adicionar la cal en los porcentajes de 40,50 y 60% el P.U disminuye o decrece en 1.77%, 3.54% y 6.49% para la relación a/c 0.60, 0.30%, 1.52%, 4.60% para la relación a/c 0.65 y 1.64%, 2.92%, 3.59% para la relación a/c 0.70. Esto es razonable, pues se pudo evidenciar que a medida que se agregaba más cal a la mezcla esta se esponjaba y debido a esto menos cantidad de material ocupada el recipiente, ocasionando que el concreto sea menos compacto.

#### **5.1.3.3 Fluidéz:**

En el cuadro 4.3 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de fluidez, los índices de fluidez decrecen al adicionar los porcentajes de cal, para la relación a/c 0.60 la fluidez decrece en 1.74%, 5.23% y 10.45%, para la relación a/c 0.65 la fluidez decrece en 23.81%, 30.81%, 32.21% y para la relación a/c 0.70 decrece en 28.26%, 30.71%, 49.14%. Estas comparaciones de aumento y decrecimiento son en relación al concreto patrón representado como un 100%.

#### **5.1.3.4 Contenido de Aire:**

Los concretos investigados presentan valores de contenido de aire entre 1% y 2%, luego los concretos con aditivo disminuyen su contenido de aire, en 7.14%, 8% y 13.04% para las relaciones a/c 0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente, pues el concreto se vuelve más compacto, sin embargo luego con la adición de cal en las mezclas el contenido de aire aumenta, estos aumentos fueron: 7.14%, 14.29% y 28.57% para la relación a/c 0.60, 15%, 30% y 50% para la relación a/c 0.65 y 13.04%, 21.74% y 39.13% para la relación a/c 0.70. Esto es totalmente lógico pues se evidenció insitu que el concreto se volvía más esponjoso, eso podría indicar indirectamente que tenía mayor contenido de aire. Los valores de contenido de aire atrapado aparecen en los gráficos 4.10, 4.11 y 4.12.

#### **5.1.3.5 Tiempo de Fraguado:**

En los cuadros 4.5 y 4.6 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de tiempo de fraguado, obteniéndose como resultados para las distintas mezclas en las tres relaciones a/c con las que se trabajó, una tendencia en primer lugar decreciente al agregar el aditivo, para luego ser de tendencia creciente al adicionar los porcentajes de cal en 40, 50 y 60%.

### **5.1.4 Propiedades del concreto en estado endurecido:**

#### **5.1.4.1 Resistencia a la compresión**

##### **a) Concreto patrón**

En los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 7, 28, 45 y 60 días, tomando como referencia el valor de resistencia alcanzado a los 7 días, los porcentajes de incremento en los días sucesivos fueron de 31.5%, 52.3% y 54.7% para la relación a/c 0.60, de la misma manera los incrementos para la relación a/c 0.65 fueron: 19.7%, 29.4% y 30.3%, finalmente para la relación a/c 0.70 los incrementos que tuvo la resistencia fueron: 17.5%, 21.5% y 33.1%.

##### **b) Concreto con aditivo**

En los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón más aditivo SH3 de Ulmen a los 7, 28, 45 y 60 días, tomando como referencia la resistencia obtenida a los 7 días, los incrementos que tuvo el concreto en la relación a/c 0.60 fueron de: 39.5%,

40.2% y 45.6% para los días sucesivos, de la misma manera los incrementos para la relación a/c 0.65 fueron: 18.9%, 34.4% y 43%, finalmente para la relación a/c 0.70 los incrementos obtenidos fueron: 35.1%, 49.8% y 53.9%.

**c) Concreto con aditivo más 40% de cal**

En los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo SH3 Ulmen y adicionado con 40% de cal, a los 7, 28, 45 y 60 días de curación, el incremento de resistencia en los días sucesivos tomando como base la resistencia a los 7 días fueron: 20.6%, 42.4% y 46% con respecto a la relación a/c 0.60, de la misma manera los incrementos para la relación a/c 0.65 fueron: 28.6%, 38.6% y 42.1% , finalmente para la relación a/c 0.70 los incrementos obtenidos fueron: 30.6%, 33.8% y 40.2%.

**d) Concreto con aditivo más 50% de cal**

También tenemos en los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo SH3 Ulmen y adicionado con 50% de cal, a los 7, 28, 45 y 60 días de curación, y el incremento de resistencias tomando como referencia la resistencia alcanzada a los 7 días fueron de: 30%, 44.9% y 54.5% para la relación a/c 0.60, de la misma manera los incrementos para la relación a/c 0.65 fueron: 28.9%, 48.8% y 51.1% , finalmente para la relación a/c 0.70 los incrementos obtenidos fueron: 32.2%, 37.2% y 48.8%.

**e) Concreto con aditivo más 60% de cal**

Y por último respecto a los ensayos a la compresión tenemos en los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo SH3 Ulmen y adicionado con 60% de cal, a los 7, 28, 45 y 60 días de curación, el incremento de la resistencia tomando como referencia la resistencia obtenida a los 7 días fue: 34.1%, 43.9% y 48.2% con respecto a la relación a/c 0.60, de la misma manera los incrementos para la relación a/c 0.65 fueron: 40.2%, 55.3% y 63.5% , finalmente para la relación a/c 0.70 los incrementos obtenidos fueron: 33.1%, 37.4% y 50%.

#### **5.1.4.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral**

En el cuadro 4.10 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para las diferentes relaciones agua/cemento y sus respectivas variaciones usando aditivos y porcentajes de cal. En los gráficos 4.19, 4.20 y 4.21 podemos observar una tendencia descendente en la resistencia a la tracción al adicionar la cal en los porcentajes ya mencionados. Siendo las descendencias 41.25%, 17.11% y 39.70% para la relación a/c 0.60, 12.27%, 25.59% y 44.73% para la relación a/c 0.65 y para la relación a/c 0.70 primero hubo un incremento de 15.29% y luego descendencias de 22.13% y 21.30%.

#### **5.1.4.3 Modulo Elástico**

El cuadro 4.11 nos muestra los resultados obtenidos para el modulo elástico en las distintas variaciones de mezcla que se realizó, iniciando con el concreto patrón (CP) hasta el concreto patrón más aditivo y cal al 60% (CP+Ad+C60%) para las distintas relaciones agua/cemento. Y en los gráficos 4.22, 4.23 y 4.24 podemos tener una mejor apreciación en el comportamiento, el modulo elástico tiene un ligero crecimiento de 7.8%, 1.7% y 5.2% para las relaciones a/c 0.60, 0.65 y 0.70 al hacer uso del aditivo y que luego al adicionar la cal dicho modulo tiene un decrecimiento, dichos decrecimientos fueron 8.7%, 14% y 31.6% para la relación a/c 0.60, 21%, 24.3% y 27.8% para la relación a/c 0.65 y para la relación a/c 0.70 los decrecimientos fueron 7.7%, 15.5% y 13.1%. Estructuralmente un módulo elástico elevado significa que para un mismo nivel de cargas la deformación es menos que aquel que posee menor modulo elástico. Considerando una viga simplemente apoyada las flechas producidas por iguales cargas son inversamente proporcionales a los módulos elásticos.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Antecedentes:

Las conclusiones sobre los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados durante la investigación “Propiedades del Concreto de Mediana a Baja Resistencia con Aditivo Plastificante y Cal Hidratada al 40, 50 y 60%”, constituyen una parte de suma importancia en el presente documento.

Los materiales usados para realizar la investigación fueron:

- Agregado fino procedente de la cantera “Jicamarca”
- Agregado grueso procedente de la cantera “Jicamarca”
- Cemento Sol tipo I
- Aditivo plastificante: SH3 de ULMEN
- Cal Hidratada

Ensayos preliminares:

Se realizó el ensayo de los agregados (fino y grueso) para así hallar las propiedades físicas de estos.

Diseños:

Para el diseño del concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra se hallaron con el ensayo de máxima compactación y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días. Esto se realizó para las 3 relaciones a/c de 0.60, 0.65 y 0.70.

Con respecto a los diseños con aditivo plastificante, la dosificación del aditivo para las 3 relaciones fue de 1% (respecto al peso del cemento). En estos casos se tuvo que disminuir agua para conservar la consistencia del concreto.

Los diseños de concreto con aditivo más cal en porcentajes de 40, 50 y 60% se obtuvieron a partir del concreto con aditivo, añadiéndole los porcentajes de cal mencionados, y en los cuales se tuvo que agregar agua para poder mantener la consistencia del concreto.

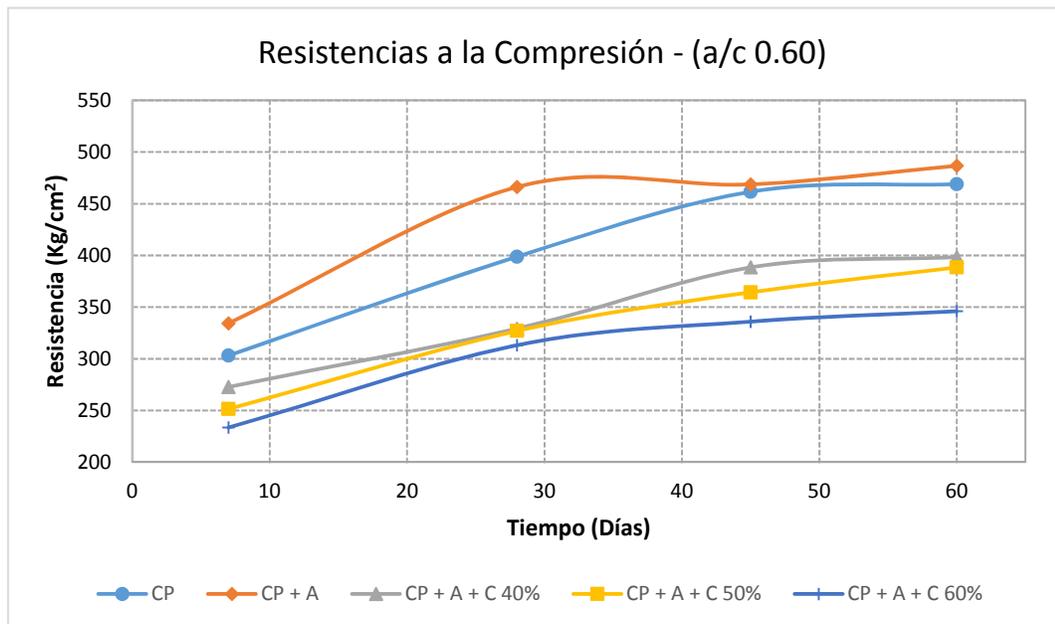
## CONCLUSIONES:

- En concreto con aditivo plastificante del 1% del peso del cemento se reduce la cantidad de agua en 7.5%, 11.0%, 10.0%, para las relaciones 0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente, permitiendo mantener el cemento y agregados sin ninguna variación.
- En concreto con aditivo más cal en 40, 50 y 60% se requirió agregar agua para poder mantener el slump en el deseado. Para las 3 relaciones 0.60, 0.65 y 0.70 los incrementos de agua tuvieron una tendencia creciente a medida que se agregaba el porcentaje de cal hidratada. En todos los casos siempre se mantuvo constante la cantidad de cemento y agregados.
- Con respecto al peso unitario en estado fresco, el concreto con aditivo tiene un incremento entre: 0.3% a 0.76% para las relaciones a/c 0.60, 0.65, 0.70. Y para concretos con porcentajes de cal (40%, 50% y 60%) se tiene una disminución del P.U para las 3 relaciones 0.60, 0.65 y 0.70 y en general se obtuvo un comportamiento decreciente en el P.U, estando el decremento entre 1.5% a 6.5%. La disminución de peso unitario se pudo evidenciar visualmente, pues la mezcla se hizo más esponjosa a medida que tenía mayor contenido de cal, por ende se deduce que al ser más esponjosa ingresa menor cantidad de material en el recipiente para calcular el P.U.
- La fluidez en concretos con porcentajes de cal (40%, 50%, y 60%) tuvo un decremento de valor como tendencia en todos los casos, estando comprendida entre 1.74% y 49%.
- El contenido de aire en los concretos con aditivo para las tres relaciones a/c (0.60, 0.65 y 0.70) tiene un decremento de 7.14%, 8% y 13.04% respectivamente; Y en el caso de concretos con porcentajes de cal (40%, 50% y 60%) se produjo una tendencia creciente, dichos porcentajes de incremento estuvieron comprendidas entre un 7% y 50%.
- La resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días de edad del concreto con porcentajes de cal (40%, 50% y 60%) respecto al peso del cemento tuvieron una disminución sin embargo no se evidencio una tendencia genérica o proporcional a medida que se aumentaba el

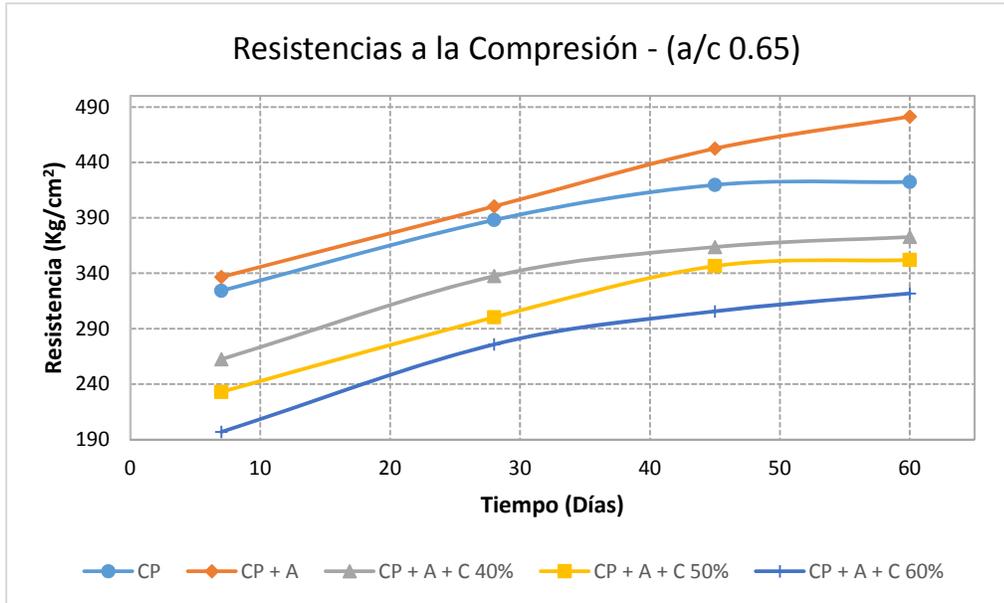
porcentaje de cal. En algunos casos disminuyó entre 10% y 15% y en otros entre 30% y 40% y en un caso particular que fue a/c 0.70 más 40% de Cal hidratada se produjo un incremento de 15.29% para luego disminuir en 22.13% y 21.30%, para el 50% y 60% de cal (respecto al peso de cemento) respectivamente. El número de testigos para este ensayo (por limitación de material y espacio en el laboratorio) debió haber sido el motivo por el cual no se evidenció una tendencia genérica para los casos.

- La resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto con aditivo plastificante para la relación a/c 0.60 se incrementa en: 16.9%, para la relación a/c 0.65 se incrementa en: 3.1%, y para la relación a/c 0.70 el incremento es de 5.2%.
- En concretos con cal, la resistencia a la compresión en todos los casos tiende a ser menor que el concreto patrón.

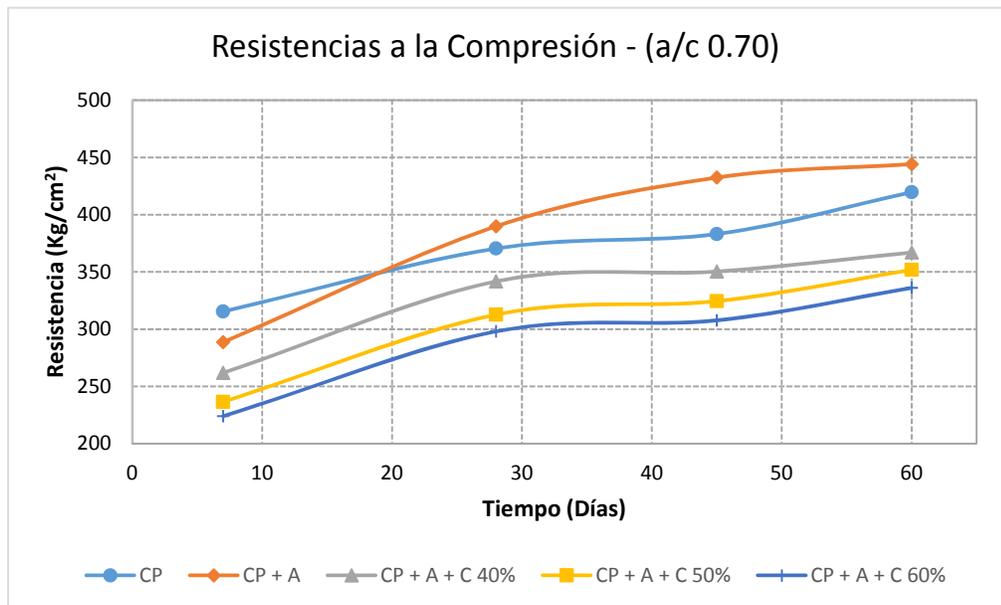
Para la relación a/c 0.60 se tiene el siguiente cuadro resumen:



Para la relación a/c 0.65 se tiene el siguiente cuadro resumen:



Para la relación a/c 0.70 se tiene el siguiente cuadro resumen:



- El módulo de elasticidad tiene un ligero incremento en los concretos con aditivo y fueron: 7.8%, 1.7%, 5.2% para las relaciones 0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente; mientras que para los concretos con porcentajes de cal (40%, 50% y 60%) esta propiedad experimenta un comportamiento decreciente para todos los casos estando comprendidos entre 9% y 31%.

## RECOMENDACIONES:

- Si se desea reducir la cantidad de agua en la mezcla sin disminuir cemento para conservar la resistencia e incluso mejorarla y mejorar la trabajabilidad, es recomendable usar el aditivo plastificante. En los ensayos se usó el aditivo SH3 de ULMEN, y fue bastante notorio y satisfactorio el cambio que produce dicho elemento en la mezcla. Sin embargo, se debe realizar el cálculo correcto sobre la cantidad necesaria del aditivo a agregar, pues si se agrega un poco de más puede ocurrir que la mezcla se vuelva demasiado fluida y no se obtenga lo deseado.
- Acorde a los resultados obtenidos, si se desea incrementar el volumen del concreto por metro cúbico o en todo caso disminuir el peso unitario y hacerlo un poco más ligero, se podría recomendar usar la CAL hidratada. Como se mostró anteriormente, se puede afirmar que al agregar de 40% a 60% de cal hidratada el P.U disminuye de 1.5% a 3% en promedio.
- Si se desea disminuir un poco la trabajabilidad del concreto se puede recomendar adicionar cal, y debe tener en cuenta que al adicionar 40% la fluidez disminuye en 20% en promedio, y si agrega 50% de cal la fluidez disminuirá en 30% aproximadamente, finalmente si agrega 60% de cal la fluidez disminuirá en 40% como promedio. Para verificar la disminución exacta de acuerdo a su concreto sería recomendable realizar unas pruebas antes de decidir el porcentaje de cal a adicionar.
- Si se desea incrementar la resistencia a la compresión del concreto, no es recomendable adicionar cal en ninguno de los porcentajes estudiados, 40%, 50%, 60%, pues como vimos la tendencia es a disminuir la resistencia. Sin embargo se podría recomendar realizar estudios con porcentajes mejores por ejemplo en 10% ó 30% para verificar si en esos porcentajes la resistencia aumenta o aún mantiene la tendencia a disminuir.
- Si se desea hacer un concreto con contenido de aire, se puede recomendar usar cal en los porcentajes estudiados, la variación de contenido de aire son en promedio, para un 40% de cal el contenido de aire se incrementa en 11%, para el 50% de cal el contenido de aire se incrementa en 20%

aproximadamente y para el 60% de cal el incremento en promedio es de 32%, los porcentajes de incremento están en base al contenido de aire del concreto patrón sin ningún porcentaje de cal. Además se debe mencionar que los incrementos de porcentaje mencionados son conservadores.

- Para poder tener buenos resultados y con tendencias similares en las diferentes relaciones a/c en los concretos ensayados, se debe tener en cuenta la calidad de los materiales a usar, considerando lo siguiente:
  - Referente al cemento, este debe ser fresco y no presentar ningún tipo de grumos, pues el estado de este influirá en la resistencia, causando así malos resultados.
  - Referente al agregado grueso debe tratar en lo posible que no presenten oxidación así como también un porcentaje casi nulo de partículas planas y verificar que en lo posible el agregado tengan formas cuboides.
  - Referente al agregado fino, este debe ser en lo posible lavada y libre de impurezas, para obtener mejores resultados al usarla.
  - Referente al aditivo plastificante, debe estar en buenas condiciones, y conservarse de acuerdo mencione las indicaciones del mismo.
  - Referente a la cal, usar el mismo tipo y marca de cal para todos los ensayos necesarios durante la investigación.
- Se debe tener bastante precaución y/o cuidado en el momento de agregar la cal a la mezcla, pues este es un material bastante fino y ligero que puede ser expulsado de la mezcladora en forma de polvo y así generar demasiado desperdicio.
- Realizar las mezclas con la cantidad total mínima de 48 kg, pues al mezclar menor cantidad no se produce una buena mezcla y el material queda pegado en las paredes de la mezcladora. Al mezclar un peso mayor a los 48kg hace que el material por su propio peso caiga por gravedad y no se pegue en las paredes del trompo, y así se obtiene una mejor mezcla de concreto.

- Es necesario realizar investigaciones sobre las resistencias que se podrían alcanzar si se disminuye el porcentaje de cal en la mezcla, y si en algún intervalo de estos porcentajes la resistencia se encuentra por encima del concreto patrón.
- Al momento del ensayo de resistencia a la compresión, se debe tener el cuidado necesario y la limpieza adecuada de la máquina, y siempre usar neoprenos en buen estado, para así obtener mejores resultados.
- Al momento de realizar el ensayo de modulo elástico, tener el cuidado y concentración necesaria para tomar las lecturas de la deformación, pues estas lecturas son bastante rápidas, continuas.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chinen Guima Katia Verónica, “Factibilidad y Estudio de las Propiedades del Concreto de Baja Resistencia Adicionado con Cal”, Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, 2002.
2. Ferrer Ricardo, “Cales Cementos y Homigones”, Editorial Sintet. Barcelona, 1984.
3. Monteagudo Araujo Jorge Luis, “Estudio de un concreto con aditivos retardador de fragua y cemento Portland Tipo I”, Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, 1997.
4. Regal M. Alberto, “Materiales de Construcción”, FIC-UNI, Lima 1961.
5. Rivva López Enrique, “Diseño de Mezclas”, Editorial Hozlo. Lima, 1992.
6. Rodríguez Dávila Pamela Marula. “Estudio del concreto con Aditivo Reductor de Contracción, utilizando cement Portland Tipo I”, Tesis para optar Título Profesional FIC – UNI. Lima, 2010.
7. Sánchez de Guzmán Diego. “Durabilidad y patología del Concreto”, Editorial ASOCRETO. Bogotá, 2002

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>I.</b>   | <b>FICHAS TÉCNICAS .....</b>   | <b>85</b>  |
|             | <b>a. Aditivo SH3 de ULMEN .....</b>   | <b>85</b>  |
|             | <b>b. Cal Hidratada .....</b>  | <b>86</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>PROPIEDADES AGREGADOS .....</b>   | <b>87</b>  |
|             | <b>a. Agregado Fino .....</b>  | <b>87</b>  |
|             | <b>b. Agregado Grueso .....</b>  | <b>91</b>  |
|             | <b>c. Agregado Global .....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>III.</b> | <b>DISEÑO DE CONCRETO .....</b>  | <b>96</b>  |
|             | <b>a. Relación a/c 0.60 .....</b>  | <b>96</b>  |
|             | <b>b. Relación a/c 0.65 .....</b>  | <b>103</b> |
|             | <b>c. Relación a/c 0.70 .....</b>  | <b>108</b> |
| <b>IV.</b>  | <b>PROPIEDADES CONCRETO ESTADO FRESCO .....</b>  | <b>113</b> |
|             | <b>a. Consistencia, P.U, Fluidéz, Contenido de Aire, Tiempo de<br/>Fraguado</b>                                    |            |
|             | <b>    i. Relación a/c 0.60 .....</b>  | <b>114</b> |
|             | <b>    ii. Relación a/c 0.65 .....</b>   | <b>119</b> |
|             | <b>    iii. Relación a/c 0.70 .....</b>  | <b>126</b> |
| <b>V.</b>   | <b>PROPIEDADES CONCRETO ESTADO ENDURECIDO .....</b>  | <b>131</b> |
|             | <b>a. Resistencia a la Compresión (f'c) – Para las relaciones a/c 0.60,<br/>0.65 y 0.70 .....</b>                  | <b>132</b> |
|             | <b>b. Resistencia a la Tracción por compresión diametral – Para las<br/>relaciones a/c 0.60, 0.65 y 0.70 .....</b> | <b>147</b> |
|             | <b>c. Modulo Elástico – para a/c 0.60, 0.65 y 0.70 .....</b>   | <b>150</b> |



## SH3

Adicionante a Cementos

Fecha de Emisión: Mar 10, 05  
Revisión: 8  
Fecha de Revisión: Abr 24, 13  
Página 1 de 1

Ulmen S.A. Adicionante a Cementos

### Descripción

SH3 pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento

Es adiconante, líquido, a cementos usados para concretos de alta permeabilidad y alta resistencia inicial.

### Aspectos Técnicos

Al eliminar totalmente el uso de microsilice en shotcrete y por la alta absorción de agua de ella, nos permite eliminar superplastificantes y reductores. Trabaja solo.

Este aditivo también puede ser usado en la preparación de concretos convencionales, debiendo realizar ensayos en laboratorio para determinar la dosis a utilizar.

### Reducción de costo

Un sólo aditivo permite, además del abastecimiento, operaciones mas seguras al estandarizarlas, y - - - - es liquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores.



### Dosis

Recomendamos dosis de acuerdo a los concretos a elaborar. Lo ideal es contactar el servicio técnico ULMEN para optimizar su uso.

### Presentación

En cilindros de 220 kg  
En dispenser de 1.100 kg

### Propiedades físicas

Apariencia : Líquido  
Color : Café claro  
Densidad :  $1,03 \pm 0.02$  g/mL  
pH :  $5 \pm 1$   
Viscosidad :  $20 \pm 2$  (s) (C.Ford N°4)

### Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001



Las Vertientes Mza O Lt 8B. Villa Salvador Tel. (51-1) 7194126

Lima-Perú

[www.cognoscibletechnologies.com](http://www.cognoscibletechnologies.com)

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)

## **FICHA TÉCNICA “CAL NIEVE 55-59%”**

### **DESCRIPCIÓN:**

Familia de productos químicos principalmente compuestos de hidróxido de calcio, derivado de piedra caliza (calcita), compuesto casi totalmente de carbonato de calcio o bien una mezcla de carbonato de calcio y magnesio.

### **CARACTERÍSTICAS:**

Aspecto : Polvo.  
Color : Blanco.  
Olor : Inodoro.  
Ca(OH)<sub>2</sub> : 55-59%  
Retenido (M- 200): 15%

### **USOS:**

- Para corregir el pH de suelos ácidos.
- Tratamiento de aguas residuales.
- En preparación de morteros de albañilería.
- Para pegar ladrillos, bloques, piedras.
- Aplanados de techos, paredes y pisos.
- Para impermeabilizar
- Para pintar.
- Para ablandar el agua.

### **PRECAUCIONES:**

- Almacenar en lugares libre de humedad.
- Es tóxico por ingestión.
- Mantener fuera del alcance de los niños.

### **PRESENTACIÓN:**

Bolsa x 01 Kg  
Bolsa x 18 Kg  
Bolsa x 30 Kg

LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTA INFORMACION ESTAN BASADOS EN NUESTROS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA TECNICA. ESTA NO PRESUPONE NINGUNA GARANTÍA, SON NUESTROS CLIENTES QUIENES DEBERAN HACER PRUEBAS PREVIAS ANTES DE APLICARLOS PARA USO PROPIO ASIMISMO ESTAMOS A SU DISPOSICION PARA ATENDERLOS CON NUESTRO ASESOR TÉCNICO.

## AGREGADO FINO:

Procedencia: Cantera Jicamarca

### 1. Peso Unitario:

#### a. Peso Unitario Suelto (PUS):

| Datos                     | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{Muestra} + P_{Balde}$ | gr     | 6360      | 6360      | 6340      |
| $P_{Balde}$               | gr     | 1560      | 1560      | 1560      |
| $P_{Muestra}$             | gr     | 4800      | 4800      | 4780      |
| $Vol_{Balde}$             | cc     | 2831.68   | 2831.68   | 2831.68   |
| Peso Unitario Suelto      | gr/cc  | 1.695     | 1.695     | 1.688     |

\*Nota: El balde usado es de 1/10 pie<sup>3</sup>

**PUS: 1692.75 kg/m<sup>3</sup>**

#### b. Peso Unitario Compactado (PUC):

| Datos                     | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{Muestra} + P_{Balde}$ | gr     | 6840      | 6830      | 6860      |
| $P_{Balde}$               | gr     | 1560      | 1560      | 1560      |
| $P_{Muestra}$             | gr     | 5280      | 5270      | 5300      |
| $Vol_{Balde}$             | cc     | 2831.68   | 2831.68   | 2831.68   |
| Peso Unitario Suelto      | gr/cc  | 1.865     | 1.861     | 1.872     |

\*Nota: El balde usado es de 1/10 pie<sup>3</sup>

**PUC: 1865.79 kg/m<sup>3</sup>**

### 2. Peso Específico y Porcentaje de Absorción:

| Descripción                      | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{SSS}$                        | gr     | 500       | 500       | 500       |
| $P_{SSS} + P_{Balón} + P_{Agua}$ | gr     | 992.5     | 993       | 992.8     |
| $P_{Balón}$                      | gr     | 178       | 178       | 178       |
| $P_{Agua}$                       | gr     | 314.5     | 315       | 314.8     |
| $P_{Arena\ seca\ al\ Horno}$     | gr     | 496.5     | 496.6     | 496.3     |
| $Vol_{Balón}$                    | cc     | 500       | 500       | 500       |

|                               |  |      |      |      |
|-------------------------------|--|------|------|------|
| $PE_{de\ masa}$               |  | 2.68 | 2.68 | 2.68 |
| $PE_{Superficialmente\ seco}$ |  | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| $PE_{Aparente}$               |  | 2.73 | 2.73 | 2.73 |
| $\%_{Absorción}$              |  | 0.70 | 0.68 | 0.75 |

**PE masa: 2.680**

**PE sss: 2.699**

**PE aparente: 2.732**

**% Absorción: 0.712**

3. Porcentaje que pasa la malla N° 200:

| Descripción               | Unidad | Muestra 1 |
|---------------------------|--------|-----------|
| Peso Seco Inicial         | gr     | 500       |
| Peso Seco Final           | gr     | 469       |
| % que pasa la malla N°200 |        | 6.2       |

**% que pasa la malla N° 200: 6.2%**

4. Módulo de Finura:

$$MF = \frac{2.18 + 18.22 + 45.35 + 68.28 + 85.32 + 93.6}{100}$$

$$MF = 3.196$$

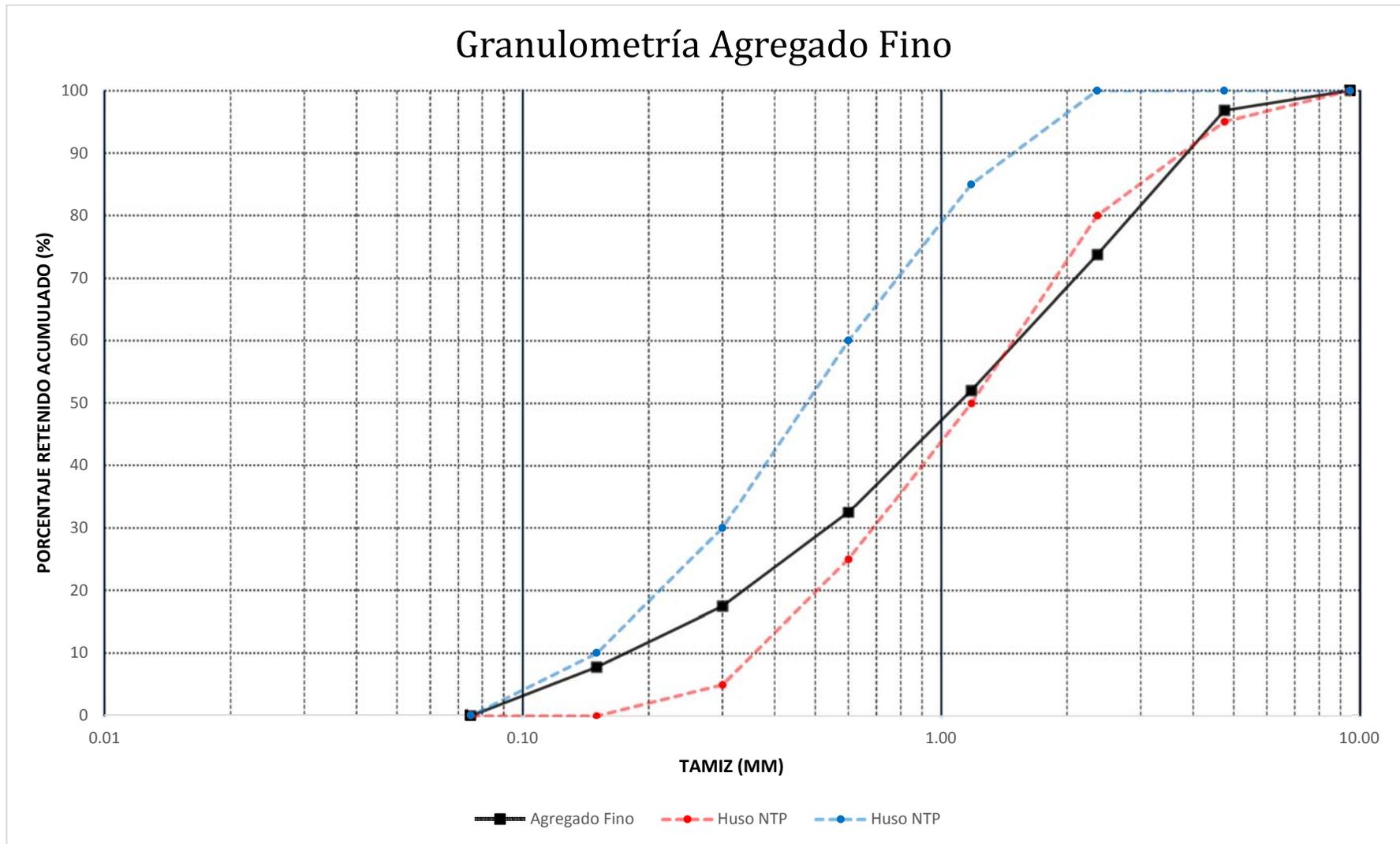
5. Granulometría:

| Malla  | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio |
|--------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| N° 4   | gr     | 39.5      | 29.1      | 27.3      | 32.0     |
| N° 8   | gr     | 240.0     | 219.0     | 232.5     | 230.5    |
| N° 16  | gr     | 216.5     | 210.1     | 224.5     | 217.0    |
| N° 30  | gr     | 196.0     | 193.9     | 195.8     | 195.2    |
| N° 50  | gr     | 150.0     | 154.3     | 146.8     | 150.4    |
| N° 100 | gr     | 88.0      | 105.6     | 96.7      | 96.8     |
| Fondo  | gr     | 70.0      | 88.0      | 76.4      | 78.1     |
| Total  | gr     | 1000.0    | 1000.0    | 1000.0    | 1000.0   |

| Malla  | Muestra | % Retenido | %Retenido Acumulado | %Acumulado que pasa |
|--------|---------|------------|---------------------|---------------------|
| N° 4   | 32.0    | 3          | 3                   | 97                  |
| N° 8   | 230.5   | 23         | 26                  | 74                  |
| N° 16  | 217.0   | 22         | 48                  | 52                  |
| N° 30  | 195.2   | 20         | 67                  | 33                  |
| N° 50  | 150.4   | 15         | 83                  | 17                  |
| N° 100 | 96.8    | 10         | 92                  | 8                   |
| Fondo  | 78.1    | 8          | 100                 | 0                   |

**Peso total de muestra: 1000 gr**

**Módulo de Finura (M.F): 3.196**



## AGREGADO GRUESO:

Procedencia: Cantera Jicamarca

### 1. Peso Unitario:

#### a. Peso Unitario Suelto (PUS):

| Datos                     | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{Muestra} + P_{Balde}$ | gr     | 26280     | 26340     | 26260     |
| $P_{Balde}$               | gr     | 5720      | 5720      | 5720      |
| $P_{Muestra}$             | gr     | 20560     | 20620     | 20540     |
| $Vol_{Balde}$             | cc     | 14158.42  | 14158.42  | 14158.42  |
| Peso Unitario Suelto      | gr/cc  | 1.452     | 1.456     | 1.451     |

\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>

**PUS: 1453.08 kg/m<sup>3</sup>**

#### b. Peso Unitario Compactado (PUC):

| Datos                     | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|---------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{Muestra} + P_{Balde}$ | gr     | 28160     | 28190     | 28150     |
| $P_{Balde}$               | gr     | 5720      | 5720      | 5720      |
| $P_{Muestra}$             | gr     | 22440     | 22470     | 22430     |
| $Vol_{Balde}$             | cc     | 14158.42  | 14158.42  | 14158.42  |
| Peso Unitario Suelto      | gr/cc  | 1.585     | 1.587     | 1.584     |

\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>

**PUC: 1585.39 kg/m<sup>3</sup>**

### 2. Peso Específico y Porcentaje de Absorción:

| Descripción                                | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|--|--------|-----------|-----------|-----------|
| $P_{muestra\ seca\ al\ horno}$             | gr     | 2973.4    | 2973.0    | 2975.3    |
| $P_{SSS}$                                  | gr     | 3000.0    | 3000.0    | 3000.0    |
| $P_{Sumergida\ en\ agua} + P_{Canastilla}$ | gr     | 2859.9    | 2860.8    | 2860.7    |
| $P_{Canastilla}$                           | gr     | 1002.7    | 1002.7    | 1002.7    |
| $P_{muestra\ sumergida\ en\ agua}$         | gr     | 1857.2    | 1858.1    | 1858.0    |

|                               |   |       |       |       |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|
| $PE_{de\ masa}$               |   | 2.602 | 2.604 | 2.605 |
| $PE_{Superficialmente\ seco}$ |   | 2.625 | 2.627 | 2.627 |
| $PE_{Aparente}$               |   | 2.664 | 2.667 | 2.663 |
| % Absorción                   | % | 0.895 | 0.908 | 0.830 |

**PE masa: 2.604**

**PE sss: 2.626**

**PE aparente: 2.664**

**% Absorción: 0.878**

3. Módulo de Finura:

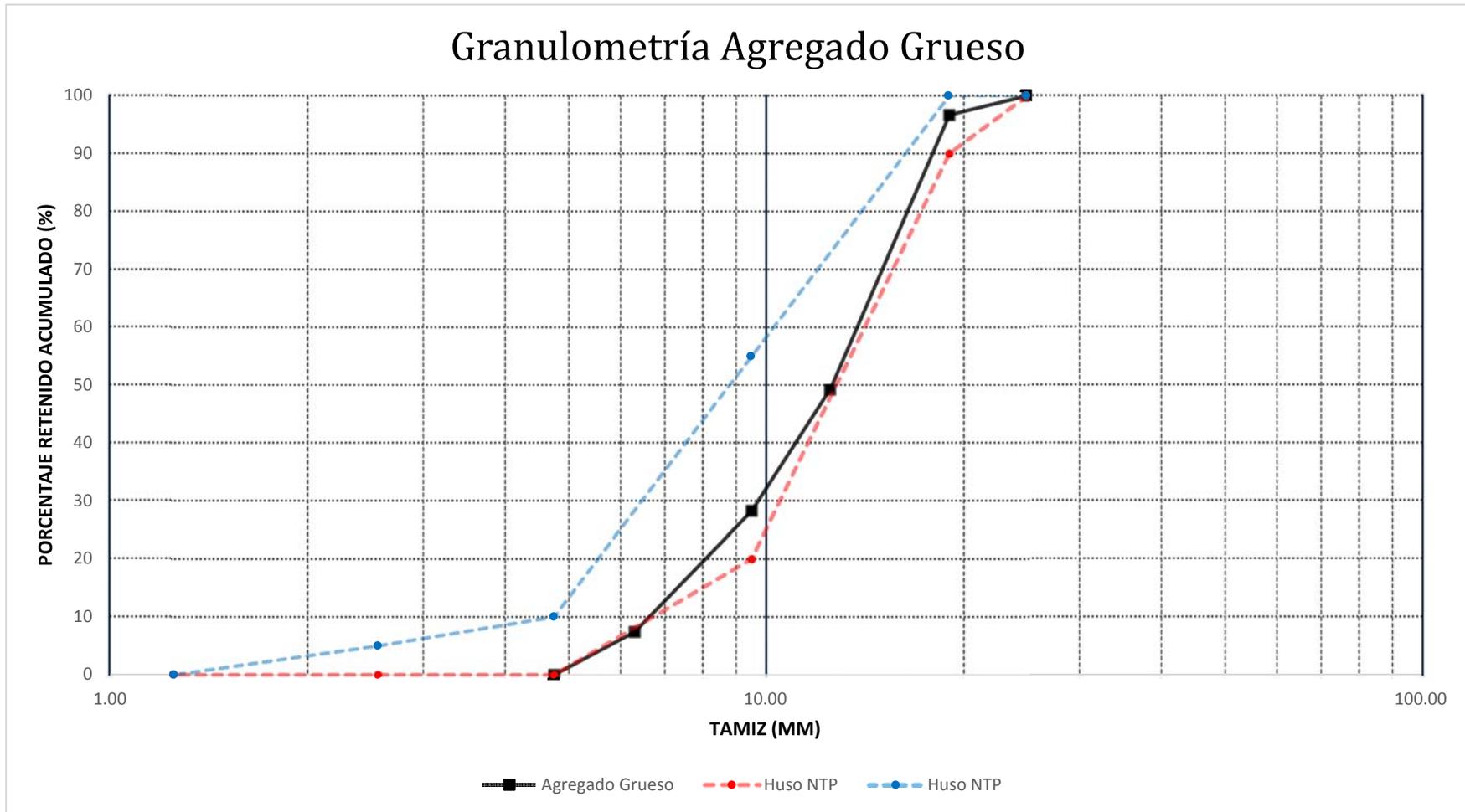
$$MF = \frac{3 + 21 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 6.751$$

4. Granulometría:

| Malla  | Unidad | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio |
|--------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 1/2" | gr     | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0      |
| 1"     | gr     | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0      |
| 3/4"   | gr     | 273.4     | 450.4     | 281.1     | 334.9    |
| 1/2"   | gr     | 4203.3    | 4987.5    | 5053.5    | 4748.1   |
| 3/8"   | gr     | 2164.6    | 2003.2    | 2112.2    | 2093.4   |
| 1/4"   | gr     | 2576.2    | 1782.9    | 1890.0    | 2083.0   |
| Fondo  | gr     | 782.5     | 776.0     | 663.3     | 740.6    |
| Total  | gr     | 10000.0   | 10000.0   | 10000.0   | 10000.0  |

| Malla  | mm    | Muestra | % Retenido | %Retenido Acumulado | %Acumulado que pasa |
|--------|-------|---------|------------|---------------------|---------------------|
| 1 1/2" | 37.50 | 0.0     | 0          | 0                   | 100                 |
| 1"     | 25.00 | 0.0     | 0          | 0                   | 100                 |
| 3/4"   | 19.00 | 334.9   | 3.3        | 3.3                 | 96.7                |
| 1/2"   | 12.50 | 4748.1  | 47.5       | 50.8                | 49.2                |
| 3/8"   | 9.50  | 2093.4  | 20.9       | 71.8                | 28.2                |
| 1/4"   | 6.30  | 2083.0  | 20.8       | 92.6                | 7.4                 |
| Fondo  | 4.75  | 740.6   | 7.4        | 100                 | 0                   |
| Total  |       | 10000.0 |            | <b>MF</b>           | <b>6.751</b>        |
|        |       |         |            | <b>TM</b>           | 1"                  |
|        |       |         |            | <b>TMN</b>          | 3/4"                |



### AGREGADO GLOBAL:

a) Peso Unitario Compactado:

a. 40% Arena – 60% Piedra

| Descripción           | UNDAD | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 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     |

*\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>*

**PUC: 2041.19 kg/m<sup>3</sup>**

b. 45% Arena – 55% Piedra

| Descripción           | UNDAD | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 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     |

*\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>*

**PUC: 2056.26 kg/m<sup>3</sup>**

c. 50% Arena – 50% Piedra

| Descripción           | UNDAD | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 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     |

*\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>*

**PUC: 2070.15 kg/m<sup>3</sup>**

d. 55% Arena – 45% Piedra

| Descripción           | UNDAD | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 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     |

\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>

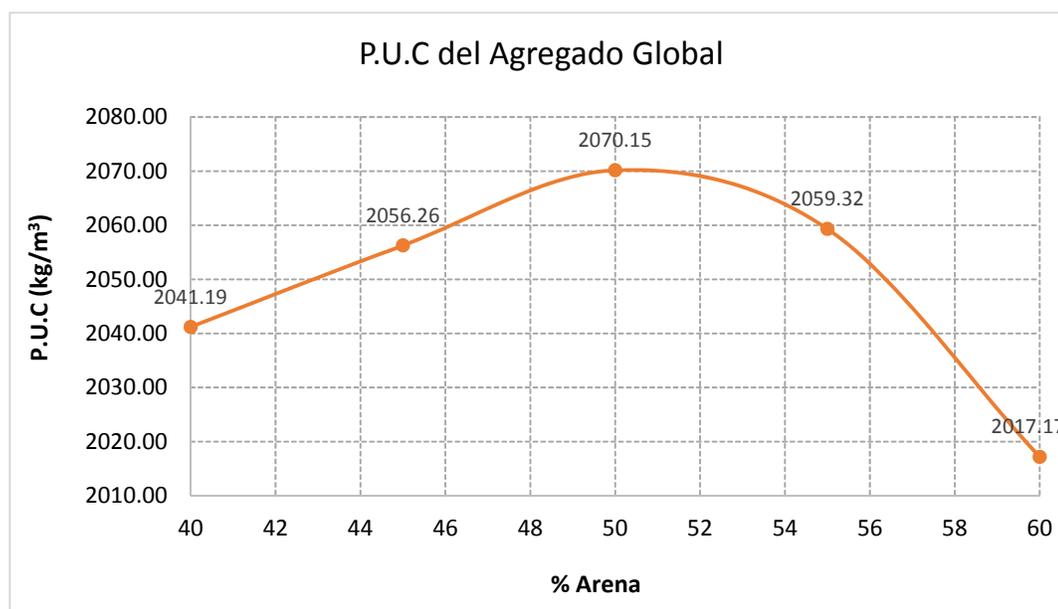
**PUC: 2059.32 kg/m<sup>3</sup>**

e. 60% Arena – 40% Piedra

| Descripción           | UNDAD | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 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     |

\*Nota: El balde usado es de 1/2 pie<sup>3</sup>

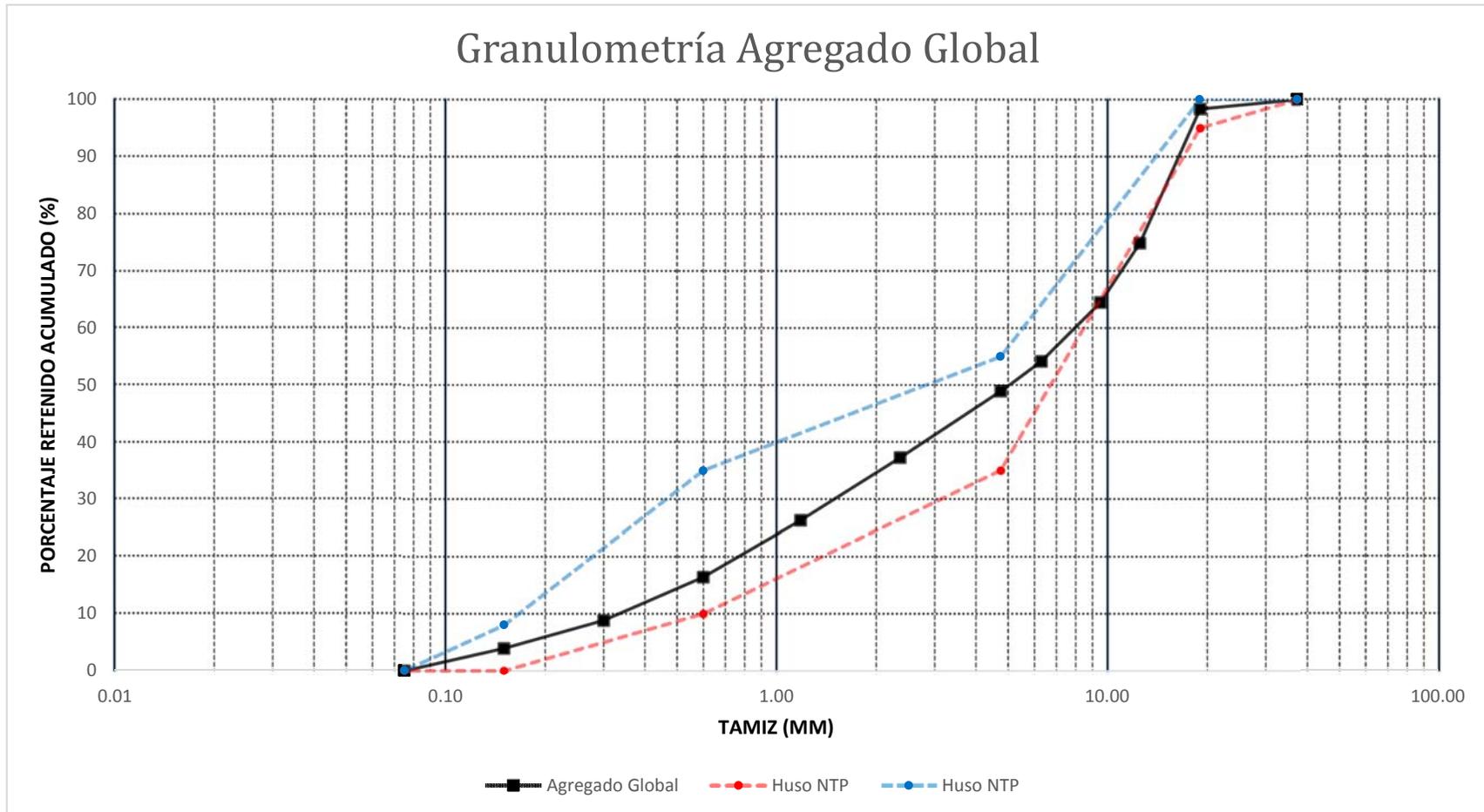
**PUC: 2017.17 kg/m<sup>3</sup>**



b) Granulometría:

Con los resultados obtenidos se halla el Agregado Global:

| Malla  | Retenido Piedra | Retenido Arena | 49.5% de Piedra | 50.5% de Arena | % Retenido | %Retenido Acumulado | %Acumulado que pasa | %Que pasa NTP 400.037 |     |
|--------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----|
| 1 1/2" | 0.0             |                | 0.0             |                | 0          | 0                   | 100                 | 100                   | 100 |
| 3/4"   | 3.3             |                | 1.7             |                | 1.7        | 1.7                 | 98.3                | 95                    | 100 |
| 1/2"   | 47.5            |                | 23.5            |                | 23.5       | 25.2                | 74.8                |                       |     |
| 3/8"   | 20.9            |                | 10.4            |                | 10.4       | 35.5                | 64.5                |                       |     |
| 1/4"   | 20.8            |                | 10.3            |                | 10.3       | 45.8                | 54.2                | 35                    | 55  |
| N° 4   | 7.4             | 3.20           | 3.7             | 1.61           | 5.3        | 51.1                | 48.9                |                       |     |
| N° 8   |                 | 23.05          |                 | 11.64          | 11.6       | 62.8                | 37.2                |                       |     |
| N° 16  |                 | 21.70          |                 | 10.96          | 11.0       | 73.7                | 26.3                |                       |     |
| N° 30  |                 | 19.52          |                 | 9.86           | 9.9        | 83.6                | 16.4                | 10                    | 35  |
| N° 50  |                 | 15.04          |                 | 7.59           | 7.6        | 91.2                | 8.8                 |                       |     |
| N° 100 |                 | 9.68           |                 | 4.89           | 4.9        | 96.1                | 3.9                 | 0                     | 8   |
| Fondo  |                 | 7.81           |                 | 3.95           | 3.9        | 100                 | 0                   | 0                     | 0   |



## DISEÑO DEL CONCRETO:

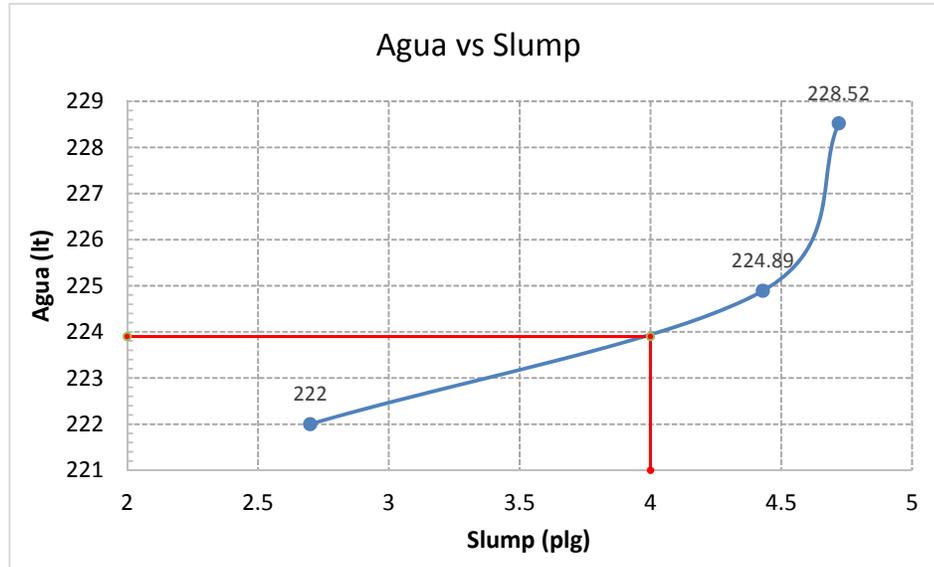
RELACIÓN A/C 0.60:

a. Agua Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                             |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|-----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs. (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 370            | 0.119                       | 1.00     | 370                             | 1.00       | 8.80                 |
| Agua                                      | 222            | 0.222                       | 0.60     | 197                             | 0.53       | 4.68                 |
| Arena                                     | 853            | 0.318                       | 2.30     | 886                             | 2.39       | 21.08                |
| Piedra                                    | 812            | 0.312                       | 2.19     | 817                             | 2.21       | 19.45                |
| Aire                                      |                | 0.029                       |          |                                 |            |                      |
|   |                |                             |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 2.7 "                       |          |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 381            | 0.122                      | 1.00     | 381                             | 1.00       | 9.10                 |
| Agua                                      | 229            | 0.229                      | 0.60     | 204                             | 0.53       | 4.86                 |
| Arena                                     | 839            | 0.313                      | 2.20     | 872                             | 2.29       | 20.83                |
| Piedra                                    | 799            | 0.307                      | 2.10     | 804                             | 2.11       | 19.21                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 4.7 "                      |          |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 375            | 0.121                      | 1.00     | 375                             | 1.00       | 8.93                 |
| Agua                                      | 225            | 0.225                      | 0.60     | 200                             | 0.53       | 4.76                 |
| Arena                                     | 847            | 0.316                      | 2.26     | 880                             | 2.35       | 20.97                |
| Piedra                                    | 806            | 0.310                      | 2.15     | 812                             | 2.17       | 19.34                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 4.4 "                      |          |                                 |            |                      |



**Agua Patrón: 223.9 Lt**

b. Arena Patrón

Diseño con 50.5% de arena y 49.5% de piedra:

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.00       | 8.89                 |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 209                             | 0.56       | 4.97                 |
| Arena                                     | 848.7          | 0.317                      | 2.27     | 872                             | 2.336      | 20.77                |
| Piedra                                    | 808.3          | 0.310                      | 2.17     | 813                             | 2.18       | 19.37                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 53.5% de arena y 46.5% de piedra:

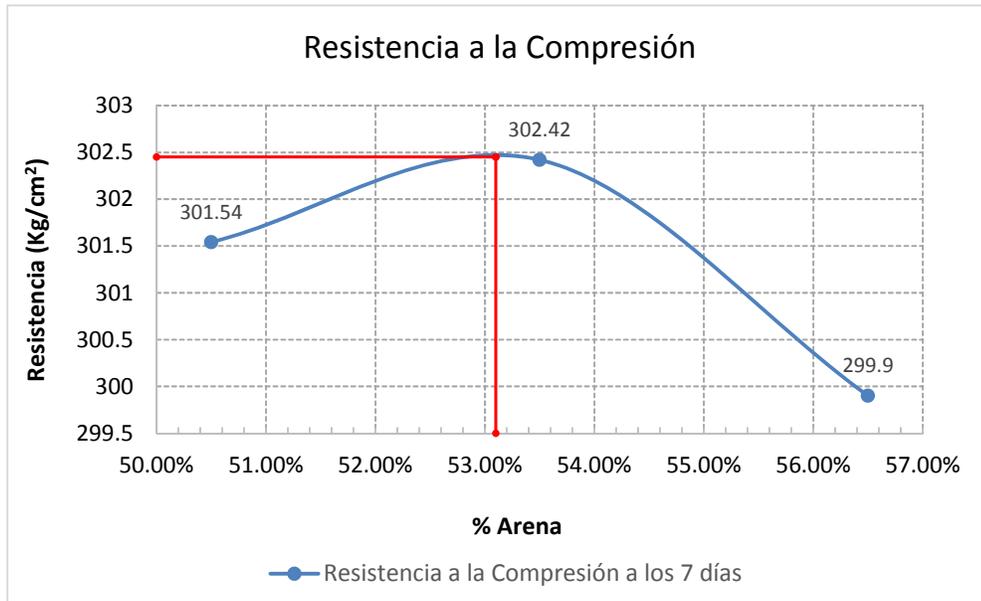
| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 8.88                 |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 208                             | 0.556      | 4.94                 |
| Arena                                     | 899.2          | 0.335                      | 2.41     | 924                             | 2.475      | 21.99                |
| Piedra                                    | 759.3          | 0.292                      | 2.03     | 764                             | 2.047      | 18.19                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 56.5% de arena y 43.5% de piedra:

| Materiales | Dosificación por metro cúbico de concreto |                            |          |                                 |            |                      |
|------------|---|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
|            | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento    | 373.2                                     | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 8.88                 |
| Agua       | 223.9                                     | 0.224                      | 0.60     | 206                             | 0.553      | 4.91                 |
| Arena      | 949.6                                     | 0.354                      | 2.54     | 976                             | 2.614      | 23.21                |
| Piedra     | 710.3                                     | 0.273                      | 1.90     | 715                             | 1.915      | 17.00                |
| Aire       |   | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|            |   |                            |          |                                 |            | 54.00                |

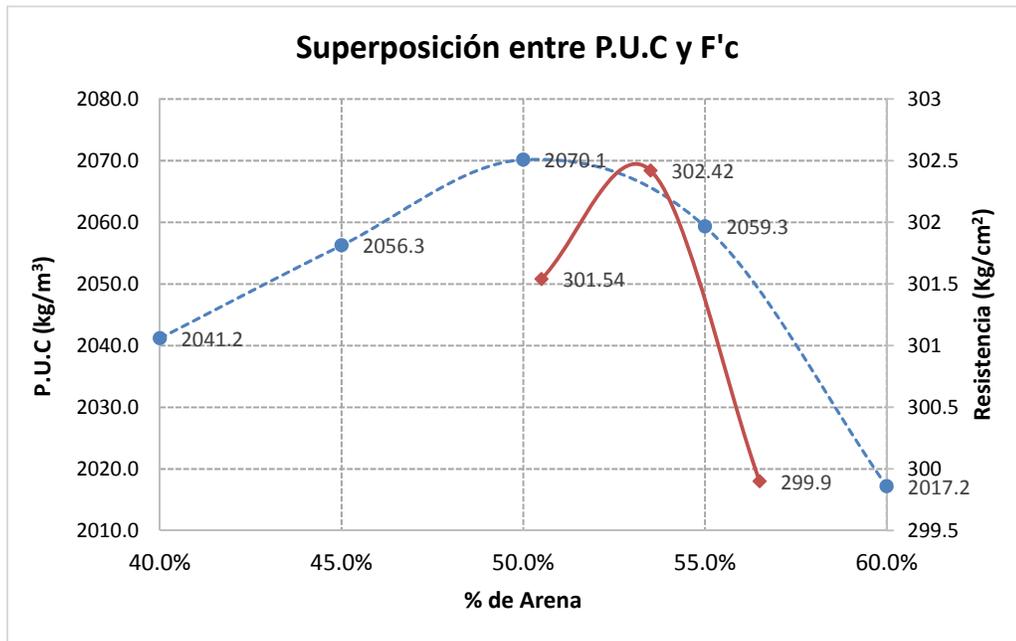
Comparación de resistencias para los diseños a los 7 días de edad.

| Arena % | f'c    |
|---------|--------|
| 50.50%  | 301.54 |
| 53.50%  | 302.42 |
| 56.50%  | 299.9  |



**Arena Patrón: 53.1%**

Superposición de gráficas para corroborar la mejor combinación de agregados y a la vez buena resistencia.



c. Concreto Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120         | 1.00     | 373                | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224         | 0.60     | 213                | 0.570      | 11.81                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333         | 2.39     | 912                | 2.444      | 50.67                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294         | 2.05     | 770                | 2.064      | 42.79                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
|   |                |               |          |                    |            | 126.00               |

d. Concreto más Aditivo

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120         | 1.00     | 373                | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224         | 0.60     | 213                | 0.570      | 11.81                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333         | 2.39     | 912                | 2.444      | 50.67                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294         | 2.05     | 770                | 2.064      | 42.79                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.732          |               |          | 3.73               |            | 0.207                |
|   |                |               |          |                    |            | 126.21               |

e. Concreto más Aditivo más 40% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 206                             | 0.551      | 11.42                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333                      | 2.39     | 919                             | 2.463      | 51.06                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294                      | 2.05     | 770                             | 2.064      | 42.80                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.73           |                            |          | 3.73                            |            | 0.207                |
| Cal 40%                                   | 149.29         |                            |          | 149.29                          |            | 8.292                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 134.50               |

f. Concreto más Aditivo más 50% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 206                             | 0.551      | 11.42                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333                      | 2.39     | 919                             | 2.463      | 51.06                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294                      | 2.05     | 770                             | 2.064      | 42.80                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.73           |                            |          | 3.73                            |            | 0.207                |
| Cal 50%                                   | 186.61         |                            |          | 186.61                          |            | 10.365               |
|   |                |                            |          |                                 |            | 136.57               |

g. Concreto más Aditivo más 60% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 373.2          | 0.120                      | 1.00     | 373                             | 1.000      | 20.73                |
| Agua                                      | 223.9          | 0.224                      | 0.60     | 206                             | 0.551      | 11.42                |
| Arena                                     | 892.4          | 0.333                      | 2.39     | 919                             | 2.463      | 51.06                |
| Piedra                                    | 765.8          | 0.294                      | 2.05     | 770                             | 2.064      | 42.80                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.73           |                            |          | 3.73                            |            | 0.207                |
| Cal 60%                                   | 223.93         |                            |          | 223.93                          |            | 12.438               |
|   |                |                            |          |                                 |            | 138.65               |

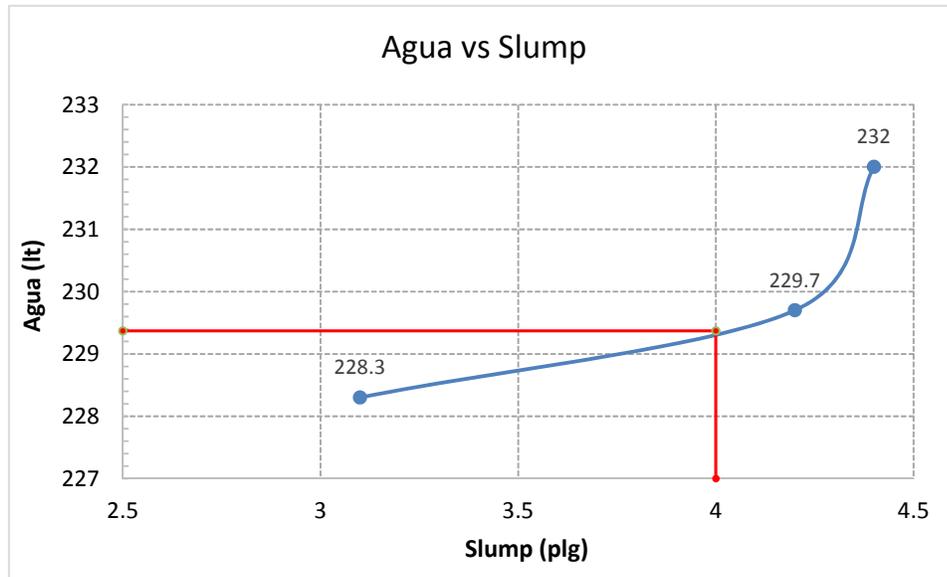
RELACIÓN A/C 0.65:

a. Agua Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 357            | 0.115                      | 1.00     | 357                             | 1.00       | 8.56                 |
| Agua                                      | 232            | 0.232                      | 0.65     | 207                             | 0.58       | 4.97                 |
| Arena                                     | 845            | 0.315                      | 2.37     | 878                             | 2.46       | 21.07                |
| Piedra                                    | 805            | 0.309                      | 2.25     | 809                             | 2.27       | 19.40                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                |                            | 4.4 "    |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 353            | 0.114                      | 1.00     | 353                             | 1.00       | 8.46                 |
| Agua                                      | 230            | 0.230                      | 0.65     | 204                             | 0.58       | 4.89                 |
| Arena                                     | 850            | 0.317                      | 2.40     | 883                             | 2.50       | 21.14                |
| Piedra                                    | 809            | 0.311                      | 2.29     | 814                             | 2.30       | 19.51                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                |                            | 4.2 "    |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 351            | 0.113                      | 1.00     | 351                             | 1.00       | 8.40                 |
| Agua                                      | 228            | 0.228                      | 0.65     | 203                             | 0.58       | 4.85                 |
| Arena                                     | 852            | 0.318                      | 2.43     | 886                             | 2.52       | 21.19                |
| Piedra                                    | 812            | 0.312                      | 2.31     | 817                             | 2.33       | 19.55                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                |                            | 3.1 "    |                                 |            |                      |



**Agua Patrón: 229.37 lt**

b. Arena Patrón

Diseño con 50.5% de arena y 49.5% de piedra

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.00       | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 204                             | 0.58       | 4.88                 |
| Arena                                     | 850.2          | 0.317                      | 2.41     | 883                             | 2.50       | 21.15                |
| Piedra                                    | 809.7          | 0.311                      | 2.29     | 815                             | 2.31       | 19.52                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 47.5% de arena y 52.5% de piedra

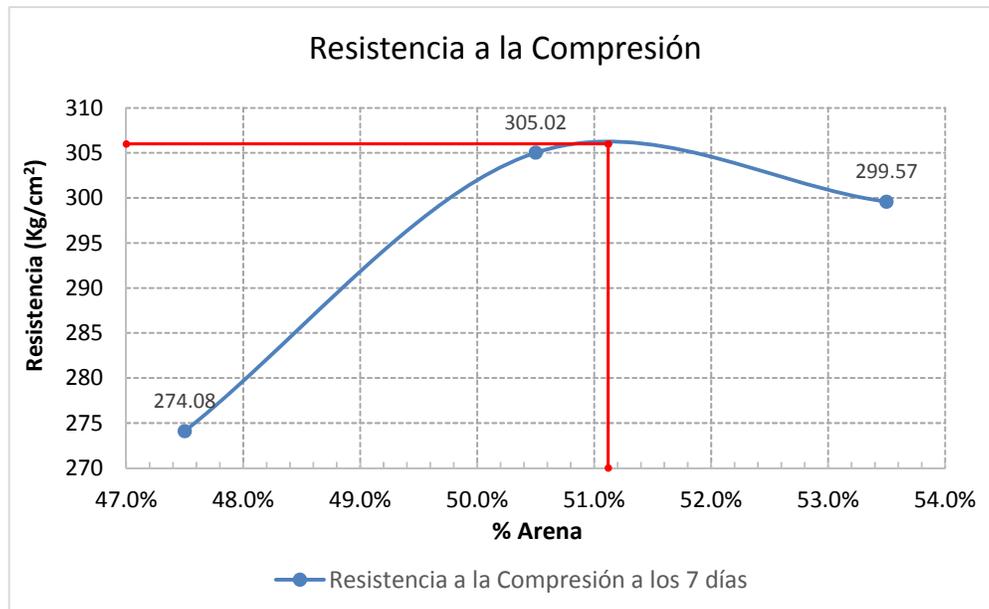
| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.00       | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 206                             | 0.58       | 4.93                 |
| Arena                                     | 799.7          | 0.298                      | 2.27     | 831                             | 2.35       | 19.91                |
| Piedra                                    | 858.8          | 0.330                      | 2.43     | 865                             | 2.45       | 20.71                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 53.5% de arena y 46.5% de piedra

| Materiales | Dosificación por metro cúbico de concreto |                            |          |                                 |            | Tanda de laboratorio |
|------------|---|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
|            | Peso Seco (kg)                            | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo |                      |
| Cemento    | 352.9                                     | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.00       | 8.44                 |
| Agua       | 229.4                                     | 0.229                      | 0.65     | 202                             | 0.57       | 4.84                 |
| Arena      | 900.7                                     | 0.336                      | 2.55     | 936                             | 2.65       | 22.39                |
| Piedra     | 760.6                                     | 0.292                      | 2.16     | 766                             | 2.17       | 18.32                |
| Aire       |   | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|            |   |                            |          |                                 |            | 54.00                |

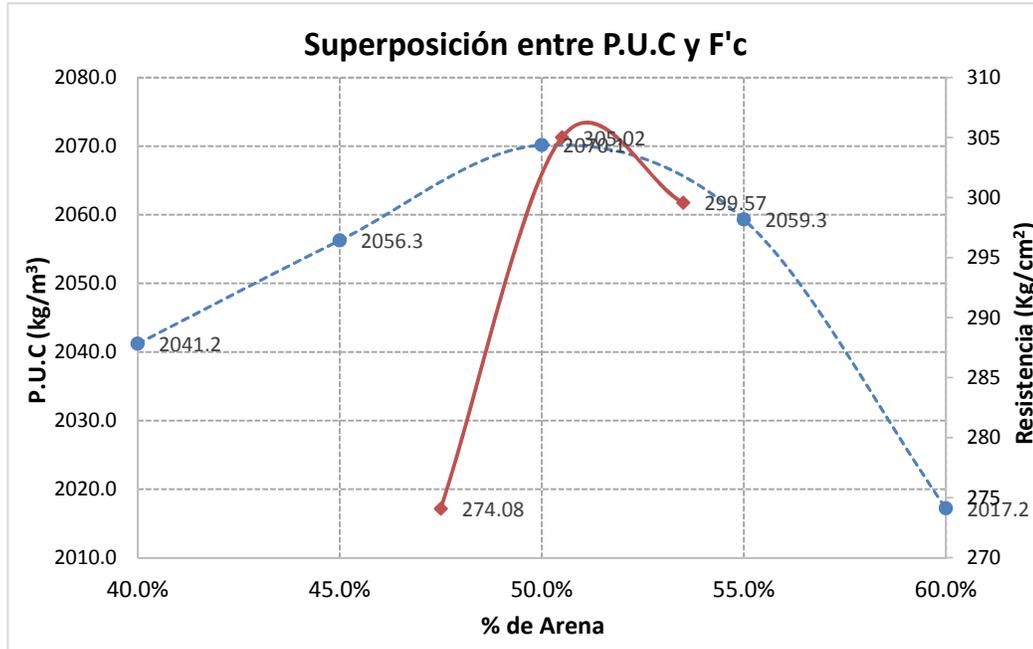
Comparación de resistencias para los diseños a los 7 días de edad.

| Arena % | f'c    |
|---------|--------|
| 47.50%  | 274.08 |
| 50.50%  | 305.02 |
| 53.50%  | 299.57 |



**Arena Patrón: 51.1%**

Superposición de gráficas para corroborar la mejor combinación de agregados y a la vez buena resistencia.



c. Concreto Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113         | 1.00     | 353                | 1.00       | 19.56                |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229         | 0.65     | 203                | 0.57       | 11.23                |
| Arena                                     | 860.7          | 0.321         | 2.44     | 897                | 2.54       | 49.68                |
| Piedra                                    | 799.6          | 0.307         | 2.27     | 804                | 2.28       | 44.53                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
|   |                |               |          |                    |            | 125.00               |

d. Concreto más Aditivo

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113         | 1.00     | 353                | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229         | 0.65     | 209                | 0.592      | 5.00                 |
| Arena                                     | 860.7          | 0.321         | 2.44     | 890                | 2.523      | 21.31                |
| Piedra                                    | 799.6          | 0.307         | 2.27     | 804                | 2.277      | 19.24                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.529          |               |          | 3.53               |            | 0.0845               |
|   |                |               |          |                    |            | 54.08                |

e. Concreto más Aditivo más 40% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 353            | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229            | 0.229                      | 0.65     | 214                             | 0.606      | 5.12                 |
| Arena                                     | 861            | 0.321                      | 2.44     | 884                             | 2.506      | 21.17                |
| Piedra                                    | 800            | 0.307                      | 2.27     | 805                             | 2.280      | 19.26                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.53           |                            |          | 3.53                            |            | 0.085                |
| Cal 40%                                   | 141.15         |                            |          | 141.15                          |            | 3.379                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 57.46                |

f. Concreto más Aditivo más 50% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 217                             | 0.614      | 5.19                 |
| Arena                                     | 860.7          | 0.321                      | 2.44     | 882                             | 2.498      | 21.11                |
| Piedra                                    | 799.6          | 0.307                      | 2.27     | 804                             | 2.280      | 19.26                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.529          |                            |          | 3.53                            |            | 0.085                |
| Cal 50%                                   | 176.44         |                            |          | 176.44                          |            | 4.224                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 58.31                |

g. Concreto más Aditivo más 60% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 352.9          | 0.113                      | 1.00     | 353                             | 1.000      | 8.45                 |
| Agua                                      | 229.4          | 0.229                      | 0.65     | 217                             | 0.614      | 5.19                 |
| Arena                                     | 860.7          | 0.321                      | 2.44     | 882                             | 2.498      | 21.11                |
| Piedra                                    | 799.6          | 0.307                      | 2.27     | 804                             | 2.280      | 19.26                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.529          |                            |          | 3.53                            |            | 0.0845               |
| Cal 60%                                   | 211.73         |                            |          | 211.73                          |            | 5.069                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 59.15                |

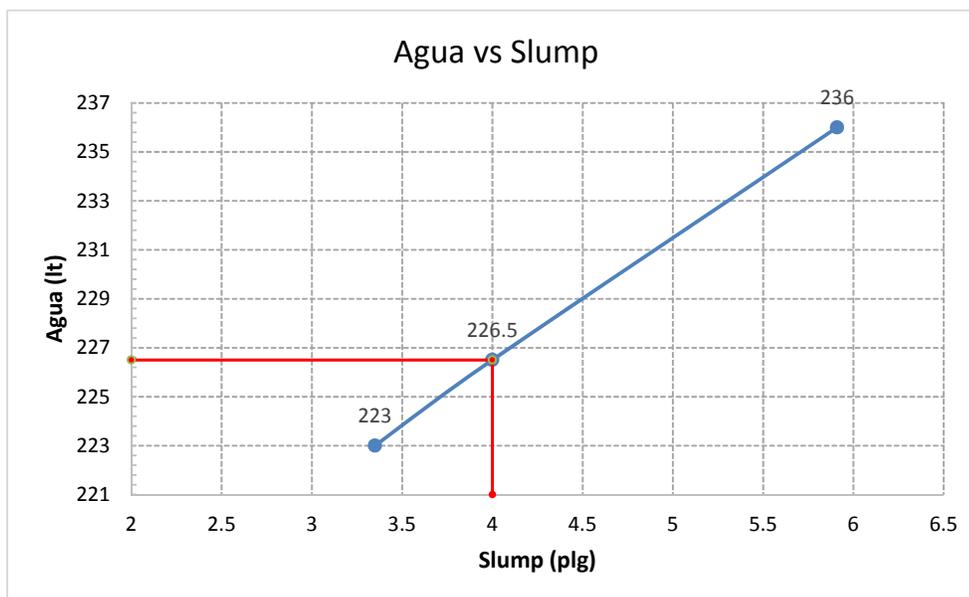
RELACIÓN A/C 0.70:

a. Agua Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 337            | 0.108                      | 1.00     | 337                             | 1.00       | 8.12                 |
| Agua                                      | 236            | 0.236                      | 0.70     | 222                             | 0.66       | 5.36                 |
| Arena                                     | 848            | 0.316                      | 2.52     | 872                             | 2.59       | 21.00                |
| Piedra                                    | 808            | 0.310                      | 2.40     | 810                             | 2.40       | 19.52                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 5.9 "                      |          |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 324            | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.00       | 7.75                 |
| Agua                                      | 227            | 0.227                      | 0.70     | 213                             | 0.66       | 5.09                 |
| Arena                                     | 867            | 0.323                      | 2.68     | 891                             | 2.75       | 21.34                |
| Piedra                                    | 826            | 0.317                      | 2.55     | 828                             | 2.56       | 19.83                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 4.1 "                      |          |                                 |            |                      |

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 319            | 0.102                      | 1.00     | 319                             | 1.00       | 7.61                 |
| Agua                                      | 223            | 0.223                      | 0.70     | 209                             | 0.66       | 4.99                 |
| Arena                                     | 874            | 0.326                      | 2.74     | 898                             | 2.82       | 21.46                |
| Piedra                                    | 832            | 0.320                      | 2.61     | 835                             | 2.62       | 19.94                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |
| Asentamiento                              |                | 3.3 "                      |          |                                 |            |                      |



**Agua Patrón: 226.5 Lt**

b. Arena Patrón

Diseño con 53.5% de arena y 46.5% de piedra

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 324            | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.00       | 7.74                 |
| Agua                                      | 227            | 0.227                      | 0.70     | 211                             | 0.65       | 5.05                 |
| Arena                                     | 918            | 0.343                      | 2.84     | 944                             | 2.92       | 22.59                |
| Piedra                                    | 776            | 0.298                      | 2.40     | 778                             | 2.40       | 18.61                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 47.5% de arena y 52.5% de piedra

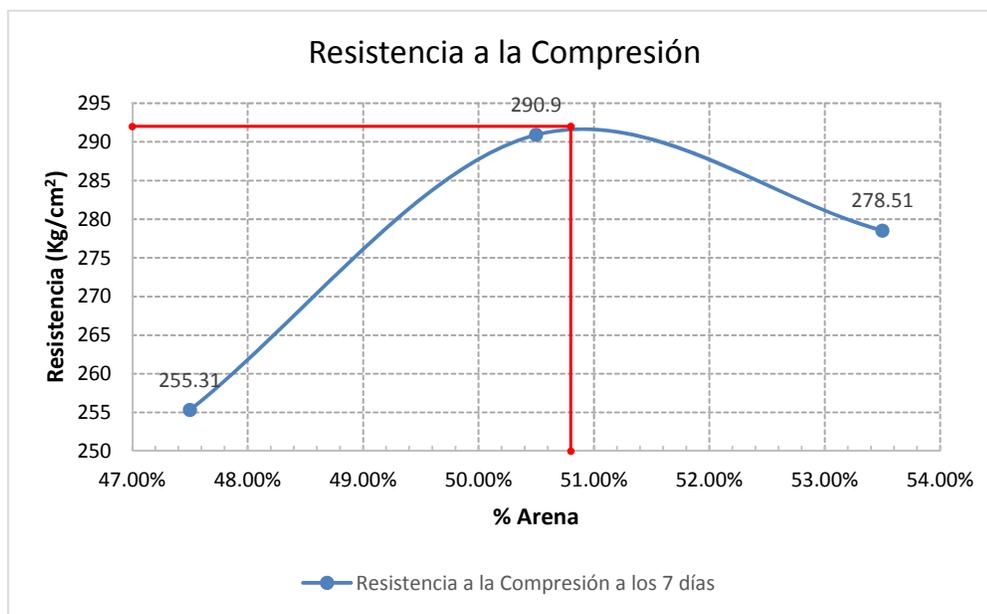
| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 324            | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.00       | 7.75                 |
| Agua                                      | 227            | 0.227                      | 0.70     | 211                             | 0.65       | 5.06                 |
| Arena                                     | 815            | 0.304                      | 2.52     | 841                             | 2.60       | 20.15                |
| Piedra                                    | 876            | 0.336                      | 2.71     | 878                             | 2.72       | 21.04                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

Diseño con 50.5% de arena y 49.5% de piedra

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 324            | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.00       | 7.75                 |
| Agua                                      | 227            | 0.227                      | 0.70     | 213                             | 0.66       | 5.09                 |
| Arena                                     | 867            | 0.323                      | 2.68     | 891                             | 2.75       | 21.34                |
| Piedra                                    | 826            | 0.317                      | 2.55     | 828                             | 2.56       | 19.83                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
|   |                |                            |          |                                 |            | 54.00                |

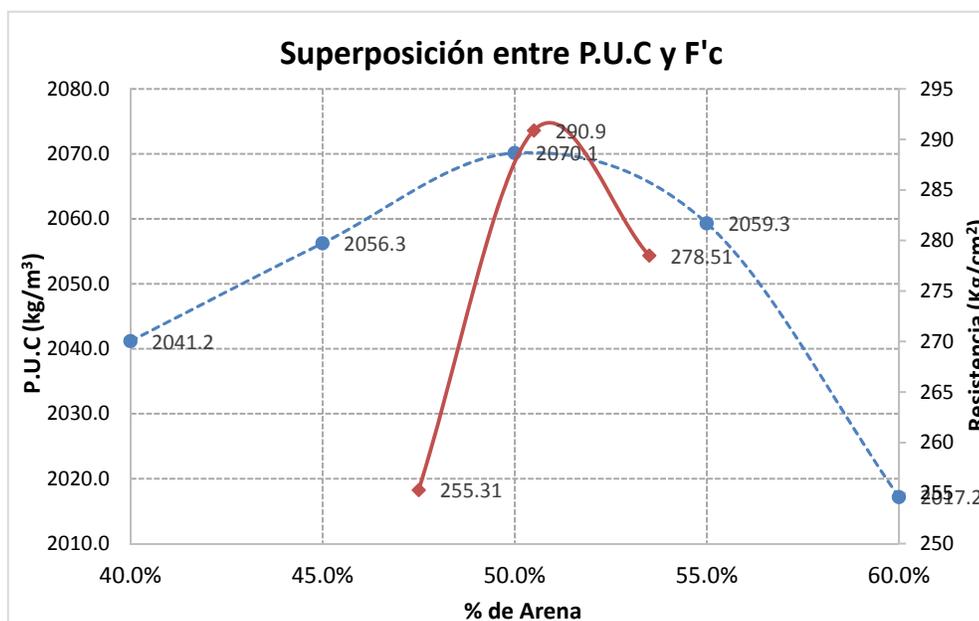
Comparación de resistencias de los diseños a los 7 días de edad

| Arena % | f'c    |
|---------|--------|
| 47.50%  | 255.31 |
| 50.50%  | 290.9  |
| 53.50%  | 278.51 |



**Arena Patrón: 50.8%**

Superposición de gráficas para corroborar la mejor combinación de agregados y a la vez buena resistencia.



c. Concreto Patrón

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104         | 1.00     | 324                | 1.00       | 17.93                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227         | 0.70     | 207                | 0.64       | 11.48                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325         | 2.69     | 901                | 2.78       | 49.90                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315         | 2.54     | 825                | 2.55       | 45.69                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
|   |                |               |          |                    |            | 125.00               |

d. Concreto más Aditivo

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |               |          |                    |            |                      |
|---|----------------|---------------|----------|--------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m³) | P.U Seco | (kg/m³)Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104         | 1.00     | 324                | 1.000      | 7.74                 |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227         | 0.70     | 206                | 0.636      | 4.93                 |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325         | 2.69     | 902                | 2.788      | 21.59                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315         | 2.54     | 825                | 2.549      | 19.74                |
| Aire                                      |                | 0.029         |          |                    |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.236          |               |          | 3.24               |            | 0.077                |
|   |                |               |          |                    |            | 54.08                |

e. Concreto más Aditivo más 40% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 220                             | 0.678      | 12.26                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 888                             | 2.745      | 49.61                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.549      | 46.06                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.236          |                            |          | 3.24                            |            | 0.181                |
| Cal 40%                                   | 129.43         |                            |          | 129.43                          |            | 7.229                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 133.41               |

f. Concreto más Aditivo más 50% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 216                             | 0.666      | 12.04                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 891                             | 2.755      | 49.78                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.551      | 46.10                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.236          |                            |          | 3.24                            |            | 0.181                |
| Cal 50%                                   | 161.79         |                            |          | 161.79                          |            | 9.036                |
|   |                |                            |          |                                 |            | 135.22               |

g. Concreto más Aditivo más 60% de cal

| Dosificación por metro cúbico de concreto |                |                            |          |                                 |            |                      |
|---|----------------|----------------------------|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| Materiales                                | Peso Seco (kg) | Vol. Abs (m <sup>3</sup> ) | P.U Seco | (kg/m <sup>3</sup> )Peso Húmedo | P.U Húmedo | Tanda de laboratorio |
| Cemento                                   | 323.6          | 0.104                      | 1.00     | 324                             | 1.000      | 18.07                |
| Agua                                      | 226.5          | 0.227                      | 0.70     | 216                             | 0.666      | 12.04                |
| Arena                                     | 872.0          | 0.325                      | 2.69     | 891                             | 2.755      | 49.78                |
| Piedra                                    | 820.5          | 0.315                      | 2.54     | 825                             | 2.551      | 46.10                |
| Aire                                      |                | 0.029                      |          |                                 |            |                      |
| Aditivo                                   | 3.236          |                            |          | 3.24                            |            | 0.181                |
| Cal 60%                                   | 194.14         |                            |          | 194.14                          |            | 10.843               |
|   |                |                            |          |                                 |            | 137.02               |

## PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

RELACION A/C 0.60

a) Consistencia

| Tipo de Concreto | Asentamiento (pulg) |
|------------------|---------------------|
| CP               | 3.5                 |
| CP+A             | 3.7                 |
| CP+A+C40%        | 4.2                 |
| CP+A+C50%        | 4.3                 |
| CP+A+C60%        | 4.1                 |

Leyenda:

CP: Concreto patrón

CP+A: Concreto patrón con aditivo

CP+A+C40%: Concreto patrón con aditivo más 40% de cal

CP+A+C50%: Concreto patrón con aditivo más 50% de cal

CP+A+C60%: Concreto patrón con aditivo más 60% de cal

b) Peso Unitario

| Tipo de Concreto | Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|------------------------------------|
| CP               | 2394.41                            |
| CP+A             | 2401.47                            |
| CP+A+C40%        | 2352.03                            |
| CP+A+C50%        | 2309.65                            |
| CP+A+C60%        | 2239.02                            |

c) Fluidez

| Tipo de Concreto | % Fluidez |
|------------------|-----------|
| CP               | 56.50     |
| CP+A             | 58.46     |
| CP+A+C40%        | 55.51     |
| CP+A+C50%        | 53.54     |
| CP+A+C60%        | 50.59     |

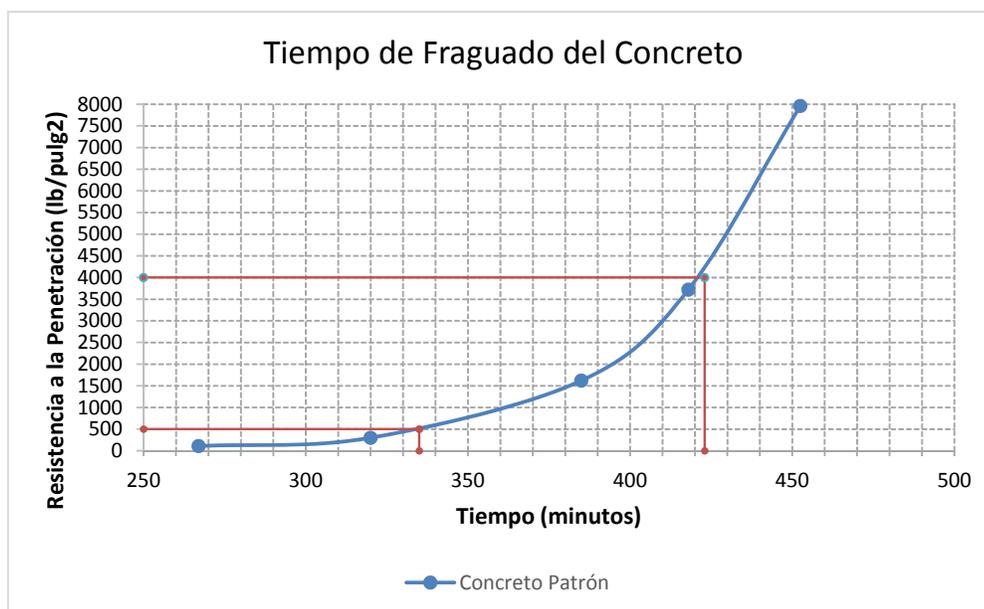
d) Contenido de Aire

| Tipo de Concreto | Contenido de Aire (%) |
|------------------|-----------------------|
| CP               | 1.40%                 |
| CP+A             | 1.30%                 |
| CP+A+C40%        | 1.50%                 |
| CP+A+C50%        | 1.60%                 |
| CP+A+C60%        | 1.80%                 |

e) Tiempo de Fraguado

Concreto Patrón

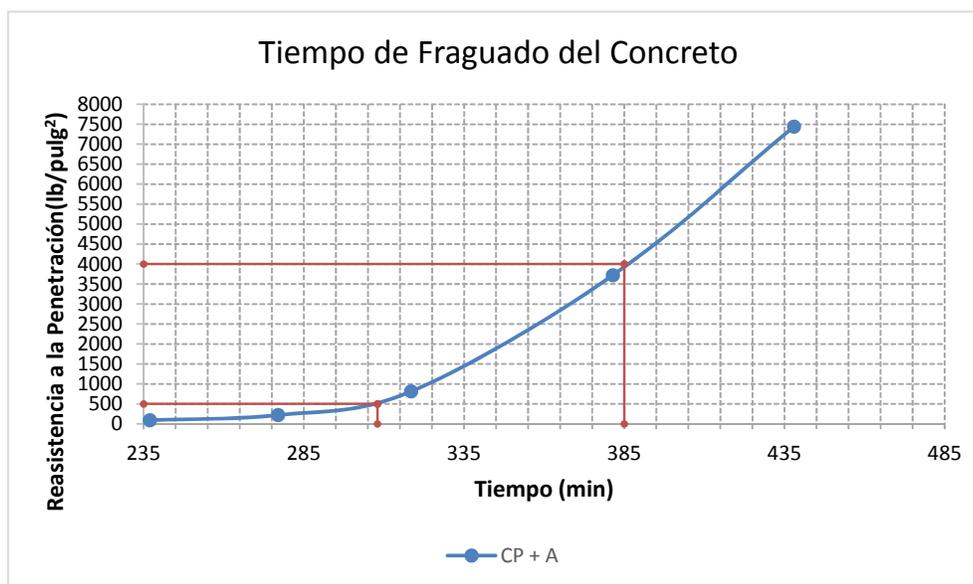
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg2) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------------------|
| 11:30               | Inicio              |                   |                 |            |                    |                                  |
| 15:57               | 04:27               | 267               | 108             | 1          | 1.00               | 108                              |
| 16:50               | 05:20               | 320               | 75              | 3          | 0.25               | 300                              |
| 17:55               | 06:25               | 385               | 162             | 4          | 0.10               | 1620                             |
| 18:28               | 06:58               | 418               | 186             | 5          | 0.05               | 3720                             |
| 19:02               | 07:32               | 453               | 199             | 6          | 0.025              | 7960                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 335 | 05:35 |
| T.F.F | 423 | 07:03 |

### Concreto Patrón con Aditivo

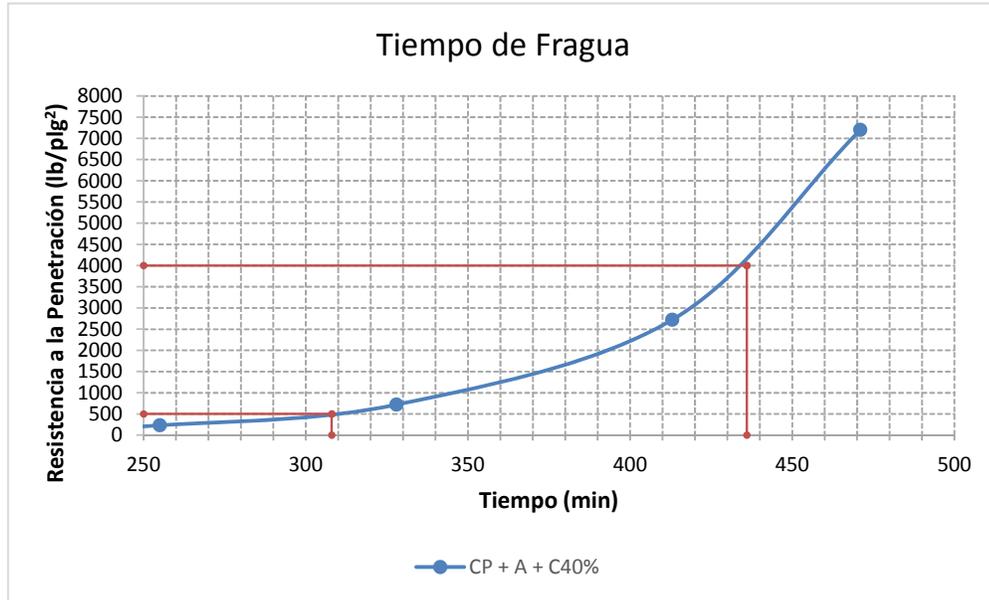
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 11:33               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 15:30               | 03:57               | 237               | 90              | 1          | 1.00                            | 90                               |
| 16:10               | 04:37               | 277               | 110             | 2          | 0.25                            | 220                              |
| 16:51               | 05:18               | 319               | 81              | 4          | 0.10                            | 810                              |
| 17:54               | 06:21               | 382               | 186             | 5          | 0.05                            | 3720                             |
| 18:51               | 07:18               | 438               | 186             | 6          | 0.025                           | 7440                             |



|        | min | H:M   |
|--------|-----|-------|
| T.F.I. | 308 | 05:08 |
| T.F.F. | 385 | 06:25 |

### Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

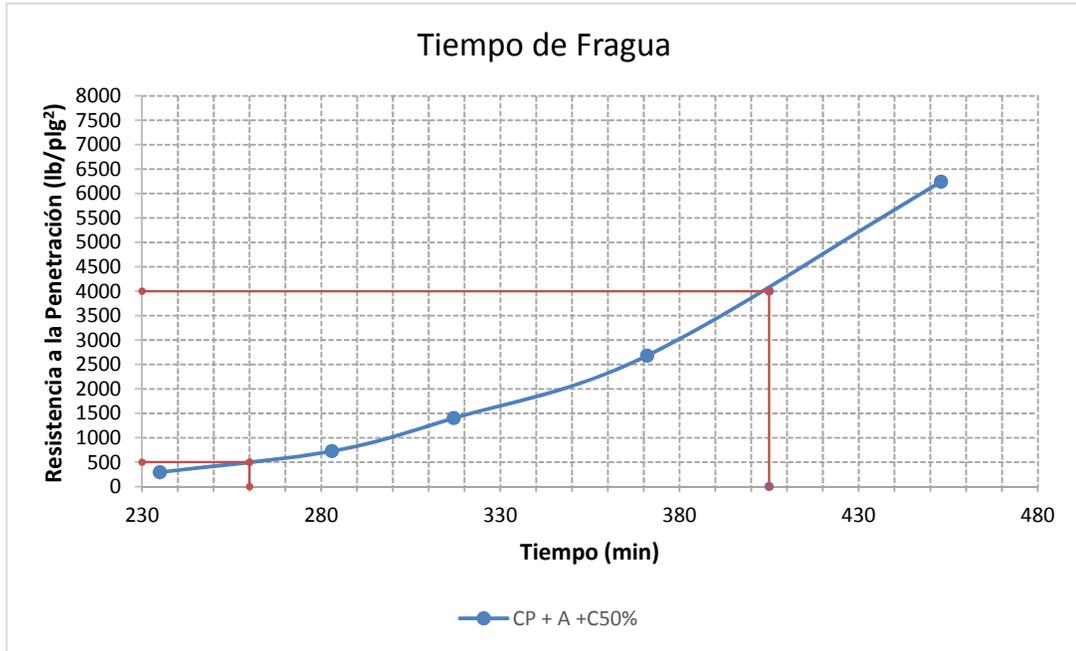
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Area (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 11:34               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 14:06               | 02:32               | 152               | 50              | 1          | 1.00                            | 50                               |
| 14:57               | 03:23               | 203               | 30              | 2          | 0.50                            | 60                               |
| 15:49               | 04:15               | 255               | 58              | 3          | 0.25                            | 232                              |
| 17:02               | 05:28               | 328               | 72              | 4          | 0.10                            | 720                              |
| 18:27               | 06:53               | 413               | 136             | 5          | 0.05                            | 2720                             |
| 19:25               | 07:51               | 471               | 180             | 6          | 0.025                           | 7200                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 308 | 05:08 |
| T.F.F | 436 | 07:16 |

*Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal*

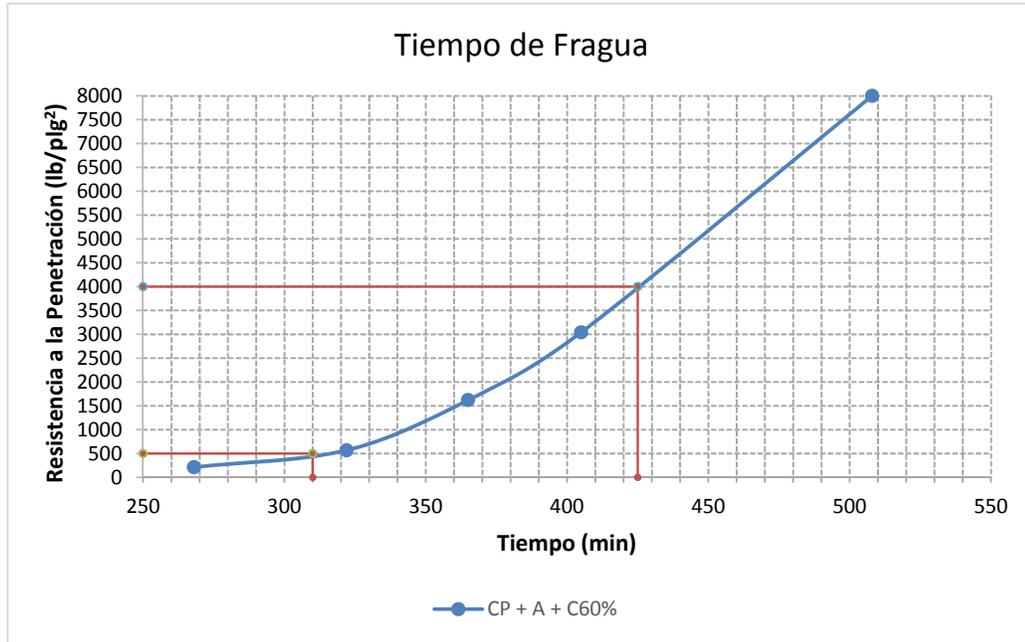
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 08:44               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 12:39               | 03:55               | 235               | 146             | 2          | 1.00                            | 292                              |
| 13:27               | 04:43               | 283               | 181             | 3          | 0.25                            | 724                              |
| 14:01               | 05:17               | 317               | 140             | 4          | 0.10                            | 1400                             |
| 14:55               | 06:11               | 371               | 134             | 5          | 0.05                            | 2680                             |
| 16:17               | 07:33               | 453               | 156             | 6          | 0.025                           | 6240                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 260 | 04:20 |
| T.F.F | 405 | 06:45 |

*Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal*

| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 09:34               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 14:02               | 04:28               | 268               | 106             | 2          | 0.50                            | 212                              |
| 14:56               | 05:22               | 322               | 142             | 3          | 0.25                            | 568                              |
| 15:39               | 06:05               | 365               | 162             | 4          | 0.10                            | 1620                             |
| 16:19               | 06:45               | 405               | 126             | 5          | 0.05                            | 3040                             |
| 18:02               | 08:28               | 508               | 200             | 6          | 0.025                           | 8000                             |



|        | min | H:M   |
|--------|-----|-------|
| T.F.I. | 310 | 05:10 |
| T.F.F. | 425 | 07:05 |

#### Resumen de tiempos de fragua inicial y final

| Tipo de Concreto | Tiempo de F.I (H:M) | Tiempo de F.F (H:M) |
|------------------|---------------------|---------------------|
| CP               | 05:35               | 07:03               |
| CP+A             | 05:08               | 06:25               |
| CP+A+C40%        | 05:08               | 07:16               |
| CP+A+C50%        | 04:20               | 06:45               |
| CP+A+C60%        | 05:10               | 07:05               |

#### RELACION A/C 0.65

##### a) Consistencia

| Tipo de Concreto | Asentamiento (pulg) |
|------------------|---------------------|
| CP               | 3.9                 |
| CP+A             | 4.1                 |
| CP+A+C40%        | 4.1                 |
| CP+A+C50%        | 4.2                 |
| CP+A+C60%        | 4.1                 |

b) Peso Unitario

| Tipo de Concreto | Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|------------------------------------|
| CP               | 2316.71                            |
| CP+A             | 2334.37                            |
| CP+A+C40%        | 2309.65                            |
| CP+A+C50%        | 2281.40                            |
| CP+A+C60%        | 2210.06                            |

c) Fluidez

| Tipo de Concreto | % Fluidez |
|------------------|-----------|
| CP               | 70.28     |
| CP+A             | 60.43     |
| CP+A+C40%        | 53.54     |
| CP+A+C50%        | 48.62     |
| CP+A+C60%        | 47.64     |

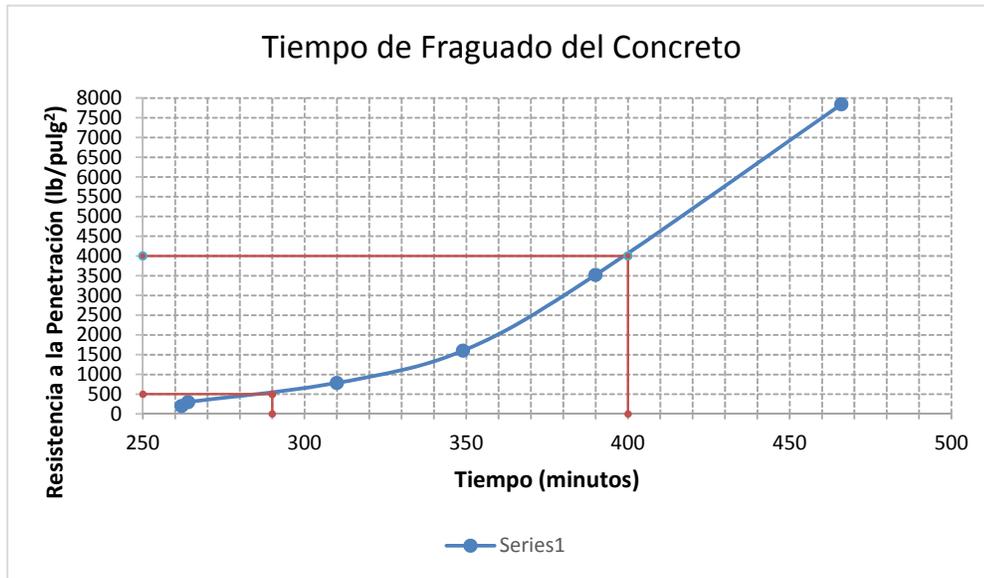
d) Contenido de Aire

| Tipo de Concreto | Contenido de Aire (%) |
|------------------|-----------------------|
| CP               | 1.00%                 |
| CP+A             | 0.92%                 |
| CP+A+C40%        | 1.15%                 |
| CP+A+C50%        | 1.30%                 |
| CP+A+C60%        | 1.50%                 |

e) Tiempo de Fraguado

Concreto Patrón

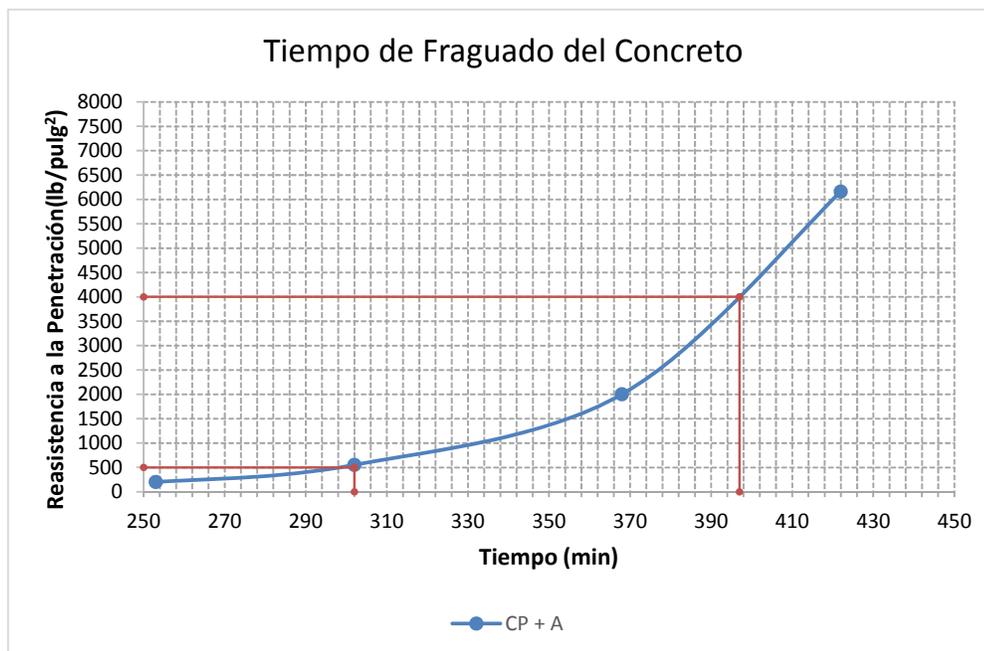
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 09:30               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 13:52               | 04:22               | 262               | 200             | 1          | 1.00                            | 200                              |
| 13:54               | 04:24               | 264               | 149             | 2          | 0.50                            | 298                              |
| 14:40               | 05:10               | 310               | 196             | 3          | 0.25                            | 784                              |
| 15:19               | 05:49               | 349               | 160             | 4          | 0.10                            | 1600                             |
| 16:00               | 06:30               | 390               | 176             | 5          | 0.05                            | 3520                             |
| 17:16               | 07:46               | 466               | 196             | 6          | 0.025                           | 7840                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 290 | 04:50 |
| T.F.F | 400 | 06:40 |

#### Concreto Patrón con Aditivo

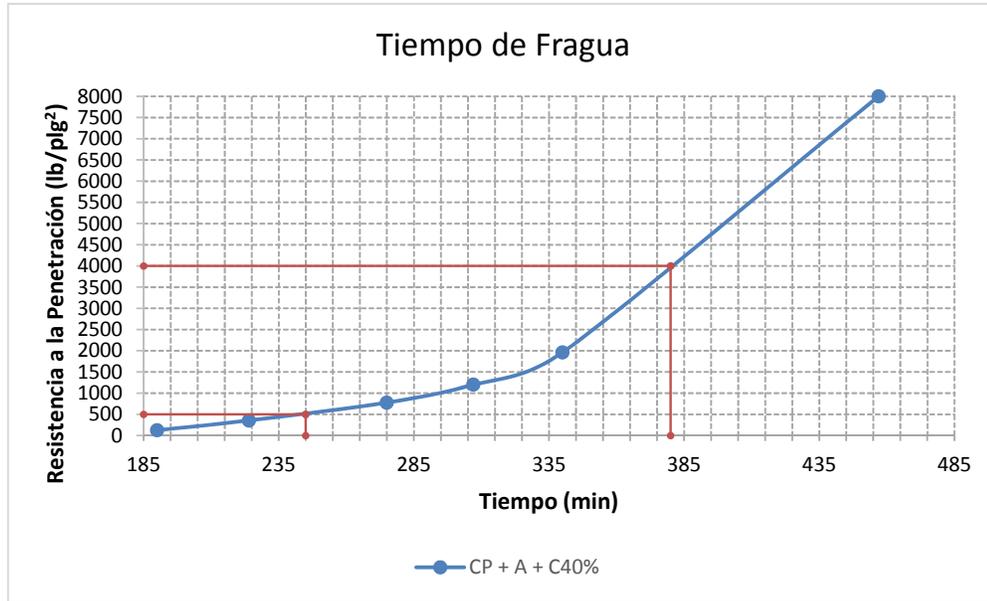
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 11:52               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 16:05               | 04:13               | 253               | 100             | 2          | 1.00                            | 200                              |
| 16:54               | 05:02               | 302               | 138             | 3          | 0.50                            | 552                              |
| 18:00               | 06:08               | 368               | 200             | 4          | 0.25                            | 2000                             |
| 18:54               | 07:02               | 422               | 154             | 6          | 0.10                            | 6160                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 302 | 05:02 |
| T.F.F | 397 | 06:37 |

Concreto Patrón con Aditivo más 40% de cal

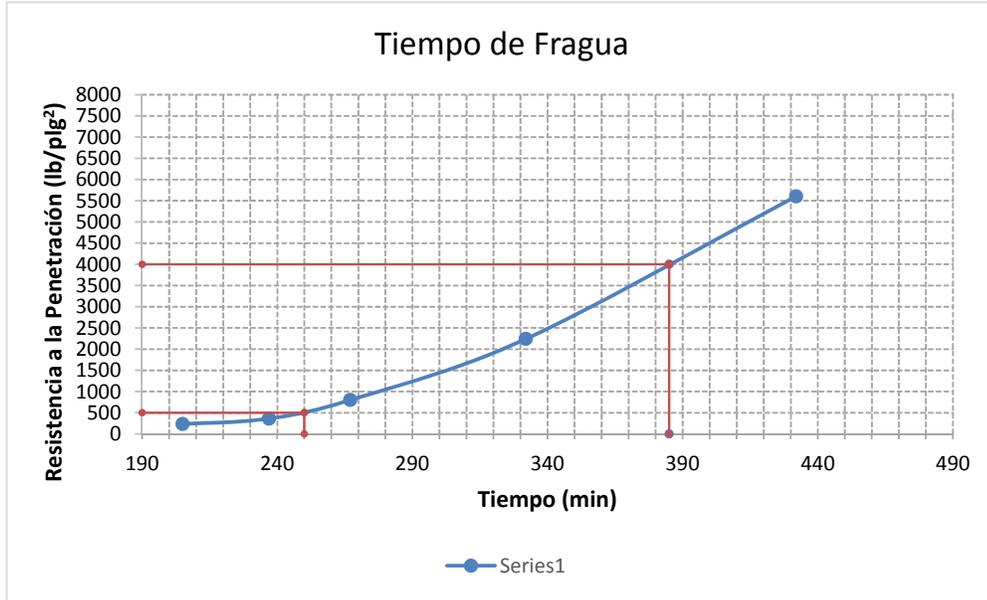
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 09:32               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 12:42               | 03:10               | 190               | 124             | 1          | 1.00                            | 124                              |
| 13:16               | 03:44               | 224               | 178             | 2          | 0.50                            | 356                              |
| 14:07               | 04:35               | 275               | 194             | 3          | 0.25                            | 776                              |
| 14:39               | 05:07               | 307               | 120             | 4          | 0.10                            | 1200                             |
| 15:12               | 05:40               | 340               | 98              | 5          | 0.05                            | 1960                             |
| 17:09               | 07:37               | 457               | 200             | 6          | 0.025                           | 8000                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 245 | 04:05 |
| T.F.F | 380 | 06:20 |

Concreto Patrón con Aditivo más 50% de cal

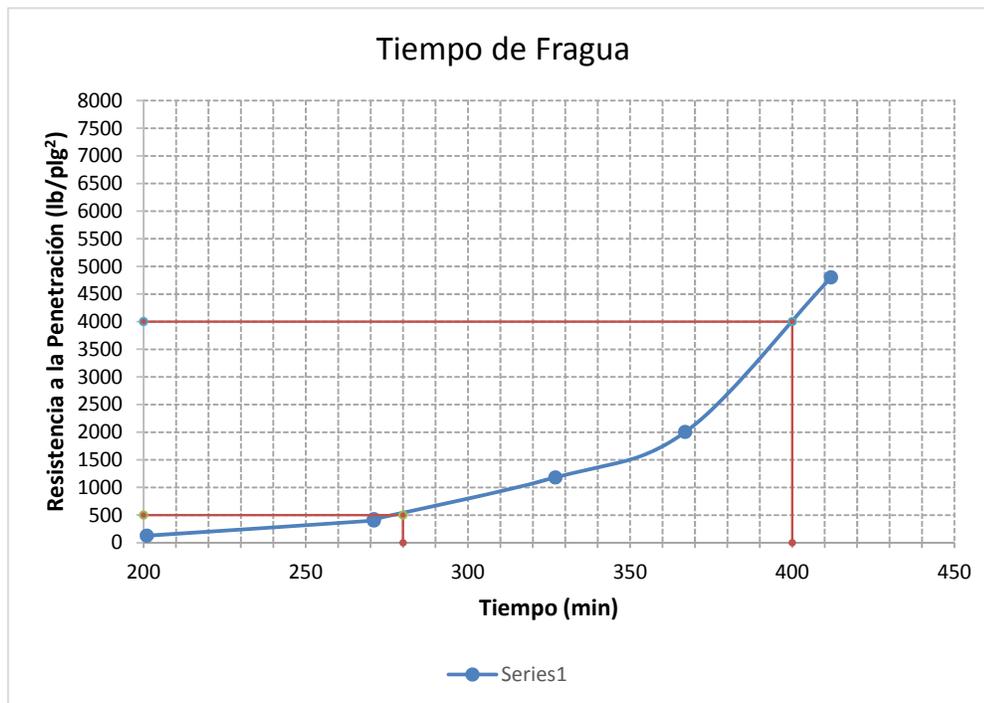
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 10:43               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 14:08               | 03:25               | 205               | 116             | 2          | 0.50                            | 232                              |
| 14:40               | 03:57               | 237               | 90              | 3          | 0.25                            | 360                              |
| 15:10               | 04:27               | 267               | 80              | 4          | 0.10                            | 800                              |
| 16:15               | 05:32               | 332               | 112             | 5          | 0.05                            | 2240                             |
| 17:55               | 07:12               | 432               | 140             | 6          | 0.025                           | 5600                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 250 | 04:10 |
| T.F.F | 385 | 06:25 |

Concreto Patrón con Aditivo más 60% de cal

| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg²) | Resistencia (Pulg²) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|--------------------|---------------------|
| 11:48               | Inicio              |                   |                 |            |                    |                     |
| 15:09               | 03:21               | 201               | 126             | 1          | 1.00               | 126                 |
| 16:19               | 04:31               | 271               | 200             | 2          | 0.50               | 400                 |
| 17:15               | 05:27               | 327               | 118             | 4          | 0.10               | 1180                |
| 17:55               | 06:07               | 367               | 100.1           | 5          | 0.05               | 2002                |
| 18:40               | 06:52               | 412               | 120             | 6          | 0.025              | 4800                |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 280 | 04:40 |
| T.F.F | 400 | 06:40 |

#### Resumen de tiempos de fragua inicial y final

| Tipo de Concreto | Tiempo de F.I (H:M) | Tiempo de F.F (H:M) |
|------------------|---------------------|---------------------|
| CP               | 04:50               | 06:40               |
| CP+A             | 05:02               | 06:37               |
| CP+A+C40%        | 04:05               | 06:20               |
| CP+A+C50%        | 04:10               | 06:25               |
| CP+A+C60%        | 04:40               | 06:40               |

RELACION A/C 0.70

a) Consistencia

| Tipo de Concreto | Asentamiento (pulg) |
|------------------|---------------------|
| CP               | 4.4                 |
| CP+A             | 4.6                 |
| CP+A+C40%        | 4.2                 |
| CP+A+C50%        | 4.3                 |
| CP+A+C60%        | 4.1                 |

b) Peso Unitario

| Tipo de Concreto | Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|------------------------------------|
| CP               | 2319.54                            |
| CP+A             | 2326.60                            |
| CP+A+C40%        | 2281.40                            |
| CP+A+C50%        | 2251.73                            |
| CP+A+C60%        | 2236.19                            |

c) Fluidez

| Tipo de Concreto | % Fluidez |
|------------------|-----------|
| CP               | 80.12     |
| CP+A             | 67.32     |
| CP+A+C40%        | 57.48     |
| CP+A+C50%        | 55.51     |
| CP+A+C60%        | 40.75     |

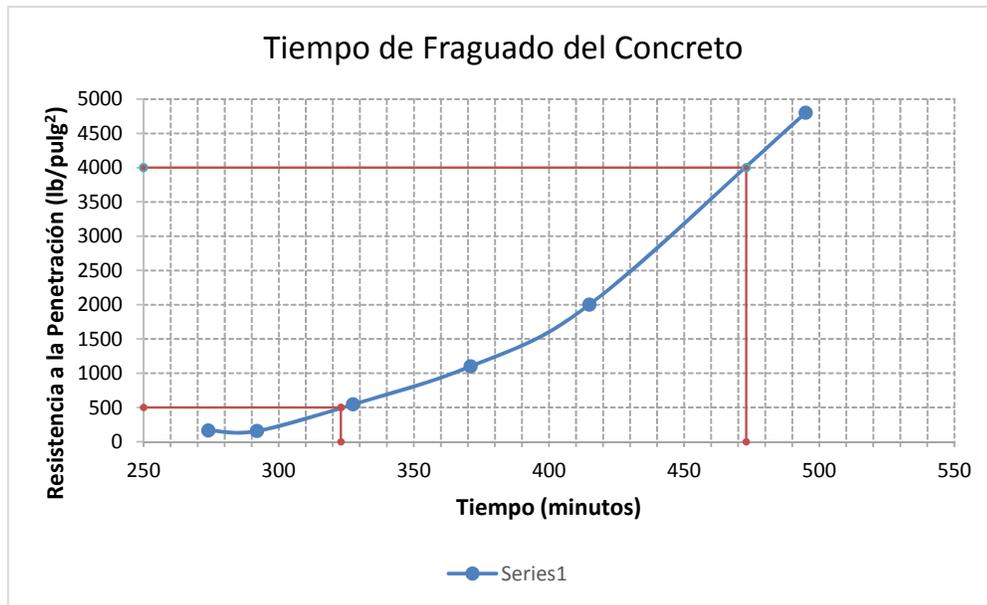
d) Contenido de Aire

| Tipo de Concreto | Contenido de Aire (%) |
|------------------|-----------------------|
| CP               | 1.15%                 |
| CP+A             | 1.00%                 |
| CP+A+C40%        | 1.30%                 |
| CP+A+C50%        | 1.40%                 |
| CP+A+C60%        | 1.60%                 |

e) Tiempo de Fraguado

Concreto Patrón

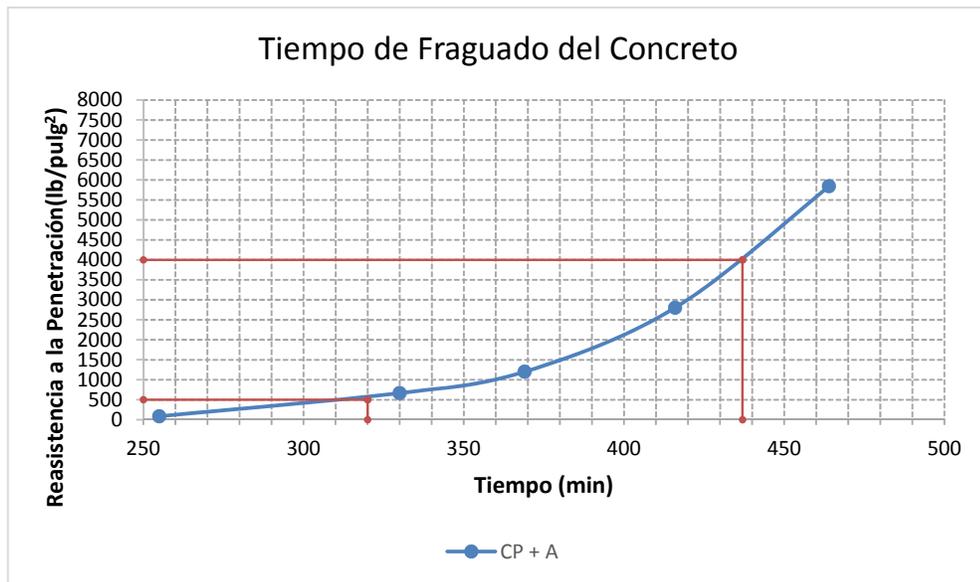
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 10:13               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 14:47               | 04:34               | 274               | 162             | 1          | 1.00                            | 162                              |
| 15:05               | 04:52               | 292               | 78              | 2          | 0.50                            | 156                              |
| 15:41               | 05:28               | 328               | 136             | 3          | 0.25                            | 544                              |
| 16:24               | 06:11               | 371               | 110             | 4          | 0.10                            | 1100                             |
| 17:08               | 06:55               | 415               | 100             | 5          | 0.05                            | 2000                             |
| 18:28               | 08:15               | 495               | 120             | 6          | 0.025                           | 4800                             |



|     | min | H:M   |
|-----|-----|-------|
| TFI | 323 | 05:23 |
| TFF | 473 | 07:53 |

### Concreto Patrón con Aditivo

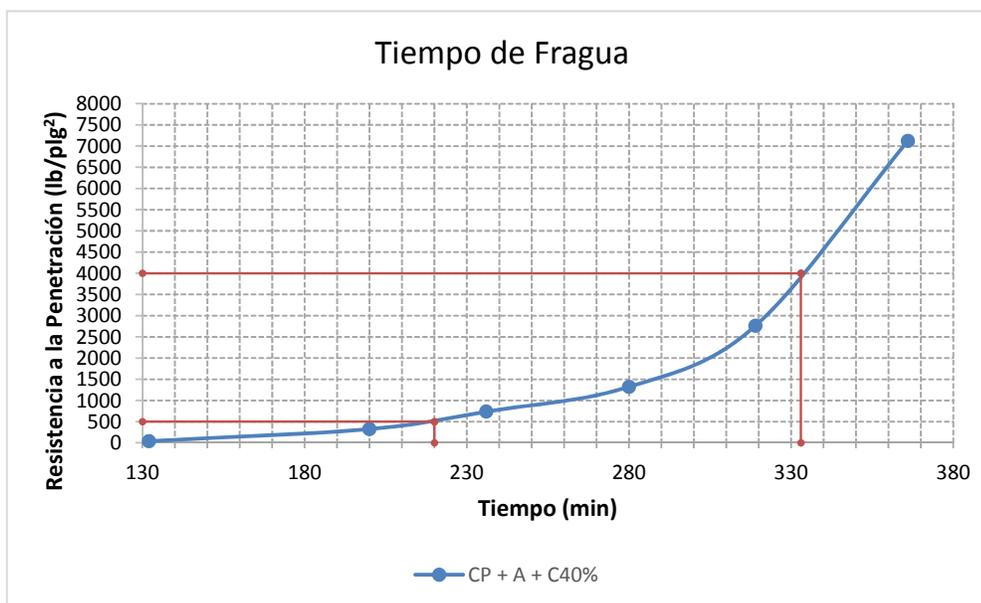
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 10:26               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 14:41               | 04:15               | 255               | 84              | 1          | 1.00                            | 84                               |
| 15:56               | 05:30               | 330               | 180             | 3          | 0.25                            | 664                              |
| 16:35               | 06:09               | 369               | 120             | 4          | 0.10                            | 1200                             |
| 17:21               | 06:55               | 416               | 140             | 5          | 0.05                            | 2800                             |
| 18:10               | 07:44               | 464               | 146             | 6          | 0.025                           | 5840                             |



|     | min | H:M   |
|-----|-----|-------|
| TFI | 320 | 05:20 |
| TFF | 437 | 07:17 |

Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

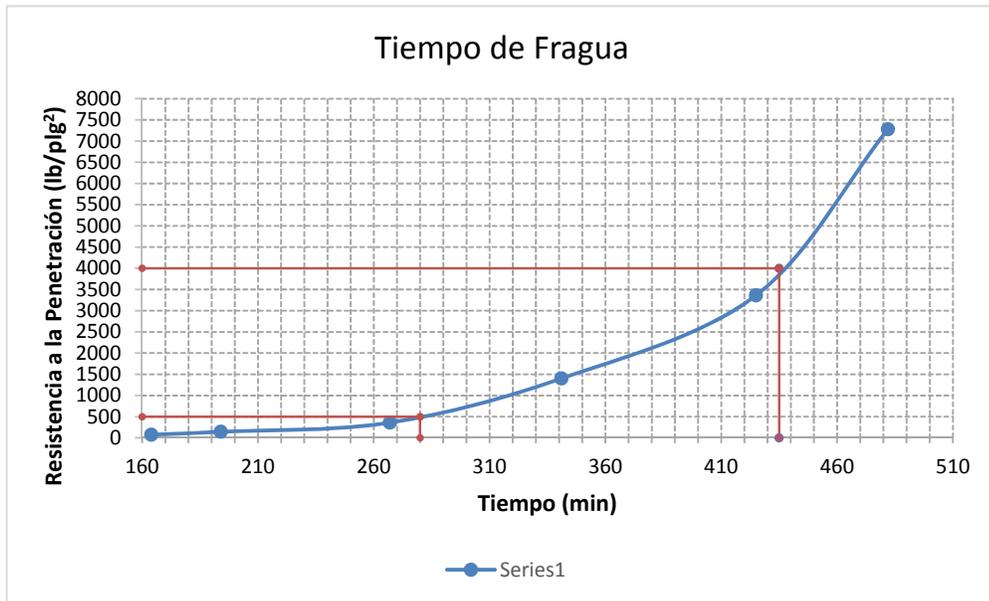
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 13:25               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 15:37               | 02:12               | 132               | 40              | 1          | 1.00                            | 40                               |
| 16:45               | 03:20               | 200               | 162             | 2          | 0.50                            | 324                              |
| 17:21               | 03:56               | 236               | 184             | 3          | 0.25                            | 736                              |
| 18:05               | 04:40               | 280               | 132             | 4          | 0.10                            | 1320                             |
| 18:44               | 05:19               | 319               | 138             | 5          | 0.050                           | 2760                             |
| 19:31               | 06:06               | 366               | 178             | 6          | 0.025                           | 7120                             |



|     | min | H:M   |
|-----|-----|-------|
| TFI | 220 | 03:40 |
| TFF | 333 | 05:33 |

Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal

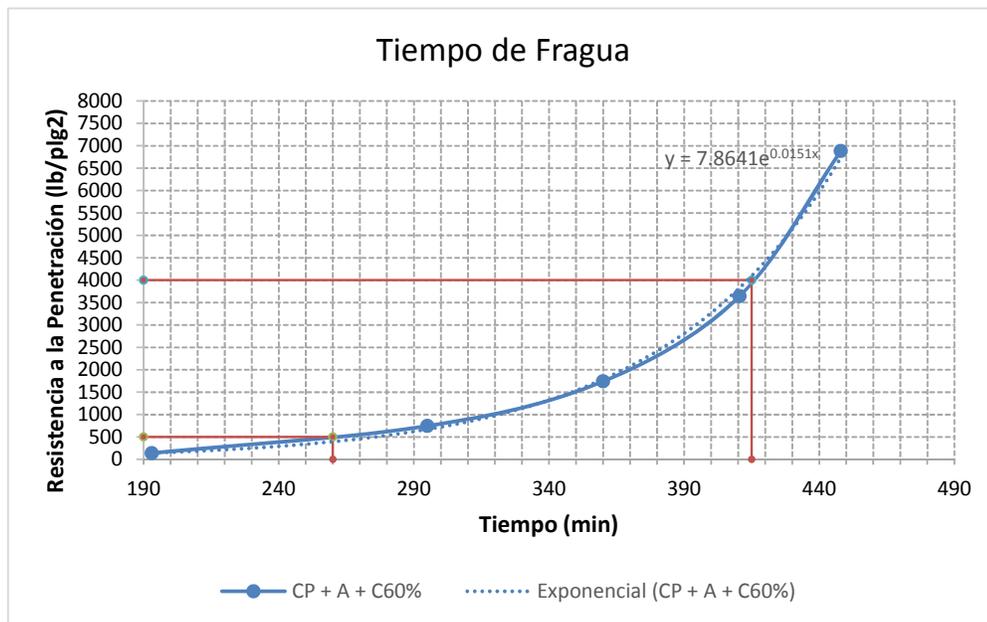
| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 12:25               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 15:09               | 02:44               | 164               | 73              | 1          | 1.00                            | 73                               |
| 15:39               | 03:14               | 194               | 72              | 2          | 0.50                            | 144                              |
| 16:52               | 04:27               | 267               | 90              | 3          | 0.25                            | 360                              |
| 18:06               | 05:41               | 341               | 140             | 4          | 0.10                            | 1400                             |
| 19:30               | 07:05               | 425               | 168             | 5          | 0.050                           | 3360                             |
| 20:27               | 08:02               | 482               | 182             | 6          | 0.025                           | 7280                             |



|     | min | H:M   |
|-----|-----|-------|
| TFI | 280 | 04:40 |
| TFF | 435 | 07:15 |

Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal

| Tiempo Real (h:min) | Tiempo Abs. (h:min) | Tiempo Abs. (min) | Fuerza (Libras) | Aguja (Nº) | Aguja Área (Pulg <sup>2</sup> ) | Resistencia (Pulg <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 13:10               | Inicio              |                   |                 |            |                                 |                                  |
| 16:23               | 03:13               | 193               | 69              | 1          | 1.00                            | 138                              |
| 18:05               | 04:55               | 295               | 186             | 2          | 0.50                            | 744                              |
| 19:10               | 06:00               | 360               | 174             | 3          | 0.25                            | 1740                             |
| 20:00               | 06:50               | 411               | 182             | 4          | 0.10                            | 3640                             |
| 20:38               | 07:28               | 448               | 172             | 5          | 0.05                            | 6880                             |



|       | min | H:M   |
|-------|-----|-------|
| T.F.I | 260 | 04:20 |
| T.F.F | 415 | 06:55 |

Resumen de tiempos de fragua inicial y final

| Tipo de Concreto | Tiempo de F.I (H:M) | Tiempo de F.F (H:M) |
|------------------|---------------------|---------------------|
| CP               | 05:23               | 07:53               |
| CP+A             | 05:20               | 07:17               |
| CP+A+C40%        | 03:40               | 05:33               |
| CP+A+C50%        | 04:40               | 07:15               |
| CP+A+C60%        | 04:20               | 06:55               |

## PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

Resistencia a la compresión:

RELACION A/C 0.60

Concreto Patrón

| Tiempo (días)  | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.09         | 79.96                   | 25430      | 318.1                             | 303.11                         |
|                | 10.13         | 80.60                   | 24600      | 305.2                             |                                |
|                | 10.30         | 83.24                   | 24150      | 289.8                             |                                |
|                | 10.13         | 80.52                   | 24080      | 298.8                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.22         | 81.95                   | 31860      | 388.76                            | 398.72                         |
|                | 10.10         | 80.04                   | 30610      | 382.44                            |                                |
|                | 10.10         | 80.12                   | 29840      | 372.45                            |                                |
|                | 10.13         | 80.60                   | 31630      | 392.46                            |                                |
|                | 10.29         | 83.08                   | 30660      | 369.04                            |                                |
|                | 10.27         | 82.84                   | 34400      | 415.27                            |                                |
|                | 10.23         | 82.11                   | 32810      | 399.57                            |                                |
|                | 10.10         | 80.12                   | 32210      | 402.03                            |                                |
|                | 10.12         | 80.44                   | 32720      | 406.78                            |                                |
|                | 10.20         | 81.63                   | 33010      | 404.37                            |                                |
|                | 10.24         | 82.27                   | 32570      | 395.87                            |                                |
|                | 10.11         | 80.28                   | 33420      | 416.31                            |                                |
|                | 10.16         | 80.99                   | 33140      | 409.17                            |                                |
| 10.24          | 82.27         | 35490                   | 431.36     |                                   |                                |
| 10.23          | 82.19         | 32460                   | 394.92     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.25         | 82.44                   | 38980      | 472.86                            | 461.54                         |
|                | 10.10         | 80.04                   | 35620      | 445.03                            |                                |
|                | 10.28         | 83.00                   | 38050      | 458.44                            |                                |
|                | 10.14         | 80.75                   | 37940      | 469.82                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.11         | 80.20                   | 36510      | 455.25                            | 468.93                         |
|                | 10.22         | 82.03                   | 38120      | 464.69                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 40730      | 495.53                            |                                |
|                | 10.14         | 80.67                   | 37130      | 460.24                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo

| Tiempo (días)  | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.20         | 81.71                   | 25270      | 309.3                             | 334.28                         |
|                | 10.13         | 80.60                   | 27590      | 342.3                             |                                |
|                | 10.13         | 80.52                   | 28190      | 349.8                             |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 27570      | 335.5                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.20         | 81.63                   | 39070      | 478.61                            | 472.37                         |
|                | 10.15         | 80.91                   | 37880      | 468.15                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 37510      | 467.72                            |                                |
|                | 10.09         | 79.88                   | 36810      | 460.81                            |                                |
|                | 10.21         | 81.79                   | 39660      | 484.88                            |                                |
|                | 10.25         | 82.52                   | 39410      | 477.60                            |                                |
|                | 10.08         | 79.80                   | 38560      | 483.20                            |                                |
|                | 10.08         | 79.80                   | 38290      | 479.82                            |                                |
|                | 10.12         | 80.44                   | 38240      | 475.41                            |                                |
|                | 10.12         | 80.36                   | 38190      | 475.26                            |                                |
|                | 10.21         | 81.79                   | 38400      | 469.48                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 35950      | 448.27                            |                                |
|                | 10.11         | 80.28                   | 38260      | 476.60                            |                                |
| 10.20          | 81.63         | 38590                   | 472.73     |                                   |                                |
| 10.23          | 82.19         | 38390                   | 467.06     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.13         | 80.52                   | 36020      | 447.37                            | 461.81                         |
|                | 10.07         | 79.56                   | 37640      | 473.08                            |                                |
|                | 10.08         | 79.72                   | 36890      | 462.73                            |                                |
|                | 10.24         | 82.27                   | 38180      | 464.06                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.21         | 81.87                   | 39420      | 481.48                            | 486.63                         |
|                | 10.18         | 81.39                   | 41510      | 510.00                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 38940      | 473.76                            |                                |
|                | 10.19         | 81.55                   | 39250      | 481.28                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 40% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.12         | 80.44                   | 21580      | 268.3                             | 272.75                         |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 22370      | 270.6                             |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 22040      | 275.1                             |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 22240      | 276.5                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.21         | 81.87                   | 25340      | 309.50                            | 294.21                         |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 23420      | 291.74                            |                                |
|                               | 10.16         | 81.07                   | 24610      | 303.55                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.67                   | 22240      | 275.68                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.32                   | 24210      | 290.56                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.11         | 80.28                   | 26830      | 334.22                            | 325.29                         |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 26320      | 328.84                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 25180      | 314.28                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.87                   | 26150      | 319.40                            |                                |
|                               | 10.33         | 83.81                   | 27110      | 323.47                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 26160      | 324.91                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 26470      | 327.78                            |                                |
|                               | 10.28         | 83.00                   | 26220      | 315.91                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 27500      | 336.87                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.24                   | 27240      | 327.24                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.19         | 81.47                   | 32120      | 394.24                            | 388.41                         |
|                               | 10.07         | 79.64                   | 31310      | 393.13                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 31870      | 385.48                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 30570      | 380.81                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.23         | 82.19                   | 32110      | 390.66                            | 398.33                         |
|                               | 10.16         | 81.07                   | 32620      | 402.35                            |                                |
|                               | 10.15         | 80.91                   | 32880      | 406.36                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 32160      | 393.96                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 50% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.20         | 81.63                   | 20210      | 247.3                             | 251.44                         |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 20660      | 249.8                             |                                |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 21300      | 260.6                             |                                |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 19820      | 246.9                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.25         | 82.52                   | 23670      | 286.85                            | 287.69                         |
|                               | 10.22         | 82.03                   | 22860      | 278.67                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 23270      | 290.73                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 23420      | 292.61                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.35                   | 23850      | 289.60                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.16         | 81.07                   | 25280      | 311.82                            | 326.98                         |
|                               | 10.19         | 81.55                   | 23430      | 287.30                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.24                   | 28010      | 336.49                            |                                |
|                               | 10.09         | 79.96                   | 25720      | 321.66                            |                                |
|                               | 10.23         | 82.11                   | 27410      | 333.80                            |                                |
|                               | 10.15         | 80.83                   | 27170      | 336.12                            |                                |
|                               | 10.16         | 81.07                   | 26580      | 327.85                            |                                |
|                               | 10.22         | 82.03                   | 26710      | 325.60                            |                                |
|                               | 10.23         | 82.19                   | 28310      | 344.43                            |                                |
|                               | 10.17         | 81.23                   | 28000      | 344.69                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.08         | 79.80                   | 28670      | 359.27                            | 364.25                         |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 29310      | 354.51                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 29920      | 366.16                            |                                |
|                               | 10.18         | 81.31                   | 30660      | 377.06                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.21         | 81.79                   | 32100      | 392.45                            | 388.42                         |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 30500      | 377.69                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.84                   | 32300      | 389.92                            |                                |
|                               | 10.25         | 82.52                   | 32480      | 393.62                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 60% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.29         | 83.08                   | 18920      | 227.5                             | 233.51                         |
|                               | 10.35         | 84.13                   | 19670      | 233.8                             |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 19210      | 234.6                             |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 19630      | 237.5                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.22         | 82.03                   | 21960      | 267.70                            | 244.09                         |
|                               | 10.09         | 79.88                   | 19650      | 245.99                            |                                |
|                               | 10.28         | 82.92                   | 19960      | 240.72                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 19290      | 233.32                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.44                   | 18720      | 232.73                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.10         | 80.04                   | 26500      | 331.09                            | 313.13                         |
|                               | 10.25         | 82.44                   | 25700      | 311.76                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 25360      | 315.59                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 25340      | 309.81                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 25530      | 308.79                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 24890      | 310.66                            |                                |
|                               | 10.25         | 82.52                   | 25920      | 314.12                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 25190      | 313.48                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 26120      | 317.47                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 24660      | 298.56                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.13         | 80.60                   | 26660      | 330.79                            | 335.93                         |
|                               | 10.24         | 82.35                   | 28210      | 342.54                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 26950      | 327.56                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.76                   | 28370      | 342.81                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.26         | 82.68                   | 29070      | 351.61                            | 351.69                         |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 27150      | 337.87                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.35                   | 30360      | 368.65                            |                                |
|                               | 10.08         | 79.80                   | 27820      | 348.62                            |                                |

RELACION A/C 0.65

Concreto Patrón

| Tiempo (días)  | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.13         | 80.52                   | 26050      | 323.2                             | 324.14                         |
|                | 10.07         | 79.56                   | 25210      | 316.5                             |                                |
|                | 10.19         | 81.55                   | 27160      | 333                               |                                |
|                | 10.08         | 79.72                   | 25760      | 322.8                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.14         | 80.67                   | 25430      | 315.22                            | 387.96                         |
|                | 10.13         | 80.60                   | 26290      | 326.20                            |                                |
|                | 10.10         | 80.04                   | 32060      | 400.55                            |                                |
|                | 10.19         | 81.47                   | 33470      | 410.81                            |                                |
|                | 10.22         | 82.03                   | 32240      | 393.01                            |                                |
|                | 10.21         | 81.79                   | 34370      | 420.21                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 31680      | 385.43                            |                                |
|                | 10.18         | 81.39                   | 31600      | 388.24                            |                                |
|                | 10.08         | 79.80                   | 32790      | 410.89                            |                                |
|                | 10.31         | 83.40                   | 32920      | 394.71                            |                                |
|                | 10.09         | 79.96                   | 32560      | 407.20                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 29910      | 363.89                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 32660      | 407.24                            |                                |
| 10.18          | 81.31         | 31350                   | 385.55     |                                   |                                |
| 10.13          | 80.60         | 33060                   | 410.20     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.22         | 82.03                   | 33850      | 412.64                            | 419.59                         |
|                | 10.19         | 81.55                   | 34150      | 418.75                            |                                |
|                | 10.26         | 82.60                   | 34330      | 415.64                            |                                |
|                | 10.22         | 81.95                   | 35350      | 431.34                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.27         | 82.76                   | 36350      | 439.23                            | 422.26                         |
|                | 10.26         | 82.68                   | 34840      | 421.40                            |                                |
|                | 10.30         | 83.24                   | 34190      | 410.73                            |                                |
|                | 10.27         | 82.84                   | 34600      | 417.68                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo

| Tiempo (días)  | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.24         | 82.27                   | 28760      | 349.2                             | 336.52                         |
|                | 10.09         | 79.96                   | 26310      | 329.1                             |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 25970      | 323.5                             |                                |
|                | 10.19         | 81.47                   | 28000      | 343.3                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.10         | 80.12                   | 34330      | 428.49                            | 400.23                         |
|                | 10.15         | 80.91                   | 35550      | 439.36                            |                                |
|                | 10.21         | 81.87                   | 35150      | 429.32                            |                                |
|                | 10.11         | 80.28                   | 35340      | 440.22                            |                                |
|                | 10.20         | 81.71                   | 35460      | 433.96                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 34760      | 433.43                            |                                |
|                | 10.09         | 79.96                   | 34180      | 427.46                            |                                |
|                | 10.12         | 80.36                   | 33420      | 415.90                            |                                |
|                | 10.25         | 82.52                   | 32710      | 396.41                            |                                |
|                | 10.10         | 80.12                   | 32560      | 406.40                            |                                |
|                | 10.11         | 80.28                   | 33600      | 418.55                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 23530      | 286.27                            |                                |
|                | 10.10         | 80.12                   | 26900      | 335.75                            |                                |
| 10.25          | 82.44         | 26420                   | 320.49     |                                   |                                |
| 10.12          | 80.36         | 31460                   | 391.50     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.11         | 80.20                   | 37460      | 467.10                            | 452.39                         |
|                | 10.04         | 79.17                   | 36770      | 464.45                            |                                |
|                | 10.25         | 82.52                   | 37330      | 452.40                            |                                |
|                | 10.10         | 80.12                   | 34100      | 425.62                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.11         | 80.20                   | 38270      | 477.20                            | 481.33                         |
|                | 10.13         | 80.60                   | 37100      | 460.33                            |                                |
|                | 10.21         | 81.87                   | 40750      | 497.72                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 40280      | 490.06                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 40% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.19         | 81.55                   | 21610      | 265                               | 262.27                         |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 20730      | 257.2                             |                                |
|                               | 10.18         | 81.31                   | 20820      | 255.8                             |                                |
|                               | 10.17         | 81.23                   | 21980      | 270.6                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.14         | 80.67                   | 21590      | 267.62                            | 269.39                         |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 22020      | 275.12                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 21750      | 266.18                            |                                |
|                               | 10.25         | 82.44                   | 21400      | 259.60                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.32                   | 23200      | 278.43                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.22         | 81.95                   | 26910      | 328.36                            | 337.32                         |
|                               | 10.16         | 80.99                   | 26350      | 325.34                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 27300      | 334.10                            |                                |
|                               | 10.08         | 79.72                   | 26020      | 326.38                            |                                |
|                               | 10.34         | 83.97                   | 28850      | 343.57                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.84                   | 27710      | 334.51                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 29720      | 369.85                            |                                |
|                               | 10.15         | 80.91                   | 27100      | 334.92                            |                                |
|                               | 10.22         | 81.95                   | 28010      | 341.78                            |                                |
|                               | 10.28         | 82.92                   | 27730      | 334.42                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.13         | 80.52                   | 28760      | 357.20                            | 363.59                         |
|                               | 10.13         | 80.60                   | 29210      | 362.43                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.24                   | 30340      | 364.48                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.60                   | 29840      | 370.25                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.18         | 81.39                   | 29450      | 361.83                            | 377.08                         |
|                               | 10.27         | 82.76                   | 32300      | 390.30                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 30920      | 375.81                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.84                   | 31510      | 380.38                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 50% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.10         | 80.12                   | 19140      | 238.9                             | 232.85                         |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 18920      | 231.5                             |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 18790      | 234.5                             |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 18140      | 226.4                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.15         | 80.83                   | 21240      | 262.76                            | 257.73                         |
|                               | 10.27         | 82.76                   | 21840      | 263.90                            |                                |
|                               | 10.23         | 82.19                   | 21180      | 257.68                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 20060      | 248.41                            |                                |
|                               | 10.29         | 83.08                   | 21260      | 255.90                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.28         | 83.00                   | 24310      | 292.89                            | 293.92                         |
|                               | 10.18         | 81.31                   | 22560      | 277.45                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 22840      | 283.67                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 25210      | 308.22                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.84                   | 25370      | 306.26                            |                                |
|                               | 10.23         | 82.19                   | 23890      | 290.65                            |                                |
|                               | 10.16         | 80.99                   | 24580      | 303.48                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 24200      | 295.87                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 22260      | 277.02                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 25110      | 303.71                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.13         | 80.60                   | 28510      | 353.74                            | 346.37                         |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 28010      | 343.12                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.60                   | 27190      | 337.37                            |                                |
|                               | 10.16         | 80.99                   | 28450      | 351.26                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.16         | 81.07                   | 29380      | 362.39                            | 351.89                         |
|                               | 10.05         | 79.25                   | 26810      | 338.30                            |                                |
|                               | 10.22         | 81.95                   | 29030      | 354.23                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.67                   | 28450      | 352.65                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 60% de cal

| Tiempo (días)                 | Diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.10         | 80.12                   | 16080      | 200.7                             | 196.72                         |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 15050      | 187.8                             |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 17530      | 214.5                             |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 15020      | 183.8                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.23         | 82.11                   | 19510      | 237.60                            | 221.90                         |
|                               | 10.34         | 83.89                   | 18550      | 221.12                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 18780      | 227.37                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.71                   | 15680      | 191.89                            |                                |
|                               | 10.19         | 81.55                   | 18880      | 231.51                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.28         | 82.92                   | 26910      | 324.53                            | 275.76                         |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 22450      | 279.38                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 20140      | 251.13                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 22550      | 273.01                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.67                   | 21730      | 269.35                            |                                |
|                               | 10.31         | 83.48                   | 22860      | 273.82                            |                                |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 21990      | 269.38                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.60                   | 22050      | 273.59                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 21640      | 269.30                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 22660      | 274.08                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.29         | 83.08                   | 25560      | 307.65                            | 305.51                         |
|                               | 10.31         | 83.48                   | 25310      | 303.17                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 24400      | 303.95                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.76                   | 25430      | 307.28                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.25         | 82.44                   | 25800      | 312.97                            | 321.70                         |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 26470      | 328.76                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 26360      | 326.42                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.44                   | 25630      | 318.64                            |                                |

REALCION A/C 0.70

Concreto Patrón

| Tiempo (días)  | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.14         | 80.75                   | 25680      | 317.9                             | 305.83                         |
|                | 10.05         | 79.33                   | 24800      | 312.6                             |                                |
|                | 10.21         | 81.87                   | 22700      | 277.2                             |                                |
|                | 10.18         | 81.31                   | 25650      | 317.5                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.13         | 80.60                   | 27430      | 340.34                            | 370.40                         |
|                | 10.21         | 81.79                   | 29620      | 362.13                            |                                |
|                | 10.12         | 80.36                   | 29600      | 368.36                            |                                |
|                | 10.15         | 80.91                   | 30750      | 380.03                            |                                |
|                | 10.24         | 82.35                   | 30820      | 374.23                            |                                |
|                | 10.14         | 80.75                   | 28990      | 358.99                            |                                |
|                | 10.20         | 81.71                   | 31940      | 390.88                            |                                |
|                | 10.23         | 82.19                   | 30410      | 369.98                            |                                |
|                | 10.22         | 81.95                   | 29110      | 355.20                            |                                |
|                | 10.20         | 81.71                   | 30840      | 377.42                            |                                |
|                | 10.10         | 80.04                   | 28280      | 353.33                            |                                |
|                | 10.11         | 80.28                   | 29720      | 370.22                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 29710      | 370.46                            |                                |
| 10.18          | 81.31         | 30850                   | 379.40     |                                   |                                |
| 10.22          | 82.03         | 33220                   | 404.96     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.23         | 82.11                   | 31230      | 380.33                            | 375.61                         |
|                | 10.25         | 82.44                   | 30950      | 375.45                            |                                |
|                | 10.19         | 81.47                   | 31430      | 385.77                            |                                |
|                | 10.26         | 82.60                   | 29810      | 360.91                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.26         | 82.60                   | 34940      | 423.02                            | 419.61                         |
|                | 10.21         | 81.87                   | 35940      | 438.97                            |                                |
|                | 10.12         | 80.36                   | 33450      | 416.27                            |                                |
|                | 10.15         | 80.91                   | 32380      | 400.18                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo

| Tiempo (días)  | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>  | 10.24         | 82.35                   | 24170      | 293.4                             | 288.55                         |
|                | 10.24         | 82.27                   | 23100      | 280.5                             |                                |
|                | 10.26         | 82.60                   | 23600      | 285.4                             |                                |
|                | 10.08         | 79.80                   | 23480      | 294.2                             |                                |
| <b>28 días</b> | 10.22         | 81.95                   | 32840      | 400.72                            | 389.77                         |
|                | 10.17         | 81.15                   | 30860      | 380.27                            |                                |
|                | 10.19         | 81.47                   | 31460      | 386.14                            |                                |
|                | 10.09         | 79.96                   | 31030      | 388.07                            |                                |
|                | 10.26         | 82.68                   | 31770      | 384.27                            |                                |
|                | 10.18         | 81.39                   | 32930      | 404.58                            |                                |
|                | 10.07         | 79.56                   | 29210      | 367.13                            |                                |
|                | 10.21         | 81.79                   | 29030      | 354.92                            |                                |
|                | 10.24         | 82.27                   | 33000      | 401.10                            |                                |
|                | 10.13         | 80.60                   | 31750      | 393.94                            |                                |
|                | 10.21         | 81.79                   | 31940      | 390.50                            |                                |
|                | 10.25         | 82.44                   | 34080      | 413.41                            |                                |
|                | 10.19         | 81.55                   | 32680      | 400.72                            |                                |
| 10.19          | 81.55         | 31130                   | 381.72     |                                   |                                |
| 10.26          | 82.60         | 32960                   | 399.05     |                                   |                                |
| <b>45 días</b> | 10.20         | 81.71                   | 35450      | 433.84                            | 432.37                         |
|                | 10.08         | 79.72                   | 32870      | 412.31                            |                                |
|                | 10.12         | 80.44                   | 34430      | 428.04                            |                                |
|                | 10.09         | 79.88                   | 36370      | 455.30                            |                                |
| <b>60 días</b> | 10.13         | 80.60                   | 35110      | 435.63                            | 444.07                         |
|                | 10.25         | 82.52                   | 36790      | 445.85                            |                                |
|                | 10.10         | 80.04                   | 36230      | 452.65                            |                                |
|                | 10.11         | 80.20                   | 35460      | 442.16                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 40% de cal

| Tiempo (días)                 | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.10         | 80.12                   | 20660      | 257.8                             | 261.71                         |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 20300      | 253.3                             |                                |
|                               | 10.21         | 81.87                   | 22430      | 274                               |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 21400      | 261.3                             |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.11         | 80.28                   | 27020      | 336.58                            | 347.33                         |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 26910      | 335.55                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.79                   | 29060      | 355.29                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 28620      | 355.46                            |                                |
|                               | 10.30         | 83.32                   | 29330      | 352.00                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 29780      | 360.55                            |                                |
|                               | 10.15         | 80.83                   | 28220      | 349.11                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 28210      | 341.54                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.44                   | 27960      | 347.61                            |                                |
| 10.16                         | 80.99         | 27510                   | 339.66     |                                   |                                |
| <b>28 días curado en seco</b> | 10.24         | 82.27                   | 25540      | 310.42                            | 289.28                         |
|                               | 10.21         | 81.87                   | 23090      | 282.02                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.87                   | 23330      | 284.95                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 23240      | 290.07                            |                                |
|                               | 10.04         | 79.09                   | 22060      | 278.92                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.26         | 82.68                   | 29880      | 361.41                            | 366.86                         |
|                               | 10.30         | 83.24                   | 30780      | 369.77                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 29340      | 365.85                            |                                |
|                               | 10.17         | 81.15                   | 30060      | 370.41                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.24         | 82.27                   | 27560      | 334.98                            | 346.46                         |
|                               | 10.18         | 81.31                   | 28610      | 351.85                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 27720      | 345.30                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 28340      | 353.73                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 50% de cal

| Tiempo (días)                 | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.22         | 82.03                   | 21300      | 259.7                             | 236.41                         |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 19310      | 240.1                             |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 16900      | 211                               |                                |
|                               | 10.09         | 79.96                   | 18770      | 234.7                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.10         | 80.04                   | 22870      | 285.74                            | 290.55                         |
|                               | 10.19         | 81.55                   | 23700      | 290.61                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 23070      | 287.66                            |                                |
|                               | 10.09         | 79.88                   | 23530      | 294.56                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 23570      | 294.19                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.21         | 81.87                   | 24810      | 303.03                            | 318.37                         |
|                               | 10.19         | 81.55                   | 26580      | 325.92                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 27700      | 336.68                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.60                   | 24610      | 305.35                            |                                |
|                               | 10.09         | 79.96                   | 24450      | 305.78                            |                                |
|                               | 10.22         | 82.03                   | 25150      | 306.58                            |                                |
|                               | 10.12         | 80.36                   | 25930      | 322.69                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 25530      | 318.97                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 26450      | 329.48                            |                                |
|                               | 10.21         | 81.87                   | 26950      | 329.17                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.20         | 81.63                   | 24780      | 303.55                            | 313.53                         |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 26600      | 330.37                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 24370      | 301.78                            |                                |
|                               | 10.22         | 82.03                   | 26120      | 318.41                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.27         | 82.84                   | 29920      | 361.19                            | 354.08                         |
|                               | 10.26         | 82.60                   | 29450      | 356.55                            |                                |
|                               | 10.27         | 82.76                   | 28590      | 345.47                            |                                |
|                               | 10.16         | 80.99                   | 28600      | 353.12                            |                                |

Concreto Patrón con aditivo más 60% de cal

| Tiempo (días)                 | diámetro (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>7 días</b>                 | 10.07         | 79.64                   | 17780      | 223.3                             | 223.92                         |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 18700      | 228.9                             |                                |
|                               | 10.20         | 81.63                   | 18500      | 226.4                             |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 17920      | 216.8                             |                                |
| <b>28 días curado en Seco</b> | 10.10         | 80.12                   | 22090      | 275.72                            | 276.63                         |
|                               | 10.18         | 81.39                   | 22970      | 282.21                            |                                |
|                               | 10.09         | 79.88                   | 21700      | 271.66                            |                                |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 21660      | 263.26                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 23260      | 290.32                            |                                |
| <b>28 días curado en Agua</b> | 10.12         | 80.36                   | 24520      | 305.14                            | 297.94                         |
|                               | 10.03         | 78.93                   | 23960      | 303.55                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.20                   | 23730      | 295.89                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.12                   | 23320      | 291.07                            |                                |
|                               | 10.15         | 80.83                   | 23610      | 292.08                            |                                |
|                               | 10.10         | 80.04                   | 24260      | 303.10                            |                                |
|                               | 10.22         | 81.95                   | 24520      | 299.19                            |                                |
|                               | 10.13         | 80.52                   | 23290      | 289.26                            |                                |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 24100      | 298.44                            |                                |
|                               | 10.16         | 81.07                   | 24460      | 301.70                            |                                |
| <b>45 días</b>                | 10.29         | 83.08                   | 24770      | 298.15                            | 305.20                         |
|                               | 10.14         | 80.75                   | 24460      | 302.89                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 26600      | 321.73                            |                                |
|                               | 10.26         | 82.68                   | 24640      | 298.03                            |                                |
| <b>60 días</b>                | 10.12         | 80.44                   | 26660      | 331.44                            | 338.08                         |
|                               | 10.24         | 82.27                   | 28220      | 343.00                            |                                |
|                               | 10.25         | 82.52                   | 28420      | 344.42                            |                                |
|                               | 10.11         | 80.28                   | 26770      | 333.47                            |                                |

Resistencia a la tracción por compresión diametral

RELACION A/C 0.60

Concreto Patrón:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.09         | 20.30         | 13150      | 40.87                               | 37.56             |
|                                | 10.41         | 20.17         | 11500      | 34.89                               |                   |
|                                | 10.18         | 20.59         | 12150      | 36.91                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.12         | 20.13         | 12250      | 38.31                               | 39.24             |
|                                | 10.21         | 20.58         | 13250      | 40.17                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.23         | 20.55         | 10700      | 32.40                               | 30.77             |
|                                | 10.23         | 20.55         | 10500      | 31.80                               |                   |
|                                | 10.12         | 20.42         | 7650       | 23.57                               |                   |
|                                | 10.16         | 20.59         | 11600      | 35.31                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.11         | 20.24         | 5500       | 17.12                               | 17.87             |
|                                | 10.11         | 20.30         | 6000       | 18.63                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.21         | 20.65         | 6500       | 19.63                               | 23.06             |
|                                | 10.19         | 20.65         | 8750       | 26.49                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.11         | 20.37         | 6000       | 18.55                               | 18.27             |
|                                | 10.29         | 20.31         | 5900       | 17.99                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.22         | 20.55         | 12500      | 37.89                               | 32.53             |
|                                | 10.24         | 20.60         | 9000       | 27.16                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal:

| Tiempo (días)          | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| 28 días<br>Curado Seco | 10.08         | 20.32         | 6600       | 20.52                               | 20.52             |
|                        | 10.20         | 20.65         | 6900       | 20.85                               |                   |
| 28 días<br>Curado Agua | 10.23         | 20.70         | 8800       | 26.47                               | 23.66             |
|                        |               |               |            |                                     |                   |

RELACION A/C 0.65

Concreto Patrón:

| Tiempo (días)          | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| 28 días<br>Curado Seco | 10.10         | 20.26         | 13450      | 41.87                               | 38.54             |
|                        | 10.19         | 20.63         | 12000      | 36.35                               |                   |
|                        | 10.07         | 20.27         | 12200      | 38.07                               |                   |
|                        | 10.21         | 20.60         | 12500      | 37.86                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo:

| Tiempo (días)          | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| 28 días<br>Curado Seco | 10.09         | 20.44         | 11100      | 34.26                               | 33.02             |
|                        | 10.19         | 20.73         | 11550      | 34.83                               |                   |
|                        | 10.08         | 20.37         | 11300      | 35.04                               |                   |
|                        | 10.10         | 20.31         | 9000       | 27.95                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal:

| Tiempo (días)          | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| 28 días<br>Curado Seco | 10.27         | 20.65         | 11150      | 33.47                               | 33.11             |
|                        | 10.13         | 20.45         | 10650      | 32.74                               |                   |
| 28 días<br>Curado Agua | 10.19         | 20.69         | 10650      | 32.17                               | 33.81             |
|                        | 10.11         | 20.35         | 11450      | 35.45                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.09         | 20.30         | 9500       | 29.54                               | 28.30             |
|                                | 10.21         | 20.75         | 9000       | 27.06                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.05         | 20.43         | 8500       | 26.36                               | 28.68             |
|                                | 10.08         | 20.39         | 10000      | 30.99                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.26         | 20.80         | 8450       | 25.21                               | 25.21             |
|                                | 10.33         | 20.55         | 6100       | 18.30                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.20         | 20.75         | 6350       | 19.11                               | 21.30             |
|                                | 10.09         | 20.55         | 7650       | 23.49                               |                   |

REALCION A/C 0.70

Concreto Patrón:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.27         | 20.65         | 10350      | 31.07                               | 31.09             |
|                                | 10.11         | 20.20         | 11000      | 34.29                               |                   |
|                                | 10.13         | 20.15         | 9500       | 29.63                               |                   |
|                                | 10.20         | 20.50         | 9650       | 29.38                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.27         | 20.43         | 11400      | 34.61                               | 36.28             |
|                                | 10.19         | 20.59         | 12500      | 37.95                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.13         | 20.65         | 10400      | 31.65                               | 27.66             |
|                                | 10.09         | 20.40         | 7650       | 23.67                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.13         | 20.35         | 11280      | 34.83                               | 35.85             |
|                                | 10.10         | 20.35         | 11900      | 36.86                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.09         | 20.31         | 7850       | 24.40                               | 25.36             |
|                                | 10.17         | 20.59         | 8650       | 26.32                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.20         | 20.55         | 8050       | 24.47                               | 24.21             |
|                                | 10.22         | 20.68         | 7950       | 23.96                               |                   |

Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal:

| Tiempo (días)                  | diámetro (cm) | Longitud (cm) | Carga (Kg) | Esf. Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Promedio |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>28 días<br/>Curado Seco</b> | 10.15         | 20.57         | 7750       | 23.64                               | 23.64             |
|                                | 10.11         | 20.49         | 7000       | 21.53                               |                   |
| <b>28 días<br/>Curado Agua</b> | 10.09         | 20.40         | 7350       | 22.75                               | 24.47             |
|                                | 10.15         | 20.37         | 8500       | 26.19                               |                   |

Ensayo de Modulo de Elasticidad

RELACION A/C 0.60

Concreto Patrón

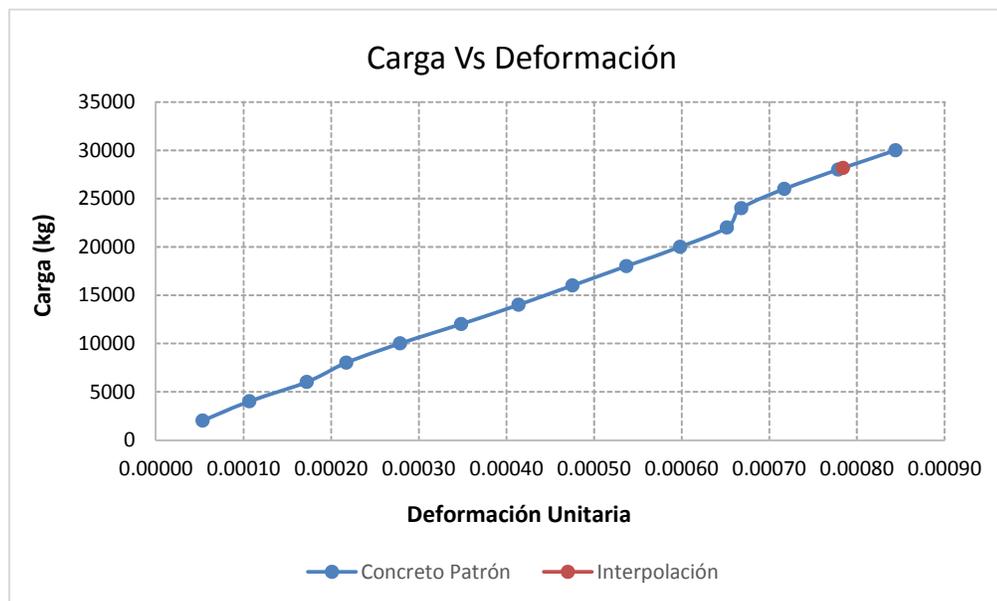
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 70421.9 |
| 40% de carga (kg)    | 28168.8 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.23  |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 182.18 |
| Longitud (cm)           | 30.99  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0006                   | 0.0007                   | 0.001651         | 10.98                             | 0.00005                 |
| 4000       | 0.0013                   | 0.0013                   | 0.003302         | 21.96                             | 0.00011                 |
| 6000       | 0.002                    | 0.0022                   | 0.005334         | 32.94                             | 0.00017                 |
| 8000       | 0.0025                   | 0.0028                   | 0.006731         | 43.91                             | 0.00022                 |
| 10000      | 0.0034                   | 0.0034                   | 0.008636         | 54.89                             | 0.00028                 |
| 12000      | 0.0042                   | 0.0043                   | 0.010795         | 65.87                             | 0.00035                 |
| 14000      | 0.005                    | 0.0051                   | 0.012827         | 76.85                             | 0.00041                 |
| 16000      | 0.0058                   | 0.0058                   | 0.014732         | 87.83                             | 0.00048                 |
| 18000      | 0.0065                   | 0.0066                   | 0.016637         | 98.81                             | 0.00054                 |
| 20000      | 0.0072                   | 0.0074                   | 0.018542         | 109.78                            | 0.00060                 |
| 22000      | 0.0079                   | 0.008                    | 0.020193         | 120.76                            | 0.00065                 |
| 24000      | 0.0081                   | 0.0082                   | 0.020701         | 131.74                            | 0.00067                 |
| 26000      | 0.0087                   | 0.0088                   | 0.022225         | 142.72                            | 0.00072                 |
| 28000      | 0.0095                   | 0.0095                   | 0.02413          | 153.70                            | 0.00078                 |
| 30000      | 0.0103                   | 0.0103                   | 0.026162         | 164.68                            | 0.00084                 |

| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |          | Deformación |         |
|--------------------------------|----------|-------------|---------|
| S1                             | 10.98    | e1          | 0.00005 |
| S2                             | 154.6245 | e2          | 0.00078 |

**Módulo Elástico** 196512.98 kg/cm<sup>2</sup>



Concreto Patrón con Aditivo

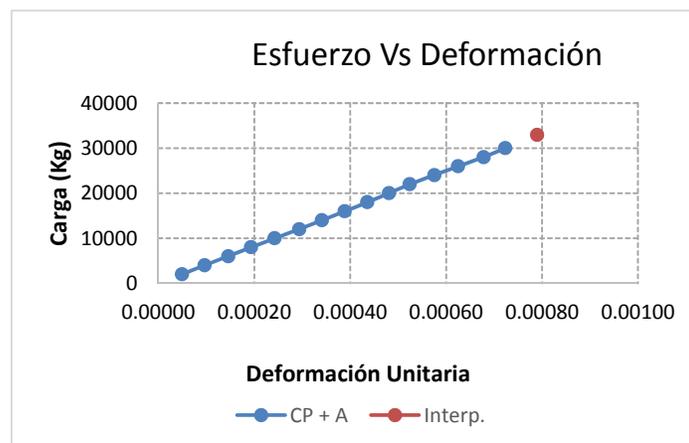
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 82336.7 |
| 40% de carga (kg)    | 32934.7 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.39  |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 186.02 |
| Longitud (cm)           | 30.89  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0006                   | 0.0006                   | 0.001524         | 10.75                             | 0.00005                 |
| 4000       | 0.0012                   | 0.00115                  | 0.0029845        | 21.50                             | 0.00010                 |
| 6000       | 0.0018                   | 0.00175                  | 0.0045085        | 32.25                             | 0.00015                 |
| 8000       | 0.0024                   | 0.0023                   | 0.005969         | 43.01                             | 0.00019                 |
| 10000      | 0.00295                  | 0.00295                  | 0.007493         | 53.76                             | 0.00024                 |
| 12000      | 0.00355                  | 0.0036                   | 0.0090805        | 64.51                             | 0.00029                 |
| 14000      | 0.0041                   | 0.0042                   | 0.010541         | 75.26                             | 0.00034                 |
| 16000      | 0.0047                   | 0.00475                  | 0.0120015        | 86.01                             | 0.00039                 |
| 18000      | 0.0053                   | 0.0053                   | 0.013462         | 96.76                             | 0.00044                 |
| 20000      | 0.00585                  | 0.00585                  | 0.014859         | 107.51                            | 0.00048                 |
| 22000      | 0.0064                   | 0.00635                  | 0.0161925        | 118.26                            | 0.00052                 |
| 24000      | 0.007                    | 0.007                    | 0.01778          | 129.02                            | 0.00058                 |
| 26000      | 0.0076                   | 0.0076                   | 0.019304         | 139.77                            | 0.00062                 |
| 28000      | 0.0082                   | 0.0083                   | 0.020955         | 150.52                            | 0.00068                 |
| 30000      | 0.0088                   | 0.0088                   | 0.022352         | 161.27                            | 0.00072                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 10.75    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 177.0461 | e2          | 0.00079 |

**Módulo Elástico** **224533.29** kg/cm<sup>2</sup>



Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

Curado en Agua:

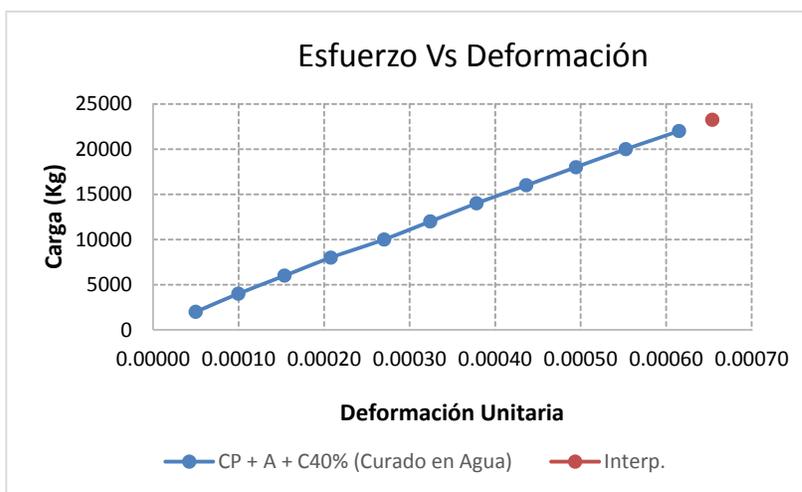
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 58116.8 |
| 40% de carga (kg)    | 23246.7 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.35  |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 185.06 |
| Longitud (cm)           | 30.55  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0006                   | 0.0006                   | 0.001524         | 10.81                             | 0.00005                 |
| 4000       | 0.0012                   | 0.0012                   | 0.003048         | 21.61                             | 0.00010                 |
| 6000       | 0.0019                   | 0.0018                   | 0.004699         | 32.42                             | 0.00015                 |
| 8000       | 0.0025                   | 0.0025                   | 0.00635          | 43.23                             | 0.00021                 |
| 10000      | 0.0033                   | 0.0032                   | 0.008255         | 54.04                             | 0.00027                 |
| 12000      | 0.0039                   | 0.0039                   | 0.009906         | 64.84                             | 0.00032                 |
| 14000      | 0.0046                   | 0.0045                   | 0.011557         | 75.65                             | 0.00038                 |
| 16000      | 0.0053                   | 0.0052                   | 0.013335         | 86.46                             | 0.00044                 |
| 18000      | 0.006                    | 0.0059                   | 0.015113         | 97.27                             | 0.00049                 |
| 20000      | 0.0068                   | 0.0065                   | 0.016891         | 108.07                            | 0.00055                 |
| 22000      | 0.0075                   | 0.0073                   | 0.018796         | 118.88                            | 0.00062                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |          |
|----------|----------|-------------|----------|
| S1       | 10.81    | e1          | 0.00005  |
| S2       | 125.6189 | e2          | 0.000654 |

**Módulo Elástico** **190046.05** kg/cm<sup>2</sup>



Curado en Seco:

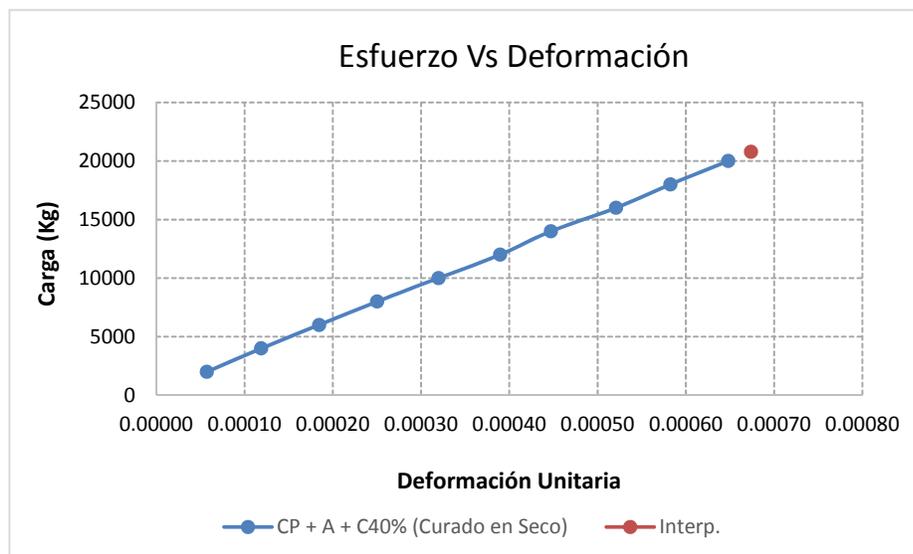
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 51963.4 |
| 40% de carga (kg)    | 20785.3 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.345 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 184.94 |
| Longitud (cm)           | 30.95  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0007                   | 0.001778         | 10.81                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0016                   | 0.0013                   | 0.003683         | 21.63                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.0024                   | 0.0021                   | 0.005715         | 32.44                             | 0.00018                 |
| 8000       | 0.0032                   | 0.0029                   | 0.007747         | 43.26                             | 0.00025                 |
| 10000      | 0.0041                   | 0.0037                   | 0.009906         | 54.07                             | 0.00032                 |
| 12000      | 0.0049                   | 0.0046                   | 0.012065         | 64.89                             | 0.00039                 |
| 14000      | 0.0057                   | 0.0052                   | 0.013843         | 75.70                             | 0.00045                 |
| 16000      | 0.0067                   | 0.006                    | 0.016129         | 86.52                             | 0.00052                 |
| 18000      | 0.0075                   | 0.0067                   | 0.018034         | 97.33                             | 0.00058                 |
| 20000      | 0.0084                   | 0.0074                   | 0.020066         | 108.14                            | 0.00065                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |          |
|----------|----------|-------------|----------|
| S1       | 9.51     | e1          | 0.00005  |
| S2       | 112.3915 | e2          | 0.000674 |

|                 |           |                    |
|-----------------|-----------|--------------------|
| Módulo Elástico | 164849.88 | kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------|--------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal

Curado en Agua:

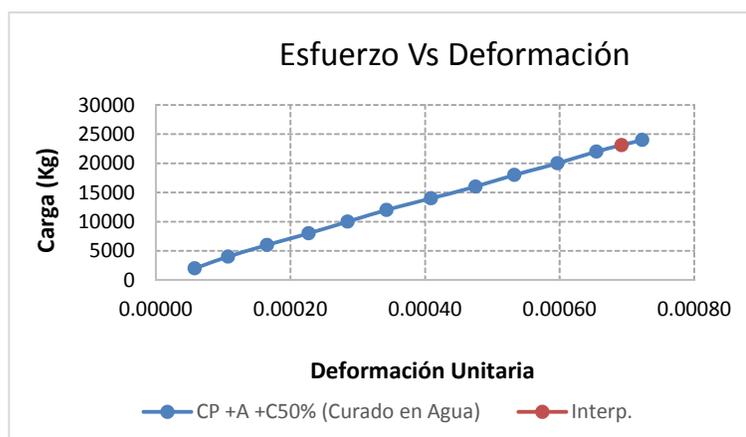
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 57751.2 |
| 40% de carga (kg)    | 23100.5 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.4   |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 186.27 |
| Longitud (cm)           | 30.75  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0007                   | 0.001778         | 10.74                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0013                   | 0.0013                   | 0.003302         | 21.47                             | 0.00011                 |
| 6000       | 0.002                    | 0.002                    | 0.00508          | 32.21                             | 0.00017                 |
| 8000       | 0.0027                   | 0.0028                   | 0.006985         | 42.95                             | 0.00023                 |
| 10000      | 0.0034                   | 0.0035                   | 0.008763         | 53.69                             | 0.00028                 |
| 12000      | 0.0041                   | 0.0042                   | 0.010541         | 64.42                             | 0.00034                 |
| 14000      | 0.0049                   | 0.005                    | 0.012573         | 75.16                             | 0.00041                 |
| 16000      | 0.0057                   | 0.0058                   | 0.014605         | 85.90                             | 0.00047                 |
| 18000      | 0.0064                   | 0.0065                   | 0.016383         | 96.64                             | 0.00053                 |
| 20000      | 0.0072                   | 0.00725                  | 0.0183515        | 107.37                            | 0.00060                 |
| 22000      | 0.0079                   | 0.00795                  | 0.0201295        | 118.11                            | 0.00065                 |
| 24000      | 0.0087                   | 0.0088                   | 0.022225         | 128.85                            | 0.00072                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |          |
|----------|----------|-------------|----------|
| S1       | 9.04     | e1          | 0.00005  |
| S2       | 124.0194 | e2          | 0.000692 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 179059.084 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

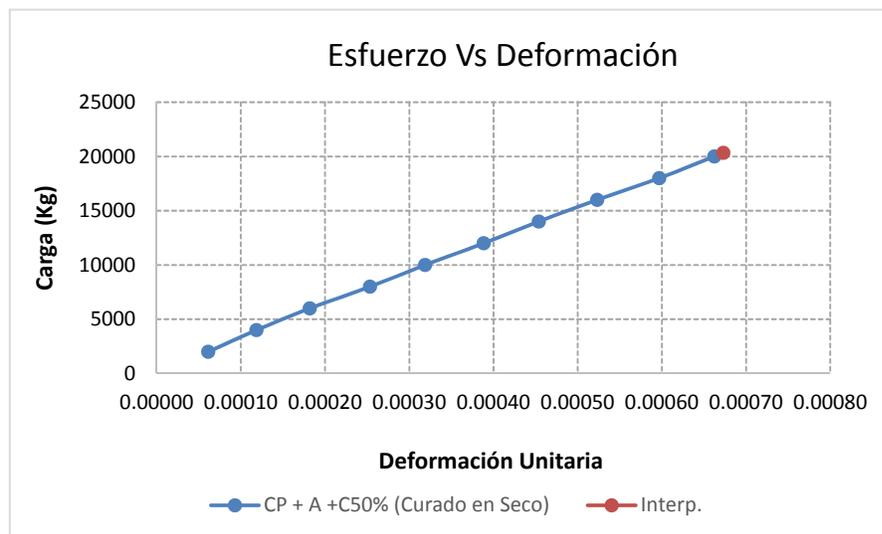
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 50811.8 |
| 40% de carga (kg)    | 20324.7 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.385 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 185.90 |
| Longitud (cm)           | 31.06  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0008                   | 0.0007                   | 0.001905         | 10.76                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0014                   | 0.0015                   | 0.003683         | 21.52                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.0022                   | 0.00225                  | 0.0056515        | 32.28                             | 0.00018                 |
| 8000       | 0.003                    | 0.0032                   | 0.007874         | 43.03                             | 0.00025                 |
| 10000      | 0.0039                   | 0.0039                   | 0.009906         | 53.79                             | 0.00032                 |
| 12000      | 0.0047                   | 0.0048                   | 0.012065         | 64.55                             | 0.00039                 |
| 14000      | 0.0055                   | 0.0056                   | 0.014097         | 75.31                             | 0.00045                 |
| 16000      | 0.0064                   | 0.0064                   | 0.016256         | 86.07                             | 0.00052                 |
| 18000      | 0.0073                   | 0.0073                   | 0.018542         | 96.83                             | 0.00060                 |
| 20000      | 0.0081                   | 0.0081                   | 0.020574         | 107.58                            | 0.00066                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |          |
|----------|----------|-------------|----------|
| S1       | 8.63     | e1          | 0.00005  |
| S2       | 109.3301 | e2          | 0.000673 |

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| Módulo Elástico | 161609.71 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal

Curado en Agua:

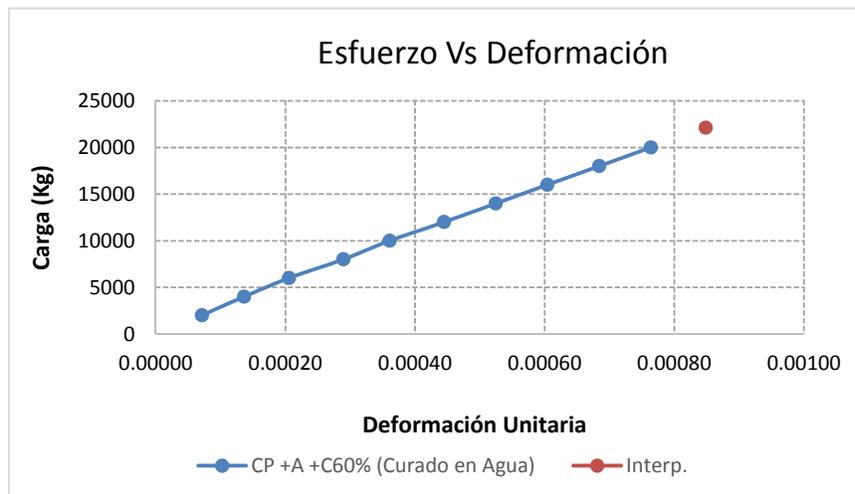
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 55305.0 |
| 40% de carga (kg)    | 22122.0 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.25  |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 182.65 |
| Longitud (cm)           | 30.25  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.00085                  | 0.00085                  | 0.002159         | 10.95                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0016                   | 0.00165                  | 0.0041275        | 21.90                             | 0.00014                 |
| 6000       | 0.0024                   | 0.0025                   | 0.006223         | 32.85                             | 0.00021                 |
| 8000       | 0.0033                   | 0.0036                   | 0.008763         | 43.80                             | 0.00029                 |
| 10000      | 0.0042                   | 0.0044                   | 0.010922         | 54.75                             | 0.00036                 |
| 12000      | 0.0053                   | 0.0053                   | 0.013462         | 65.70                             | 0.00045                 |
| 14000      | 0.0062                   | 0.0063                   | 0.015875         | 76.65                             | 0.00052                 |
| 16000      | 0.0071                   | 0.0073                   | 0.018288         | 87.60                             | 0.00060                 |
| 18000      | 0.0081                   | 0.0082                   | 0.020701         | 98.55                             | 0.00068                 |
| 20000      | 0.0091                   | 0.0091                   | 0.023114         | 109.50                            | 0.00076                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |          |
|----------|----------|-------------|----------|
| S1       | 7.35     | e1          | 0.00005  |
| S2       | 121.1142 | e2          | 0.000849 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 142426.188 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



RELACION A/C 0.65

Concreto Patrón

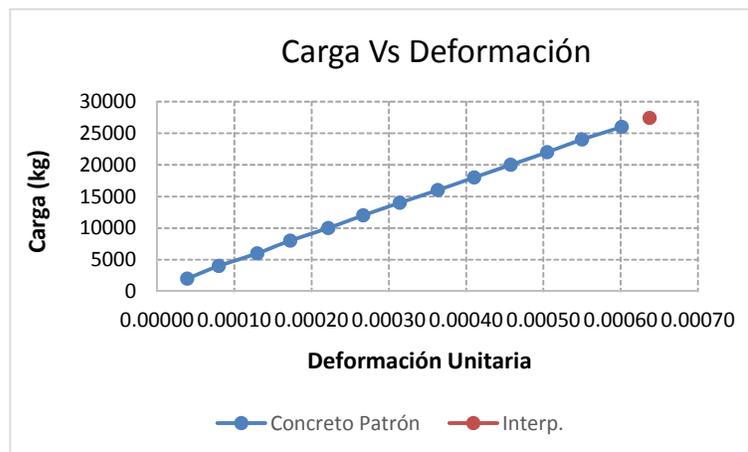
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 68521.5 |
| 40% de carga (kg)    | 27408.6 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.325 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 184.46 |
| Longitud (cm)           | 30.93  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0005                   | 0.00045                  | 0.0012065        | 10.84                             | 0.00004                 |
| 4000       | 0.001                    | 0.00095                  | 0.0024765        | 21.69                             | 0.00008                 |
| 6000       | 0.0016                   | 0.00156                  | 0.0040132        | 32.53                             | 0.00013                 |
| 8000       | 0.0021                   | 0.0021                   | 0.005334         | 43.37                             | 0.00017                 |
| 10000      | 0.0027                   | 0.0027                   | 0.006858         | 54.21                             | 0.00022                 |
| 12000      | 0.0033                   | 0.0032                   | 0.008255         | 65.06                             | 0.00027                 |
| 14000      | 0.00385                  | 0.0038                   | 0.0097155        | 75.90                             | 0.00031                 |
| 16000      | 0.00445                  | 0.0044                   | 0.0112395        | 86.74                             | 0.00036                 |
| 18000      | 0.005                    | 0.005                    | 0.0127           | 97.58                             | 0.00041                 |
| 20000      | 0.0056                   | 0.00555                  | 0.0141605        | 108.43                            | 0.00046                 |
| 22000      | 0.0062                   | 0.0061                   | 0.015621         | 119.27                            | 0.00051                 |
| 24000      | 0.0067                   | 0.0067                   | 0.017018         | 130.11                            | 0.00055                 |
| 26000      | 0.00735                  | 0.0073                   | 0.0186055        | 140.96                            | 0.00060                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 13.75    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 148.5922 | e2          | 0.00064 |

Módulo Elástico 229454.263 kg/cm<sup>2</sup>



Concreto Patrón con Aditivo

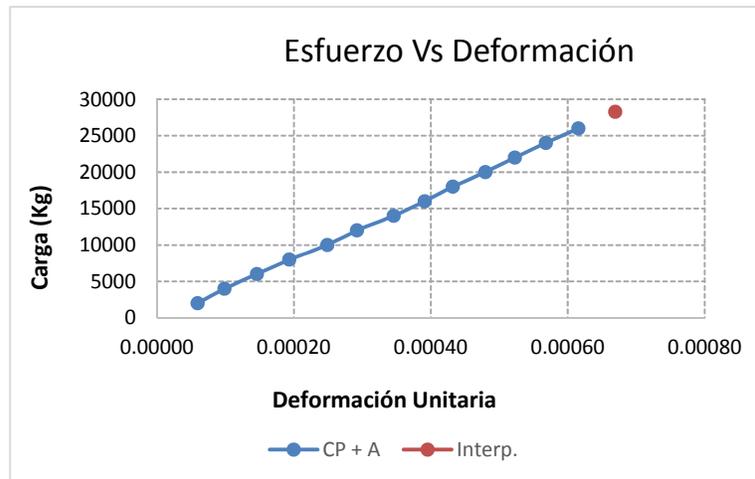
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 70688.6 |
| 40% de carga (kg)    | 28275.4 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3575 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 185.24  |
| Longitud (cm)           | 30.84   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.00075                  | 0.0018415        | 10.80                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0012                   | 0.0012                   | 0.003048         | 21.59                             | 0.00010                 |
| 6000       | 0.00175                  | 0.0018                   | 0.0045085        | 32.39                             | 0.00015                 |
| 8000       | 0.0023                   | 0.0024                   | 0.005969         | 43.19                             | 0.00019                 |
| 10000      | 0.003                    | 0.00305                  | 0.0076835        | 53.98                             | 0.00025                 |
| 12000      | 0.0035                   | 0.0036                   | 0.009017         | 64.78                             | 0.00029                 |
| 14000      | 0.0042                   | 0.0042                   | 0.010668         | 75.58                             | 0.00035                 |
| 16000      | 0.0047                   | 0.0048                   | 0.012065         | 86.38                             | 0.00039                 |
| 18000      | 0.0052                   | 0.0053                   | 0.013335         | 97.17                             | 0.00043                 |
| 20000      | 0.0058                   | 0.00585                  | 0.0147955        | 107.97                            | 0.00048                 |
| 22000      | 0.0063                   | 0.0064                   | 0.016129         | 118.77                            | 0.00052                 |
| 24000      | 0.00685                  | 0.00695                  | 0.017526         | 129.56                            | 0.00057                 |
| 26000      | 0.00745                  | 0.0075                   | 0.0189865        | 140.36                            | 0.00062                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 8.12     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 152.6436 | e2          | 0.00067 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 233286.687 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

Curado en Agua:

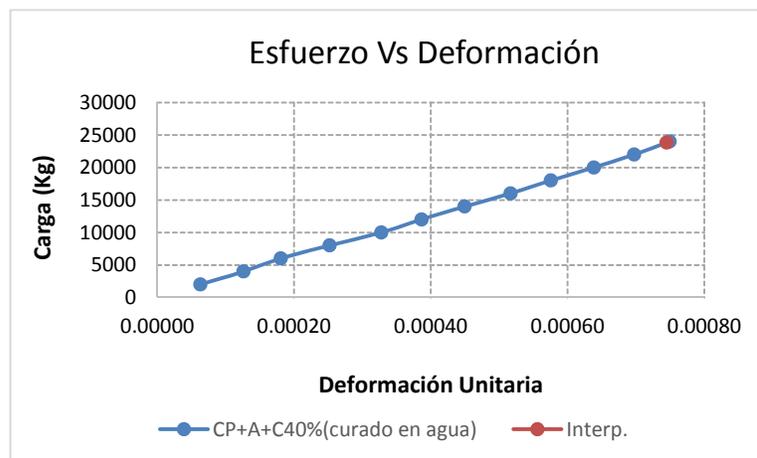
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 59577.5 |
| 40% de carga (kg)    | 23831.0 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 14.995 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 176.60 |
| Longitud (cm)           | 30.23  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0008                   | 0.001905         | 11.33                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0015                   | 0.0015                   | 0.00381          | 22.65                             | 0.00013                 |
| 6000       | 0.0021                   | 0.0022                   | 0.005461         | 33.98                             | 0.00018                 |
| 8000       | 0.003                    | 0.003                    | 0.00762          | 45.30                             | 0.00025                 |
| 10000      | 0.0038                   | 0.004                    | 0.009906         | 56.63                             | 0.00033                 |
| 12000      | 0.0045                   | 0.0047                   | 0.011684         | 67.95                             | 0.00039                 |
| 14000      | 0.0052                   | 0.0055                   | 0.013589         | 79.28                             | 0.00045                 |
| 16000      | 0.0061                   | 0.0062                   | 0.015621         | 90.60                             | 0.00052                 |
| 18000      | 0.0068                   | 0.0069                   | 0.017399         | 101.93                            | 0.00058                 |
| 20000      | 0.0075                   | 0.0077                   | 0.019304         | 113.25                            | 0.00064                 |
| 22000      | 0.0083                   | 0.0083                   | 0.021082         | 124.58                            | 0.00070                 |
| 24000      | 0.009                    | 0.0092                   | 0.023114         | 135.90                            | 0.00075                 |

|    | Esfuerzo |    | Deformación |
|----|----------|----|-------------|
| S1 | 8.98     | e1 | 0.00005     |
| S2 | 134.9457 | e2 | 0.00075     |

|                 |            |                    |
|-----------------|------------|--------------------|
| Módulo Elástico | 181216.256 | kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|------------|--------------------|



Curado en Seco:

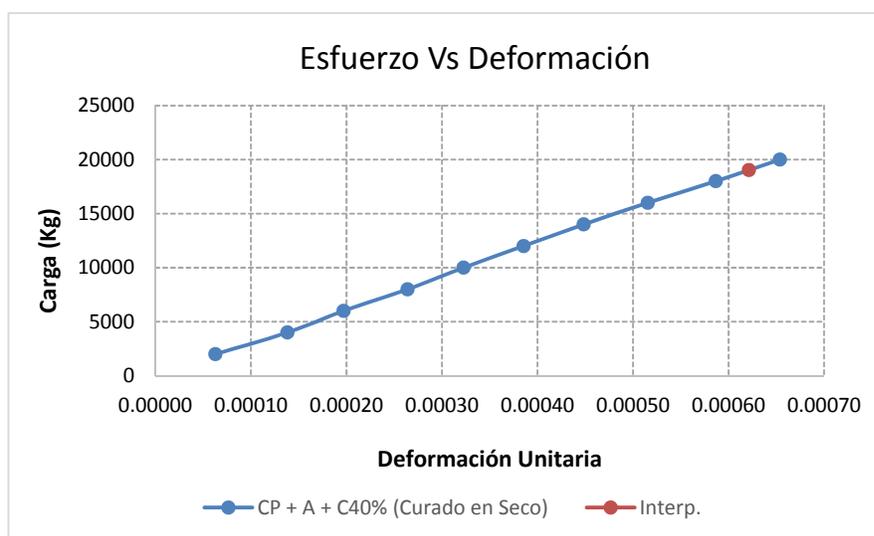
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 47579.7 |
| 40% de carga (kg)    | 19031.9 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.4275 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 186.93  |
| Longitud (cm)           | 30.30   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0008                   | 0.001905         | 10.70                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0017                   | 0.0016                   | 0.004191         | 21.40                             | 0.00014                 |
| 6000       | 0.0024                   | 0.0023                   | 0.005969         | 32.10                             | 0.00020                 |
| 8000       | 0.0032                   | 0.0031                   | 0.008001         | 42.80                             | 0.00026                 |
| 10000      | 0.0038                   | 0.0039                   | 0.009779         | 53.50                             | 0.00032                 |
| 12000      | 0.0045                   | 0.0047                   | 0.011684         | 64.19                             | 0.00039                 |
| 14000      | 0.0052                   | 0.0055                   | 0.013589         | 74.89                             | 0.00045                 |
| 16000      | 0.0061                   | 0.0062                   | 0.015621         | 85.59                             | 0.00052                 |
| 18000      | 0.007                    | 0.007                    | 0.01778          | 96.29                             | 0.00059                 |
| 20000      | 0.0077                   | 0.0079                   | 0.019812         | 106.99                            | 0.00065                 |

| Esfuerzo |         | Deformación |         |
|----------|---------|-------------|---------|
| S1       | 8.87    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 101.812 | e2          | 0.00062 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 162650.924 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal

Curado en Agua:

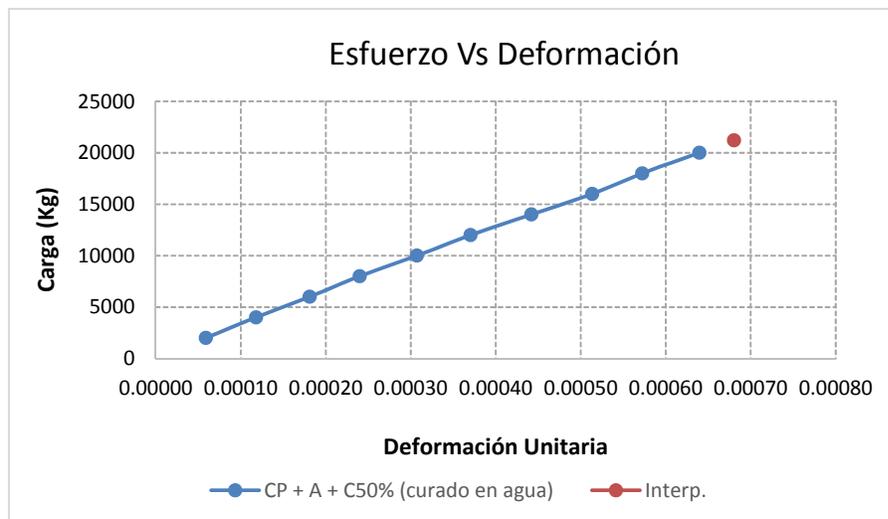
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 53014.3 |
| 40% de carga (kg)    | 21205.7 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.065 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 178.25 |
| Longitud (cm)           | 30.18  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0007                   | 0.001778         | 11.22                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0014                   | 0.0014                   | 0.003556         | 22.44                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.0021                   | 0.0022                   | 0.005461         | 33.66                             | 0.00018                 |
| 8000       | 0.0028                   | 0.0029                   | 0.007239         | 44.88                             | 0.00024                 |
| 10000      | 0.0036                   | 0.0037                   | 0.009271         | 56.10                             | 0.00031                 |
| 12000      | 0.0044                   | 0.0044                   | 0.011176         | 67.32                             | 0.00037                 |
| 14000      | 0.0052                   | 0.0053                   | 0.013335         | 78.54                             | 0.00044                 |
| 16000      | 0.0061                   | 0.0061                   | 0.015494         | 89.76                             | 0.00051                 |
| 18000      | 0.0068                   | 0.0068                   | 0.017272         | 100.98                            | 0.00057                 |
| 20000      | 0.0076                   | 0.0076                   | 0.019304         | 112.20                            | 0.00064                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 9.52     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 118.9665 | e2          | 0.00068 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 173631.494 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

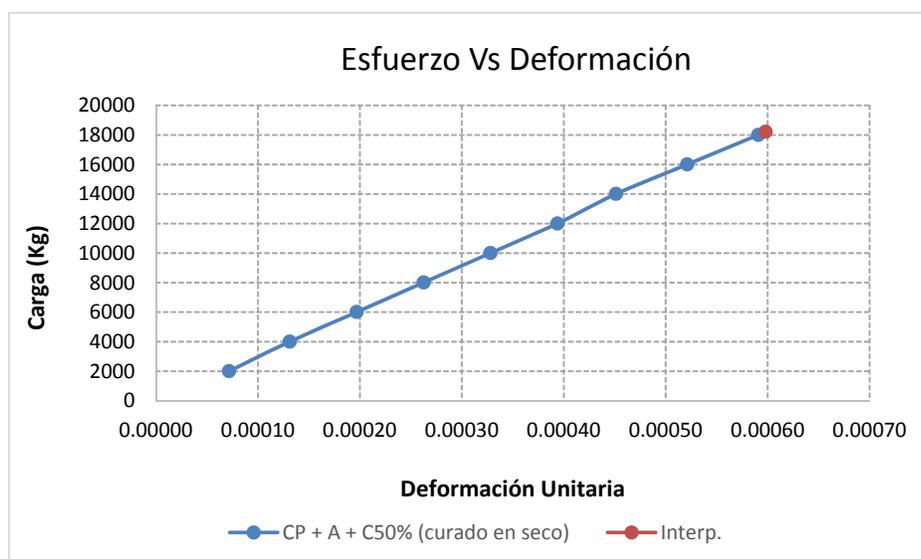
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 45520.3 |
| 40% de carga (kg)    | 18208.1 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3575 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 185.24  |
| Longitud (cm)           | 30.95   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.00085                  | 0.0009                   | 0.0022225        | 10.80                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0016                   | 0.0016                   | 0.004064         | 21.59                             | 0.00013                 |
| 6000       | 0.0024                   | 0.0024                   | 0.006096         | 32.39                             | 0.00020                 |
| 8000       | 0.0032                   | 0.0032                   | 0.008128         | 43.19                             | 0.00026                 |
| 10000      | 0.004                    | 0.004                    | 0.01016          | 53.98                             | 0.00033                 |
| 12000      | 0.0048                   | 0.0048                   | 0.012192         | 64.78                             | 0.00039                 |
| 14000      | 0.0055                   | 0.0055                   | 0.01397          | 75.58                             | 0.00045                 |
| 16000      | 0.0064                   | 0.0063                   | 0.016129         | 86.38                             | 0.00052                 |
| 18000      | 0.0072                   | 0.0072                   | 0.018288         | 97.17                             | 0.00059                 |

| Esfuerzo |         | Deformación |          |
|----------|---------|-------------|----------|
| S1       | 6.84    | e1          | 0.00005  |
| S2       | 98.2956 | e2          | 0.000598 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 166846.183 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal

Curado en Agua:

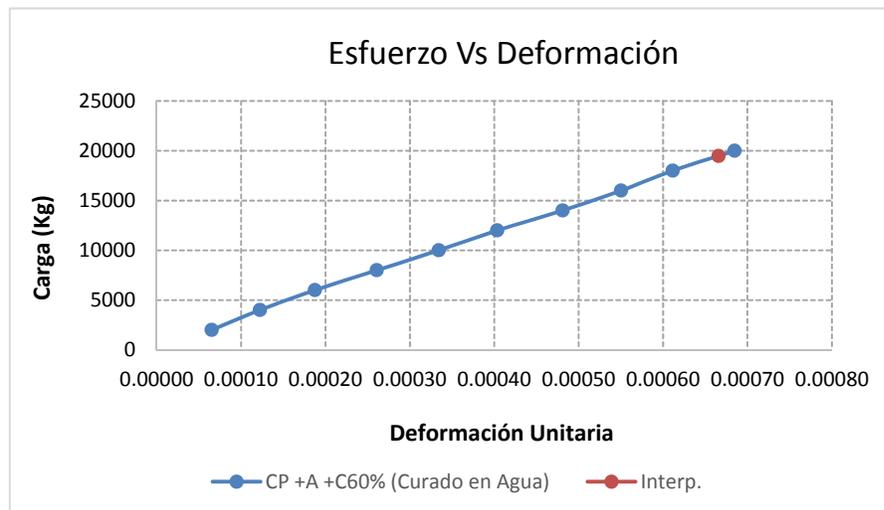
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 48704.7 |
| 40% de carga (kg)    | 19481.9 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 14.995 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 176.60 |
| Longitud (cm)           | 31.15  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0008                   | 0.0008                   | 0.002032         | 11.33                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0015                   | 0.0015                   | 0.00381          | 22.65                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.0023                   | 0.0023                   | 0.005842         | 33.98                             | 0.00019                 |
| 8000       | 0.0032                   | 0.0032                   | 0.008128         | 45.30                             | 0.00026                 |
| 10000      | 0.0041                   | 0.0041                   | 0.010414         | 56.63                             | 0.00033                 |
| 12000      | 0.0049                   | 0.005                    | 0.012573         | 67.95                             | 0.00040                 |
| 14000      | 0.0059                   | 0.0059                   | 0.014986         | 79.28                             | 0.00048                 |
| 16000      | 0.0068                   | 0.0067                   | 0.017145         | 90.60                             | 0.00055                 |
| 18000      | 0.0075                   | 0.0075                   | 0.01905          | 101.93                            | 0.00061                 |
| 20000      | 0.0084                   | 0.0084                   | 0.021336         | 113.25                            | 0.00068                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 8.30     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 110.3185 | e2          | 0.00067 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 165627.933 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

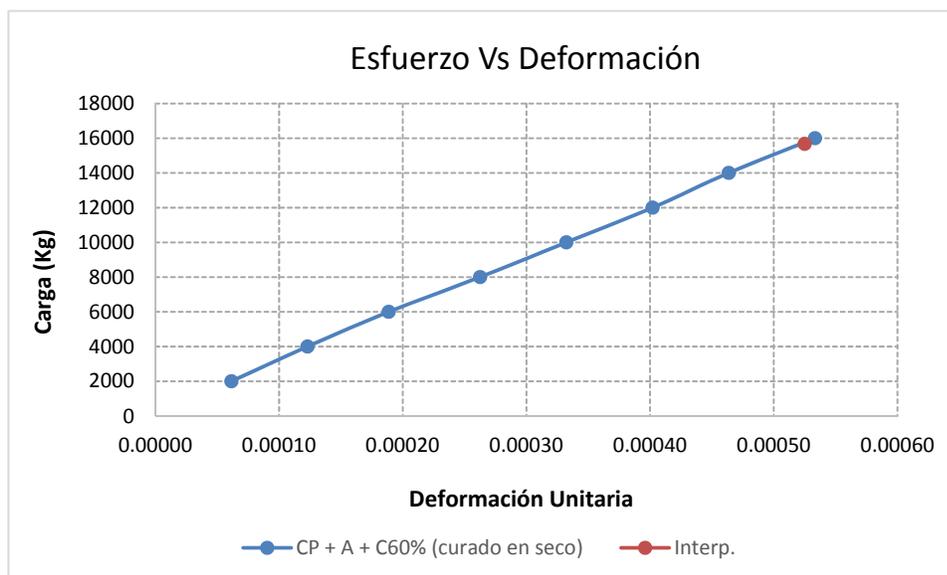
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 39192.0 |
| 40% de carga (kg)    | 15676.8 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3175 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 184.27  |
| Longitud (cm)           | 31.10   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0008                   | 0.001905         | 10.80                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0015                   | 0.0015                   | 0.00381          | 21.59                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.0023                   | 0.0023                   | 0.005842         | 32.39                             | 0.00019                 |
| 8000       | 0.0032                   | 0.0032                   | 0.008128         | 43.19                             | 0.00026                 |
| 10000      | 0.004                    | 0.0041                   | 0.010287         | 53.98                             | 0.00033                 |
| 12000      | 0.0049                   | 0.0049                   | 0.012446         | 64.78                             | 0.00040                 |
| 14000      | 0.0056                   | 0.0057                   | 0.014351         | 75.58                             | 0.00046                 |
| 16000      | 0.0065                   | 0.0065                   | 0.01651          | 86.38                             | 0.00053                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 8.77     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 85.07295 | e2          | 0.00053 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 160627.048 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



RELACION A/C 0.70

Concreto Patrón

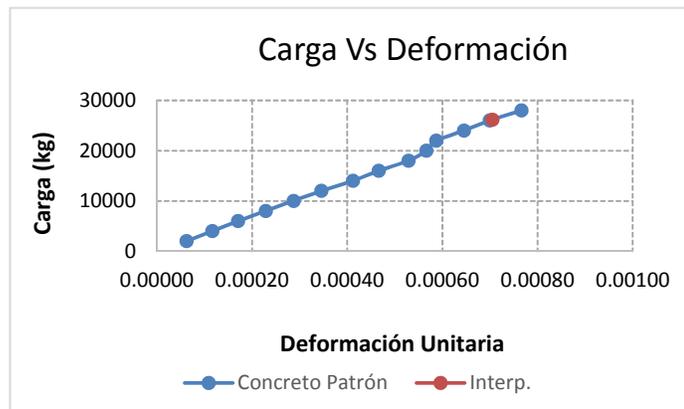
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 65420.0 |
| 40% de carga (kg)    | 26168.0 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.4   |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 186.27 |
| Longitud (cm)           | 30.50  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0008                   | 0.001905         | 10.74                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0014                   | 0.0014                   | 0.003556         | 21.47                             | 0.00012                 |
| 6000       | 0.002                    | 0.0021                   | 0.005207         | 32.21                             | 0.00017                 |
| 8000       | 0.0027                   | 0.0028                   | 0.006985         | 42.95                             | 0.00023                 |
| 10000      | 0.0034                   | 0.0035                   | 0.008763         | 53.69                             | 0.00029                 |
| 12000      | 0.0041                   | 0.0042                   | 0.010541         | 64.42                             | 0.00035                 |
| 14000      | 0.0049                   | 0.005                    | 0.012573         | 75.16                             | 0.00041                 |
| 16000      | 0.0056                   | 0.0056                   | 0.014224         | 85.90                             | 0.00047                 |
| 18000      | 0.0063                   | 0.0064                   | 0.016129         | 96.64                             | 0.00053                 |
| 20000      | 0.0067                   | 0.0069                   | 0.017272         | 107.37                            | 0.00057                 |
| 22000      | 0.007                    | 0.0071                   | 0.017907         | 118.11                            | 0.00059                 |
| 24000      | 0.0078                   | 0.0077                   | 0.019685         | 128.85                            | 0.00065                 |
| 26000      | 0.0085                   | 0.0083                   | 0.021336         | 139.59                            | 0.00070                 |
| 28000      | 0.0092                   | 0.0092                   | 0.023368         | 150.32                            | 0.00077                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 8.27     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 140.4881 | e2          | 0.00071 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 201823.238 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo

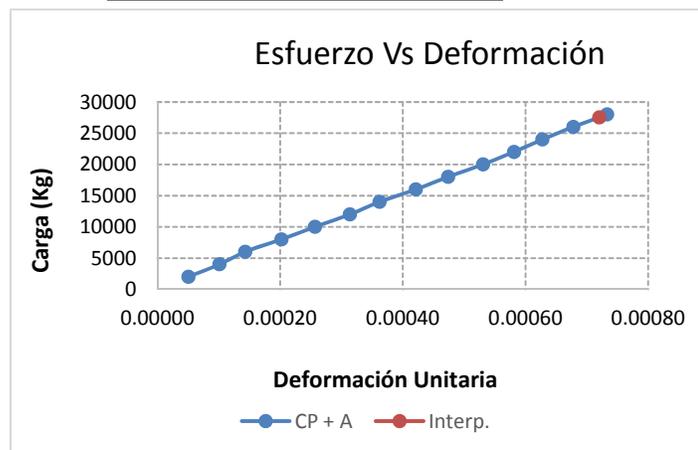
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 68841.2 |
| 40% de carga (kg)    | 27536.5 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.125 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 179.67 |
| Longitud (cm)           | 30.15  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0006                   | 0.0006                   | 0.001524         | 11.13                             | 0.00005                 |
| 4000       | 0.0012                   | 0.0012                   | 0.003048         | 22.26                             | 0.00010                 |
| 6000       | 0.0017                   | 0.0017                   | 0.004318         | 33.39                             | 0.00014                 |
| 8000       | 0.0024                   | 0.0024                   | 0.006096         | 44.53                             | 0.00020                 |
| 10000      | 0.003                    | 0.0031                   | 0.007747         | 55.66                             | 0.00026                 |
| 12000      | 0.0037                   | 0.00375                  | 0.0094615        | 66.79                             | 0.00031                 |
| 14000      | 0.0042                   | 0.0044                   | 0.010922         | 77.92                             | 0.00036                 |
| 16000      | 0.005                    | 0.005                    | 0.0127           | 89.05                             | 0.00042                 |
| 18000      | 0.0056                   | 0.00565                  | 0.0142875        | 100.18                            | 0.00047                 |
| 20000      | 0.0063                   | 0.0063                   | 0.016002         | 111.31                            | 0.00053                 |
| 22000      | 0.0069                   | 0.0069                   | 0.017526         | 122.45                            | 0.00058                 |
| 24000      | 0.00745                  | 0.00745                  | 0.018923         | 133.58                            | 0.00063                 |
| 26000      | 0.008                    | 0.0081                   | 0.020447         | 144.71                            | 0.00068                 |
| 28000      | 0.0087                   | 0.0087                   | 0.022098         | 155.84                            | 0.00073                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 11.13    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 153.2596 | e2          | 0.00072 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 212227.689 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 40% de Cal

Curado en Agua:

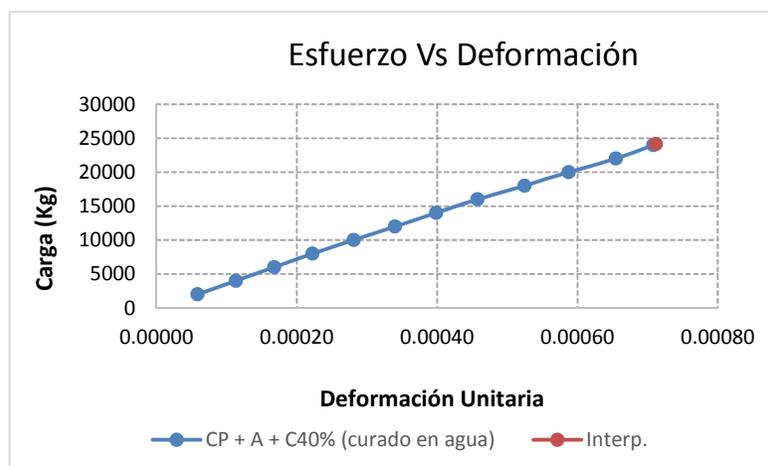
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 60345.8 |
| 40% de carga (kg)    | 24138.3 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.225 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 182.06 |
| Longitud (cm)           | 30.25  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0007                   | 0.0007                   | 0.001778         | 10.99                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0013                   | 0.0014                   | 0.003429         | 21.97                             | 0.00011                 |
| 6000       | 0.0019                   | 0.0021                   | 0.00508          | 32.96                             | 0.00017                 |
| 8000       | 0.0026                   | 0.0027                   | 0.006731         | 43.94                             | 0.00022                 |
| 10000      | 0.0033                   | 0.0034                   | 0.008509         | 54.93                             | 0.00028                 |
| 12000      | 0.004                    | 0.0041                   | 0.010287         | 65.91                             | 0.00034                 |
| 14000      | 0.0047                   | 0.0048                   | 0.012065         | 76.90                             | 0.00040                 |
| 16000      | 0.0054                   | 0.0055                   | 0.013843         | 87.89                             | 0.00046                 |
| 18000      | 0.0063                   | 0.0062                   | 0.015875         | 98.87                             | 0.00052                 |
| 20000      | 0.0071                   | 0.0069                   | 0.01778          | 109.86                            | 0.00059                 |
| 22000      | 0.0079                   | 0.0077                   | 0.019812         | 120.84                            | 0.00065                 |
| 24000      | 0.0088                   | 0.0084                   | 0.021844         | 131.83                            | 0.00071                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 9.22     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 132.5874 | e2          | 0.00071 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 186359.665 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

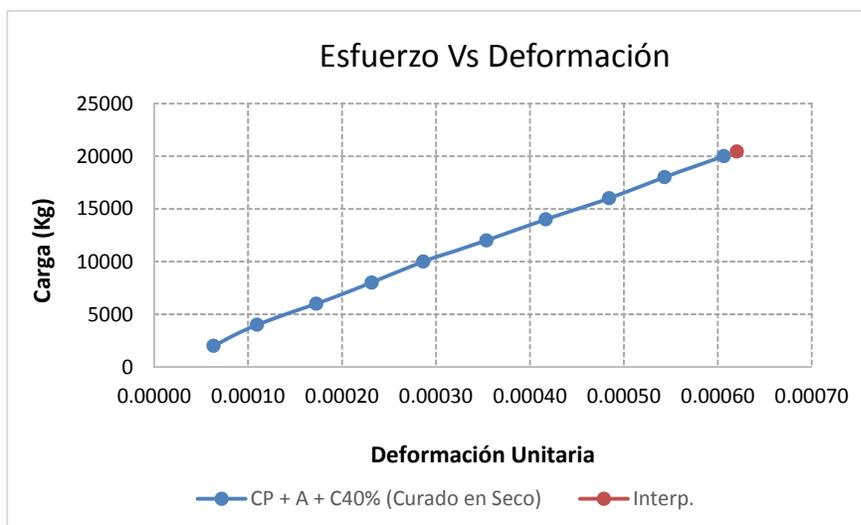
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 51092.6 |
| 40% de carga (kg)    | 20437.1 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.255 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 182.77 |
| Longitud (cm)           | 30.15  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0008                   | 0.0007                   | 0.001905         | 10.94                             | 0.00006                 |
| 4000       | 0.0012                   | 0.0014                   | 0.003302         | 21.88                             | 0.00011                 |
| 6000       | 0.0021                   | 0.002                    | 0.005207         | 32.83                             | 0.00017                 |
| 8000       | 0.0028                   | 0.0027                   | 0.006985         | 43.77                             | 0.00023                 |
| 10000      | 0.0035                   | 0.0033                   | 0.008636         | 54.71                             | 0.00029                 |
| 12000      | 0.0043                   | 0.0041                   | 0.010668         | 65.65                             | 0.00035                 |
| 14000      | 0.005                    | 0.0049                   | 0.012573         | 76.60                             | 0.00042                 |
| 16000      | 0.0058                   | 0.0057                   | 0.014605         | 87.54                             | 0.00048                 |
| 18000      | 0.0065                   | 0.0064                   | 0.016383         | 98.48                             | 0.00054                 |
| 20000      | 0.0073                   | 0.0071                   | 0.018288         | 109.42                            | 0.00061                 |

| Esfuerzo |         | Deformación |         |
|----------|---------|-------------|---------|
| S1       | 7.83    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 111.816 | e2          | 0.00062 |

|                 |           |                    |
|-----------------|-----------|--------------------|
| Módulo Elástico | 182313.67 | kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------|--------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 50% de Cal

Curado en Agua:

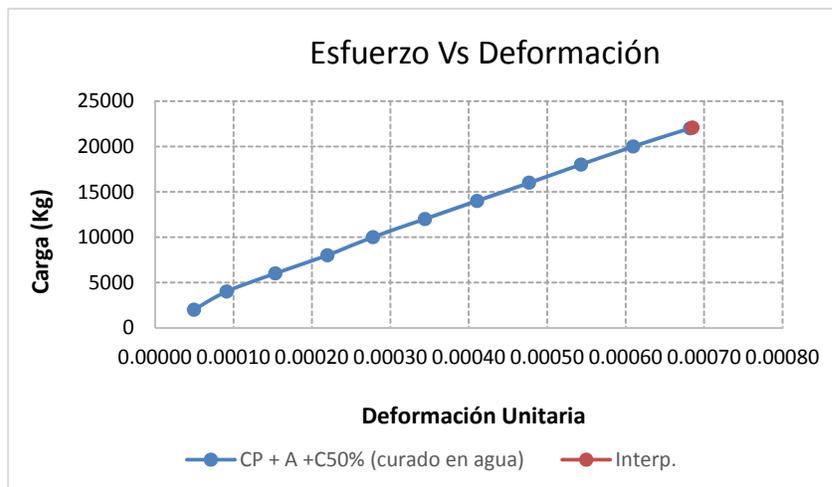
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 55214.9 |
| 40% de carga (kg)    | 22086.0 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3625 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 185.36  |
| Longitud (cm)           | 30.63   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0006                   | 0.0006                   | 0.001524         | 10.79                             | 0.00005                 |
| 4000       | 0.0011                   | 0.0011                   | 0.002794         | 21.58                             | 0.00009                 |
| 6000       | 0.0018                   | 0.0019                   | 0.004699         | 32.37                             | 0.00015                 |
| 8000       | 0.0026                   | 0.0027                   | 0.006731         | 43.16                             | 0.00022                 |
| 10000      | 0.0033                   | 0.0034                   | 0.008509         | 53.95                             | 0.00028                 |
| 12000      | 0.0041                   | 0.0042                   | 0.010541         | 64.74                             | 0.00034                 |
| 14000      | 0.0049                   | 0.005                    | 0.012573         | 75.53                             | 0.00041                 |
| 16000      | 0.0057                   | 0.0058                   | 0.014605         | 86.32                             | 0.00048                 |
| 18000      | 0.0065                   | 0.0066                   | 0.016637         | 97.11                             | 0.00054                 |
| 20000      | 0.0073                   | 0.0074                   | 0.018669         | 107.90                            | 0.00061                 |
| 22000      | 0.0082                   | 0.00825                  | 0.0208915        | 118.69                            | 0.00068                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 10.85    | e1          | 0.00005 |
| S2       | 119.1524 | e2          | 0.00069 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 170474.544 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

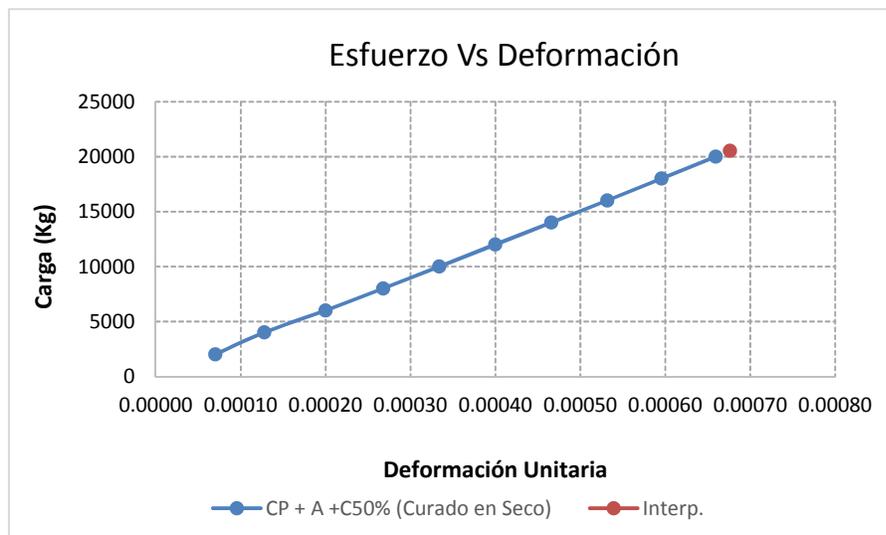
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 51316.9 |
| 40% de carga (kg)    | 20526.8 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3025 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 183.91  |
| Longitud (cm)           | 30.82   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0009                   | 0.0008                   | 0.002159         | 10.87                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0016                   | 0.0015                   | 0.003937         | 21.75                             | 0.00013                 |
| 6000       | 0.0025                   | 0.00235                  | 0.0061595        | 32.62                             | 0.00020                 |
| 8000       | 0.0033                   | 0.0032                   | 0.008255         | 43.50                             | 0.00027                 |
| 10000      | 0.0041                   | 0.004                    | 0.010287         | 54.37                             | 0.00033                 |
| 12000      | 0.0049                   | 0.0048                   | 0.012319         | 65.25                             | 0.00040                 |
| 14000      | 0.0057                   | 0.0056                   | 0.014351         | 76.12                             | 0.00047                 |
| 16000      | 0.0065                   | 0.0064                   | 0.016383         | 87.00                             | 0.00053                 |
| 18000      | 0.00725                  | 0.0072                   | 0.0183515        | 97.87                             | 0.00060                 |
| 20000      | 0.0081                   | 0.0079                   | 0.02032          | 108.75                            | 0.00066                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 7.09     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 111.6108 | e2          | 0.00068 |

|                 |            |                    |
|-----------------|------------|--------------------|
| Módulo Elástico | 166895.588 | kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|------------|--------------------|



Concreto Patrón con Aditivo más 60% de Cal

Curado en Agua:

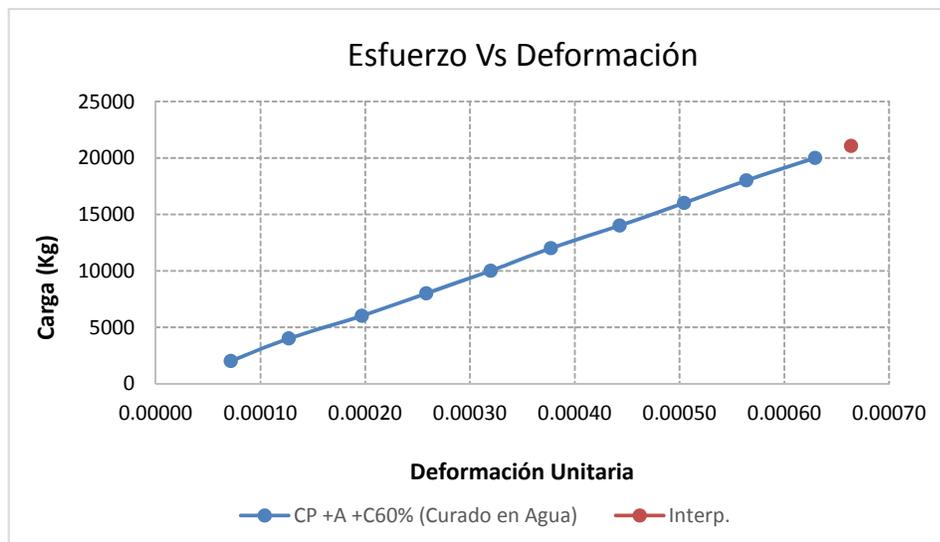
|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 52622.2 |
| 40% de carga (kg)    | 21048.9 |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Diámetro (cm)           | 15.3125 |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 184.15  |
| Longitud (cm)           | 30.97   |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0009                   | 0.00085                  | 0.0022225        | 10.86                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0015                   | 0.0016                   | 0.003937         | 21.72                             | 0.00013                 |
| 6000       | 0.0024                   | 0.0024                   | 0.006096         | 32.58                             | 0.00020                 |
| 8000       | 0.0031                   | 0.0032                   | 0.008001         | 43.44                             | 0.00026                 |
| 10000      | 0.0039                   | 0.0039                   | 0.009906         | 54.30                             | 0.00032                 |
| 12000      | 0.0046                   | 0.0046                   | 0.011684         | 65.16                             | 0.00038                 |
| 14000      | 0.0054                   | 0.0054                   | 0.013716         | 76.02                             | 0.00044                 |
| 16000      | 0.0061                   | 0.0062                   | 0.015621         | 86.88                             | 0.00050                 |
| 18000      | 0.00685                  | 0.0069                   | 0.0174625        | 97.74                             | 0.00056                 |
| 20000      | 0.00765                  | 0.0077                   | 0.0194945        | 108.60                            | 0.00063                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 6.59     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 114.3001 | e2          | 0.00066 |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Módulo Elástico | 175458.244 kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------|



Curado en Seco:

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Carga de Rotura (kg) | 48858.4 |
| 40% de carga (kg)    | 19543.4 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Diámetro (cm)           | 15.22  |
| Área (cm <sup>2</sup> ) | 181.94 |
| Longitud (cm)           | 30.51  |

| Carga (kg) | Lectura 01<br>(0.01pulg) | Lectura 02<br>(0.01pulg) | Promedio<br>(cm) | Esfuerzo<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>Unitaria |
|------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2000       | 0.0008                   | 0.0009                   | 0.002159         | 10.87                             | 0.00007                 |
| 4000       | 0.0016                   | 0.0018                   | 0.004318         | 21.75                             | 0.00014                 |
| 6000       | 0.0029                   | 0.0027                   | 0.007112         | 32.62                             | 0.00023                 |
| 8000       | 0.0034                   | 0.00365                  | 0.0089535        | 43.50                             | 0.00029                 |
| 10000      | 0.0043                   | 0.0046                   | 0.011303         | 54.37                             | 0.00037                 |
| 12000      | 0.0053                   | 0.0054                   | 0.013589         | 65.25                             | 0.00044                 |
| 14000      | 0.0062                   | 0.00635                  | 0.0159385        | 76.12                             | 0.00052                 |
| 16000      | 0.0071                   | 0.0073                   | 0.018288         | 87.00                             | 0.00059                 |
| 18000      | 0.008                    | 0.0082                   | 0.020574         | 97.87                             | 0.00067                 |

| Esfuerzo |          | Deformación |         |
|----------|----------|-------------|---------|
| S1       | 7.76     | e1          | 0.00005 |
| S2       | 107.4187 | e2          | 0.00073 |

|                 |           |                    |
|-----------------|-----------|--------------------|
| Módulo Elástico | 145957.52 | kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------|--------------------|

