

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL EFECTO DEL ADITIVO
ACELERANTE EN LA CALIDAD DEL CONCRETO CON
CEMENTO PORTLAND TIPO ICo y GU.”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

DAVID VILLEGAS LLICAHUA

ASESOR

ING. RAFAEL CACHAY HUAMAN

LIMA- PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres Teodulfo Villegas y Estelina Llicahua por la formación que me brindaron y estar a mi lado apoyándome incondicionalmente en lo que necesitaba.

A mi querida UNI, la que fue mi segundo hogar y donde aprendí tanto.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por apoyarme y motivarme.

Un agradecimiento especial a mi asesor Ing. Rafael Cachay Huamán por su tiempo brindado para orientarme.

Al personal técnico y administrativo del laboratorio de ensayo de materiales LEM – UNI, por su apoyo en las distintas etapas de la presente investigación.

A los amigos que de algún modo me brindaron su ayuda cuando lo requería y a mi pareja por impulsarme a ser mejor.

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE | 1 |
| RESUMEN | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| PRÓLOGO | 7 |
| LISTA DE TABLAS | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 10 |
| LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS..... | 13 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 16 |
| 1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO | 18 |
| 1.2.1. Objetivo General | 18 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 18 |
| CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICOS Y CONCEPTUAL..... | 19 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 19 |
| 2.1.1. Propiedades del concreto | 22 |
| 2.1.1.1. Trabajabilidad..... | 22 |
| 2.1.1.2. Consistencia..... | 23 |
| 2.1.1.3. Peso unitario | 23 |
| 2.1.1.4. Exudación..... | 24 |
| 2.1.1.5. Tiempo de fragua | 24 |
| 2.1.1.6. Contenido de aire | 25 |
| 2.1.1.7. Resistencia..... | 26 |
| 2.1.1.8. Absorción..... | 27 |
| 2.1.2. Componentes del concreto | 28 |
| 2.2. CEMENTO..... | 29 |
| 2.2.1. Tipos de cemento portland | 29 |
| 2.2.2. Cemento APU portland tipo GU..... | 30 |
| 2.2.2.1. Descripción..... | 30 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.2.2.2. | Beneficios | 30 |
| 2.2.2.3. | Usos..... | 30 |
| 2.2.2.4. | Características técnicas | 31 |
| 2.2.3. | Cemento INKA portland tipo ICo | 31 |
| 2.2.3.1. | Cemento de uso general..... | 31 |
| 2.2.3.2. | Características | 32 |
| 2.2.3.3. | Propiedades | 32 |
| 2.3. | AGUA PARA EL CONCRETO | 32 |
| 2.3.1. | Requisitos de calidad..... | 33 |
| 2.4. | AGREGADOS | 34 |
| 2.4.2. | Agregado Fino..... | 35 |
| 2.4.3. | Agregado Grueso..... | 35 |
| 2.4.4. | Agregado global | 35 |
| 2.4.5. | Propiedades de los agregados | 35 |
| 2.4.5.1. | Peso unitario | 35 |
| 2.4.5.2. | Peso específico | 36 |
| 2.4.5.3. | Absorción..... | 36 |
| 2.4.5.4. | Contenido de Humedad | 36 |
| 2.4.5.5. | Granulometría | 37 |
| 2.4.5.6. | Módulo de finura..... | 39 |
| 2.5. | ADITIVOS | 40 |
| 2.5.1. | Generalidades | 40 |
| 2.5.2. | Condiciones de empleo | 40 |
| 2.5.3. | Razones para el empleo de aditivos | 41 |
| 2.5.4. | Clasificación de aditivos..... | 42 |
| 2.5.5. | Aditivos Acelerantes..... | 42 |
| 2.5.5.1. | Mecanismo de acción | 43 |
| 2.5.6. | Aditivo acelerante Chema 3..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 2.5.6.1. Descripción..... | 45 |
| 2.5.6.2. Ventajas..... | 45 |
| 2.5.6.3. Usos..... | 46 |
| 2.5.6.4. Datos técnicos..... | 46 |
| 2.5.6.5. Modo de aplicación | 46 |
| CAPÍTULO III: MATERIALES Y ENSAYOS DE AGREGADOS | 47 |
| 3.1. MATERIALES EMPLEADOS PARA EL CONCRETO | 47 |
| 3.2. ENSAYOS DE AGREGAGOS Y PROPIEDADES | 47 |
| 3.2.1. Peso unitario (NTP 400.017) | 47 |
| 3.2.2. Absorción y Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)..... | 48 |
| 3.2.3. Absorción y peso específico del agregado fino (NTP 400.022)..... | 48 |
| 3.2.4. Contenido de humedad (NTP 339.185)..... | 48 |
| 3.2.5. Análisis granulométrico (NTP 400.012)..... | 49 |
| 3.2.6. Propiedades físicas de los agregados..... | 49 |
| 3.2.7. Agregado global por máxima compacidad | 52 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL | 54 |
| 4.1. DISEÑO DE MEZCLA..... | 54 |
| 4.1.1. Obtención de las propiedades de los agregados..... | 54 |
| 4.1.2. Metodología de diseño de mezcla..... | 55 |
| 4.1.3. Diseños de mezcla..... | 60 |
| CAPÍTULO V: ENSAYOS DE CONCRETO Y RESULTADOS..... | 62 |
| 5.1. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO..... | 62 |
| 5.1.1. Ensayo de asentamiento (NTP 339.035) | 62 |
| 5.1.2. Ensayo de peso unitario (NTP 339.046) | 64 |
| 5.1.3. Ensayo de contenido de aire (NTP 339.083) | 66 |
| 5.1.4. Ensayo de exudación (NTP 339.077)..... | 68 |
| 5.1.5. Ensayo de tiempo de fragua (NTP 339.082)..... | 70 |
| 5.2. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO | 73 |
| 5.2.1. Ensayo de Resistencia a la compresión (NTP 339.034) | 73 |

| | | |
|-------------------------------------|--|-----|
| 5.2.2. | Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084) | 75 |
| 5.2.3. | Absorción y Vacíos (NTP 339.187) | 78 |
| CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS | | 82 |
| 6.1. | ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO | 82 |
| 6.1.1. | Asentamiento | 82 |
| 6.1.2. | Peso unitario | 84 |
| 6.1.3. | Contenido de aire | 87 |
| 6.1.4. | Exudación | 89 |
| 6.1.5. | Tiempo de fragua | 91 |
| 6.2. | ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO | 94 |
| 6.2.1. | Resistencia a la compresión axial | 94 |
| 6.2.2. | Resistencia a la tracción por compresión diametral | 99 |
| 6.2.3. | Absorción y Vacíos (NTP 339.187) | 104 |
| CONCLUSIONES | | 107 |
| RECOMENDACIONES | | 108 |
| BIBLIOGRAFÍAS | | 109 |
| ANEXOS | | 115 |

RESUMEN

La presente investigación surgió debido a la necesidad de acelerar la puesta en servicio de las diversas obras civiles, para lo cual se requirió conocer el efecto del aditivo acelerante en diversos tipos de cemento. El estudio de tipo experimental se realizó mediante el diseño de concreto aplicando el método del agregado global por máxima resistencia, usando para la mezcla cemento tipo ICo y tipo GU, agregado fino de la cantera Trapiche, agregado grueso de la cantera Trapiche con tamaño máximo nominal de 1" y agua potable de la universidad nacional de ingeniería en las relaciones a/c de 0.4 y 0.5 con asentamiento de 3" - 4", obteniendo así los diseños patrón. Además, se realizaron diseños con aditivo acelerante de fraguado Chema 3 aplicado en concentraciones de 0.5, 0.75 y 1 Litro por cada bolsa de cemento usado en cada diseño patrón.

Se observó que en las condiciones de ensayo el aditivo CHEMA 3 no tuvo una tendencia específica en los tiempos de fragua, sino que varió según el tipo de cemento y relación a/c.

En el caso de los ensayos en estado endurecido, el aditivo CHEMA 3 incrementó la resistencia a la compresión respecto al patrón en concretos elaborados con cemento tipo ICO hasta en 19.1%, mientras en concretos elaborados con cemento tipo GU no hubo una tendencia específica.

Para los ensayos de absorción y vacíos en relación a/c = 0.4, se evidenció una tendencia a disminuir ambos valores, con mayor intensidad para concretos con cemento tipo ICo. En el caso de relación a/c = 0.5, la absorción y vacíos se incrementó con mayor intensidad para el concreto con cemento tipo GU.

Por último, se llegó a cumplir con el objetivo, comparando el efecto del aditivo entre concretos con diferentes tipos de cemento observando que no cumplió la hipótesis al retardar los tiempos de fragua en varios casos para las condiciones de ensayo.

ABSTRACT

The present investigation arose due to the need to accelerate the commissioning of the various civil works, for which it was required to know the effect of the accelerating additive in various types of cement. The experimental type study was carried out through the design of concrete applying the method of global aggregate for maximum resistance, using cement type ICo and type GU, fine aggregate from the Trapiche quarry, coarse aggregate from the Trapiche quarry with maximum nominal size for the mixture. of 1" and drinking water from the National University of Engineering in the a/c ratios of 0.4 and 0.5 with a settlement of 3" - 4", thus obtaining the standard designs. In addition, designs were made with Chema 3 setting accelerating additive applied in concentrations of 0.5, 0.75 and 1 liter for each bag of cement used in each standard design.

It was observed that under the test conditions, the CHEMA 3 additive did not have a specific trend in setting times, but rather varied according to the type of cement and w/c ratio.

In the case of the tests in the hardened state, the CHEMA 3 admixture increased the compressive strength with respect to the standard in concrete made with ICO-type cement by up to 19.1%, while in concrete made with GU-type cement there was no specific trend.

For the absorption and void tests in relation to w/c = 0.4, a tendency to decrease both values were evidenced, with greater intensity for concrete with ICo type cement. In the case of w/c ratio = 0.5, the absorption and voids increased with greater intensity for the concrete with GU type cement.

Finally, the objective was achieved, comparing the effect of the additive between concretes with different types of cement, observing that it did not meet the hypothesis by delaying the setting times in several cases for the test conditions.

PRÓLOGO

En el Perú, el uso de aditivos se remonta a fines de la década de los 50, incrementándose lentamente su uso día a día en los procesos constructivos.

De investigaciones pasadas sobre el efecto físico, químico y mecánico de los aditivos acelerantes sobre el concreto, se aprecia que no siempre se cumple estrictamente con lo señalado por el fabricante en sus especificaciones, además de su falta de estudios actualizados con respecto al concreto con aditivos y como varían técnicamente con la gran variedad de cementos que existen en la actualidad.

La presente investigación realizada por el Tesista, nos muestra los ensayos realizados para obtener la dosificación del concreto patrón con diferentes tipos de cemento (I Co y GU) y relación agua/cemento (0.40 y 0.50), así como sus propiedades y ensayos en estado fresco y endurecido, además de como varían estas propiedades al adicionar aditivo CHEMA 3 en diferentes dosificaciones (0.50, 0.75 y 1.00 litros por bolsa de cemento) y su comparación entre ambos tipos de cemento.

La investigación va dirigida a ingenieros, bachilleres, personal de la construcción y público en general, buscando contribuir con el conocimiento y la buena práctica constructiva de los aditivos y mejorar el concreto como material de construcción en el amplio sector de la construcción.

Ing. Rafael Cachay Huamán

Asesor

LISTA DE TABLAS

| | | |
|------------|--|----|
| Tabla 2.1 | Calidad de un concreto por absorción | 27 |
| Tabla 2.2 | Calidad de un concreto por porosidad..... | 27 |
| Tabla 2.3 | Límites permisibles para el agua de mezcla y curado | 33 |
| Tabla 2.4 | Límite granulométrico del agregado fino | 37 |
| Tabla 2.5 | Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos | 38 |
| Tabla 2.6 | Límite granulométrico del agregado global | 39 |
| Tabla 3.1 | Propiedades físicas de los agregados..... | 49 |
| Tabla 3.2 | Granulometría: agregado fino | 50 |
| Tabla 3.3 | Granulometría: agregado grueso..... | 51 |
| Tabla 3.4 | Máxima compacidad del agregado global | 52 |
| Tabla 3.5 | Granulometría: agregado global | 53 |
| Tabla 4.1 | Propiedades físicas de los agregados..... | 54 |
| Tabla 4.2 | Máxima compacidad del agregado global | 55 |
| Tabla 4.3 | Diseño preliminar: Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =200 L..... | 57 |
| Tabla 4.4 | Diseño preliminar: Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =235 L..... | 57 |
| Tabla 4.5 | Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo ICo, a/c=0.4, agua =235..... | 58 |
| Tabla 4.6 | Diseños de mezcla con cemento tipo ICo y a/c=0.4 | 60 |
| Tabla 4.7 | Diseños de mezcla con cemento tipo ICo y a/c=0.5 | 60 |
| Tabla 4.8 | Diseños de mezcla con cemento tipo GU y a/c=0.4 | 60 |
| Tabla 4.9 | Diseños de mezcla con cemento tipo GU y a/c=0.5 | 61 |
| Tabla 5.1 | Ensayo de consistencia usando Cemento tipo ICo..... | 62 |
| Tabla 5.2 | Ensayo de consistencia usando Cemento tipo GU | 63 |
| Tabla 5.3 | Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo ICo..... | 64 |
| Tabla 5.4 | Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo GU | 65 |
| Tabla 5.5 | Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo ICo..... | 66 |
| Tabla 5.6 | Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo GU | 67 |
| Tabla 5.7 | Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo | 68 |
| Tabla 5.8 | Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU | 69 |
| Tabla 5.9 | Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo ICo | 71 |
| Tabla 5.10 | Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo GU | 72 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.11 Resistencia a la compresión usando cemento tipo ICo | 73 |
| Tabla 5.12 Resistencia a la compresión usando cemento tipo GU | 74 |
| Tabla 5.13 Resistencia a la tracción usando cemento tipo ICo | 76 |
| Tabla 5.14 Resistencia a la tracción usando cemento tipo GU..... | 77 |
| Tabla 5.15 Absorción y vacíos usando cemento tipo ICo | 78 |
| Tabla 5.16 Absorción y vacíos usando cemento tipo GU | 80 |
| Tabla 6.1 Variación porcentual de asentamiento con $a/c=0.4$ | 82 |
| Tabla 6.2 Variación porcentual de asentamiento con $a/c=0.5$ | 83 |
| Tabla 6.3 Variación de peso unitario en concreto con $a/c=0.4$ | 85 |
| Tabla 6.4 Variación de peso unitario en concreto con $a/c=0.5$ | 86 |
| Tabla 6.5 Variación de contenido de aire en concreto con $a/c=0.4$ | 87 |
| Tabla 6.6 Variación de contenido de aire en concreto con $a/c=0.5$ | 88 |
| Tabla 6.7 Variación de exudación en concreto con $a/c=0.4$ | 89 |
| Tabla 6.8 Variación de exudación en concreto con $a/c=0.5$ | 90 |
| Tabla 6.9 Variación de tiempo de fragua en concreto con $a/c=0.4$ | 91 |
| Tabla 6.10 Variación de tiempo de fragua en concreto con $a/c=0.5$ | 92 |
| Tabla 6.11 Variación de Resistencia a la compresión usando concreto con $a/c=0.4$ | 94 |
| Tabla 6.12 Variación de Resistencia a la compresión usando concreto con $a/c=0.5$ | 97 |
| Tabla 6.13 Variación de resistencia a la tracción usando concreto con $a/c=0.4$. | 99 |
| Tabla 6.14 Variación de resistencia a la tracción usando concreto con $a/c=0.5$ | 102 |
| Tabla 6.15 Variación de absorción y vacíos de concreto con $a/c=0.4$ | 104 |
| Tabla 6.16 Variación de absorción y vacíos de concreto con $a/c=0.5$ | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Variación de las proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto..... | 28 |
| Figura 2.2. Propiedades físicas y químicas del cemento APU tipo GU..... | 31 |
| Figura 3.1 Curva granulométrica del agregado fino..... | 50 |
| Figura 3.2. Curva granulométrica del agregado grueso | 51 |
| Figura 3.3. Curva de máxima compacidad del agregado global | 52 |
| Figura 3.4. Curva granulométrica del agregado global..... | 53 |
| Figura 4.1 Curva de máxima compacidad del agregado global | 55 |
| Figura 4.2 Resistencia a la compresión a 7 días usando C.tipo ICo y a/c = 0.4.. | 58 |
| Figura 4.3 Superposición de gráfica de máximos P.U.C. y la resistencia a la compresión 7 días..... | 59 |
| Figura 5.1 Ensayo de consistencia usando cemento tipo ICo..... | 63 |
| Figura 5.2. Ensayo de consistencia usando cemento tipo GU..... | 64 |
| Figura 5.3 Ensayo de peso unitario usando cemento tipo ICo | 65 |
| Figura 5.4 Peso unitario al usar cemento tipo GU. | 65 |
| Figura 5.5. Ensayo contenido de aire usando cemento tipo ICo | 67 |
| Figura 5.6. Ensayo de contenido de aire usando cemento tipo GU..... | 68 |
| Figura 5.7 Ensayo de exudación usando cemento tipo ICo | 69 |
| Figura 5.8 Ensayo de exudación usando cemento tipo GU..... | 70 |
| Figura 5.9 Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo ICo..... | 71 |
| Figura 5.10 Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo GU..... | 72 |
| Figura 5.11 Ensayo de resistencia a la compresión usando cemento tipo ICo.... | 74 |
| Figura 5.12 Ensayo de resistencia a la compresión usando cemento tipo GU.... | 75 |
| Figura 5.13. Ensayo de resistencia a la tracción usando cemento tipo ICo..... | 76 |
| Figura 5.14 Ensayo de resistencia a la tracción usando cemento tipo GU | 77 |
| Figura 5.15 Absorción del concreto usando cemento tipo ICo | 79 |
| Figura 5.16 Vacíos del concreto usando cemento tipo ICo | 79 |
| Figura 5.17 Absorción del concreto usando cemento tipo GU | 80 |
| Figura 5.18 Vacíos del concreto usando cemento tipo GU | 81 |
| Figura 6.1 Variación porcentual de asentamiento con a/c = 0.4..... | 83 |
| Figura 6.2 Variación porcentual de asentamiento con a/c = 0.5..... | 84 |
| Figura 6.3 Variación porcentual de peso unitario con a/c = 0.4..... | 85 |
| Figura 6.4 Variación porcentual de peso unitario con a/c = 0.5..... | 86 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.5 Variación porcentual del contenido de aire con $a/c = 0.4$ | 87 |
| Figura 6.6 Variación porcentual del contenido de aire con $a/c = 0.5$ | 88 |
| Figura 6.7 Variación porcentual de exudación con $a/c = 0.4$ | 89 |
| Figura 6.8 Variación porcentual de exudación con $a/c = 0.5$ | 90 |
| Figura 6.9 Variación porcentual del TFI con $a/c = 0.4$ | 91 |
| Figura 6.10 Variación porcentual del TFF con $a/c = 0.4$ | 92 |
| Figura 6.11 Variación porcentual del TFI con $a/c = 0.5$ | 93 |
| Figura 6.12 Variación porcentual del TFF con $a/c = 0.5$ | 93 |
| Figura 6.13 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 3 días con $a/c = 0.4$ | 95 |
| Figura 6.14 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 7 días con $a/c = 0.4$ | 95 |
| Figura 6.15 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con $a/c = 0.4$ | 96 |
| Figura 6.16 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 3 días con $a/c = 0.5$ | 97 |
| Figura 6.17 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 7 días con $a/c = 0.5$ | 98 |
| Figura 6.18 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con $a/c = 0.5$ | 98 |
| Figura 6.19 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 3 días con $a/c = 0.4$ | 100 |
| Figura 6.20 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días con $a/c = 0.4$ | 100 |
| Figura 6.21 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días con $a/c = 0.4$ | 101 |
| Figura 6.22 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 3 días con $a/c = 0.5$ | 102 |
| Figura 6.23 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días con $a/c = 0.5$ | 103 |
| Figura 6.24 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días con $a/c = 0.5$ | 103 |
| Figura 6.25 Variación porcentual de absorción con $a/c = 0.4$ | 104 |
| Figura 6.26 Variación porcentual de vacíos con $a/c = 0.4$ | 105 |
| Figura 6.27 Variación porcentual de absorción con $a/c = 0.5$ | 106 |

Figura 6.28 Variación porcentual de vacíos con $a/c = 0.5$ 106

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| %AF | : Porcentaje de agregado fino. |
| %AG | : Porcentaje de agregado grueso. |
| a/c | : Relación agua/cemento. |
| A/P | : Relación arena/piedra. |
| AASTHO | : American Association of State Highway and Transportation Officials. |
| Abs. | : Absorción. |
| ACI | : American Concrete Institute. |
| ASTM | : American Society for Testing and Materials. |
| C.H. | : Contenido de humedad. |
| cm ² | : Centímetro cuadrado. |
| cm ³ | : Centímetro cúbico. |
| D.bolsa | : Diseño por bolsa de cemento. |
| D.U.O. | : Diseño unitario en obra. |
| D.U.S. | : Diseño unitario en seco. |
| f'c | : Resistencia a la compresión. |
| gr | : Gramo. |
| h:min | : Horas : minutos. |
| Kg | : Kilogramo. |
| Lb | : Libras. |
| M.F. | : Módulo de finura. |
| m ² | : Metro cuadrado. |
| m ³ | : Metro cúbico. |
| min | : minutos. |

| | |
|-------------------|-----------------------------------|
| ml | : mililitro. |
| mm | : milímetro. |
| N.T.P. | : Norma Técnica Peruana. |
| P.E. | : Peso específico. |
| P.U. | : Peso unitario. |
| P.U.C. | : Peso unitario compactado. |
| P.U.S. | : Peso unitario suelto. |
| Pbalde | : Peso del balde. |
| Pmuestra | : Peso de muestra. |
| Pmuestra comp: | Peso de muestra compactada. |
| Pmuestra suelta: | Peso de muestra suelta. |
| Pulg | : pulgadas |
| Pulg ² | : Pulgadas cuadradas. |
| s.s.s | : Saturado superficialmente seco. |
| T.M. | : Tamaño máximo. |
| T.M.N. | : Tamaño máximo nominal. |
| V.Ab. | : Volumen absoluto. |
| Vbalde | : Volumen de balde. |
| µm | : Micrómetro. |

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

En el mercado nacional se comercializó cementos con diferentes características, los cuales fueron fabricados para usos específicos en la construcción civil, siendo de gran importancia el entender los beneficios de estos. (Valle & Mego, 2020)

El concreto es un material de uso convencional que se produce mezclando cemento, agua y agregados, a estos elementos se le puede añadir un cuarto componente al cual se le denomina aditivo. Dado que en estado fresco es fluida o plástica y trabajable para cualquier forma que se desee, obteniendo altas resistencia en su estado endurecido, es el material de construcción con mayor uso en las obras, por tanto, se hace indispensable conocer sus diferentes propiedades físicas y mecánicas. (Torre, 2004)

Con el paso de los años, los estudios en referencia a la elaboración del concreto han ido tomando mayor relevancia debido al incremento de la construcción. La resistencia del concreto depende de la calidad y proporción de los materiales que lo componen, de la calidad de la mano de obra y de los cuidados posteriores al vaciado. Por tanto, la industria de la construcción ha realizado diversos estudios para mejorar los materiales, principalmente para aportarle mayor resistencia y durabilidad. (Castellón & De la Ossa, 2013)

Perú es un país con una variedad de climas, por ende, el proceso constructivo en cada parte del país es diferente; muchas veces, como es el caso donde hay climas fríos se necesitará de un fraguado más rápido, otros casos serán para la fabricación de elementos prefabricados, postensados o pretensados. (Baca & Boy, 2015)

El estudio de aditivos acelerantes fue frecuente, debido a que ha existido en el mercado gran cantidad de estos productos que son ofertados por diversas empresas, sin embargo, de la revisión de resultados de estudios anteriores se pudo observar que estos productos no cumplen estrictamente con todos los requisitos técnicos especificados en las normas y/o en las fichas del fabricante, esta no conformidad habría sido debido a que muchas veces se proporcionan resultados de ensayos efectuados en otros países con materiales diferentes a los empleados en el mercado nacional, los cuales no son especificados. (Torres, 2004)

El presente estudio de investigación se enfocó en comparar el efecto del aditivo CHEMA 3 en la calidad del concreto elaborado con cemento INKA tipo ICo y cemento APU tipo GU, empezando por evaluar las propiedades de los materiales para su posterior uso en los diseños de mezclas y obtener las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para ser analizadas.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Dentro del sector de la construcción, el concreto es la base para la elaboración de la gran mayoría de edificaciones. Está es la suma de 4 materiales principalmente, el cemento, agua, arena, piedra, esto es de una manera convencional. (Guevara & Hidalgo, 2011)

Durante el proceso de fabricación del concreto, un factor importante es el clima, el cual influye directamente sobre las características del concreto, ya sean en las etapas de: mezclado, transporte, colocación, curado, modificando así sus propiedades físicas y mecánicas. Siendo de gran interés para todo aquel fabricante y constructor debido a los efectos que pueda causar en sus construcciones. (Huamaní & Solon, 2019)

El problema es que debido al proceso natural del concreto al pasar estas etapas y lograr que obtenga su resistencia de diseño se tarda aproximadamente 21 días, a causa de ello es que, en la etapa de planificación, la puesta en obra de esta etapa se considera dentro de una ruta crítica. Lo que causa que el concreto tenga una mala puesta en obra o el incumplimiento en las propiedades de calidad del concreto plasmados se basan sobre todo en la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado. El control de calidad es importante, ya que de dejar de lado esta actividad, no habrá una certeza de si el concreto es apto o no para su uso en la construcción. (Cachay & Mogrovejo, 2019)

A nivel de Latinoamérica se controló la calidad del concreto siguiendo lo establecido por el comité del ACI 318-19, el cual indica los procesos a tomar para el uso de los materiales, dosificación del concreto, mezclado, manipulación, puesta en obra y curado, considerando además las publicaciones realizadas por los demás comités del ACI. (Huamaní & Solon, 2019)

En el caso del Perú, el NTE E060 estableció los procedimientos y exigencias a seguir para el adecuado análisis, diseño, selección de materiales, construcción,

control de calidad y supervisión de estructuras de concreto con algunas restricciones según tipo de estructuras. Además, que hace referencia a otras normas, tanto del NTP como del ACI. (NTE, 2020)

Muchas veces el personal a cargo de la elaboración del concreto, ha realizado malas dosificaciones por el empirismo en el preparado, obteniendo un producto de mala calidad, esto debido a la falta de capacitación sobre los tipos de cementos empleados y tipos de cemento que podrían emplear para mejorar la calidad del concreto. Fue de importancia para todo aquel relacionado al sector construcción, capacitarse respecto a los cementos con los cuales trabaja ya que es el elemento activo dentro de la mezcla del concreto y cualquier variación en sus características con algún aditivo afectará directamente a sus propiedades. (Castellón & De la Ossa, 2013)

La informalidad en el Perú llegó en el año 2021 hasta el 80% e incluso en zonas periféricas llegando hasta 90% según indicó la Cámara Peruana de la Construcción. En Lima, la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú estimó que 50 mil viviendas fueron construidas anualmente de manera informal. Además, expertos como Carlos Zavala, director general del CISMID, explicaron sobre el alto riesgo que implica para las familias el reducir los costos que hacen en los materiales. (RPP, 2021)

La construcción informal tuvo la característica de utilizar materiales y/o dosificaciones que no fueron adecuados para un concreto de calidad, ya sean elaborados con o sin aditivos, intentando ahorrar al emplear materiales sin certificación de calidad sin considerar que el empleo de aditivo pudo ahorrar costos indirectos, como mediante el empleo de aditivos acelerantes que pudo conllevar a que la estructura de concreto se desencofre en un menor tiempo, una puesta en servicio más rápida, reducción del curado, aumento de resistencia temprana. (Cubas, 2019)

La alteración del concreto, para fines convenientes fue realizada mediante aditivos. Estos tienen características específicas para el requerimiento solicitado. Un punto importante de los aditivos es su uso, ya que fue muy conveniente en la industria de prefabricados, pavimentos especiales, sistemas constructivos que demandan acabados rápidos. El concreto acelerado fue un concreto que permite un rápido acabado y una disminución de tiempo en obra. (Mixercon, 2020)

Según varios estudios evaluados desde 1966, se evidenció que muchos aditivos acelerantes no se comportan como indican sus especificaciones técnicas, sino que tienen un comportamiento retardante del tiempo de fraguado y/o reductores de la resistencia inicial, comportamiento que podría indicar que el efecto del aditivo acelerante sobre las propiedades del concreto dependió de varios factores, tales como la relación a/c, temperatura ambiental, tipo de cemento, entre otros. (Torres & Arrieta, 2003)

En ese sentido, en la presente investigación se estudió la influencia del aditivo acelerante en la calidad del concreto con dos tipos de cemento Portland: ICo y GU.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1. Objetivo General

Realizar un análisis comparativo del efecto del aditivo acelerante en la calidad del concreto con cemento portland tipo ICo y GU.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia en el tiempo de fraguado del concreto a porcentajes diferentes de aditivo acelerante.
- Determinar la influencia en la resistencia a la compresión del concreto a porcentajes diferentes de aditivo acelerante.

CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICOS Y CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

Santillán (2019), en su investigación “Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c:280 \text{ Kg/cm}^2$ con aditivo Chema 3 utilizando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka ultra resistente ICo”, tuvo como objetivos la influencia del aditivo Chema en la resistencia a la compresión en distintas edades del concreto, buscando como objetivo específico el determinar la resistencia a la compresión del concreto $f/c: 280 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo Chema 3 utilizando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka Ultra resistente tipo ICo. Para lo cual utilizó agregados de la cantera la Banda (tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ") y agua potable. Concluyendo que los resultados del concreto con cemento Pacasmayo tipo I fue de que a los 7 días la resistencia promedio del concreto fue de 276.75 Kg/cm^2 , a los 14 días se registró un 333.57 Kg/cm^2 y a los 28 días 370.39 Kg/cm^2 . En el caso del cemento Inka ultra resistente tipo ICo, a los 7 días fue de 261.67 Kg/cm^2 , a los 14 días 310.16 Kg/cm^2 y a los 28 días se registró 348.60 Kg/cm^2 , observando un mejor incremento de la resistencia a la compresión al aplicar aditivo Chema 3 en las dosificaciones de 750 ml/bolsa de cemento de mezcla.

Bautista (2019), en su investigación “Evaluación de la influencia del porcentaje de aditivo de tipo acelerante en el diseño y la resistencia a la compresión del concreto de rápido fraguado”, tuvo como objetivos identificar el nivel de influencia del porcentaje de aditivo de tipo acelerante tanto en el diseño como en la resistencia la compresión del concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ para concretos elaborados en la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión y Región Pasco. Para lo cual, se realizaron ensayos de materiales según las normas vigentes en aquel entonces, realizando así el diseño de mezcla siguiendo lo indicado en el ACI, realizando 27 probetas de concreto con porcentajes de 1%, 2%, 3% y 4% de aditivo acelerante (Sika3 y Chema3) con los que se elaboraron probetas en las que se realizaron los ensayos de compresión simple, tracción indirecta, entre otros. Concluyendo que el aditivo Sika3 aceleró el tiempo de fragua pasando de un tiempo de 2 horas y 30 minutos hasta los 50 minutos. Además de determinar que tanto el aditivo SIKA 3 como el CHEMA 3 logran mayores valores de resistencia a la compresión en probetas ensayadas a los 3 días en concretos

elaborados con cemento tipo I, en los que la dosificación al 4% de aditivo logró los máximos incrementos.

Apolinario (2017), en su investigación “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concreto elaborados con aditivos acelerantes de fragua en zonas altoandinas de Huánuco”, tuvo como objetivos estudiar y comparar la resistencia del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días empleando un aditivo acelerante de fragua Chema3 para una resistencia de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Para lo cual se realizó los ensayos de agregados y posterior a esos los diseños de mezcla y los ensayos en estado fresco y endurecido en los lugares de Gelleycancha, Shiki y Pulpuliag en la región Huánuco. concluyendo que los aditivos acelerantes de fragua optimizan el comportamiento del concreto propiciando una aceleración de las reacciones de hidratación, específicamente para las condiciones climáticas frías en las que fueron estudiadas. Esto se ve reflejado en los valores de resistencia a la compresión promedio a los 3 días, obteniendo valores de 73.47 Kg/cm^2 , 69.62 Kg/cm^2 , 70.19 Kg/cm^2 sin aditivo, mientras al emplear aditivo se obtiene valores de resistencia a la compresión a los 3 días de 111.48 Kg/cm^2 , 110.09 Kg/cm^2 , 106.66 Kg/cm^2 Gelleycancha, Shiki y Pulpuliag respectivamente en ambos casos. De igual manera se observa incrementos de resistencia hasta la edad de 28 días en los que se obtiene resistencias de 204.80 kg/cm^2 , 206.55 kg/cm^2 y 206.59 kg/cm^2 sin aditivo y resistencias de 220.33 kg/cm^2 , 219.50 kg/cm^2 , 226.58 kg/cm^2 empleando aditivo para Gelleycancha, Shiki y Pulpuliag respectivamente en ambos casos.

Castellón y De la Osa (2013), en su investigación “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, tuvieron como objetivos el análisis de los efectos en las resistencias a la compresión a edades tempranas y tardías, producidos por el uso de aditivos acelerantes y retardantes en concretos de 4000 psi elaborados con cementos tipo I y III, con arena natural y grava de $\frac{1}{2}$ ". Para lo cual realizaron ensayos de agregados según como indican las normas NTC 176 y NTC 236, siguiendo con el diseño de mezclas para cada tipo de cemento con y sin aditivo, obteniendo datos de los ensayos realizados de asentamiento y de resistencia a la compresión. Concluyendo que es fundamental la adecuada elaboración del concreto, las proporciones se deben de definir en el diseño de la mezcla según las normativas establecidas. Respecto al tiempo de

fragua los puntos clave son el tiempo disponible para mezclar, colocar, vibrar y afinar el concreto. Los resultados obtenidos mostraron una influencia positiva de los aditivos en la elaboración de la mezcla y resistencia mecánica superior a los 4000 psi a la edad de 28 días. Específicamente, estos resultados fueron más lógicos para los ensayos realizados con el cemento tipo III, ya que al tener una diferente composición química al cemento tipo I y, además, tener partículas más finas, se desarrolla casi la totalidad del f'c a edades tempranas.

Torres (2004), en su investigación "Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto", tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de aditivos acelerantes estudiados en la FIC-UNI desde 1966, además de estudiar el comportamiento del aditivo Plastocrete 161 FL en concretos elaborados con distintos tipo de cementos y relaciones a/c para poder dar a conocer el comportamiento que siguen los aditivos acelerantes. Para lo cual evaluó los resultados de investigaciones pasadas en la FIC-UNI desde 1966 y realizó ensayos en estado fresco y endurecido para concretos con distintos diseños de mezcla de cemento Andino tipo I y tipo II, relaciones a/c de 0.4 y 0.6, además de el uso de aditivo acelerante al 3,4 y 5% en peso. Concluyendo que los aditivos acelerantes estudiados en la FIC-UNI no tienen siempre un comportamiento como señala su ficha técnica, habiendo casos en los que se comportan como retardantes o sin influenciar en las propiedades del concreto, esto pudiendo depender de diferentes factores como el tipo de cemento, relación a/c, condiciones de diseño, entre otros. Además que el comportamiento de los aditivos acelerantes tienen un mejor comportamiento antes relaciones a/c altas con respecto a diseños realizados con relaciones a/c bajos. Respecto al aditivo Plastocrete 161 FL, se concluye el diseño óptimo para una dosificación al 5%, en la que los ensayos de tiempo de fragua logra cumplir con la norma NTP 334.088, mientras para los valores de resistencia a la compresión se obtienen incrementos en todas sus edades, cumpliendo con lo establecido en la NTP 334.088 para los 7 28 días pero sin cumplir con el incremento mínimo de resistencia a los 3 días. Además el comportamiento del aditivo Plastocrete 161 FL tiene un mejor comportamiento como acelerante para la relación a/c de 0.6 en comparación a los diseños realizados con relación a/c de 0.4.

De los estudios realizados con anterioridad se observó que los aditivos acelerantes ensayados en zonas de clima con bajas temperaturas, aceleraron el

fraguado del concreto, además de aumentar la resistencia a la compresión en todas las edades de ensayo para diferentes tipo de cementos. Efecto que no se ve reflejado en algunas investigaciones realizadas en la FIC-UNI para algunas marcas de aditivo, el cual tienen un comportamiento muy variable según el tipo de cemento usado, alcanzando a comportarse como un retardante de fragua, faltando investigar para diferentes tipos de cementos y aditivos.

CONCRETO

El concreto es el material constituido por la mezcla en proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos (mejorando o modificando las propiedades del concreto), que inicialmente forma una estructura plástica y moldeable, y que luego forma una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que resulta un material ideal para la construcción. (Pasquel, 1998)

Las propiedades del concreto están determinadas principalmente por las características físicas y químicas de los materiales que lo componen, y puede ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Rivva, 2000)

2.1.1. Propiedades del concreto

Las características del concreto son en función a su finalidad para el cual está destinado. Por ende, la selección de las proporciones de las propiedades de la unidad cubica de concreto debe permitir la obtención de un concreto que posea las propiedades requeridas para cada caso particular de diseño. Por consiguiente, al seleccionar las propiedades de la mezcla debe tenerse en consideración; el costo del concreto, las condiciones de colocación, la correlación que existe entre sus propiedades del concreto, la calidad y experiencia que posea los encargados de su elaboración. Se analizarán los principales aspectos que tienen influencia sobre las principales propiedades del concreto. (Rivva, 2007)

2.1.1.1. *Trabajabilidad*

Torre (2004) indica que es una propiedad del concreto fresco referido a la facilidad con que este puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue). Además, el grado de trabajabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los

métodos de colocación y compactación. Entre los factores más importantes que influyen en la trabajabilidad del concreto, se encuentran los siguientes:

- La gradación, la forma y textura de las partículas
- Las proporciones del agregado
- La cantidad del cemento
- El aire incluido
- Los aditivos y la consistencia de la mezcla.

Un método para determinar la trabajabilidad de una mezcla es la de medir su asentamiento por medio del ensayo de consistencia con el cono de Abrams. Siendo el agua de diseño mayor cuando los agregados son más angulares y de textura áspera (desventaja que puede recuperarse por mejoras producidas en otras características, como la adherencia a la pasta de cemento). (Torre, 2004)

2.1.1.2. *Consistencia*

Se denomina consistencia a la mayor o menor facilidad con que el concreto en estado fresco se deforma o se adapta a una forma específica. La consistencia depende del: Agua de amasado, tamaño máximo del agregado, granulometría, forma de los agregados influye mucho el método de compactación. (Torre, 2004)

Esta propiedad se mide mediante el ensayo de cono de Abrams según la NTP 339.035, el cual índice que el concreto se debe compactar dentro del cono de Abrams en tres capas, retirándolo y midiendo el asentamiento con la ayuda de una varilla lisa de 5/8", teniendo como rangos de asentamiento los siguientes: (Palomino, 2017)

- 0" - 2" seco
- 3" - 4" normal
- 4" - 6" plástico
- 6" > superplastificante

2.1.1.3. *Peso unitario*

El peso unitario es el peso que tiene el concreto en un determinado volumen. El cual se puede hallar al compactar una muestra de concreto en un recipiente normado para ser pesado y luego dividirlo entre el volumen ocupado.

Se utiliza para compararlo con otros tipos de hormigón y comprobar la correcta proporción de los componentes. Se puede producir variaciones en las propiedades de los agregados y afectar el peso unitario del concreto, razón por la que el hormigón se clasifican en:

- Hormigón liviano: Fabricados con agregados livianos cuyo peso unitario de la mezcla varía entre 400 - 1700 kg/m³.
- Hormigón normal: Es el hormigón con peso unitario de la mezcla que oscila entre 1700 – 2500 kg/m³.
- Hormigón pesado: Estos tienen un peso unitario de la mezcla mayor de 2500 kg/m³. (Palomino, 2017)

2.1.1.4. Exudación

Este es un rasgo característico del concreto fresco, en el que el agua de mezcla sube a la superficie de la mezcla de hormigón. Es un caso clásico de sedimentación de los sólidos dentro de una masa plástica. Este fenómeno depende de las leyes físicas del flujo del fluido en el sistema capilar y no depende de la diferencia de viscosidad y densidad. Se ve afectado por la cantidad de finos en el agregado y la finura del cemento. A medida que aumenta el porcentaje de partículas finas que pasan a través de la malla N°100 la exudación se reduce, además que inevitablemente se presenta en el concreto, por lo que es importante evaluarla y controlarla por los efectos negativos que puede ocasionar. (Pasquel, 1998)

Además, no considerar que la exudación es una condición anormal del concreto, ni en la práctica de "secar" el concreto esparciendo cemento en la superficie aún en exudación, ya que este origina una capa superficial muy delgada de pasta que en la parte inferior tiene una interfase de agua que la aísla de la masa original. En consecuencia, esta película delgada de pasta se agrieta, produciéndose la fisuración tipo panal de abeja, denominada por los norteamericanos como "crazing". (Pasquel, 1998)

2.1.1.5. Tiempo de fragua

Usualmente el concreto fresco debe permanecer lo suficientemente plástico preferentemente durante una hora, para que así pueda ser manejado y consolidado convenientemente, luego dejando la mezcla en reposo, comienza el

proceso de endurecimiento normal hasta que mezcla ha fraguado. Sin embargo, el concreto que ha endurecido considerablemente puede ser replastificado y consolidado por vibración o remezclado. De aquí que es conveniente definir el tiempo de fragua en el concreto. (Torres, 2004)

Se ha demostrado que el tiempo de fragua del cemento sirve como un índice del tiempo de fragua del concreto, correlacionándose razonablemente con el del mortero. Como en el caso del cemento, el tiempo de fragua del concreto es necesariamente un valor arbitrario tomado en algún punto del proceso gradual de endurecimiento y se define en términos de un método de prueba y aparato particular. En NTP 339.082 se establece la metodología para calcular el tiempo de fragua de la mezcla de concreto por resistencia a la penetración. (Torres, 2004)

El ensayo de tiempo de fragua se realiza mediante la medición de la resistencia a la penetración del mortero obtenido por el tamizado del concreto usando la malla N° 4. Dicho mortero se coloca en un recipiente y con tiempos establecidos se penetra el mortero usando agujas según indica la norma, obteniendo así su resistencia a la penetración; finalmente se realiza una curva de resistencia a la penetración en función del tiempo, calculando así los tiempos de inicio y finalización de fraguado. El tiempo de fragua inicial se dará cuando la resistencia a la penetración llegue a 500 lb/Pulg², y tiempo de fragua final será cuando la resistencia a la penetración alcance las 4000 lb/Pulg². (Palomino, 2017)

2.1.1.6. *Contenido de aire*

El concreto presenta porcentajes de aire atrapado en la mezcla, esto originado debido al manejo de los materiales en las condiciones de operación también la granulometría y el tamaño máximo del agregado. Pero además de se diseñan concretos a los que se ha incorporado aire intencionalmente mediante el uso de aditivos con la finalidad de mejorar sus propiedades en los casos en que el concreto va a estar sometidos a procesos de cambios de temperatura. (Palomino, 2017)

La reducción del contenido de aire en el concreto podría ser debido a una gran cantidad de material que atraviese la malla 200, especialmente arcilla. Obligando a que se emplee más aditivo con incorporador de aire para obtener los mismos resultados. (Rivva, 2000)

2.1.1.7. Resistencia

La resistencia del concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede soportar el material sin romperse. Debido que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, siendo la medida de su resistencia a dichos esfuerzos. (Rivva, 2007)

La resistencia se considera como una de las más importantes propiedades del concreto en estado endurecido, ya que usualmente es empleada para la aceptación o rechazo del mismo. Sin embargo, otras propiedades tales como la durabilidad, permeabilidad o resistencia a desgaste pueden ser igual o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra. (Rivva, 2007)

Según la teoría de Abrams, para un conjunto dado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto está principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de cemento. Esta agua neta excluye aquella absorbida por los agregados. Por ende, el factor que influye en forma determinante sobre la resistencia del concreto es la relación agua/cemento (a/c) de la mezcla, siendo mayores la resistencia conforme dicha relación se hace menor. (Rivva, 2007)

Posteriormente Gilkey, apoyándose en sus propias observaciones y en el trabajo de Walker, Bloem y Gaynor, demostró que la resistencia del concreto es en función de cuatro factores. (Rivva, 2007)

- Relación agua-cemento
- Relación cemento-agregado
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado
- Tamaño máximo del agregado

El concreto posee muy baja resistencia a la tracción, en consecuencia, esta propiedad no se tiene en cuenta en el diseño de estructuras normales. Sin embargo, la tensión tiene importancia en el agrietamiento del concreto por la restricción de la contracción inducida por el secado o por la disminución de temperatura. (Masías, 2018)

Generalmente, hay una relación directa entre la resistencia a la tracción y la compresión. Si la resistencia a la compresión disminuye la resistencia a la tracción también disminuirá. Sin embargo, podría mejorar la resistencia a la tracción

cuando la adherencia entre el agregado y la pasta se ve favorecida. Este podría ser el caso de los ladrillos recochos, donde se prevé una buena adherencia entre la pasta y el ladrillo. (Masías, 2018)

2.1.1.8. Absorción

Una indicación de la porosidad se puede obtener por la medición de la absorción del concreto. Siendo la absorción, la facilidad de lograr que un fluido puede penetrar el concreto, y llenar los poros permeables dentro del mismo. Y el porcentaje de vacíos, mide la cantidad de vacíos entre las partículas de concreto que se encuentran separadas, o no están siendo ocupadas por minerales sólidos. Para realizar el ensayo de absorción y vacíos en concreto endurecido, el NTP 339.187 indica la metodología para la obtención del porcentaje de absorción y de vacíos en el concreto endurecido. (Álvarez & Coriat, 2021)

El “Manual de inspección y deterioro del hormigón”, elaborado por el CYTED (Ciencia y Tecnología para el desarrollo), se puede usar para conocer la durabilidad del concreto en base a la porosidad. Las Tablas 2.1 y 2.2 muestran los rangos de valores para determinar la calidad del concreto según la absorción y la porosidad respectivamente, para espesores de recubrimiento de 30 mm en ambientes severos. Si el espesor se incrementa, la absorción capilar y la porosidad puede modificarse proporcionalmente. (Álvarez & Coriat, 2021)

Tabla 2.1

Calidad de un concreto por absorción

| Absorción | Tipo de concreto |
|-----------|----------------------------|
| < 3 | Buena calidad y compacidad |
| 3 - 5 | Moderada calidad |
| > 5 | Durabilidad inadecuada |

Nota. Fuente: (Álvarez & Coriat, 2021)

Tabla 2.2

Calidad de un concreto por porosidad

| Absorción | Tipo de concreto |
|-----------|----------------------------|
| < 10 | Buena calidad y compacidad |
| 10 - 15 | Moderada calidad |
| > 15 | Durabilidad inadecuada |

Nota. Fuente: (Álvarez & Coriat, 2021)

2.1.2. Componentes del concreto

La Tecnología del concreto moderna define para el concreto cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. (Pasquel, 1998)

Si bien tradicionalmente se consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna estos constituyen un ingrediente normal, ya que está científicamente demostrada la conveniencia de su uso ya que mejora las propiedades del concreto, siendo una solución más económica tomándose en cuenta el ahorro en mano de obra y equipos de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Pasquel, 1998)

La proporción típica en volumen absoluto de los componentes del concreto es la siguiente:

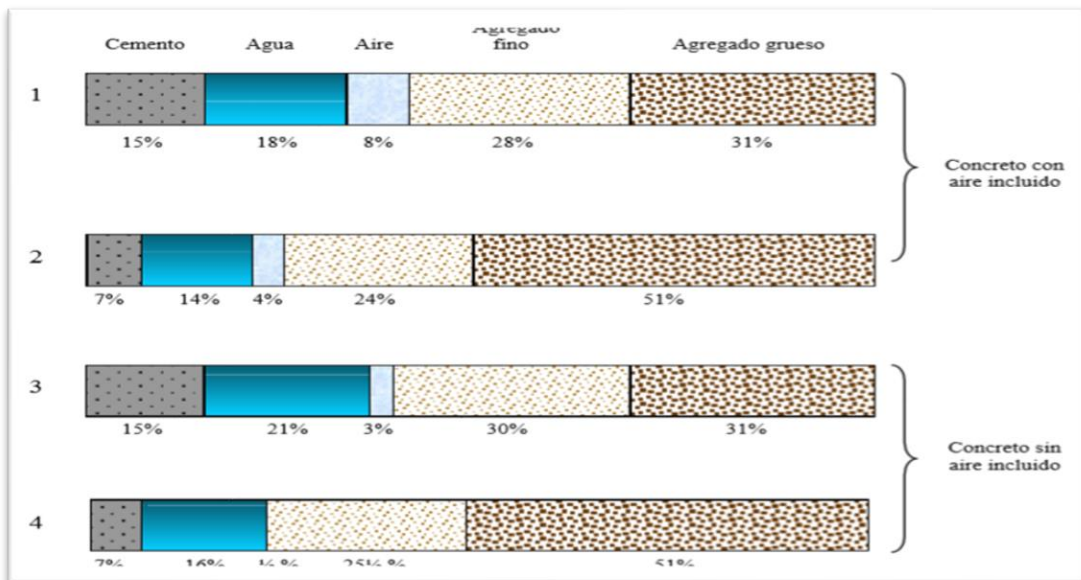


Figura 2.1. Variación de las proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.
Fuente: (Polanco, 2012)

De la Figura 2.1 se observa que las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados pequeños. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados grandes. (Polanco, 2012)

Entre el 60% al 75% del volumen del hormigón lo compone los agregados, por lo que su selección es importante. Las partículas que conforman los agregados deben de tener apropiadas resistencias mecánicas, así como resistencia a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran deteriorar el concreto.

Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaño de partículas. (Polanco, 2012)

2.2. CEMENTO

El cemento está hecho de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, con la propiedad de endurecerse luego de ponerse en contacto con el agua. El resultante de la molienda de estas rocas es llamado Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega pequeñas cantidades de yeso, evitando de este modo la contracción de la mezcla al fraguar cuando entra en contacto con el agua y al endurecerse posteriormente. (Bautista, 2019)

El cemento es el componente más activo del concreto y usualmente tiene el mayor costo unitario. Por lo que la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada. (Rivva, 2000)

En 1824, el inglés J. Aspin, fabricó y patentó un producto similar al cemento, obtenido mediante la cocción de material calcáreo y arcilla finamente molida. Este ligante permitió confeccionar un hormigón similar al obtenido con la piedra Pórtland (calcáreo muy resistente de la isla de Pórtland) comúnmente utilizado en Inglaterra para la construcción. De aquí la denominación "Cemento Pórtland". (Torre, 2004)

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Pórtland} = \text{Clinker Pórtland} + \text{Yeso}$$

2.2.1. Tipos de cemento portland

Los cementos Portland, al ser hidratados desarrollan propiedades particulares para cementos con diferente composición química. De modo que es posible seleccionar mezclas de materias primas para producir varios tipos de cementos, según las propiedades requeridas. En la actualidad hay diversos tipos de cementos Portland disponibles comercialmente, pudiendo producirse cementos especiales para usos específicos. (Torre, 2004)

En el ASTM C595 y NTP 334.090 contempla el caso de cementos portland adicionados, los cuales contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que ayudarían a mejorar las propiedades del cemento. Dentro de esta clasificación se encuentra el cemento tipo ICo, del cual se describe:

- Tipo ICo: Es el Cemento tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto y morteros en general, especialmente para tarrajeo, asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones. (Torre, 2004)

En la ASTM C 1157 y NTP 334.082 tenemos las especificaciones de desempeño para cemento hidráulico tal como es el cemento tipo GU de uso general.

2.2.2. Cemento APU portland tipo GU

UNACEM S.A.A. (2021) brinda la ficha técnica de su cemento de marca APU tipo GU el cual se detalla su contenido a continuación:

2.2.2.1. Descripción

- Tipo GU es un cemento hidráulico de uso general, obtenido de la molienda Clinker Tipo I y adiciones seleccionadas. (UNACEM S.A.A., 2021)

2.2.2.2. Beneficios

- Óptimos resultados en las resistencias, trabajabilidad y acabado.
- Brinda alta adherencia a los ladrillos.
- Ofrece un buen acabado de tarrajeo de paredes interiores y exteriores con acabados finos.
- Buen desarrollo de resistencias a la compresión que permiten un menor tiempo de desencofrado. (UNACEM S.A.A., 2021)

2.2.2.3. Usos

- De uso general.
- Para todo tipo de obras que no tengan requerimientos especiales de un tipo de cemento.

- Muros de contención, suelos de cemento y postes. (UNACEM S.A.A., 2021)

2.2.2.4. Características técnicas

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157

| Parámetro | Unidad | Cemento Apu | Requisitos NTP-334.082 / ASTM C-1157 |
|---------------------------------------|--------------------|-------------|--------------------------------------|
| Contenido de aire | % | 4.63 | Máximo 12 |
| Expansión autoclave | % | 0.01 | Máximo 0.80 |
| Superficie específica | m ² /kg | 366 | No específica |
| Densidad | g/ml | 3.03 | No específica |
| Resistencia a la compresión | | | |
| Resistencia a la compresión a 3 días | kg/cm ² | 285 | Mínimo 133 |
| Resistencia a la compresión a 7 días | kg/cm ² | 334 | Mínimo 204 |
| Resistencia a la compresión a 28 días | kg/cm ² | 385 | Mínimo 285* |
| Tiempo de fraguado | | | |
| Fraguado Vicat inicial | min | 128 | Mínimo 45 |
| Fraguado Vicat final | min | 284 | Máximo 420 |
| Barras curadas en agua | | | |
| Expansión a 14 días | % | 0.008 | Máximo 0.020 |
| Calor de hidratación | | | |
| Calor de hidratación a 7 días | kcal/kg | 69 | No específica |
| Calor de hidratación a 28 días | kcal/kg | 75 | No específica |

Figura 2.2. Propiedades físicas y químicas del cemento APU tipo GU
Fuente: UNACEM S.A.A, (2021)

2.2.3. Cemento INKA portland tipo ICo

Caliza Cementos Inka S.A. brinda la ficha técnica de su cemento marca Inka tipo ICo el cual se detalla su contenido a continuación:

2.2.3.1. Cemento de uso general

Sus características permiten el uso en obras de concreto estructural, edificios, industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas y elementos de concreto. Siendo compatible con agregados convencionales y aditivos, que en dosificaciones adecuadas brinda trabajabilidad, fluidez y plasticidad que la obra requiere. (Caliza Cementos Inca S.A., s.f.)

2.2.3.2. Características

El Cemento Inka Ultra Resistente posee un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos. Además, de baja reactividad con agregados álcali-reactivos, cumplimiento las normas técnicas NTP 334.090 y la ASTM C-595 satisfaciendo cualquier necesidad de la construcción. Además, su adición de microfíler calizo más una molienda extrafina logran mejorar las propiedades físicas del cemento obteniendo una mezcla con menos porosidades, más compacta y una masa más adherible. (Caliza Cementos Inca S.A., s.f.)

Su versatilidad logra convertirlo en un cemento que se acondiciona a todos los climas del Perú. (Caliza Cementos Inca S.A., s.f.)

2.2.3.3. Propiedades

- Altas resistencias en el tiempo.
- Moderado calor de hidratación.
- Moderada resistencia a los sulfatos.
- Mayor trabajabilidad e impermeabilidad. (Caliza Cementos Inca S.A., s.f.)

2.3. AGUA PARA EL CONCRETO

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto. Sin embargo, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades, pero deben cumplir algunos requisitos. (Torre, 2004)

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

- La formación del gel; se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.
- En estado fresco; faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma.
- En estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas. Es importante conocer la velocidad de reacción

entre el cemento y el agua porque esta velocidad determinara el tiempo de fraguado y de endurecimiento.

- Curado del concreto; El aumento de resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. (Torre, 2004)

Tener en cuenta que no toda agua no potable es inconveniente para la preparación del concreto. En general, el agua de mezcla no debe contener colorantes, aceites y azúcares dentro de ciertos límites. El agua utilizada no deberá contener sustancias que afecten el tiempo de fraguado, las propiedades mecánicas del concreto, su apariencia o los componentes metálicos incrustados en el concreto. (Torre, 2004)

2.3.1. Requisitos de calidad

Para elaborar concreto se debe utilizar agua que cumpla los requisitos de la NTP 339.088. Además, para la preparación y curado del concreto, son adecuadas las aguas que tengan sustancias disueltas respetando los siguientes límites:

Tabla 2.3

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

| Descripción | Límite máximo permisible |
|---|--------------------------|
| Sólidos en suspensión (residuo insoluble) | 5000.0 ppm |
| Materiales orgánicos | 3.0 ppm |
| Alcalinidad | 1000.0 ppm |
| Sulfatos | 600.0 ppm |
| Cloruros | 1000.0 ppm |
| PH | 5 a 8 |

Nota. Fuente: Torres, 2004

Recomendaciones Adicionales:

- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.
- El agua deberá estar libre de sales de potasio o sodio, así como de azúcares o sus derivados.

- De usarse aguas no potables, la supervisión debe aprobar la calidad del agua basándose en análisis de laboratorio.
- Basándose en los resultados donde se usó agua de la fuente electa para preparar concreto, se seleccionará las proporciones adecuadas para la mezcla de concreto. (Torres, 2004)

2.4. AGREGADOS

2.4.1. Generalidades

Cuando se requiere contar con un concreto de buena calidad es necesario tener conocimiento de sus componentes, puesto que hay características que dependen de las propiedades químicas y físicas de ellos, tales como la resistencia y la durabilidad.

Es de considerar que no solo la relación agua – cemento determinan las propiedades del concreto, sino también las características de los agregados pueden producir distintas resistencias.

La NTP 400.011 define a los agregados como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP 400.011.

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto. (Torre, 2004)

Los morteros o los concretos hidráulicos están constituidos entre 50% a 80% en volumen por los agregados, motivo por el que son tan importantes como la pasta del cemento, el agua libre, el aire atrapado e incorporado, o cualquier aditivo; en cambio, la mayoría de las propiedades del mortero o concreto, ya sea en estado plástico o endurecido, dependen en gran medida de las propiedades de los agregados que han de ser investigados para fabricar morteros o concretos de buena calidad y baratos. (Santillán, 2019)

2.4.2. Agregado Fino

Los agregados finos generalmente consisten en arena natural o piedra triturada (partida, machacada, pedrejón arena de trituración) con la mayoría de sus partículas menores que 5mm. (Kosmatka y otros, 2004)

Torres C. (2004) sostiene que: Se define como el agregado que logra atravesar el tamiz de 3/8", sin pasar la malla 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

Además, deberá cumplir con los límites establecidos en la norma INTINTEC 400.037.

2.4.3. Agregado Grueso

Aquel agregado que es retenido en el tamiz N°4 proveniente de la desintegración de las rocas; pudiendo clasificarse en piedra chancada y grava. con partículas predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 3/8 y 1 ½ pulgadas. (Santillán, 2019)

2.4.4. Agregado global

Material compuesto de agregado fino y agregado grueso cuya combinación produciría un concreto compacto y trabajable, además la norma NTP 400.037 establece husos granulométricos óptimos para las proporciones de agregados fino y grueso. (Torre, 2004)

2.4.5. Propiedades de los agregados

2.4.5.1. *Peso unitario*

El peso unitario se calcula dividiendo el peso del agregado entre el volumen total incluyendo los vacíos, influyendo la forma en que estos se acomodan debido a los vacíos presentes entre sus partículas. El ASTM C 29 y la NTP 400.017 contienen el procedimiento para calcular su valor. Como ejemplo de su uso podría darse el caso de un agregado grueso de pesos unitarios altos, significando que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

Además, dependiendo del acomodo pueden ser:

- Peso unitario suelto: para el estado en el que las partículas se acomodan dentro de un recipiente únicamente por acción de la gravedad.
- Peso unitario compactado: se consigue cuando se apisona el agregado por acción de una varilla, la cual está normalizada. (Torres, 2004)

2.4.5.2. *Peso específico*

Es un indicador de calidad, donde un valor alto indica un buen comportamiento de los materiales. En caso contrario, cuando el peso específico es bajo, corresponde a agregados débiles y de alta absorción.

- **Peso específico de la masa:** La ASTM E12 la define como la relación de la masa en aire de un volumen de material permeable entre la masa en aire que tiene la misma densidad, con un volumen igual de agua destilada sin gas. Para una masa saturada superficialmente seco, se definido como la masa en aire por unidad de volumen, incluyendo el agua en los poros permeables.
- **Peso específico aparente:** Se define como la relación de la masa en aire de una unidad de volumen del material entre la masa en aire que tiene la misma densidad de un mismo volumen de agua destilada sin gas. En caso el material sea un sólido, el volumen será el de la porción impermeable. (Palomino, 2017)

2.4.5.3. *Absorción*

La NTP 400.022 define la absorción de los agregados como el aumento de la cantidad de masa del agregado, el cual se debe al ingreso del agua a través de los poros de las partículas en un cierto período de tiempo, excluyendo el agua adherida en la superficie exterior de las partículas, el cual se expresa porcentualmente respecto a la masa seca.

2.4.5.4. *Contenido de Humedad*

Es el agua superficial retenida por el agregado, el contenido de humedad influencia en la cantidad de agua que se requerirá para la mezcla y se expresa de forma porcentual, además es de importancia para las correcciones de agua que se realizarán. (Palomino, 2017)

2.4.5.5. Granulometría

Se definió la granulometría como la distribución por tamaños de las partículas de agregado, separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices normalizados.

En la práctica no existe ningún método que permita llegar a una granulometría ideal aplicable en todos los casos a todos los agregados. Sin embargo, se han desarrollado especificaciones de granulometría las cuales, en promedio permitirán obtener concretos de propiedades satisfactorias a partir de materiales disponibles en un área determinada. (Rivva, 2000)

Los agregados finos y grueso según la norma NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012, respectivamente. (Torre, 2004)

Los límites granulométricos del agregado fino, grueso y global se presentan en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6 respectivamente, conforme a lo establecido en la NTP 400.037.

Tabla 2.4

Límite granulométrico del agregado fino

| Descripción | Límite máximo permisible |
|----------------|--------------------------|
| Malla 3/8 pulg | 100% |
| Malla N° 4 | 95% - 100% |
| Malla N° 8 | 80% - 100% |
| Malla N° 16 | 50% - 85% |
| Malla N° 30 | 25% - 60% |
| Malla N° 50 | 05% - 30% |
| Malla N° 100 | 0% - 10% |

Nota. Fuente: NTP 400.037

Tabla 2.5
 Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos

| Uso | Tamaño Máximo Nominal | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------------|--|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--|--|
| | | 4" | 3.5" | 3" | 2.5" | 2" | 1.5" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N° 4 | N° 8 | N° 16 | N° 50 | | |
| 1 | 90mm 37.5mm (3.5" a 1.5") | 100 | 90-100 | | 25-60 | | 0-15 | | 0-5 | | | | | | | | |
| 2 | 63mm 37.5mm (2.5" a 1.5") | | | 100 | 90-100 | 35-70 | 0-15 | 0-5 | | | | | | | | | |
| 3 | 50mm 25mm (2" a 1") | | | | 100 | 90-100 | 35-70 | 0-15 | | 0-5 | | | | | | | |
| 357 | 50mm 4.75mm (2" a N°4) | | | | 100 | 95-100 | 35-70 | | | 10-30 | | | | | 0-5 | | |
| 4 | 37.5mm 19mm (1.5" a 3/4") | | | | | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-5 | | | | | 0-5 | | | |
| 467 | 37.5mm 4.75mm (1.5" a N°4) | | | | | 100 | 95-100 | 35-70 | | | | | | 10-30 | 0-5 | | |
| 5 | 25mm 12.5mm (1" a 1/2") | | | | | | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-10 | 0-5 | | | | | | |
| 56 | 25mm 9.5mm (1" a 3/8") | | | | | | 100 | 90-100 | 40-85 | 10-40 | 0-15 | 0-5 | | | | | |
| 57 | 25mm 4.75mm (1" a N°4) | | | | | | 100 | 95-100 | | 25-60 | | 0-10 | 0-5 | | | | |
| 6 | 19mm 9.5mm (3/4" a 3/8") | | | | | | | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-15 | 0-5 | | | | | |
| 67 | 19mm 4.75mm (3/4" a N°4) | | | | | | | 100 | 90-100 | | 20-55 | 0-10 | 0-5 | | | | |
| 7 | 12.5mm 4.75mm (1/2" a N°4) | | | | | | | | 100 | 90-100 | 40-70 | 0-15 | 0-5 | | | | |
| 8 | 9.5mm 2.36mm (3/8" a N°8) | | | | | | | | | 100 | 85-100 | 10-30 | 0-10 | 0-5 | | | |
| 89 | 9.5mm 1.18mm (3/8" a N°16) | | | | | | | | | | 100 | 20-55 | 5-30 | 0-10 | 0-5 | | |
| 9 | 4.75mm 1.18mm (N°4 a N°16) | | | | | | | | | | 100 | 85-100 | 10-40 | 0-10 | 0-5 | | |

Nota. Fuente: NTP 400.037

La NTP 400.037 señala los límites establecidos para la granulometría del agregado global, los cuales se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2.6
Límite granulométrico del agregado global

| TAMIZ | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados | | |
|------------------|--|----------|----------|
| | TMN 1 1/2" | TMN 3/4" | TMN 3/8" |
| 50 mm (2") | 100 | - | - |
| 37.5 mm (1 1/2") | 95 a 100 | 100 | - |
| 19.0 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 |

Nota. Fuente: NTP 400.037

2.4.5.6. Módulo de finura

Este valor es un indicador del espesor de las partículas que componen un agregado, señalando qué tan fino es el agregado, a mayor sea el valor del módulo de finura, más grueso será el agregado. (Apolinario, 2017)

Concretos con baja segregación y una adecuada trabajabilidad podría ser productos del uso de agregados con módulo de finura que varía entre 2.2 y 2.8. Mientras si el módulo de finura está entre 2.8 y 3.2 podría elaborarse concretos de resistencias más altas. Para el cálculo del módulo de finura se realiza según como indica la siguiente fórmula. (Apolinario, 2017)

$$M.F. = \frac{\sum \% (3" + 1\ 1/2" + 3/4" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

2.5. ADITIVOS

2.5.1. Generalidades

Tanto el Comité 116R del ACI y la ASTM C 125 definen al aditivo como el material empleado para la elaboración de concreto o mortero, siendo este diferente al agua, los agregados, el cemento o refuerzos de fibra. El aditivo se añade durante el proceso de mezcla o antes de este.

La NTP 339.086 define un aditivo como la sustancia que se agrega a la composición básica del concreto para cambiar algunas propiedades que se deseen mejorar. A menudo se agregan a las mezclas de concreto durante la mezcla para:

- Modificar una o más de sus propiedades para que sea más adecuada para el trabajo deseado.
- Mejorar la trabajabilidad agilizando su proceso de colocación.
- Desempeñar un papel en la preparación, transporte y vertido de hormigón.
- Más económico y mejores resultados por un cambio en la composición o proporciones de la mezcla. (Torre, 2004)

2.5.2. Condiciones de empleo

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM o NTP correspondientes. Su empleo deberá estar indicado en las especificaciones del proyecto, o ser aprobado por la Supervisión encargada.

La norma específica los requisitos que debe cumplir cada aditivo para verificar que altere las siguientes propiedades del concreto:

- Volumen de agua
- Deformación por contracción
- Durabilidad
- Fijar tiempos de fragua
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a flexión

Indicando en cada caso, los valores mínimos que se esperan obtener según la clasificación o tipo de aditivo usando. (Torre, 2004)

2.5.3. Razones para el empleo de aditivos

Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c (caso de los plastificantes y superplastificantes).
- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento.
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión
- Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.
- Asegurar la calidad de concreto en las etapas de mezcla, transporte, vaciado y curado del concreto. (Torre, 2004)

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados.
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión.

- Control de la corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto.
- Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados. (Torre, 2004)

2.5.4. Clasificación de aditivos

Generalmente se clasifican los aditivos de manera genérica o según el efecto que provoca en el concreto, por lo que su clasificación resulta tediosa. Además, los aditivos que se comercializan pueden tener materiales que se incluyen individualmente en dos o más grupos, o estar incluidas por dos o más Normas, ya sean ASTM o ACI. Según la Norma ASTM C 494 y NTP 334.088, los aditivos se clasifican en:

- Reductor de agua (Tipo A).
- Retardador de fragua (Tipo B).
- Acelerantes (Tipo C).
- Reductor de agua y retardante de fraguado (Tipo D).
- Reductor de agua y acelerante de fragua (Tipo E).
- Super Reductores de agua (Tipo F).
- Super Reductores de agua y acelerantes de fragua (Tipo G). (Torre, 2004)

De entre los diferentes tipos de aditivos, los acelerantes son diseñados para aumentar la resistencia a la compresión a edades tempranas y/o acelerar el proceso de fraguado, acelerando alguna de las propiedades que posee el concreto, no siendo necesario que afecte a cada propiedad de la misma forma o de manera simultánea. Debiendo cumplir los requerimientos indicados en la ASTM C 494 o C1017, o en las NTP 339.086 o 339.087.

Así, en el sentido químico, la aceleración puede considerarse como un incremento en la velocidad de reacción; en el sentido físico como un incremento en la velocidad de fraguado o en los cambios de volumen; en el sentido mecánico como un incremento en la velocidad de desarrollo de resistencia. (Torre, 2004)

2.5.5. Aditivos Acelerantes

Los aditivos acelerantes permiten el retiro temprano de los encofrados debido a la aceleración del proceso de fraguado y al incremento de las resistencias tempranas

del concreto, así como a reducir los efectos ocasionados en el concreto debido a bajas temperaturas.

Su uso resulta por lo general más económico para la obtención de los beneficios que brinda, en vez de realizar uso de cementos de rápido fraguado o emplear métodos especiales de curado, calentar el agua y/o combinación de estos u otros métodos que ayuden a obtener resultados similares al acelerante. (Torres, 2004)

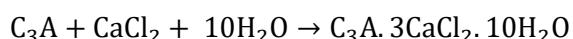
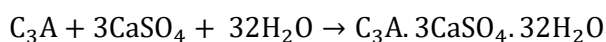
2.5.5.1. Mecanismo de acción

Los aditivos acelerantes generan una reacción química con los distintos elementos constituyentes del cemento, siendo estas reacciones muy complejas y difícil de precisar, algunos autores lo explican de modo simplificado o técnico, sin embargo, estas deben reflejarse en numerosos ensayos realizados que lo sustenten.

Al incluir aditivo acelerante en la mezcla de concreto, esta reacciona aumentando el pH, ocasionando que las reacciones químicas se aceleren, además evitan la aglomeración de elementos reaccionantes alrededor de las partículas de cemento y promueven de disolución de los silicatos. (Torres, 2004)

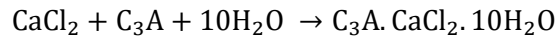
Al usar cloruro de calcio como aditivo acelerante, algunas reacciones que se genera en el concreto son principalmente con el aluminato tricálcico (C_3A), silicato tricálcico (C_3S), silicato bicálcico (C_2S), ferrito aluminato tetracálcico (C_4AF) y yeso son las siguientes:

- Aceleración de la reacción con el C_3S .
- La reacción con la pasta de cemento no es significativa en un periodo de 2 a 6 horas, pese a que en este periodo puede generarse una aceleración del fraguado, pasado este tiempo la concentración de cloruros de calcio libres empiezan a descender.
- El cloruro de calcio junto a las partículas del cemento, reacciona con el yeso para formar trisulfoaluminato cálcico y cloroaluminato cálcico respectivamente.

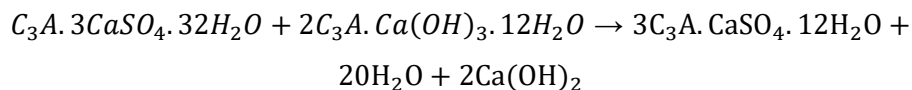


- La estringita (Trisulfoaluminato cálcico) se sigue formando a la vez que el cloruro de cálcico no reacciona, pudiendo darse el caso que siga favoreciendo la hidratación de los silicatos.

- El cloruro de calcio reacciona con C_3A luego de haberse consumido todo el yeso. Esta reacción se da hasta consumir casi en su totalidad el cloruro de calcio. Aunque hay dudas sobre la formación del cloroaluminato, pudiendo también formarse el tricloroaluminato.



- Posterior al consumo de los iones cloruros, el C_3A es hidratado dando paso a la formación de $C_3A \cdot Ca(OH)_3 \cdot 12H_2O$, el cual reacciona con el trisulfoaluminato, convirtiéndolo en monosulfoaluminato.



- En bajas temperaturas, algunos textos indican que podría generarse la reacción de la cal con el cloruro de calcio, formando $3CaO \cdot CaCl_2 \cdot 16H_2O$. (Torres, 2004)

Torres (2004) señala que en estudios anteriores dan a conocer el efecto de los acelerantes inorgánicos sobre el silicato tricálcico y aluminato tricálcico, acelerando su proceso de hidratación. Además, en estudios más recientes se observa que la trietanolamina cumple como acelerante frente a la hidratación del aluminato tricálcico, pero actúa como retardante en la hidratación del silicato tricálcico.

En estudios con sales inorgánicas solubles se demostró que a dosificaciones mayores al 6% en peso del nitrito de calcio, este se comporta como un retardante, de igual modo el cloruro férrico en dosificaciones de 2 a 3% en peso tiene un efecto retardante sobre el concreto, pero a dosificaciones del 5% actúa como acelerante. También se indica que el efecto acelerante es más notorio a temperaturas de 0° a 5°C, siendo mejor su efecto a 25°C. (Torres, 2004)

Además de las propiedades acelerantes que posee el cloruro de calcio en el concreto, se sabe que reduce la resistencia del concreto ante el ataque de sulfatos, generando además una mayor corrosión del acero en el concreto, motivo por el que se ha realizado investigaciones para encontrar otros insumos que sirvan como acelerantes sin corroer el acero, tales como el formiato de calcio, nitrito férrico, nitrito de calcio, nitrito de sodio, los cuales además de proteger al acero de la corrosión generan un fraguado más rápido en el concreto. (Torres, 2004)

Como solución a la corrosión de los cloruros se realizó acelerantes libres de cloruros, de los que se indica que son ligeramente menos eficientes que los acelerante con cloruros. Siendo estos aditivos libres de cloruros fabricados en base a nitratos, nitritos o ticlanatos, dando propiedades multifuncionales como la aceleración de fraguado y resistencia a la corrosión del acero, siendo más usado el nitrito de calcio que el nitrito de sodio, debido al aumento del álcalis en el concreto que este último podría generar. (Sika Perú, 2013)

2.5.6. Aditivo acelerante Chema 3

Chema fabrica una gran diversidad de aditivos, entre los cuales se encuentra el aditivo acelerante de fragua CHEMA 3. Según su ficha técnica detalla lo siguiente:

2.5.6.1. Descripción

CHEMA 3 es un aditivo acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales con temperatura ambiente como bajo cero grados centígrados. Acelera el desarrollo de las resistencias iniciales, haciéndose más notorio en temperaturas bajas. Además, actúa como un anticongelante e inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Es adecuado para cementos Portland Tipo I y Tipo V, puzolánicos. Libre de cloruros. Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo C. (Chema, 2017)

2.5.6.2. Ventajas

- Acelera las resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados.
- Permite una rápida puesta en servicio en pisos o losas de concreto.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos sufran daños debido a los ciclos hielo-deshielo.
- Actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, ideal para concreto armado.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Es compatible con los aditivos plastificantes de la marca CHEMA. (Chema, 2017)

2.5.6.3. Usos

- Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere una rápida puesta en servicio.
- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo.
- Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio.
- Para vaciados en terrenos sulfurosos.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales.
- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales. (Chema, 2017)

2.5.6.4. Datos técnicos

- Aspecto: Líquido.
- Color: Amarillo.
- Densidad: 1.15 – 1.18 kg/L.
- pH: 8.0 – 11.0
- VOC: 0 g/L. (Chema, 2017)

2.5.6.5. Modo de aplicación

Se recomienda realizar pruebas a pequeña escala para determinar la dosis exacta para el uso en particular. La dosis varía por influencia de los componentes del cemento, el diseño y las condiciones ambientales de la zona. Mezclar el CHEMA 3 en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. Por ningún motivo añada sobre la mezcla seca Se recomienda realizar ensayos previos si se realizan combinaciones de varios de nuestros productos. Curar bien los elementos sobre todo desde el primer día hasta el 7mo día. Mejor si se usa curador de membrana CHEMA, el cual se aplica en cuanto haya desaparecido la exudación. (Chema, 2017)

CAPÍTULO III: MATERIALES Y ENSAYOS DE AGREGADOS

3.1. MATERIALES EMPLEADOS PARA EL CONCRETO

Los materiales a usar para la presente investigación son los siguientes:

- Agregado fino, se utilizó arena fina proveniente de la cantera trapiche.
- Agregado grueso, se utilizó piedra chancada DMN 1" proveniente de la cantera Trapiche.
- Agua potable: Extraída del laboratorio de ensayo de materiales de la UNI.
- Cemento APU portland tipo GU: cemento hidráulico de uso general, conforme a la NTP 334.009/ASTM C150.
- Cemento INKA portland tipo ICo: Ultra resistente con adición de microfiller calizo Tipo ICo: Conforme a la NTP 334.090/ASTM C-595.
- Aditivo Chema 3: Aditivo acelerante sin cloruros, cumple con la norma ASTM C-494 Tipo C.

3.2. ENSAYOS DE AGREGAGOS Y PROPIEDADES

3.2.1. Peso unitario (NTP 400.017)

Para el peso unitario suelto (P.U.S.), el ensayo se realiza llenando el recipiente metálico sin superar 5cm por encima del borde superior, nivelando la superficie del agregado para posteriormente pesar el recipiente junto al agregado que contiene y el peso del recipiente vacío.

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

El peso unitario compactado (P.U.C.) se realiza llenando hasta 1/3 del volumen total del recipiente, nivelándolo con los dedos. Apisonar con la varilla de apisonado con 25 golpes uniformemente distribuidos en toda la superficie. Este proceso se repite llenando a 2/3 del volumen total del recipiente y luego hasta llenar el recipiente, luego del último apisonamiento se nivela la superficie del agregado para su posterior pesado del recipiente con el agregado y del recipiente vacío.

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.2.2. Absorción y Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)

Para realizar el ensayo de absorción y peso específico se debe seca la muestra en el horno durante 24 horas, luego de enfriado se sumerge en agua a temperatura ambiente por 24 horas. Después de humedecer se retira del agua y se hace rodar el agregado en un paño absorbente para eliminar la película de agua visible.

Se pesa el agregado e inmediatamente colocarlo en la canastilla y sumergirlo en agua para obtener su peso sumergido. El secado de la muestra se realiza en el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se enfría durante 1 a 3 horas al aire para luego ser pesada y su posterior cálculo.

3.2.3. Absorción y peso específico del agregado fino (NTP 400.022)

El procedimiento y cálculo de este ensayo se realiza según establece la norma NTP 400.022, de la siguiente manera:

Humedecer la muestra por 24 horas, luego dejar secar hasta que se obtenga el estado saturado superficialmente seco. Introducir 500 gr del agregado preparado en el picnómetro, llenar de agua hasta alcanzar la marca de 500 cm^3 y agitar el picnómetro durante aproximadamente 20 min para eliminar las burbujas de aire en el agregado. Al terminar de agitar se llena el picnómetro con agua hasta su marca de 500cm^3 y pesarlo. Se extraer el agregado fino del picnómetro y secar en la estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener un peso constante y dejar enfriar por $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ para luego determinar su masa.

3.2.4. Contenido de humedad (NTP 339.185)

Se extraerá una muestra representativa húmeda conforme a la NTP 400.010 y pesar. Hacer secar en la estufa a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, dejar enfriar y determinar su masa. El contenido de humedad se calculará con la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100\%$$

3.2.5. Análisis granulométrico (NTP 400.012)

Este ensayo da como resultado la distribución de las partículas de los agregados, logrado mediante la separación del material por el uso de tamices estandarizados según la norma NTP 400.012, en el cual se indica el proceso de ensayo siguiente:

Secar la muestra en horno a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta que el peso sea constante. Seleccionar los tamices necesarios para el ensayo y colocarlos en el agitador, ordenándolos de mayor a menor de tal modo que el tamiz mayor esté en la parte superior. Realizar el tamizado por un periodo de tiempo suficiente para que no más de 1% del material en un tamiz pase a través de él y pesar el material retenido en cada tamiz.

Con los datos obtenidos se podrá calcular el tamaño máximo nominal según la NTP 400.011 y el módulo de finura para cada agregado según la siguiente fórmula:

Módulo de finura:

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum}(1 \frac{1}{2}'' + 1'' + 3/8'' + N^\circ 4 + N^\circ 8 + N^\circ 16 + N^\circ 30 + N^\circ 50 + N^\circ 100)}{100}$$

3.2.6. Propiedades físicas de los agregados

En la tabla 3.1 se muestra los valores de las propiedades físicas de los agregados fino y grueso. Su desarrollo de resultados se encuentra detallados en los Anexos.

Tabla 3.1

Propiedades físicas de los agregados

| Propiedad | Agregado fino | Agregado grueso |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| P.U.S. (Kg/m ³) | 1686 | 1351 |
| P.U.C (Kg/m ³) | 1825 | 1521 |
| P.E. (Kg/m ³) | 2605 | 2700 |
| Absorción (%) | 2.03 | 0.91 |
| C.H. (%) | 1.89 | 0.48 |
| T.M.N. (tamiz) | N°4 | 1" |
| M.F. | 2.86 | 7.51 |

Nota. Fuente: propia

El análisis granulométrico del agregado fino se presenta en la tabla 3.2 y figura 3.1, donde se observa que está dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037.

Tabla 3.2

Granulometría: agregado fino

| Tamiz | Peso retenido (gr) | Peso Retenido (%) | Peso Retenido acumulado (%) | Peso que pasa acumulado (%) |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Malla 3/8 | - | - | - | 100.0% |
| Malla N° 4 | 20.6 | 3.4% | 3.4% | 96.6% |
| Malla N° 8 | 81.3 | 13.5% | 17.0% | 83.0% |
| Malla N° 16 | 118.0 | 19.7% | 36.7% | 63.3% |
| Malla N° 30 | 131.8 | 22.0% | 58.6% | 41.4% |
| Malla N° 50 | 116.0 | 19.3% | 78.0% | 22.0% |
| Malla N° 100 | 84.9 | 14.2% | 92.1% | 7.9% |
| Fondo | 47.4 | 7.9% | 100.0% | 0.0% |

Nota. Fuente: propia

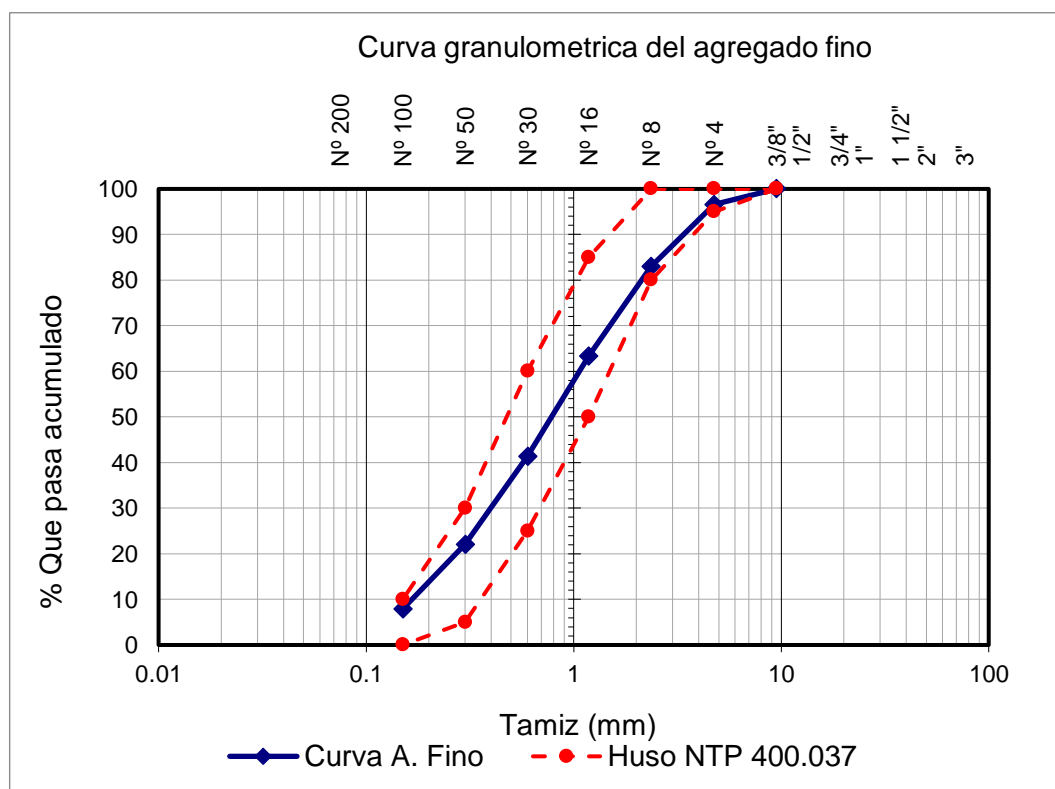


Figura 3.1 Curva granulométrica del agregado fino

El análisis granulométrico del agregado grueso se presenta en la tabla 3.3 y figura 3.2, donde se observa que está dentro de los límites del huso 5 establecidos por la NTP 400.037.

Tabla 3.3

Granulometría: agregado grueso

| Tamiz | Peso retenido (gr) | Peso Retenido (%) | Peso Retenido acumulado (%) | Peso que pasa acumulado (%) |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Malla 1 1/2" | 0.0 | 0 | 0 | 100.0% |
| Malla 1" | 502.4 | 5.0% | 5.0% | 95.0% |
| Malla 3/4" | 4714.7 | 47.1% | 52.2% | 47.8% |
| Malla 1/2" | 4516.6 | 45.2% | 97.3% | 2.7% |
| Malla 3/8" | 165.8 | 1.7% | 99.0% | 1.0% |
| Malla N° 4 | 57.5 | 0.6% | 99.6% | 0.4% |
| Fondo | 43.0 | 0.4% | 100.0% | 0.0% |

Nota. Fuente: propia

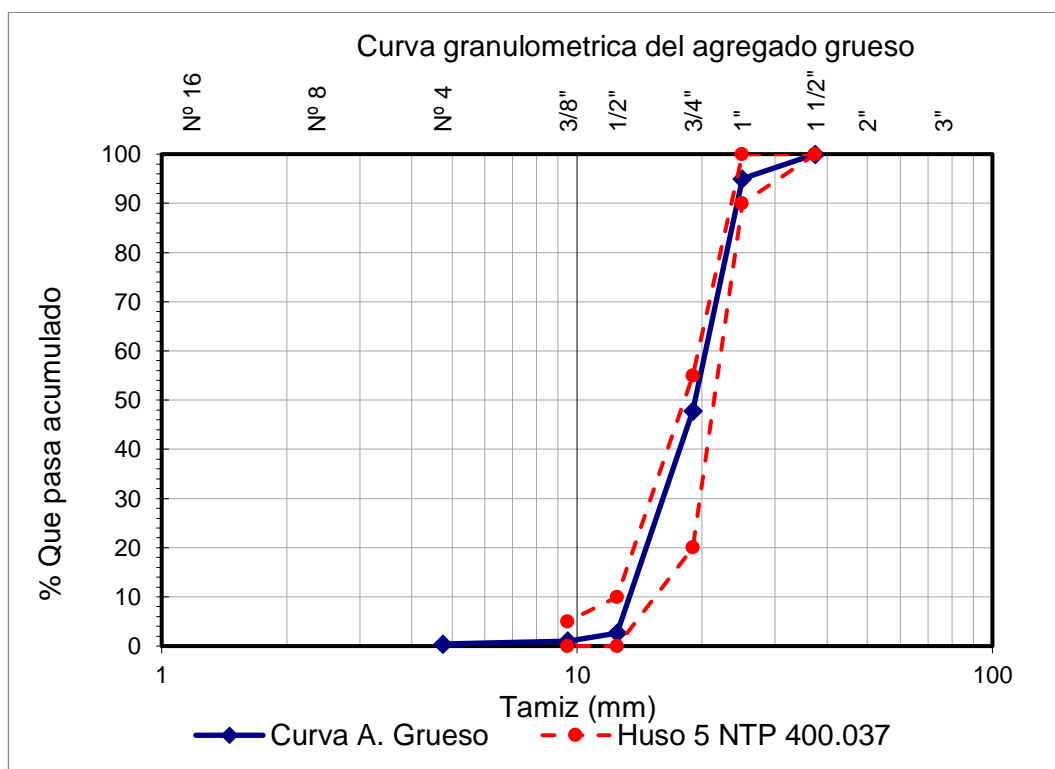


Figura 3.2. Curva granulométrica del agregado grueso

3.2.7. Agregado global por máxima compactación

Para obtener la mejor combinación de los agregados se realiza conglomerados de arena y piedra, variando sus porcentajes de cada uno en la mezcla en busca del mayor peso unitario compactado. Los resultados son mostrados en la tabla 3.4 y la figura 3.3, observando el máximo peso unitario compactado en la mezcla con arena (53%) y piedra (47%).

Tabla 3.4

Máxima compactación del agregado global

| Arena | Piedra | P.U.C (kg/m ³) |
|-------|--------|----------------------------|
| 45% | 55% | 2048.96 |
| 50% | 50% | 2079.68 |
| 53% | 47% | 2091.34 |
| 55% | 45% | 2090.28 |
| 60% | 40% | 2050.02 |

Nota. Fuente propia

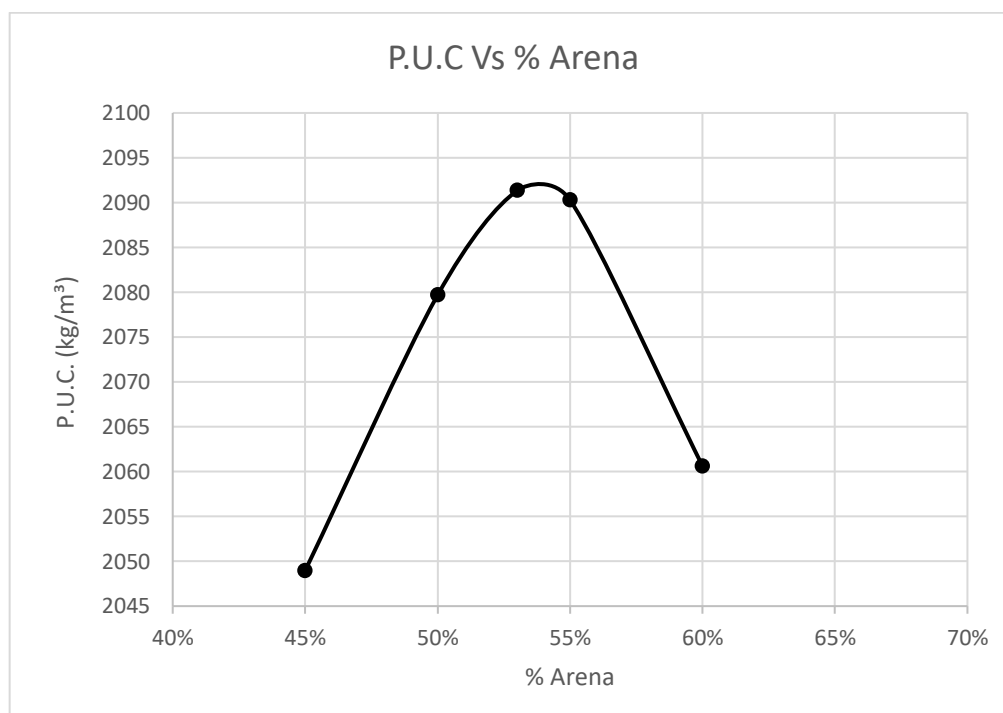


Figura 3.3. Curva de máxima compactación del agregado global

El análisis granulométrico del agregado global se presenta en la tabla 3.5 y figura

3.4. Observando que se ajusta mejor al huso 1 ½" de la NTP 400.037

Tabla 3.5

Granulometría: agregado global

| Tamiz | Peso retenido del AG | Peso retenido del AF | Agregado global AG/AF = 46/54 | Peso Retenido acumulado | Peso que pasa acumulado |
|--------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Malla 1 1/2" | 0.0% | | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| Malla 1" | 5.0% | | 2.3% | 2.3% | 97.7% |
| Malla 3/4" | 47.1% | | 21.7% | 24.0% | 76.0% |
| Malla 1/2" | 45.2% | | 20.8% | 44.8% | 55.2% |
| Malla 3/8" | 1.7% | 0.0% | 0.8% | 45.5% | 54.5% |
| Malla N° 4 | 0.6% | 3.4% | 2.1% | 47.7% | 52.3% |
| Malla N° 8 | 0.4% | 13.5% | 7.5% | 55.2% | 44.8% |
| Malla N° 16 | | 19.7% | 10.6% | 65.8% | 34.2% |
| Malla N° 30 | | 22.0% | 11.9% | 77.7% | 22.3% |
| Malla N° 50 | | 19.3% | 10.4% | 88.1% | 11.9% |
| Malla N° 100 | | 14.2% | 7.6% | 95.7% | 4.3% |
| Fondo | | 7.9% | 4.3% | 100.0% | 0.0% |
| Total | 100.00% | 100.00% | 100.00% | | |

Nota. Fuente: propia

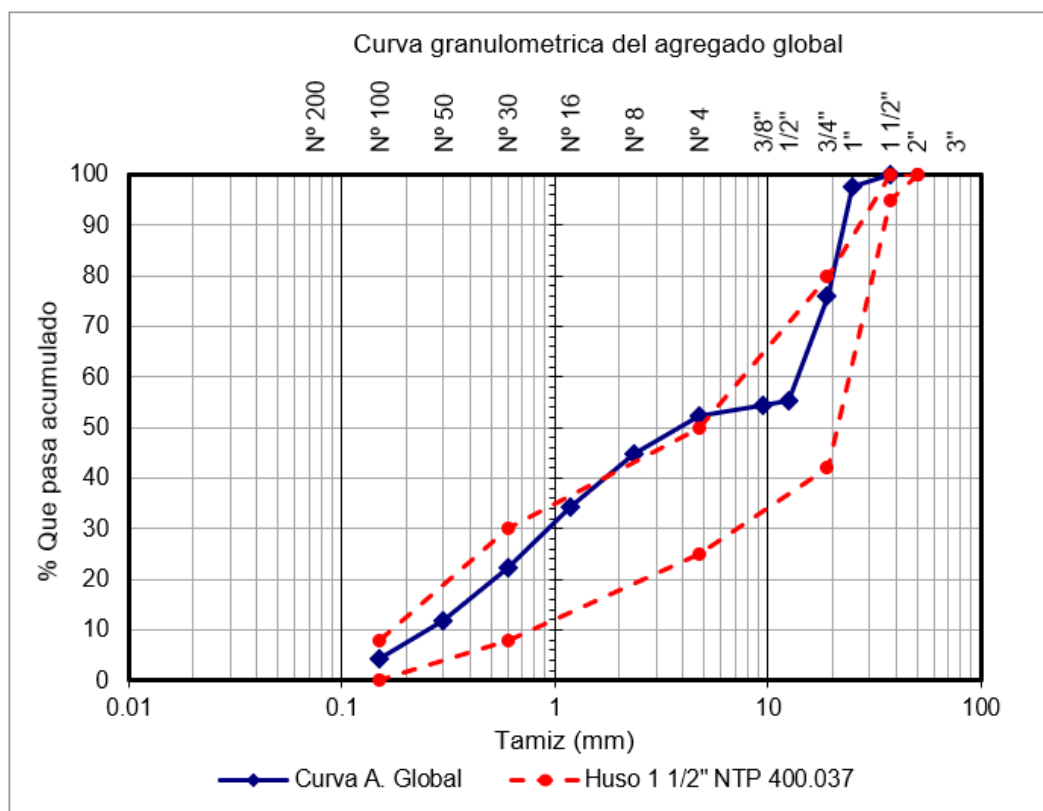


Figura 3.4. Curva granulométrica del agregado global

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El diseño del concreto patrón consiste en una mezcla óptima de arena, piedra y agua, buscando cumplir con las condiciones de trabajabilidad deseadas y resistencia máxima. Para tal fin se realizan combinaciones de los agregados (fino y grueso), obteniendo en cada combinación su peso unitario compactado, de estos valores se usará para la elaboración de concreto la combinación de arena y piedra que produzca el máximo peso unitario compactado para el agregado global. además, tomamos dos porcentajes antes y después de arena, para construir una gráfica de $f'c$ vs. % Arena, de donde se obtendrá el mayor $f'c$ y el óptimo porcentaje de combinación de agregados, con lo cual estamos asegurados la mayor calidad del concreto. (Medina, 2001)

Para el diseño de mezcla con aditivo se adicionó 0.50, 0.75 y 1.0 litros de aditivo CHEMA 3 por cada bolsa de cemento, reduciendo el agua en la misma cantidad de aditivo usado para mantener el asentamiento dentro del rango esperado.

4.1. DISEÑO DE MEZCLA

4.1.1. Obtención de las propiedades de los agregados

Para iniciar el diseño de mezcla se requiere obtener previamente todas las propiedades físicas de los agregados. En la tabla 4.1 se muestran las propiedades físicas de los agregados a usar para el diseño de mezcla.

Tabla 4.1

Propiedades físicas de los agregados

| Propiedad | Agregado fino | Agregado grueso |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| P.U.S. (Kg/m ³) | 1686 | 1351 |
| P.U.C (Kg/m ³) | 1825 | 1521 |
| P.E. (Kg/m ³) | 2605 | 2700 |
| Absorción (%) | 2.03 | 0.91 |
| C.H. (%) | 1.89 | 0.48 |
| T.M.N. (tamiz) | N°4 | 1" |
| M.F. | 2.86 | 7.51 |

Nota. Fuente: propia

Del ensayo de máxima compacidad del agregado global se escoge la relación de arena/piedra de 53/47, los cuales dieron el máximo peso unitario compactado para el agregado global, tal como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2*Máxima compactación del agregado global*

| Arena | Piedra | P.U.C. (kg/m ³) |
|-------|--------|-----------------------------|
| 45% | 55% | 2048.96 |
| 50% | 50% | 2079.68 |
| 53% | 47% | 2091.34 |
| 55% | 45% | 2090.28 |
| 60% | 40% | 2050.02 |

Nota. Fuente propia

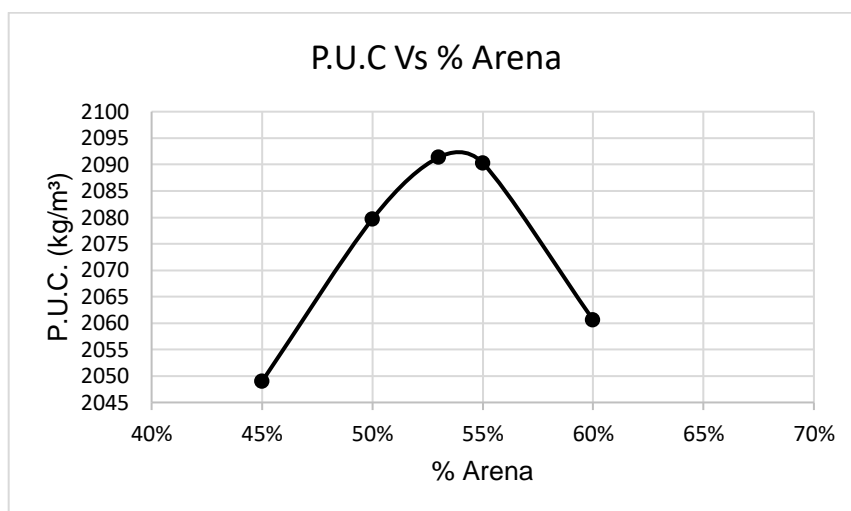


Figura 4.1 Curva de máxima compactación del agregado global

4.1.2. Metodología de diseño de mezcla

Para realizar el diseño de mezcla se siguieron los pasos establecidos a continuación:

- Cemento a usar: tipo ICo
- Elegir el a/c a usar: 0.4.
- Elegir el slump deseado: 3"-4".
- Se aire atrapado se determina usando las tablas elaboradas por el ACI 211.1-91: para un T.M.N. de 1" es 1.5% de aire atrapado.
- Estimación del volumen de agua: se usó 200 litros por metro cúbico de concreto.
- Cálculo del peso de cemento: se realiza dividiendo el peso del agua entre la relación.

$$\text{Cantidad de cemento} = \text{Cantidad de agua}/(a/c) = 500 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo del volumen de agregados en la mezcla.

$$\text{Vol. de agregados por m}^3 = 1 - (\text{Vol. Agua} + \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. Aire})$$

$$\text{Vol. de agregados por m}^3 = 0.63 \text{ m}^3$$

- Seleccionar la relación arena/piedra:

$$\text{Agregado fino} = 53\%$$

$$\text{Agregado grueso} = 47\%$$

- Se determina la cantidad de cada agregado seco a emplear:

$$\text{Vol. Arena} = [(\% \text{arena}/P.E. \text{ arena}) / ((\% \text{arena}/P.E. \text{ arena}) + (\% \text{piedra}/P.E. \text{ piedra}))] * \text{Vol. Agregados}$$

$$\text{Vol. Piedra} = [(\% \text{piedra}/P. E \text{ piedra}) / ((\% \text{arena}/P. E \text{ arena}) + (\% \text{piedra}/P. E \text{ piedra}))] * \text{Vol. Agregados}$$

$$\text{Cantidad de arena seca por m}^3 \text{ de concreto} = 0.337 \text{ m}^3$$

$$\text{Cantidad de piedra seca por m}^3 \text{ de concreto} = 0.289 \text{ m}^3$$

Para el peso de los agregados se multiplicará su volumen en estado seco por su peso específico de cada agregado.

$$\text{Peso de arena por m}^3 \text{ de concreto} = 879.08 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de piedra por m}^3 \text{ de concreto} = 779.56 \text{ kg}$$

- Se calcula el peso del agregado húmedo:

$$\text{Peso del agregado húmedo} = \text{peso seco del agregado} * (1 + \text{contenido de humedad})$$

$$\text{Peso de arena húmeda} = 895.68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso de piedra húmeda} = 783.28 \text{ kg/m}^3$$

- Corrección del agua de mezcla

Se calculará el agua que aporta cada agregado con las siguientes fórmulas:

$$\text{Agua de la arena} = \text{Peso de arena seca} * (\%C.H. \text{ Arena} - \%Abs. \text{ Arena})$$

Agua de la piedra = Peso de piedra seca*(%C.H. Piedra - %Abs. Piedra)

Agua corregida = Agua estimada - Agua de la arena - Agua de la piedra

| |
|--|
| Agua corregida = 204.61 L/m ³ |
|--|

Con los datos obtenidos se realiza las tablas de diseño de mezcla. En la tabla 4.3 se presenta el diseño preliminar usando cemento tipo ICo, relación a/c = 0.4 con relación arena/piedra = 53/47

Tabla 4.3

Diseño preliminar: Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =200 L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 500.00 | 0.159 | 1.00 | 500.00 | 1.00 | 42.50 | 11.33 |
| Agua | 200.00 | 0.200 | 0.40 | 204.61 | 0.41 | 17.39 | 4.64 |
| Arena | 879.08 | 0.337 | 2.13 | 895.68 | 1.79 | 76.13 | 20.29 |
| Piedra | 779.56 | 0.289 | 1.82 | 783.28 | 1.57 | 66.58 | 17.75 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 1 1/2" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

En la búsqueda de obtener el asentamiento requerido se varió el volumen agua de diseño, haciendo contante el a/c y la relación arena/piedra. Obteniendo de este modo el agua de diseño óptimo para el asentamiento deseado. El detalle de los diseños preliminares se encuentra en los Anexos.

La tabla 4.4 muestra el diseño preliminar con agua óptima para el a/c=0.4 y asentamientos de 3"-4" usando cemento tipo ICo.

Tabla 4.4

Diseño preliminar: Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =235 L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.58 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.11 | 0.41 | 17.30 | 5.53 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.40 | 59.38 | 18.97 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.17 | 49.88 | 15.93 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Luego del obtener el agua óptima se procedió a hallar la combinación de agregados que produzca la máxima resistencia a la compresión a los 7 días, para ello se realizaron diseños de mezcla variando el porcentaje de agregados en $\pm 3\%$.

El promedio de las probetas ensayadas por diseño a cada porcentaje de agregado se presenta en la tabla 4.5 y figura 4.1.

Para mayor detalle de los diseños preliminares para hallar la proporción óptima de agregado ver Anexos.

Tabla 4.5

Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo ICo, a/c=0.4, agua =235

| Arena (%) | Piedra (%) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Días de curado | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|---|
| 50% | 50% | 288.90 | 312.60 | 322.10 | 7 | 307.9 |
| 53% | 47% | 319.60 | 309.50 | 314.20 | 7 | 320.0 |
| 56% | 44% | 315.80 | 313.90 | 320.70 | 7 | 316.8 |

Nota. Fuente propia

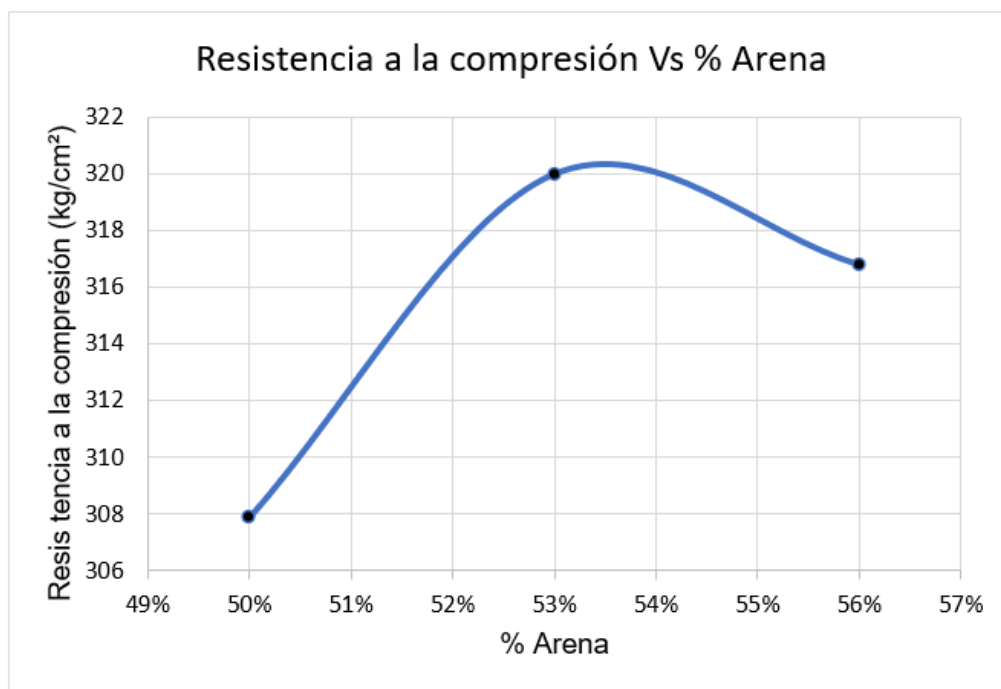


Figura 4.2 Resistencia a la compresión a 7 días usando C.tipo ICo y a/c = 0.4

La Figura 4.2 se superpondrá a la Figura 4.1 de máxima compacidad del agregado global para obtener la Figura 4.3.

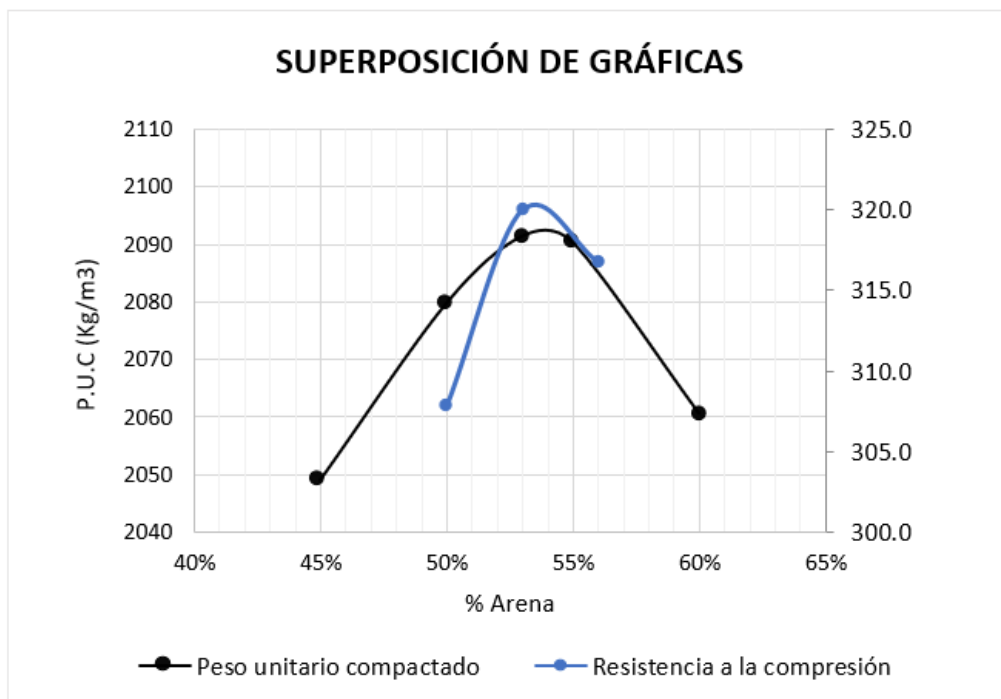


Figura 4.3 Superposición de gráfica de máximos P.U.C. y la resistencia a la compresión 7 días

En la Figura 4.3 se observa una leve tendencia a la derecha con los puntos máximos en 54% de arena, motivo por el cual se usará la relación arena/piedra de 54/46 para el diseño patrón.

Siguiendo la metodología de diseño se realiza el diseño patrón para cada tipo de cemento (tipo ICo y tipo GU) y relación a/c (0.4 y 0.5). Para más detalle ver en Anexos.

Para el diseño con aditivo se usó el aditivo CHEMA 3 con dosificación de 0.50, 0.75 y 1.0 litros de aditivo por bolsa de cemento. El agua se redujo en el mismo volumen de aditivo agregado para mantener el asentamiento constante.

$$\text{Volumen de aditivo} = \text{dosificación de aditivo} * \text{Peso de cemento} / 42.5$$

$$\text{Agua a disminuir} = \text{Volumen de aditivo}$$

$$\text{Peso de aditivo} = \text{densidad de aditivo} * \text{Volumen de aditivo}$$

4.1.3. Diseños de mezcla

Para los diseños definitivos se usaron 2 tipos de cemento (tipo ICo y tipo GU), además de 2 relaciones a/c (0.4 y 0.5). Obteniendo de este modo 4 diseños patrones a los que se les adicionó aditivo en las dosificaciones de 0.50, 0.75 y 1.00 litros de aditivo CHEMA 3 por cada bolsa de cemento en la mezcla. Los diseños definitivos son presentados en las tablas 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9. Ver Anexos para mayor detalle.

Tabla 4.6*Diseños de mezcla con cemento tipo ICo y a/c=0.4*

| <i>Material</i> | <i>Diseño patrón</i> | <i>Aditivo al 0.50 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 0.75 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 1.00 L/bolsa</i> |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Cemento (Kg) | 587.50 | 587.50 | 587.50 | 587.50 |
| Agua (lt) | 239.11 | 232.20 | 228.74 | 225.29 |
| Arena (kg) | 820.81 | 820.81 | 820.81 | 820.81 |
| Piedra (kg) | 689.52 | 689.52 | 689.52 | 689.52 |
| Aditivo (kg) | - | 8.09 | 12.13 | 16.17 |

Nota. Fuente propia

Tabla 4.7*Diseños de mezcla con cemento tipo ICo y a/c=0.5*

| <i>Material</i> | <i>Diseño patrón</i> | <i>Aditivo al 0.50 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 0.75 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 1.00 L/bolsa</i> |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Cemento (Kg) | 410.00 | 410.00 | 410.00 | 410.00 |
| Agua (lt) | 209.73 | 204.91 | 202.49 | 200.08 |
| Arena (kg) | 946.59 | 946.59 | 946.59 | 946.59 |
| Piedra (kg) | 795.18 | 795.18 | 795.18 | 795.18 |
| Aditivo (kg) | - | 5.64 | 8.47 | 11.29 |

Nota. Fuente propia

Tabla 4.8*Diseños de mezcla con cemento tipo GU y a/c=0.4*

| <i>Material</i> | <i>Diseño patrón</i> | <i>Aditivo al 0.50 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 0.75 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 1.00 L/bolsa</i> |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Cemento (Kg) | 662.50 | 662.50 | 662.50 | 662.50 |
| Agua (lt) | 268.71 | 260.92 | 257.02 | 253.12 |
| Arena (kg) | 742.43 | 742.43 | 742.43 | 742.43 |
| Piedra (kg) | 623.68 | 623.68 | 623.68 | 623.68 |
| Aditivo (kg) | - | 9.12 | 13.68 | 18.24 |

Nota. Fuente propia

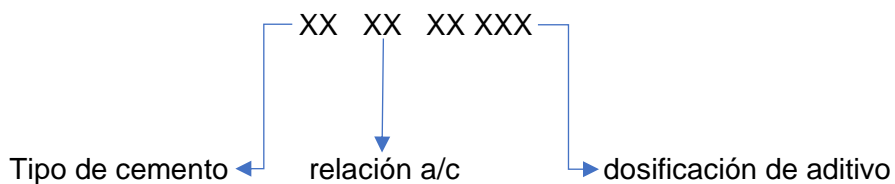
Tabla 4.9

Diseños de mezcla con cemento tipo GU y a/c=0.5

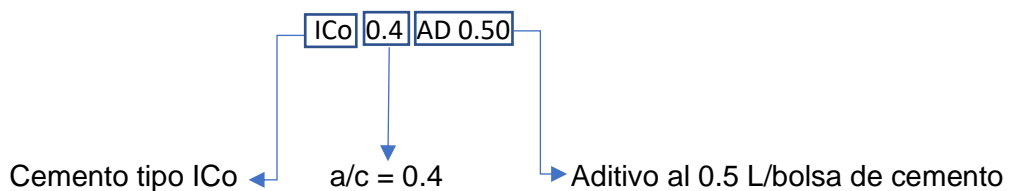
| <i>Material</i> | <i>Diseño patrón</i> | <i>Aditivo al 0.50 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 0.75 L/bolsa</i> | <i>Aditivo al 1.00 L/bolsa</i> |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Cemento (Kg) | 440.00 | 440.00 | 440.00 | 440.00 |
| Agua (lt) | 224.56 | 219.38 | 216.80 | 214.21 |
| Arena (kg) | 910.86 | 910.86 | 910.86 | 910.86 |
| Piedra (kg) | 765.17 | 765.17 | 765.17 | 765.17 |
| Aditivo (kg) | - | 6.06 | 9.08 | 12.11 |

Nota. Fuente propia

Para una nomenclatura más fácil de los diseños se realizó siguiendo el siguiente formato



Por ejemplo:



CAPÍTULO V: ENSAYOS DE CONCRETO Y RESULTADOS

5.1. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Para el estudio del concreto en estado fresco se realizaron diferentes diseños de mezcla, variando el tipo de cemento (tipo ICo y tipo GU) y variando la relación a/c (0.4 y 0.5), obteniendo así 4 diseños patrón a los que se les adicionó a cada uno aditivo CHEMA 3 en dosificaciones de 0.50, 0.75 y 1.00 litros por bolsa de cemento, obteniendo de este modo 16 diseños de mezcla, realizándoles los ensayos de: consistencia, peso unitario, contenido de aire, exudación y tiempo de fragua. Para detalle de sus cálculos ver Anexos.

5.1.1. Ensayo de asentamiento (NTP 339.035)

Este ensayo nos permitió monitorear la consistencia del concreto, siendo esta la propiedad de todo concreto para mantener su homogeneidad en un estado determinado en función del tiempo, además de indicar con que facilidad el concreto se compacta

De acuerdo a cada diseño de mezcla obtenido en el capítulo IV, se realizó la medición del asentamiento con uso del cono de Abrams según el proceso establecido en la NTP 339.035, el cual consistió en compactar el concreto en capas dentro del cono de Abrams con ayuda de una varilla lisa de 5/8", luego se retirará el cono y se medirá el asentamiento.

En la Tabla 5.1 se presentó los resultados del ensayo de consistencia para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

Tabla 5.1

Ensayo de consistencia usando Cemento tipo ICo

| CONCRETO A USAR | ASENTAMIENTO (Pulgadas) |
|-----------------|-------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 3.50 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 3.75 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 4.00 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 4.00 |
| ICo 0.5 patrón | 3.50 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 3.63 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 3.75 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 3.75 |

Nota. Fuente propia

En la Figura 5.1 se presentó los resultados del ensayo de consistencia en gráfica de barras para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

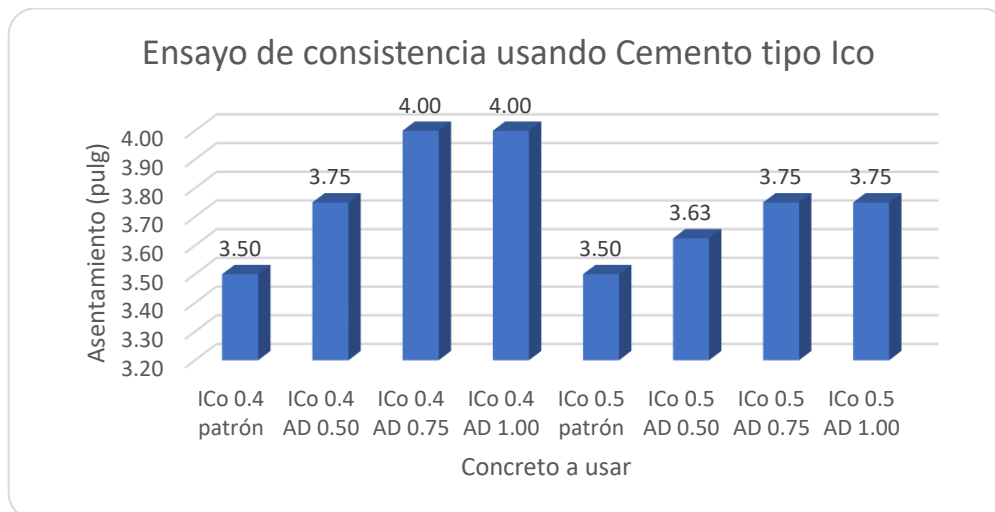


Figura 5.1 Ensayo de consistencia usando cemento tipo ICo

De la tabla 5.1 y Figura 5.1 se observó el incremento del asentamiento para concretos elaborados con cemento tipo ICo a medida que se adiciona aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.2 se presentó los resultados del ensayo de consistencia para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

Tabla 5.2

Ensayo de consistencia usando Cemento tipo GU

| CONCRETO A USAR | ASENTAMIENTO (Pulgadas) |
|-----------------|-------------------------|
| GU 0.4 patrón | 3.75 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 3.88 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 4.00 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 4.00 |
| GU 0.5 patrón | 3.88 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 4.00 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 4.00 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 4.00 |

Nota. Fuente propia

En la Figura 5.2 se presentó los resultados del ensayo de consistencia en gráfica de barras para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

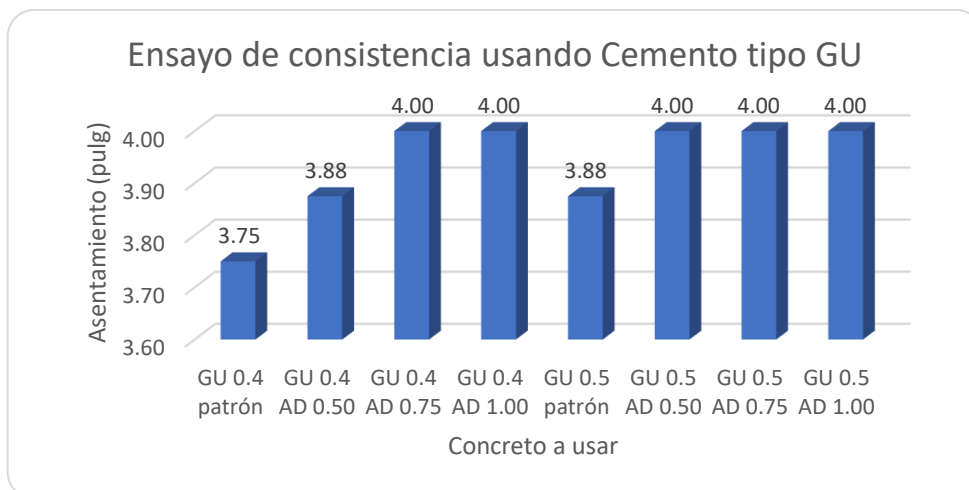


Figura 5.2. Ensayo de consistencia usando cemento tipo GU

De la tabla 5.2 y Figura 5.2 se observó el incremento del asentamiento para concretos elaborados con cemento tipo GU a medida que se adiciona aditivo Chema 3.

5.1.2. Ensayo de peso unitario (NTP 339.046)

Esta propiedad se definió como el peso que tiene el concreto por unidad de volumen, el ensayo de peso unitario se realizó compactando una muestra de concreto en un recipiente metálico normado para luego ser pesado y dividirlo entre el volumen del recipiente. Para mayor detalle ver Anexos.

En la Tabla 5.3 y Figura 5.3 se presentaron los resultados del ensayo de peso unitario para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo. Mientras en la Tabla 5.4 y Figura 5.4 se presentaron los resultados del ensayo de peso unitario para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

Tabla 5.3

Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo ICo

| CONCRETO A USAR | Peso unitario (kg/m ³) |
|-----------------|------------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 2321.24 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 2330.77 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 2335.01 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 2331.83 |
| ICo 0.5 patrón | 2386.92 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 2392.22 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 2394.34 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 2395.40 |

Nota. Fuente propia

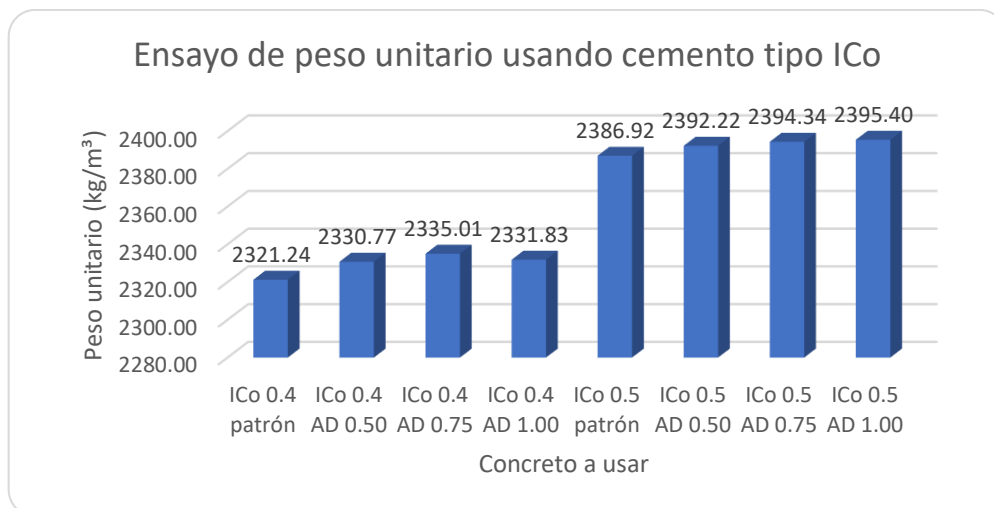


Figura 5.3 Ensayo de peso unitario usando cemento tipo ICo

Tabla 5.4

Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo GU

| CONCRETO A USAR | Peso unitario (kg/m³) |
|-----------------|-----------------------|
| GU 0.4 patrón | 2329.71 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 2324.41 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 2333.95 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 2329.71 |
| GU 0.5 patrón | 2386.92 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 2379.50 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 2376.33 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 2374.21 |

Nota. Fuente propia

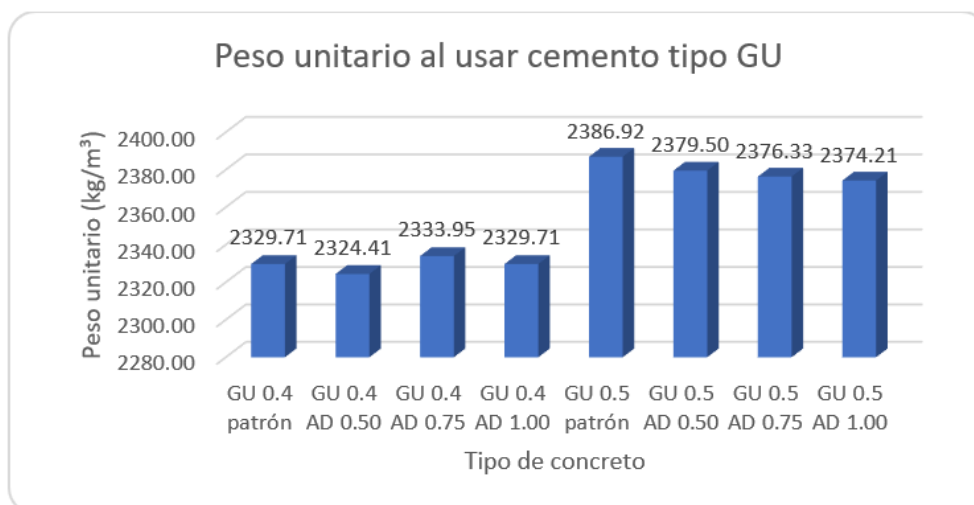


Figura 5.4 Peso unitario al usar cemento tipo GU.

De la Tabla 5.3 y Figura 5.4 se observó un leve incremento del peso unitario para concretos elaborados con cemento tipo ICo a medida que se adiciona aditivo Chema 3. Mientras para la Tabla 5.4 y Figura 5.4 se observó una leve tendencia a disminuir el peso unitario para concretos elaborados con cemento tipo GU y a/c = 0.5 a medida que se adiciona aditivo Chema 3

5.1.3. Ensayo de contenido de aire (NTP 339.083)

El ensayo de contenido de aire nos permitió medir la cantidad de aire atrapado en el concreto fresco, de modo que se lleve un control de la calidad del concreto. El procedimiento de ensayo estuvo indicado en la NTP 339.083.

En la Tabla 5.5 y Figura 5.5 se presentaron los resultados del ensayo de contenido de aire para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

Tabla 5.5

Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo ICo

| CONCRETO A USAR | Contenido de aire (%) |
|-----------------|-----------------------|
| ICo 0.4 patrón | 1.28 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 1.35 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 1.62 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 1.45 |
| ICo 0.5 patrón | 1.32 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 1.35 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 1.50 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 1.90 |

Nota. Fuente propia

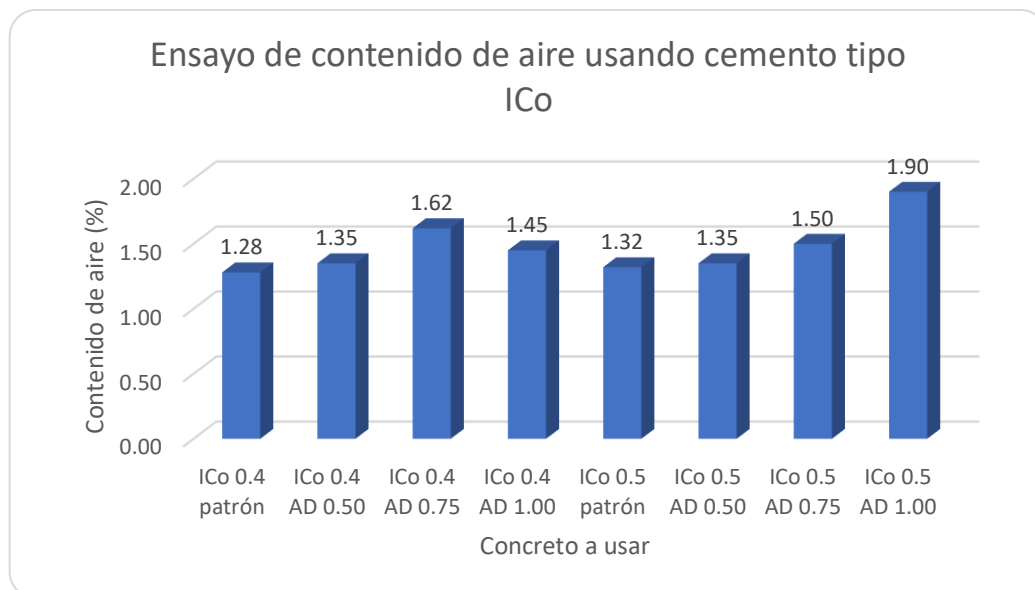


Figura 5.5. Ensayo contenido de aire usando cemento tipo ICo

En la Tabla 5.5 y Figura 5.5 se observó un aumento del contenido de aire en el concreto con cemento tipo ICo al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.6 y Figura 5.6 se presentaron los resultados del ensayo contenido de aire para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

Tabla 5.6

Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo GU

| CONCRETO A USAR | Contenido de aire (%) |
|-----------------|-----------------------|
| GU 0.4 patrón | 1.20 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 1.35 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 1.55 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 1.60 |
| GU 0.5 patrón | 1.20 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 1.30 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 1.25 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 1.70 |

Nota. Fuente propia

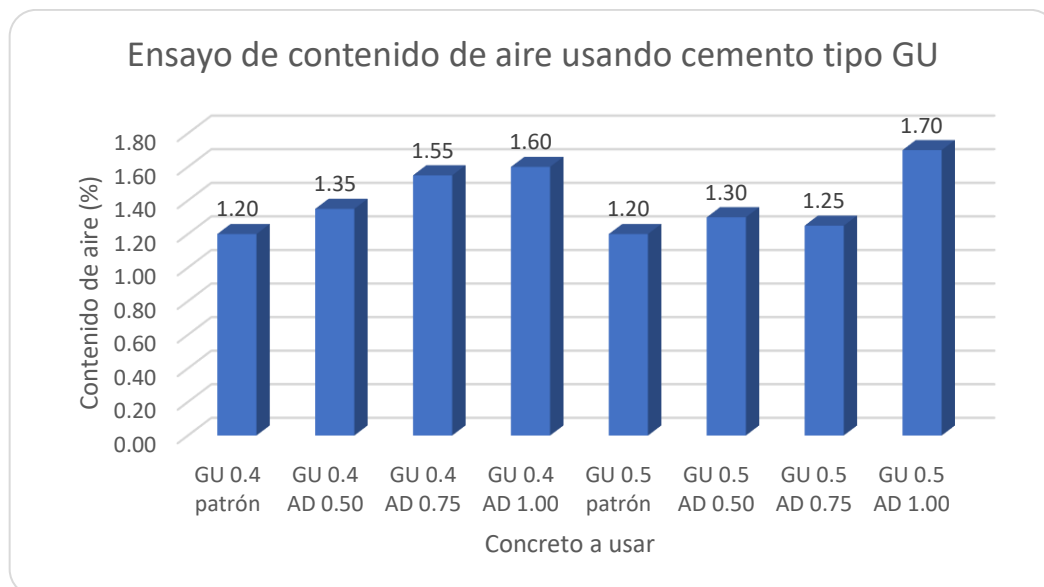


Figura 5.6. Ensayo de contenido de aire usando cemento tipo GU

En la Tabla 5.6 y Figura 5.6 se observó un aumento del contenido de aire en el concreto con cemento tipo GU al adicionar aditivo Chema 3.

5.1.4. Ensayo de exudación (NTP 339.077)

El ensayo de exudación permitió medir la cantidad de agua del concreto fresco que asciende a su superficie, por lo general se debe a la sedimentación de los sólidos, iniciándose poco después de haber sido colocado y consolidado en el encofrado. El detalle de su cálculo se encuentra en Anexos.

En la Tabla 5.7 y Figura 5.7 se presentaron los resultados del ensayo de exudación para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

Tabla 5.7

Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo

| Concreto a usar | Exudación (%) |
|-----------------|---------------|
| ICo 0.4 patrón | 1.44% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 1.63% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 1.95% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 1.53% |
| ICo 0.5 patrón | 1.68% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 1.73% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 1.89% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 2.26% |

Nota. Fuente propia

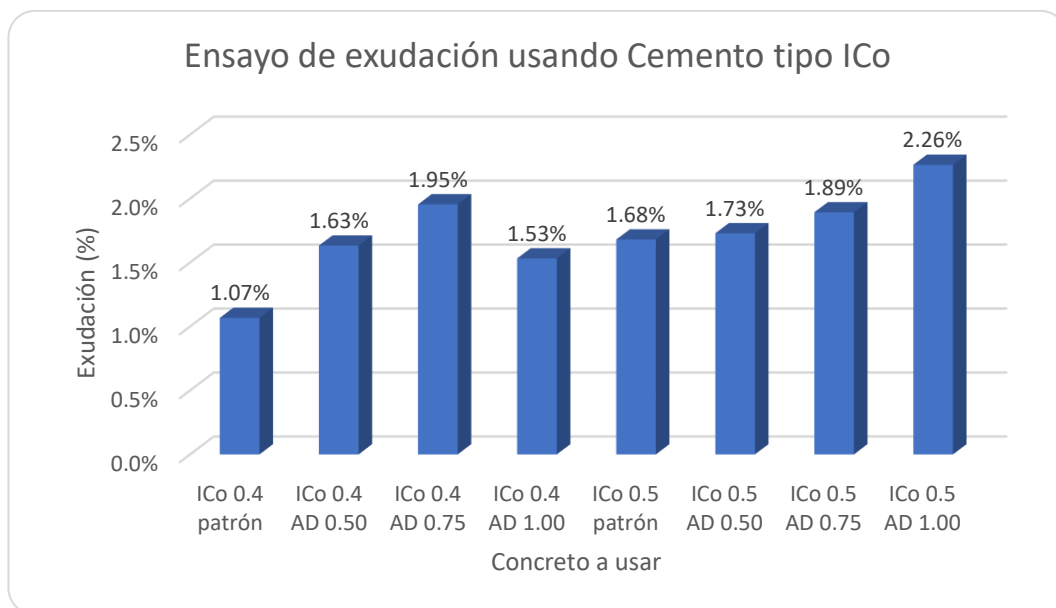


Figura 5.7 Ensayo de exudación usando cemento tipo ICo

En la Tabla 5.7 y Figura 5.7 se observó un aumento de la exudación en el concreto con cemento tipo ICo al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.8 y Figura 5.8 se presentaron los resultados del ensayo de exudación para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU

Tabla 5.8

Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU

| Concreto a usar | Exudación (%) |
|-----------------|---------------|
| GU 0.4 patrón | 1.62% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 1.65% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 1.39% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 1.44% |
| GU 0.5 patrón | 2.25% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 1.99% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 1.78% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 1.80% |

Nota. Fuente propia

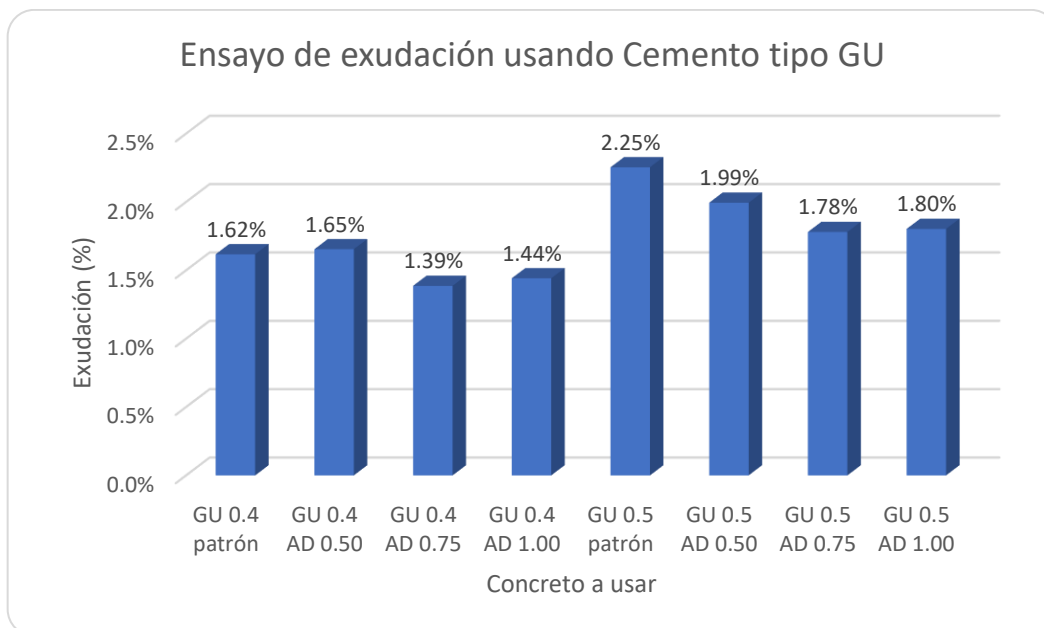


Figura 5.8 Ensayo de exudación usando cemento tipo GU

En la Tabla 5.8 y Figura 5.8 se observó un aumento de la exudación en el concreto con cemento tipo GU al adicionar aditivo Chema 3.

5.1.5. Ensayo de tiempo de fragua (NTP 339.082)

Para realizar este ensayo se inició por el tamizado del concreto fresco a través de la malla N°4 para obtener un mortero. Introduciendo el mortero en un recipiente estándar para luego mediante el uso de agujas normalizadas se midió su resistencia a la penetración a intervalos específicos. Los resultados fueron anotados para graficar una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo y así determinar el inicio y finalización del fraguado al alcanzar las 500 lb/pulg² y 4000 lb/pulg² respectivamente.

Para mayor detalle de su cálculo ver Anexos.

En la Tabla 5.9 y Figura 5.9 se presentaron los resultados del ensayo de tiempo de fragua para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

Tabla 5.9

Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo ICo

| Concreto a usar | TFI | TFF |
|-----------------|------------|------------|
| ICo 0.4 patrón | 05hr 23min | 07hr 28min |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 05hr 36min | 07hr 41min |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 05hr 48min | 07hr 58min |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 05hr 42min | 07hr 49min |
| ICo 0.5 patrón | 05hr 56min | 08hr 52min |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 06hr 16min | 09hr 17min |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 06hr 29min | 09hr 05min |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 06hr 26min | 08hr 57min |

Nota. Fuente propia

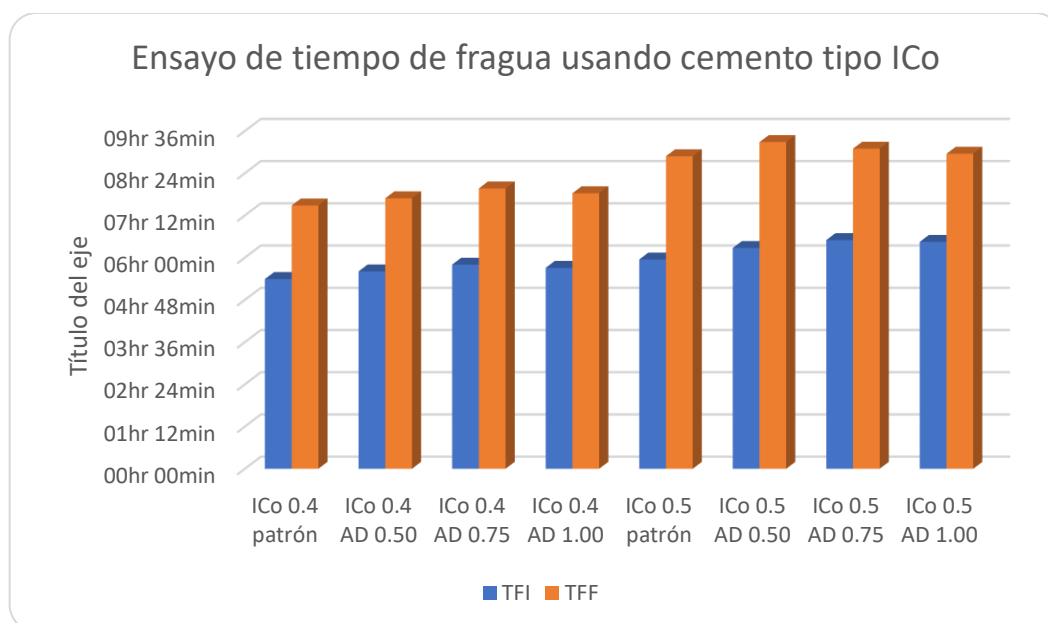


Figura 5.9 Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo ICo

De la Tabla 5.9 y Figura 5.9 se observó una leve tendencia a incrementar los tiempos de fragua en concretos elaborados con cemento tipo ICo al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.10 y Figura 5.10 se presentaron los resultados del ensayo de tiempo de fragua para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

Tabla 5.10

Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo GU

| Concreto a usar | TFI | TFF |
|-----------------|------------|------------|
| GU 0.4 patrón | 04hr 09min | 05hr 46min |
| GU 0.4 AD 0.50 | 04hr 12min | 05hr 35min |
| GU 0.4 AD 0.75 | 04hr 28min | 05hr 57min |
| GU 0.4 AD 1.00 | 04hr 27min | 05hr 48min |
| GU 0.5 patrón | 05hr 09min | 07hr 13min |
| GU 0.5 AD 0.50 | 04hr 32min | 06hr 09min |
| GU 0.5 AD 0.75 | 04hr 47min | 06hr 32min |
| GU 0.5 AD 1.00 | 04hr 34min | 06hr 27min |

Nota. Fuente propia

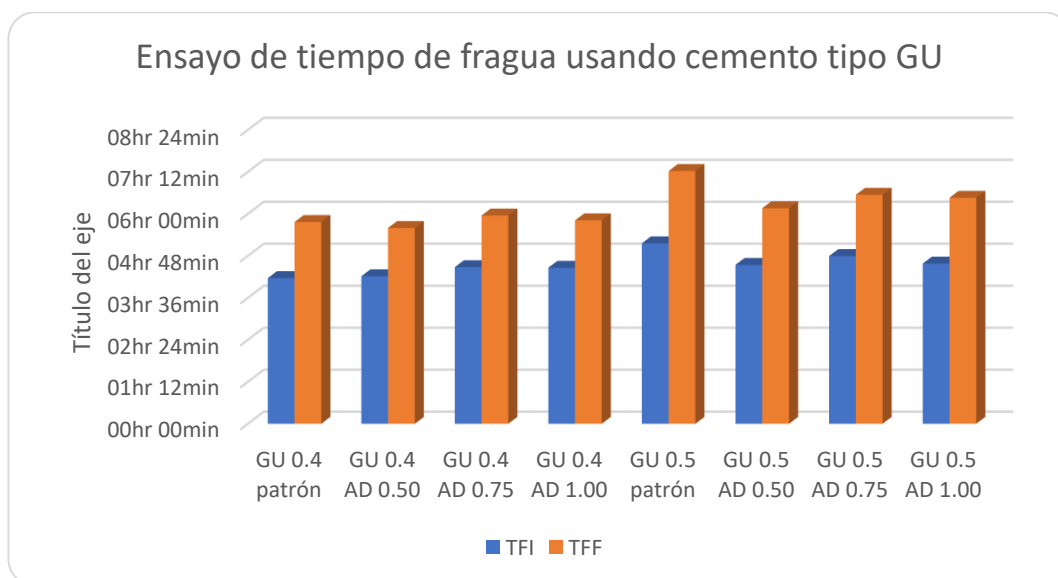


Figura 5.10 Ensayo de tiempo de fragua usando cemento tipo GU

De la Tabla 5.10 y Figura 5.10 se observó una leve tendencia a disminuir tiempos de fragua en concretos elaborados con cemento tipo GU y $a/c = 0.5$ al adicionar aditivo Chema 3.

5.2. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Para el estudio del concreto en estado endurecidos se realizaron diferentes diseños de mezcla, variando el tipo de cemento (tipo ICo y tipo GU) y variando la relación a/c (0.4 y 0.5), obteniendo asó 4 diseños patrón a los que se les adicionó a cada uno aditivo CHEMA 3 en dosificaciones de 0.50, 0.75 y 1.00 litros por bolsa de cemento, obteniendo de este modo 16 diseños de mezcla.

A cada diseño de mezcla se le realizaron los ensayos de: ensayo de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral y ensayo de absorción y vacíos. Para mayor detalle de los cálculos ver Anexos.

5.2.1. Ensayo de Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Usualmente se le atribuye mayor relevancia a esta propiedad, dando un panorama general de la calidad del concreto. El ensayo se realizó aplicando una carga axial sobre un espécimen de concreto cilíndrico hasta que se da la falla, tomando como dato la carga máxima y las medidas del espécimen a ensayar. Finalmente se obtuvo la relación de la carga máxima y el área de la sección transversal, siendo esta su resistencia a la compresión.

En la Tabla 5.11 y Figura 5.11 se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo. Para mayor detalle ver Anexos.

Tabla 5.11

Resistencia a la compresión usando cemento tipo ICo

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|
| ICo 0.4 patrón | 254.16 | 314.71 | 369.96 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 263.94 | 316.16 | 374.90 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 265.78 | 325.48 | 379.16 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 269.25 | 325.95 | 369.88 |
| ICo 0.5 patrón | 162.78 | 240.74 | 306.19 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 190.78 | 260.68 | 321.72 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 190.79 | 254.95 | 338.95 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 193.93 | 255.94 | 340.69 |

Nota. Fuente propia

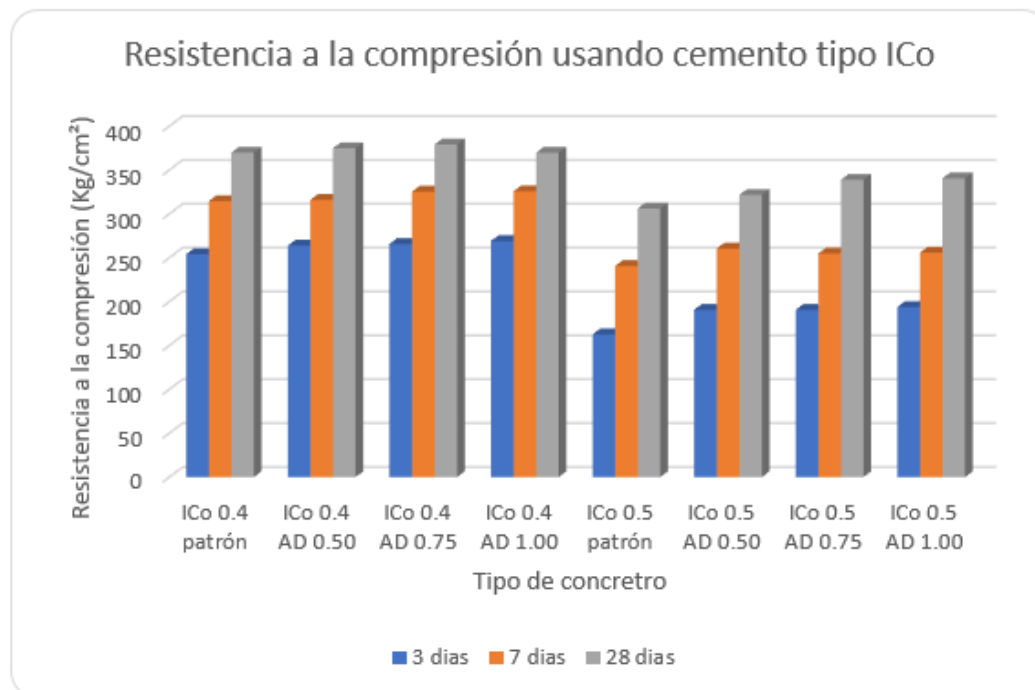


Figura 5.11 Ensayo de resistencia a la compresión usando cemento tipo ICo

De la Tabla 5.11 y Figura 5.11 se observó que la resistencia a la compresión en concretos elaborados con cemento tipo ICo se incrementa a los 3 días al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.12 y Figura 5.12 se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU. Para mayor detalle ver Anexos.

Tabla 5.12

Resistencia a la compresión usando cemento tipo GU

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|
| GU 0.4 patrón | 280.96 | 351.06 | 398.86 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 295.17 | 354.36 | 386.55 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 302.33 | 353.49 | 390.98 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 306.10 | 359.83 | 401.82 |
| GU 0.5 patrón | 243.48 | 307.10 | 365.71 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 237.76 | 282.39 | 352.19 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 275.47 | 301.21 | 349.33 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 259.21 | 289.58 | 337.20 |

Nota. Fuente propia

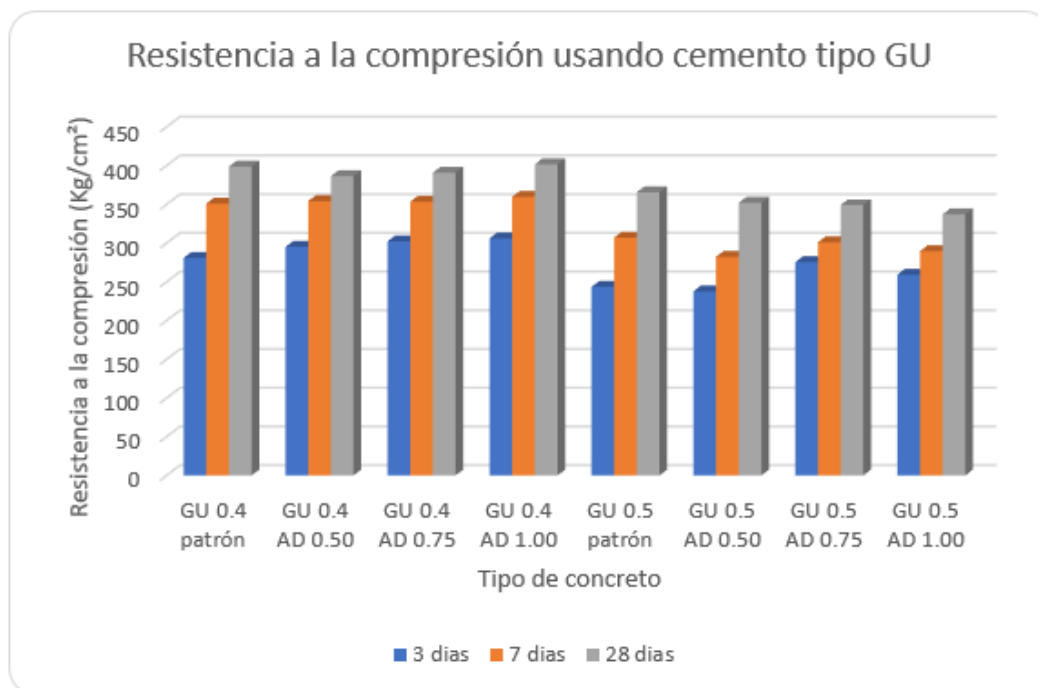


Figura 5.12 Ensayo de resistencia a la compresión usando cemento tipo GU

De la Tabla 5.12 y Figura 5.12 se observó que la resistencia a la compresión en concretos elaborados con cemento tipo GU se incrementa a los 3 días al adicionar aditivo Chema 3.

5.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

Los procedimientos para realiza este ensayo se encuentra indicado en la NTP 339.084. De cada diseño de mezcla se realizaron 6 muestras cilíndricas para este ensayo.

En la Tabla 5.13 y Figura 5.13 se pudo apreciar los datos obtenidos de resistencia a la tracción por compresión diametral para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo. Para mayor detalle ver Anexos.

Tabla 5.13

Resistencia a la tracción usando cemento tipo ICo

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|
| ICo 0.4 patrón | 29.81 | 31.61 | 40.73 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 29.15 | 31.76 | 40.75 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 36.39 | 40.28 | 41.71 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 36.92 | 37.58 | 39.48 |
| ICo 0.5 patrón | 24.81 | 33.02 | 37.10 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 25.15 | 32.10 | 39.02 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 26.83 | 34.44 | 39.87 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 25.88 | 34.16 | 38.92 |

Nota. Fuente propia

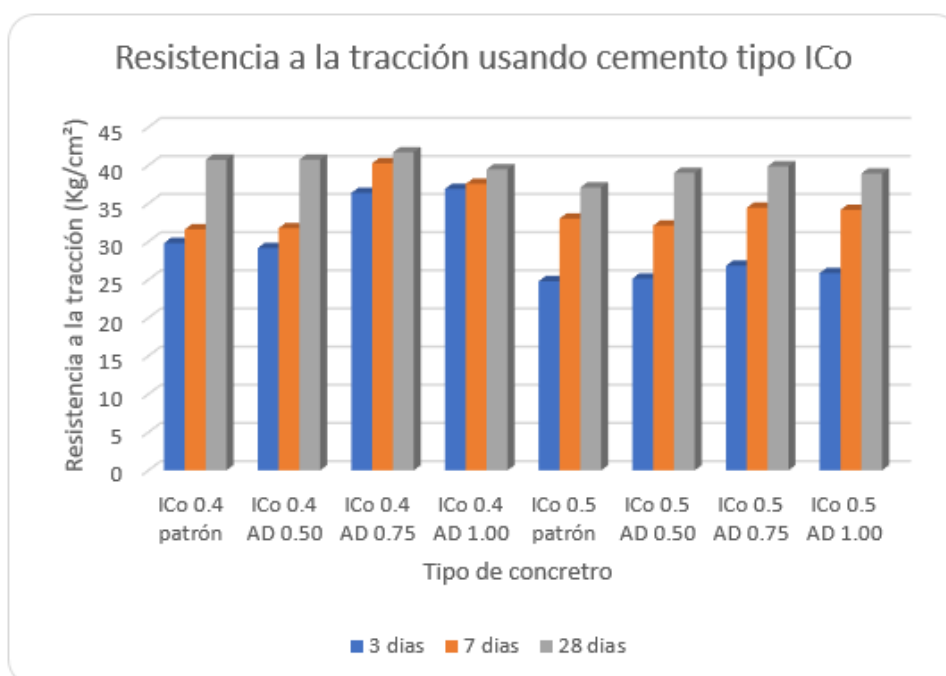


Figura 5.13. Ensayo de resistencia a la tracción usando cemento tipo ICo

De la Tabla 5.13 y Figura 5.13 se observó que la resistencia a la tracción en concretos elaborados con cemento tipo ICo se incrementa a los 3 días al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.14 y Figura 5.14 se pudo apreciar los datos obtenidos de resistencia a la tracción por compresión diametral para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU. Para mayor detalle ver Anexos.

Tabla 5.14

Resistencia a la tracción usando cemento tipo GU

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|
| GU 0.4 patrón | 27.69 | 34.07 | 36.10 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 29.42 | 36.05 | 35.66 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 33.00 | 35.70 | 35.24 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 34.89 | 36.39 | 36.51 |
| GU 0.5 patrón | 30.60 | 34.54 | 36.96 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 29.87 | 29.96 | 41.52 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 33.32 | 31.30 | 43.59 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 30.25 | 32.71 | 37.28 |

Nota. Fuente propia

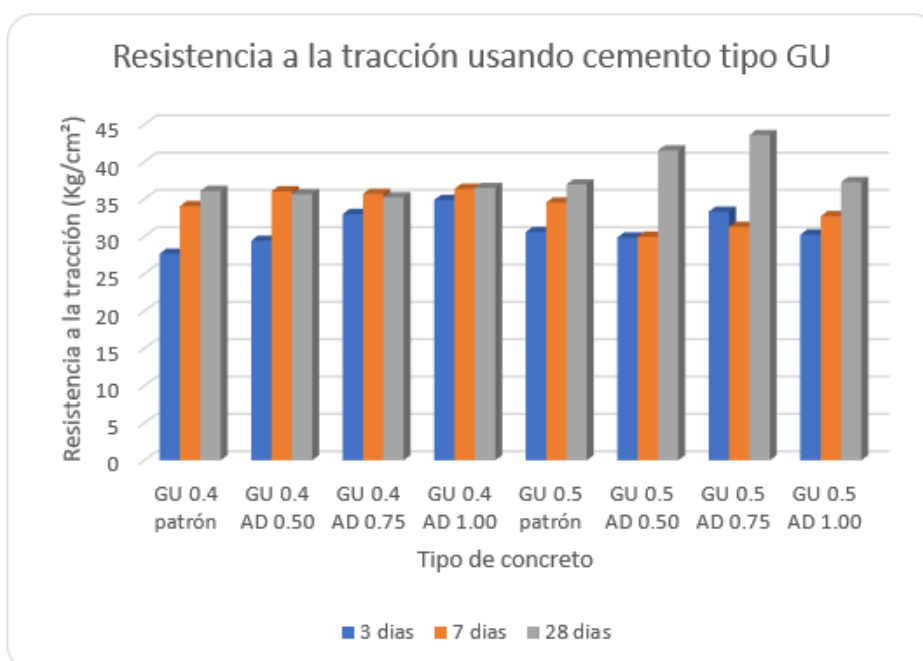


Figura 5.14 Ensayo de resistencia a la tracción usando cemento tipo GU

De la Tabla 5.14 y Figura 5.14 se observó que la resistencia a la tracción en concretos elaborados con cemento tipo GU se incrementa a los 3 días al adicionar aditivo Chema 3.

5.2.3. Absorción y Vacíos (NTP 339.187)

Este ensayo permitió determinar la densidad, absorción y los vacíos del concreto en estado endurecido. El procedimiento está detallado en la norma NTP 339.187, donde se indicó que se debe extraer muestras cilíndricas de una probeta de 4" de diámetro y 8" de altura, cortándola en 4 discos y descartando los discos extremos asegurándose que los discos centrales tengan un peso no menor a 800 gr.

Luego se procedió a secar en horno a 110 °C por 24 horas, dejándolas enfriar en un desecador, seguidamente se pesó; el procedimiento se repitió hasta que su masa no varió en más de 0.5%, denominándose **masa A**.

La masa en inmersión se calculó sumergiendo la muestra en agua por 48 horas y pesándola, luego se volvió a sumergir por 24 horas y pesándola por segunda vez; se repitió el proceso hasta que la masa no varió en más de 0.5%, denominándose **masa B**.

Luego se colocó la muestra en un recipiente con agua y hacerla hervir por 5 horas, dejándola enfriar dentro del recipiente por lo menos 14 horas, se pesó la muestra denominándola **masa C**.

Para finalizar se calculó su masa sumergida aparente, pesándola en suspensión dentro de un recipiente con agua, denominándola **masa D**.

En la Tabla 5.15 se presentaron los resultados del ensayo de Absorción y vacíos para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo. Para mayor detalle ver Anexos.

Tabla 5.15

Absorción y vacíos usando cemento tipo ICo

| Concreto a usar | Absorción (%) | Vacíos (%) |
|-----------------|---------------|------------|
| ICo 0.4 patrón | 5.42 | 12.22 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 5.29 | 11.95 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 4.79 | 10.81 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 4.56 | 10.28 |
| ICo 0.5 patrón | 4.58 | 10.53 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 4.98 | 11.30 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 4.98 | 11.23 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 4.86 | 11.02 |

Nota. Fuente propia

En la Figura 5.15 se presentó la tendencia de los resultados de Absorción para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo.

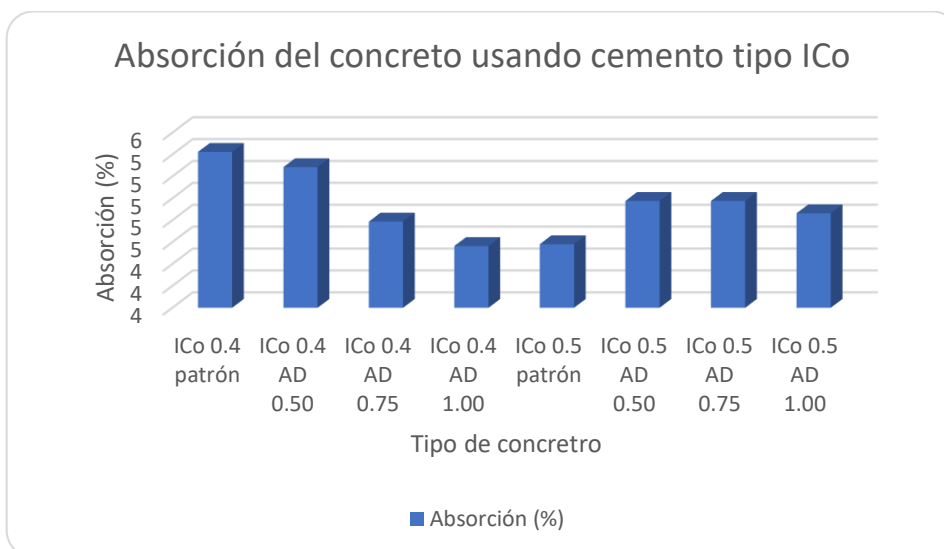


Figura 5.15 Absorción del concreto usando cemento tipo ICo

En la Figura 5.16 se presentó la tendencia de los resultados de Vacíos para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo ICo. Para mayor detalle ver Anexos.

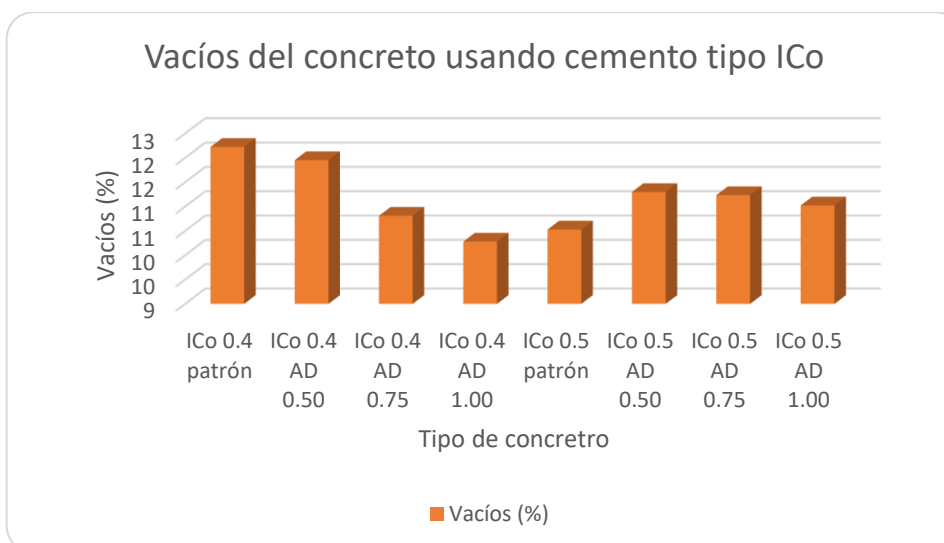


Figura 5.16 Vacíos del concreto usando cemento tipo ICo

En la Tabla 5.15 y Figura 5.15 y Figura 5.16 se observó la disminución e incremento de la absorción y vacíos del concreto con $a/c = 0.4$ y 0.5 respectivamente para concretos elaborados con cemento ICo al adicionar aditivo Chema 3.

En la Tabla 5.16 se presentaron los resultados del ensayo de Absorción y vacíos para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

Tabla 5.16

Absorción y vacíos usando cemento tipo GU

| Concreto a usar | Absorción (%) | Vacíos (%) |
|-----------------|---------------|------------|
| GU 0.4 patrón | 4.82 | 10.71 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 4.58 | 10.29 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 4.63 | 10.32 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 4.37 | 9.71 |
| GU 0.5 patrón | 4.74 | 10.76 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 5.17 | 11.68 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 5.02 | 11.39 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 5.05 | 11.45 |

Nota. Fuente propia

En la Figura 5.17 se presentó la tendencia de los resultados de Absorción para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

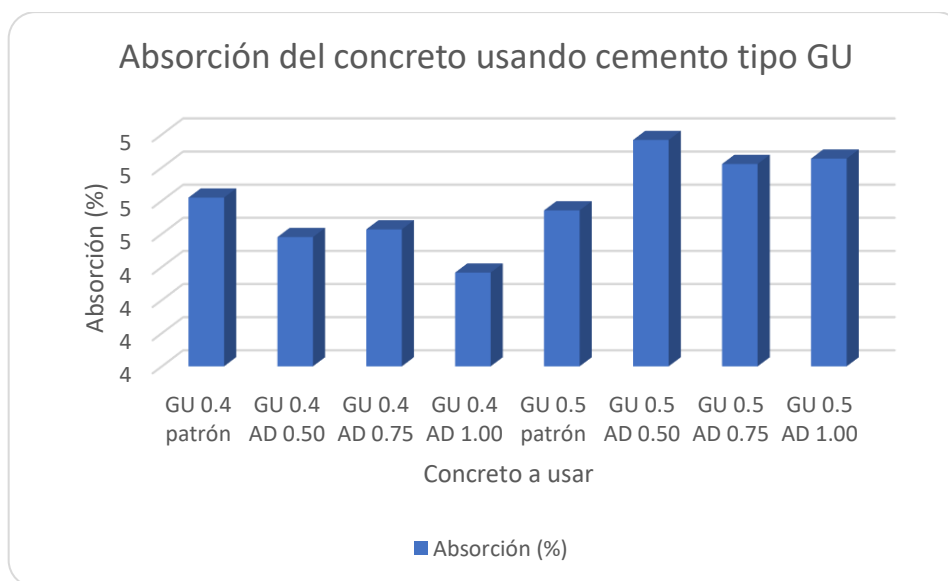


Figura 5.17 Absorción del concreto usando cemento tipo GU

En la Figura 5.18 se presentó la tendencia de los resultados de Vacíos para los 8 diseños de mezcla usando cemento tipo GU.

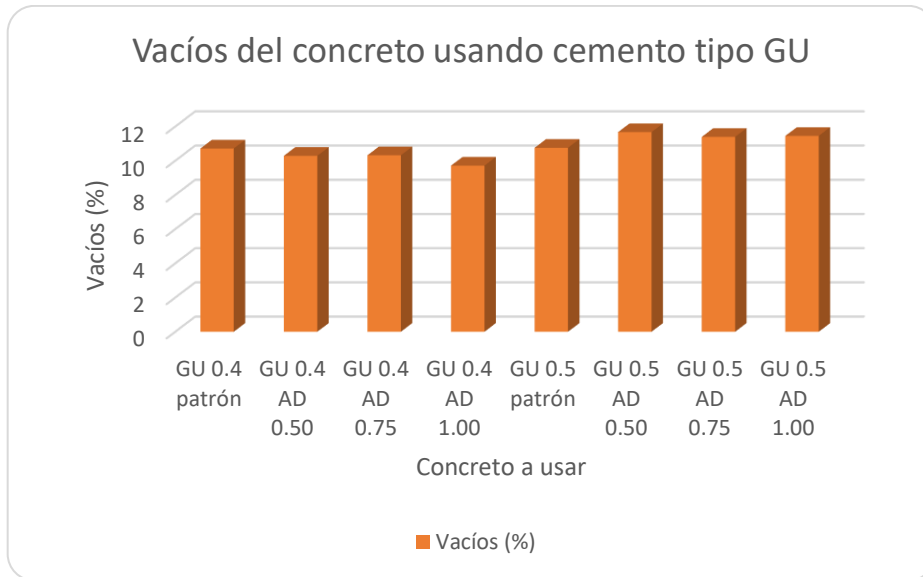


Figura 5.18 Vacíos del concreto usando cemento tipo GU

En la Tabla 5.16 y Figura 5.17 y Figura 5.18 se observó la disminución e incremento de la absorción y vacíos del concreto con $a/c = 0.4$ y 0.5 respectivamente para concretos elaborados con cemento GU al adicionar aditivo Chema 3.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando como datos los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido para los 16 diseños de mezcla elaborados, el presente capítulo realizó su respectivo análisis de resultados. Comparando los resultados entre cada tipo de cemento (ICo y GU) que tengan un mismo a/c (0.4 o 0.5), al variar la dosificación de aditivo CHEMA 3 en 0.50, 0.75 y 1.00 litros por cada bolsa de cemento usado en la mezcla.

6.1. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

6.1.1. Asentamiento

En la Tabla 6.1 se presentó la variación porcentual de asentamiento para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c = 0.4, donde se observó que el asentamiento del concreto fresco aumenta para ambos tipos de cemento (ICo y GU), con máximos de 114.3% respecto al patrón en el concreto con cemento ICo y aditivo al 0.75 y 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU es de 106.7% respecto al patrón para la dosificación de aditivo al 0.75 y 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.1

Variación porcentual de asentamiento con a/c=0.4

| Concreto a usar | Asentamiento (Pulgadas) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 3.50 | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 3.75 | 107.1% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 4.00 | 114.3% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 4.00 | 114.3% |
| GU 0.4 patrón | 3.75 | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 3.88 | 103.3% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 4.00 | 106.7% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 4.00 | 106.7% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.1 se presentó una comparación de la tendencia del asentamiento expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

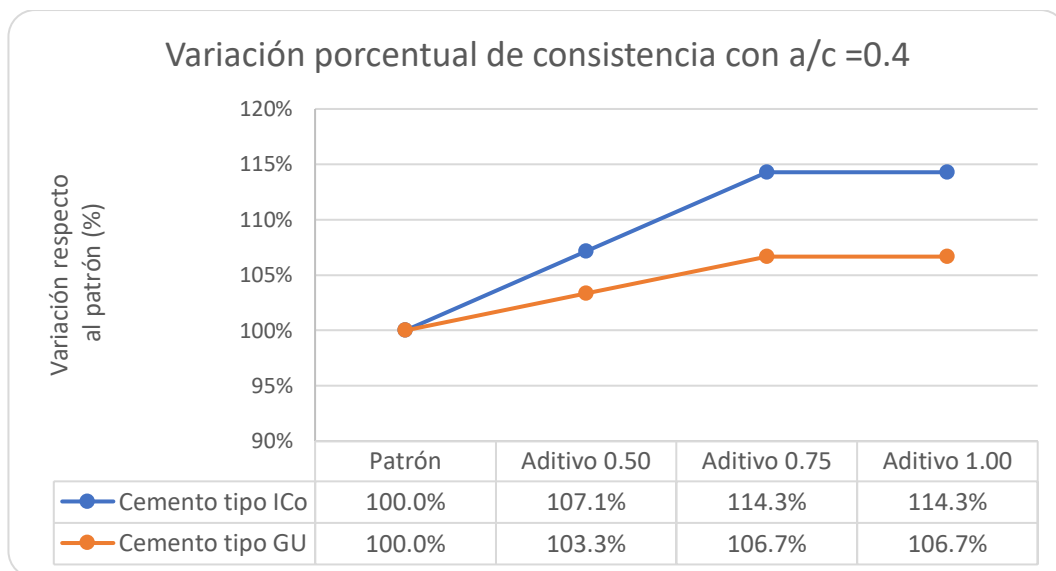


Figura 6.1 Variación porcentual de asentamiento con $a/c = 0.4$

En la Tabla 6.2 se presentó la variación porcentual de asentamiento para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, donde se observó que el asentamiento del concreto fresco aumenta para ambos tipos de cemento (ICo y GU), con máximos de 107.1% respecto al patrón en el concreto con cemento ICo y aditivo al 0.75 y 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU es de 103.2% respecto al patrón para la dosificación de aditivo al 0.50, 0.75 y 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.2

Variación porcentual de asentamiento con $a/c=0.5$

| CONCRETO A USAR | ASENTAMIENTO (Pulgadas) | VARIACIÓN RESPECTO AL PATRÓN |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|
| ICo 0.5 patrón | 3.50 | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 3.63 | 103.6% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 3.75 | 107.1% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 3.75 | 107.1% |
| GU 0.5 patrón | 3.88 | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 4.00 | 103.2% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 4.00 | 103.2% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 4.00 | 103.2% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.1 se presentó una comparación de la tendencia del asentamiento expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

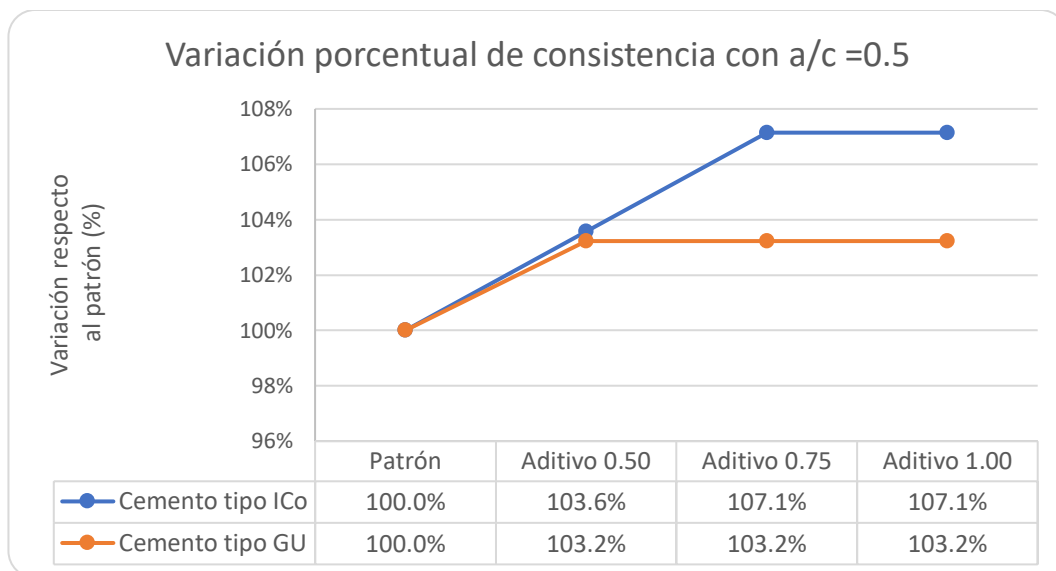


Figura 6.2 Variación porcentual de asentamiento con $a/c = 0.5$

6.1.2. Peso unitario

Los valores de pesos unitarios se encontraron dentro del rango de un concreto normal, con un mínimo de 1700 kg/m^3 y un máximo de 2500 kg/m^3 .

En la Tabla 6.3 se presentó la variación porcentual de peso unitario para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, con máxima variación de peso unitario en el concreto con cemento ICo de 100.59% respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU es de 100.18% respecto al patrón para la dosificación de aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y un mínimo de 99.77% para aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.3

Variación de peso unitario en concreto con a/c=0.4

| Concreto a usar | Peso unitario (kg/m ³) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 2321.24 | 100.00% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 2330.77 | 100.41% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 2335.01 | 100.59% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 2331.83 | 100.46% |
| GU 0.4 patrón | 2329.71 | 100.00% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 2324.41 | 99.77% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 2333.95 | 100.18% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 2329.71 | 100.00% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.3 se presentó una comparación de la tendencia del peso unitario expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c=0.4.

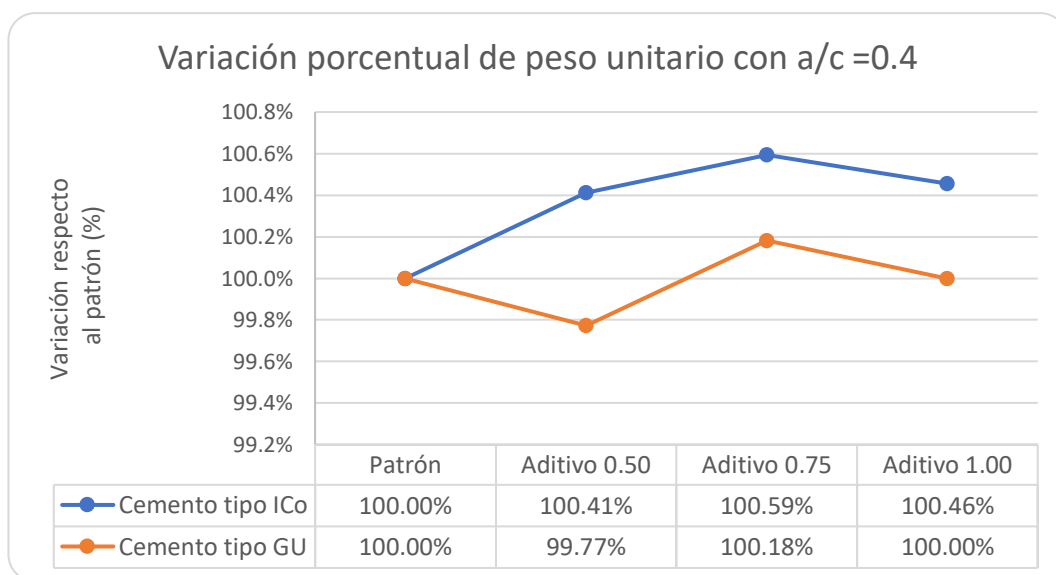


Figura 6.3 Variación porcentual de peso unitario con a/c = 0.4

En la Tabla 6.4 se presentó la variación porcentual de peso unitario para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 100.36% respecto al patrón usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU decrece con un mínimo de 99.47% respecto al patrón para aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.4

Variación de peso unitario en concreto con $a/c=0.5$

| Concreto a usar | Peso unitario (kg/m ³) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| ICo 0.5 patrón | 2386.92 | 100.00% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 2392.22 | 100.22% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 2394.34 | 100.31% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 2395.40 | 100.36% |
| GU 0.5 patrón | 2386.92 | 100.00% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 2379.50 | 99.69% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 2376.33 | 99.56% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 2374.21 | 99.47% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.4 se presentó una comparación de la tendencia del peso unitario expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$.

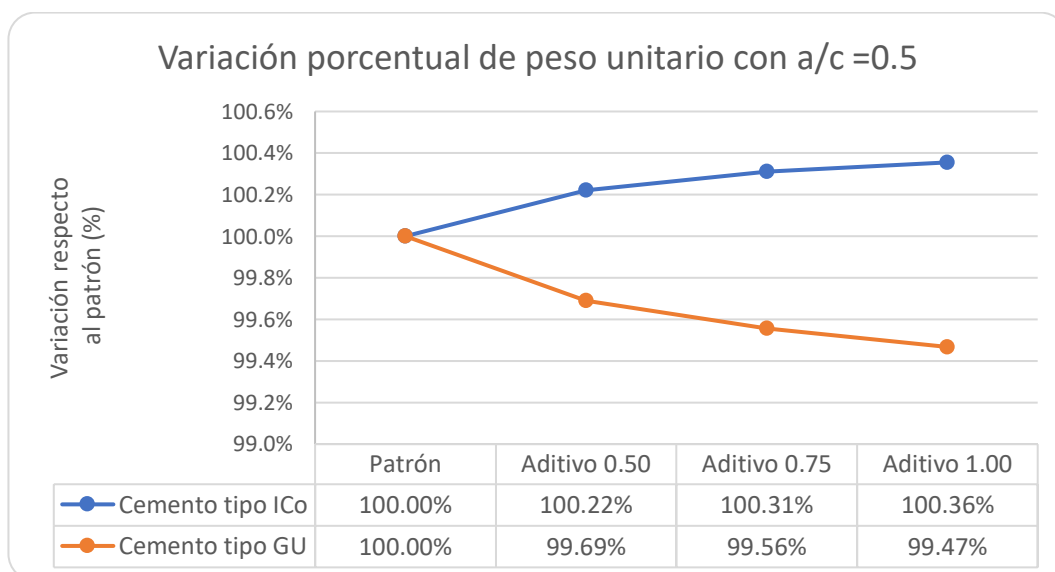


Figura 6.4 Variación porcentual de peso unitario con $a/c = 0.5$

6.1.3. Contenido de aire

En la Tabla 6.5 se presentó la variación porcentual de contenido de aire para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 126.56% respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU un máximo de 133.33% respecto al patrón para aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.5

Variación de contenido de aire en concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | Contenido de aire (%) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 1.28 | 100.00% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 1.35 | 105.47% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 1.62 | 126.56% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 1.45 | 113.28% |
| GU 0.4 patrón | 1.20 | 100.00% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 1.35 | 112.50% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 1.55 | 129.17% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 1.60 | 133.33% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.5 se presentó una comparación de la tendencia del contenido de aire expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

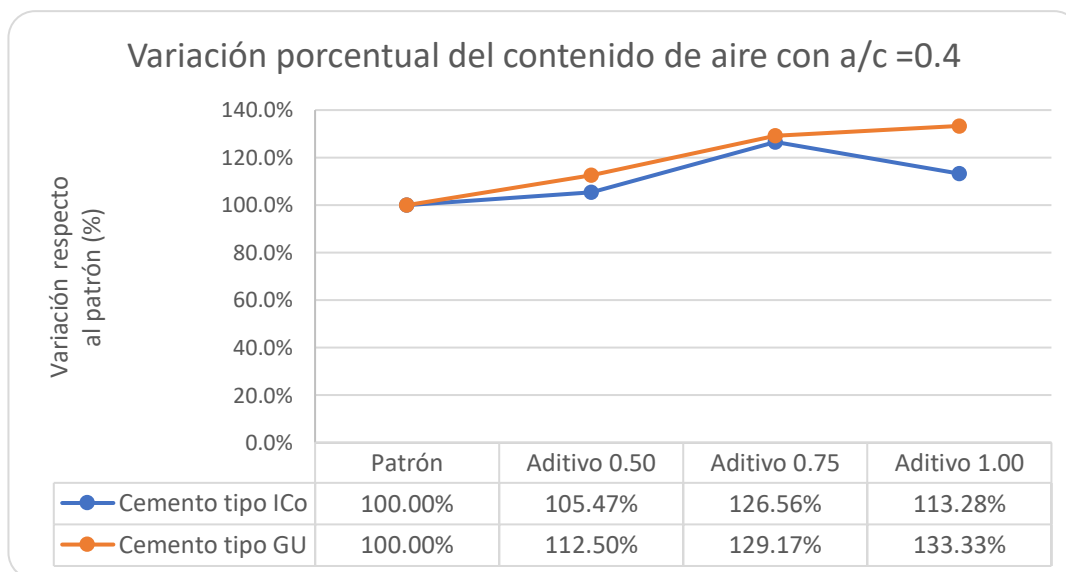


Figura 6.5 Variación porcentual del contenido de aire con $a/c = 0.4$

En la Tabla 6.6 se presentó la variación porcentual de contenido de aire para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 143.94% respecto al patrón usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU un máximo de 141.67% respecto al patrón para aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.6

Variación de contenido de aire en concreto con $a/c=0.5$

| Concreto a usar | Contenido de aire (%) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| ICo 0.5 patrón | 1.32 | 100.00% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 1.35 | 102.27% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 1.50 | 113.64% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 1.90 | 143.94% |
| GU 0.5 patrón | 1.20 | 100.00% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 1.30 | 108.33% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 1.25 | 104.17% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 1.70 | 141.67% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.5 se presentó una comparación de la tendencia del contenido de aire expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$.

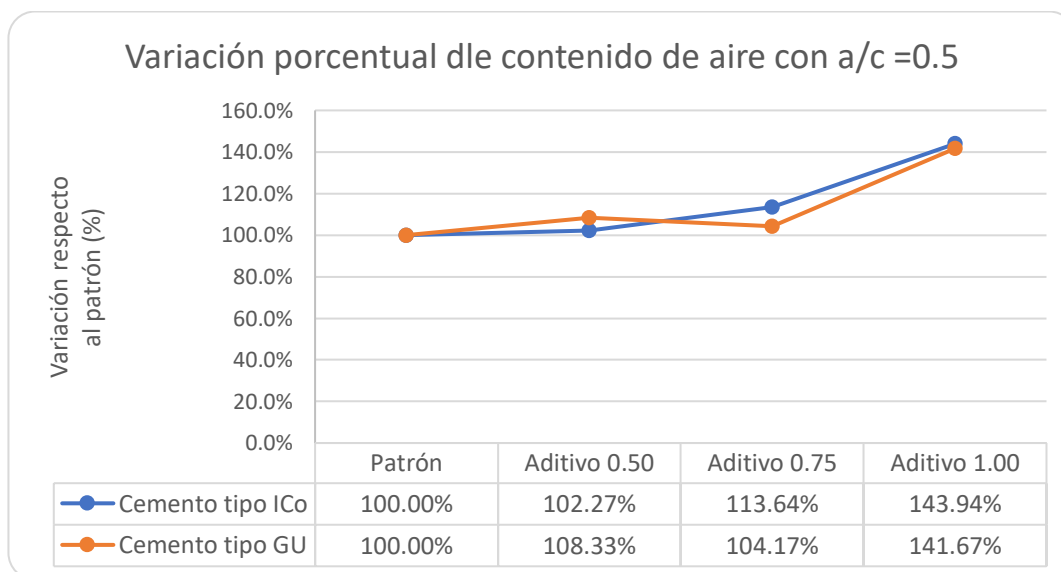


Figura 6.6 Variación porcentual del contenido de aire con $a/c = 0.5$

6.1.4. Exudación

En la Tabla 6.7 se presentó la variación porcentual de exudación para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 136.0% respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU un máximo de 102.3% respecto al patrón para aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento y un mínimo de 85.7% para aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.7

Variación de exudación en concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | Exudación (%) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|---------------|------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 1.44% | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 1.63% | 113.6% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 1.95% | 136.0% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 1.53% | 106.6% |
| GU 0.4 patrón | 1.62% | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 1.65% | 102.3% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 1.39% | 85.7% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 1.44% | 89.1% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.7 se presentó una comparación de la tendencia de la exudación expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

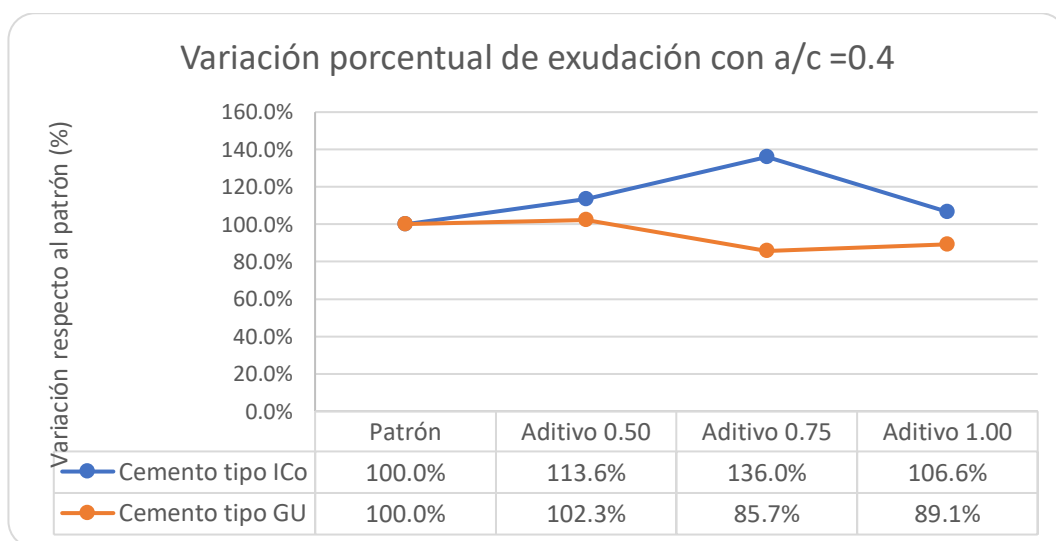


Figura 6.7 Variación porcentual de exudación con $a/c = 0.4$

En la Tabla 6.8 se presentó la variación porcentual de exudación para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 134.8% respecto al patrón usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU un mínimo de 79.0% para aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.8

Variación de exudación en concreto con $a/c=0.5$

| Concreto a usar | Exudación (%) | Variación respecto al patrón |
|-----------------|---------------|------------------------------|
| ICo 0.5 patrón | 1.68% | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 1.73% | 102.9% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 1.89% | 112.7% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 2.26% | 134.8% |
| GU 0.5 patrón | 2.25% | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 1.99% | 88.5% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 1.78% | 79.0% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 1.80% | 80.0% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.8 se presentó una comparación de la tendencia de la exudación expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$.

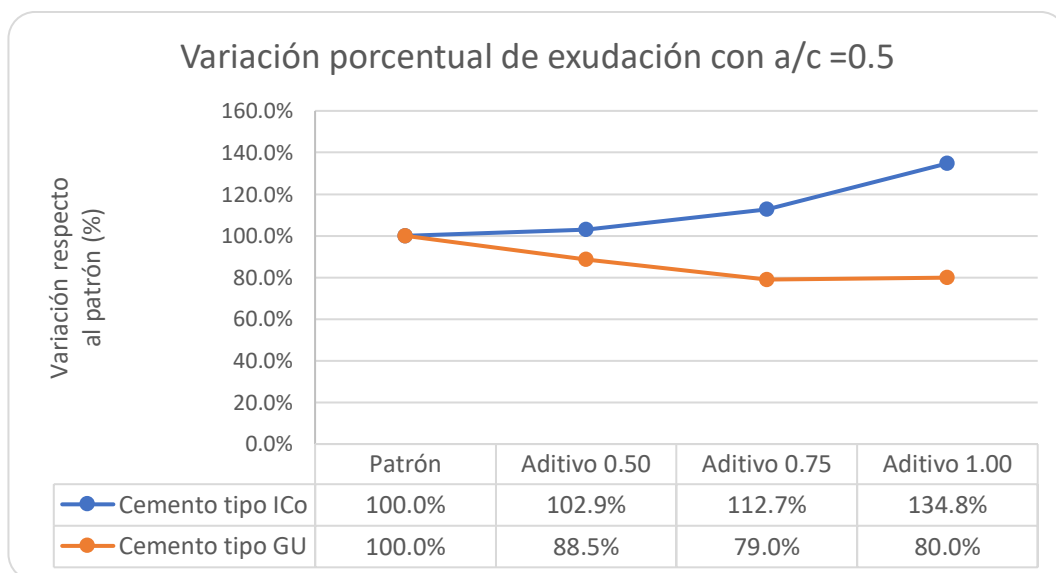


Figura 6.8 Variación porcentual de exudación con $a/c = 0.5$

6.1.5. Tiempo de fragua

En la Tabla 6.9 se presentó la variación porcentual de tiempo de fragua para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 107.6% para el TFI y 106.5% para el TFF respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento en ambos casos, mientras en el concreto con cemento GU un máximo de 107.5% para el TFI y 103.2% para el TFF respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento en ambos casos además de un reducción del TFF al 97.0% para el TFF usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.9

Variación de tiempo de fragua en concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | TFI | TFF | Variación de TFI | Variación de TFF |
|-----------------|------------|------------|------------------|------------------|
| ICo 0.4 patrón | 05hr 23min | 07hr 28min | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 05hr 36min | 07hr 41min | 104.0% | 102.7% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 05hr 48min | 07hr 58min | 107.6% | 106.5% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 05hr 42min | 07hr 49min | 105.9% | 104.6% |
| GU 0.4 patrón | 04hr 09min | 05hr 46min | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 04hr 12min | 05hr 35min | 101.2% | 97.0% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 04hr 28min | 05hr 57min | 107.5% | 103.2% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 04hr 27min | 05hr 48min | 107.1% | 100.8% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.9 se presentó una comparación de la tendencia del tiempo de fragua inicial expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

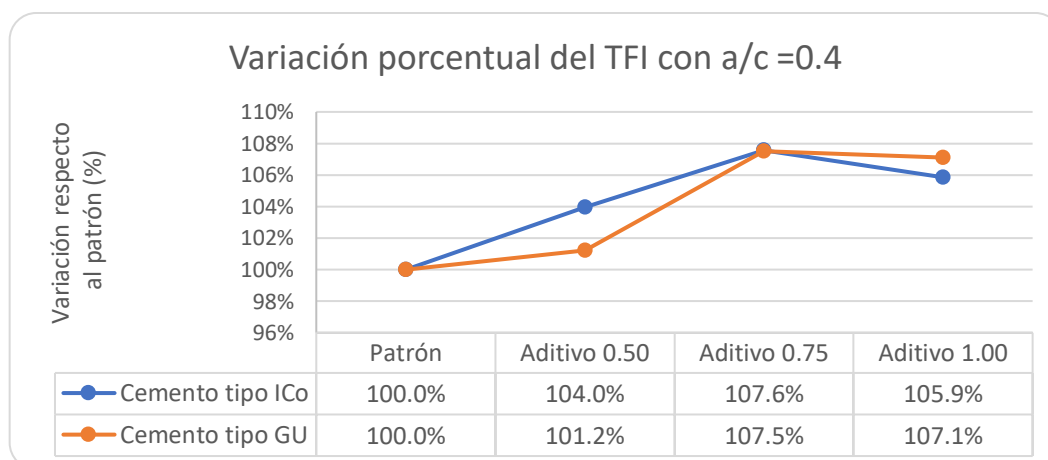


Figura 6.9 Variación porcentual del TFI con $a/c = 0.4$

En la Figura 6.10 se presentó una comparación de la tendencia del tiempo de fragua final expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

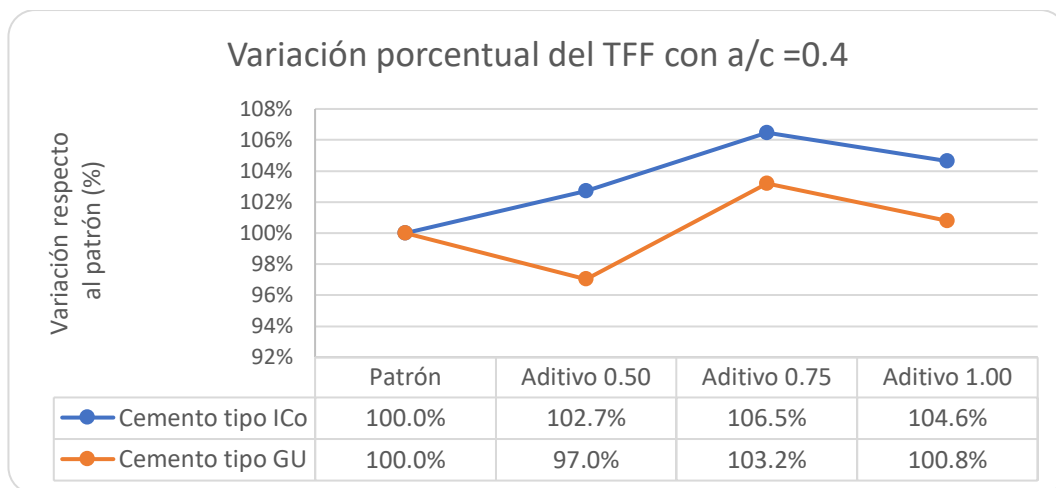


Figura 6.10 Variación porcentual del TFF con $a/c = 0.4$

En la Tabla 6.10 se presentó la variación porcentual de tiempo de fragua para concretos elaborado con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, con máxima variación en el concreto con cemento ICo de 109.3% para el TFI respecto al patrón usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y de 104.5 para el TFF usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU se observó un decremento con un mínimo de 88.1% para el TFI y 85.3% para el TFF respecto al patrón usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento en ambos casos.

Tabla 6.10

Variación de tiempo de fragua en concreto con $a/c=0.5$

| Concreto a usar | TFI | TFF | Variación de TFI | Variación de TFF |
|-----------------|------------|------------|------------------|------------------|
| ICo 0.5 patrón | 05hr 56min | 08hr 52min | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 06hr 16min | 09hr 17min | 105.5% | 104.5% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 06hr 29min | 09hr 05min | 109.3% | 102.4% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 06hr 26min | 08hr 57min | 108.4% | 100.8% |
| GU 0.5 patrón | 05hr 09min | 07hr 13min | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 04hr 32min | 06hr 09min | 88.1% | 85.3% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 04hr 47min | 06hr 32min | 92.9% | 90.6% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 04hr 34min | 06hr 27min | 88.8% | 89.4% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.11 se presentó una comparación de la tendencia del tiempo de fragua inicial expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$

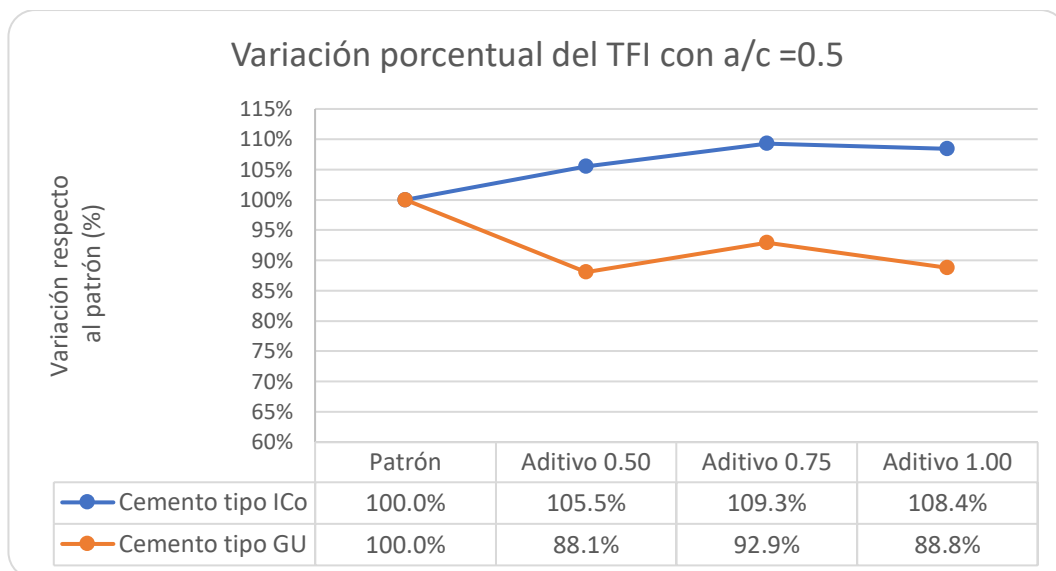


Figura 6.11 Variación porcentual del TFI con $a/c = 0.5$

En la Figura 6.12 se presentó una comparación de la tendencia del tiempo de fragua final expresado en porcentaje para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$

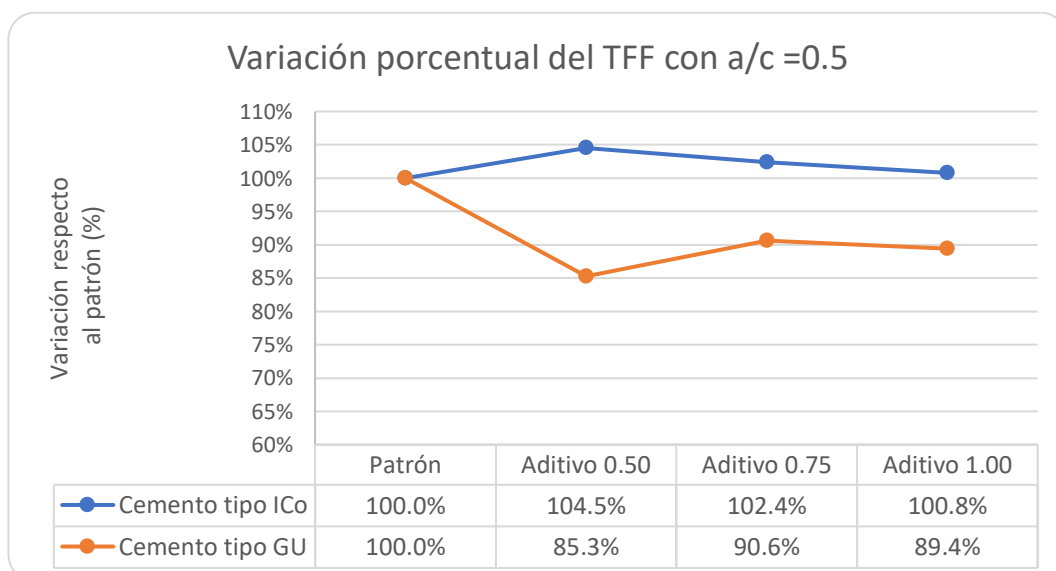


Figura 6.12 Variación porcentual del TFF con $a/c = 0.5$

6.2. ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

6.2.1. Resistencia a la compresión axial

En la Tabla 6.11 se presentó la variación porcentual de resistencia a la compresión axial a los 3, 7 y 28 días de curado para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, donde se observó que:

A los 3 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 105.9% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia hasta el 108.9% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

A los 7 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 103.6% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia hasta el 102.5% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

A los 28 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 102.5% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia hasta el 100.7% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento y reducción de hasta el 96.9% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.11

Variación de Resistencia a la compresión usando concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días | Variación 3 días | Variación 7 días | Variación 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------|
| ICo 0.4 patrón | 254.16 | 314.71 | 369.96 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 263.94 | 316.16 | 374.90 | 103.8% | 100.5% | 101.3% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 265.78 | 325.48 | 379.16 | 104.6% | 103.4% | 102.5% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 269.25 | 325.95 | 369.88 | 105.9% | 103.6% | 100.0% |
| GU 0.4 patrón | 280.96 | 351.06 | 398.86 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 295.17 | 354.36 | 386.55 | 105.1% | 100.9% | 96.9% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 302.33 | 353.49 | 390.98 | 107.6% | 100.7% | 98.0% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 306.10 | 359.83 | 401.82 | 108.9% | 102.5% | 100.7% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.13 se presentó una comparación de la tendencia de variación porcentual de la resistencia a la compresión axial a los 3 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c=0.4.

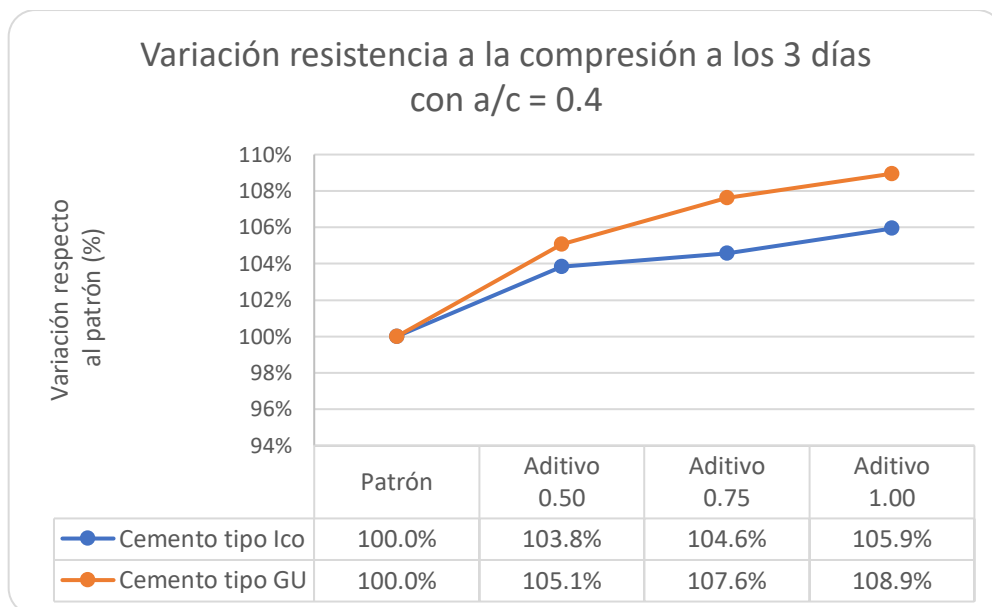


Figura 6.13 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 3 días con a/c = 0.4

En la Figura 6.14 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la compresión axial en forma porcentual a los 7 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c=0.4, considerando el concreto patrón como el base para su análisis.

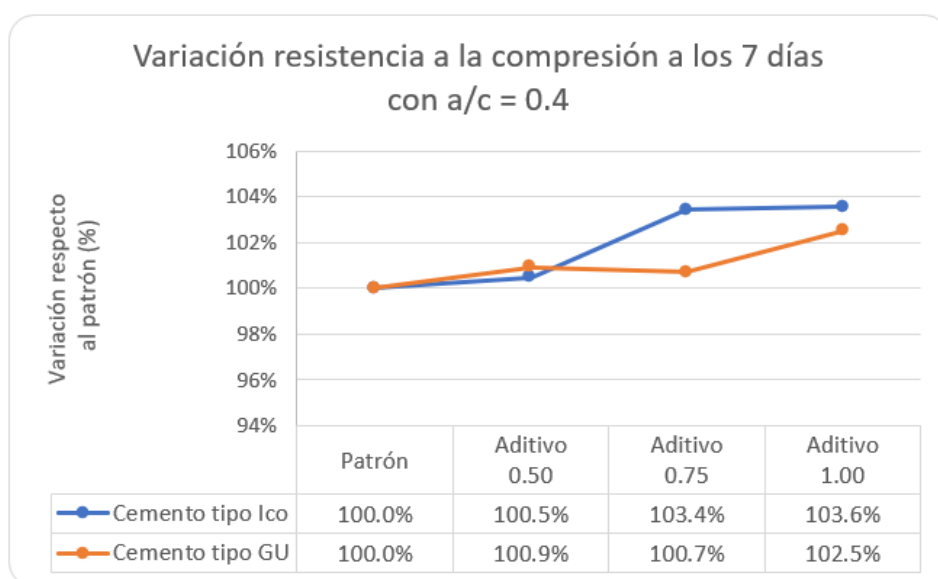


Figura 6.14 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 7 días con a/c = 0.4

En la Figura 6.15 se presentó una comparación de la tendencia resistencia a la compresión axial en forma porcentual a los 28 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$, considerando el concreto patrón como el base para su análisis.

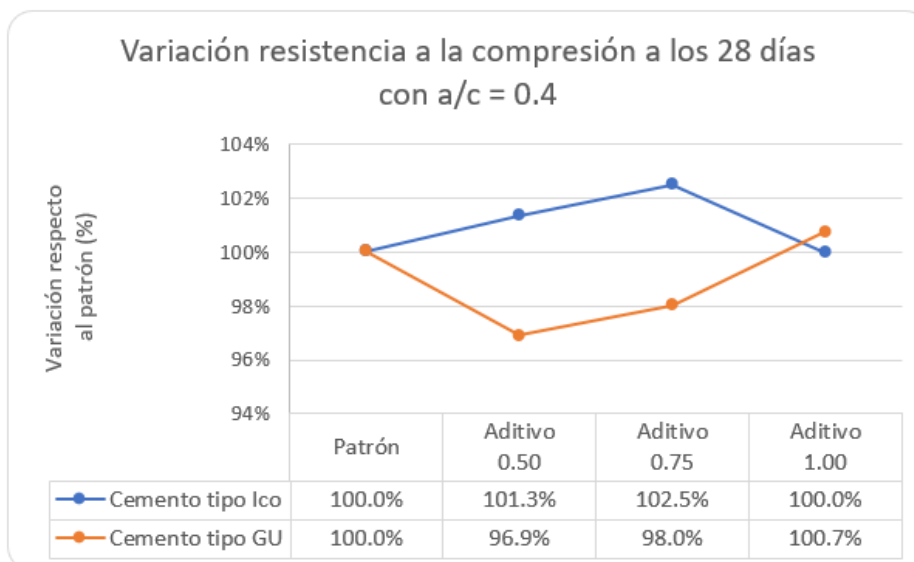


Figura 6.15 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con $a/c = 0.4$

La Tabla 6.12 presentó los valores de resistencia a la compresión axial, así como su análisis de variación porcentual tomando como base al patrón a los 3, 7 y 28 días de curado para concretos elaborado con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, donde se observó que:

A los 3 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 119.1% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia hasta el 113.1% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y decremento de 97.6% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

A los 7 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 106.3% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un decremento de la resistencia hasta el 92.0% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

A los 28 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia hasta el 111.3% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras

en el concreto con cemento GU hubo un decremento de la resistencia hasta el 92.2% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento y reducción de hasta el 96.9% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.12

Variación de Resistencia a la compresión usando concreto con a/c=0.5

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días | Variación 3 días | Variación 7 días | Variación 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------|
| ICo 0.5 patrón | 162.78 | 240.74 | 306.19 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 190.78 | 260.68 | 321.72 | 117.2% | 108.3% | 105.1% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 190.79 | 254.95 | 338.95 | 117.2% | 105.9% | 110.7% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 193.93 | 255.94 | 340.69 | 119.1% | 106.3% | 111.3% |
| GU 0.5 patrón | 243.48 | 307.10 | 365.71 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 237.76 | 282.39 | 352.19 | 97.6% | 92.0% | 96.3% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 275.47 | 301.21 | 349.33 | 113.1% | 98.1% | 95.5% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 259.21 | 289.58 | 337.20 | 106.5% | 94.3% | 92.2% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.16 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la compresión axial en forma porcentual a los 3 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c=0.5, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

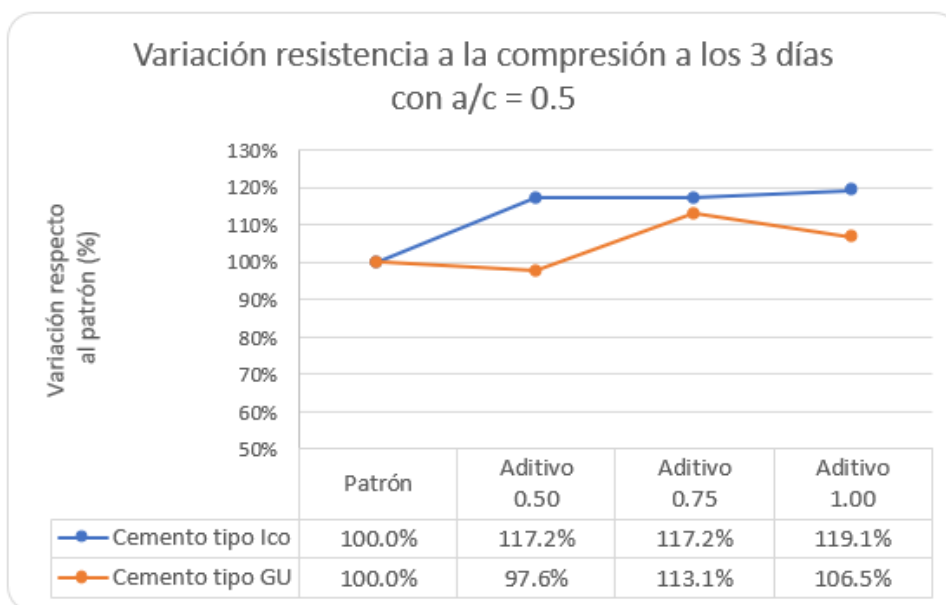


Figura 6.16 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 3 días con a/c = 0.5

En la Figura 6.17 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la compresión axial en forma porcentual a los 7 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

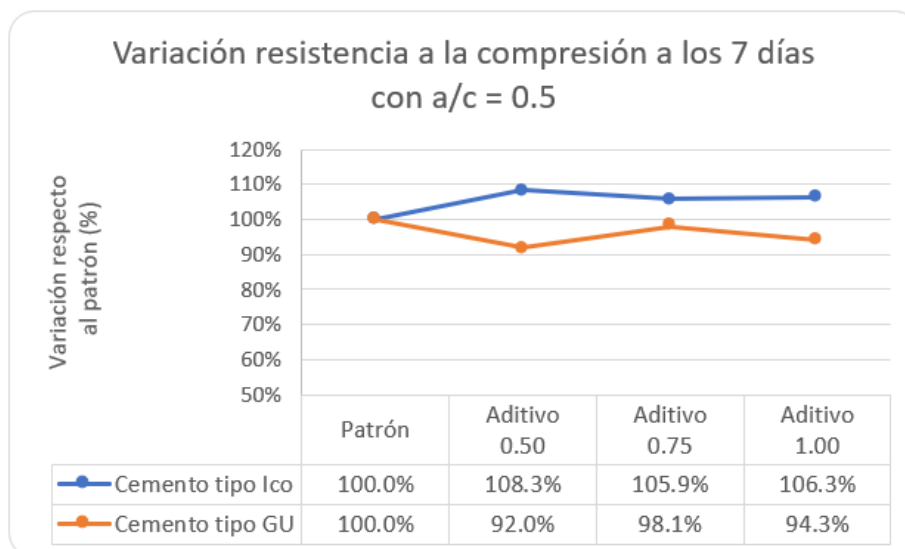


Figura 6.17 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 7 días con $a/c = 0.5$

En la Figura 6.18 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la compresión axial en forma porcentual a los 28 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

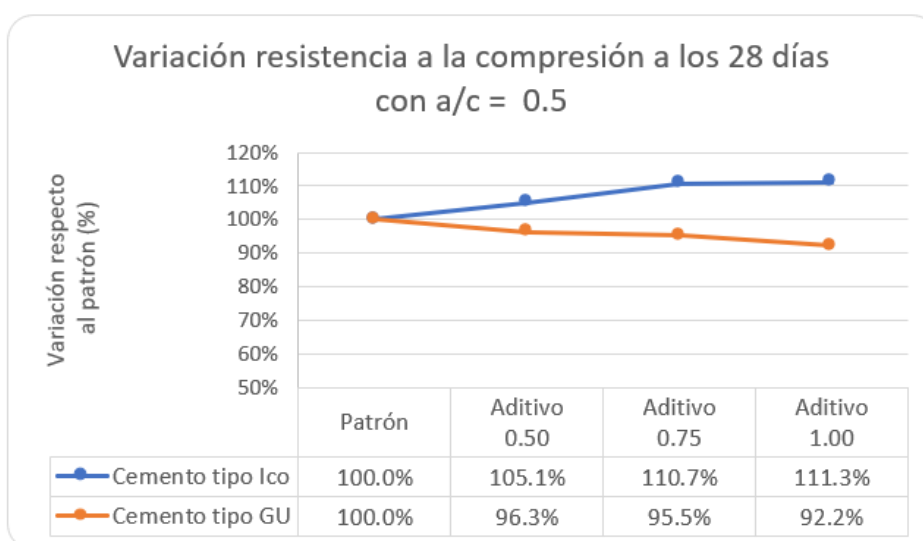


Figura 6.18 Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con $a/c = 0.5$

6.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

Los resultados de la resistencia a la tracción, así como su variación porcentual a los 3,7 y 28 días se observó en la Tabla 6.13 para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, donde se observó que:

A los 3 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 123.8% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 126.0% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

A los 7 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 127.4% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 106.8% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

A los 28 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 102.4% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y un decremento hasta el 96.9% usando aditivo al 1.00/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 101.1% usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento y un decremento hasta el 97.6% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.13

Variación de resistencia a la tracción usando concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días | Variación 3 días | Variación 7 días | Variación 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------|
| ICo 0.4 patrón | 29.81 | 31.61 | 40.73 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 29.15 | 31.76 | 40.75 | 97.8% | 100.5% | 100.1% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 36.39 | 40.28 | 41.71 | 122.1% | 127.4% | 102.4% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 36.92 | 37.58 | 39.48 | 123.8% | 118.9% | 96.9% |
| GU 0.4 patrón | 27.69 | 34.07 | 36.10 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 29.42 | 36.05 | 35.66 | 106.2% | 105.8% | 98.8% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 33.00 | 35.70 | 35.24 | 119.2% | 104.8% | 97.6% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 34.89 | 36.39 | 36.51 | 126.0% | 106.8% | 101.1% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.19 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 3 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

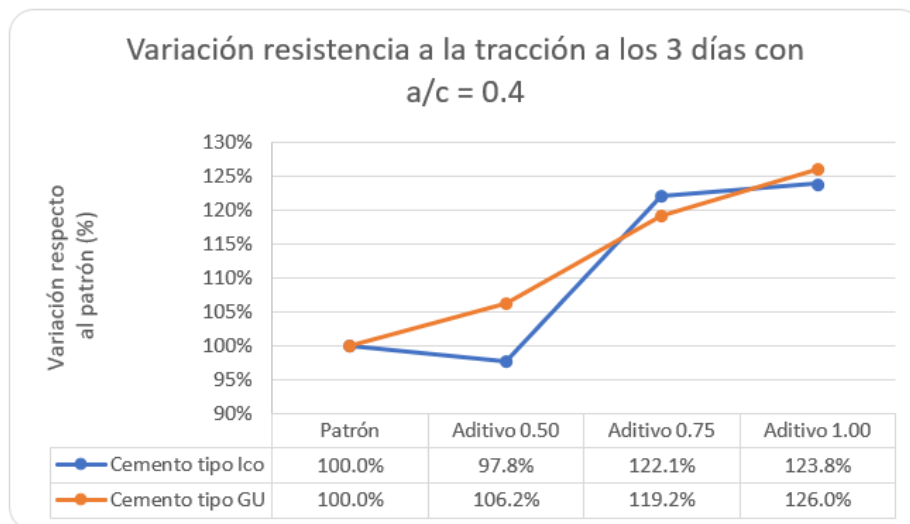


Figura 6.19 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 3 días con $a/c = 0.4$

En la Figura 6.20 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 7 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

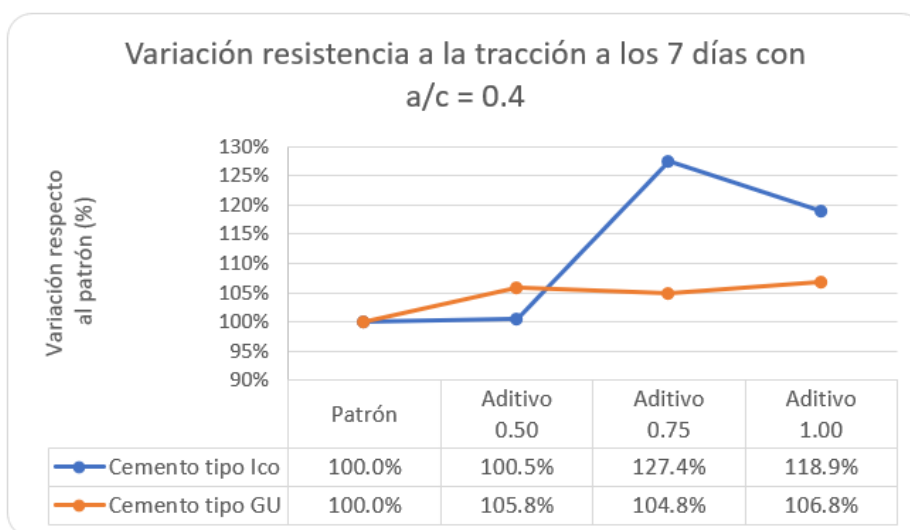


Figura 6.20 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días con $a/c = 0.4$

En la Figura 6.21 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 28 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

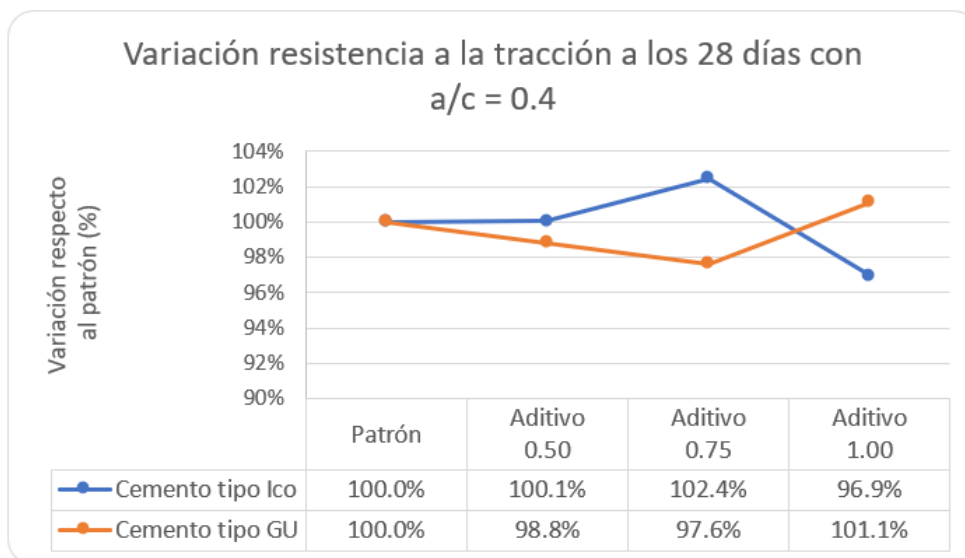


Figura 6.21 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días con $a/c = 0.4$

Los resultados de la resistencia a la tracción por compresión diametral, así como su variación porcentual a los 3, 7 y 28 días de curado se presentó en la Tabla 6.14 para concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, donde se observó que:

A los 3 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 108.2% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 108.9.0% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y un decremento hasta el 97.6% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

A los 7 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 104.3% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento y un decremento hasta el 97.2% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento., mientras en el concreto con cemento GU hubo un decremento de la resistencia a la tracción hasta el 86.7% usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento.

A los 28 días para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 107.5% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la resistencia a la tracción hasta el 117.9% usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.14

Variación de resistencia a la tracción usando concreto con a/c=0.5

| Concreto a usar | 3 días | 7 días | 28 días | Variación 3 días | Variación 7 días | Variación 28 días |
|-----------------|--------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------|
| ICo 0.5 patrón | 24.81 | 33.02 | 37.10 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 25.15 | 32.10 | 39.02 | 101.4% | 97.2% | 105.2% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 26.83 | 34.44 | 39.87 | 108.2% | 104.3% | 107.5% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 25.88 | 34.16 | 38.92 | 104.3% | 103.4% | 104.9% |
| GU 0.5 patrón | 30.60 | 34.54 | 36.96 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 29.87 | 29.96 | 41.52 | 97.6% | 86.7% | 112.3% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 33.32 | 31.30 | 43.59 | 108.9% | 90.6% | 117.9% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 30.25 | 32.71 | 37.28 | 98.9% | 94.7% | 100.9% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.22 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 3 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con a/c=0.5, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

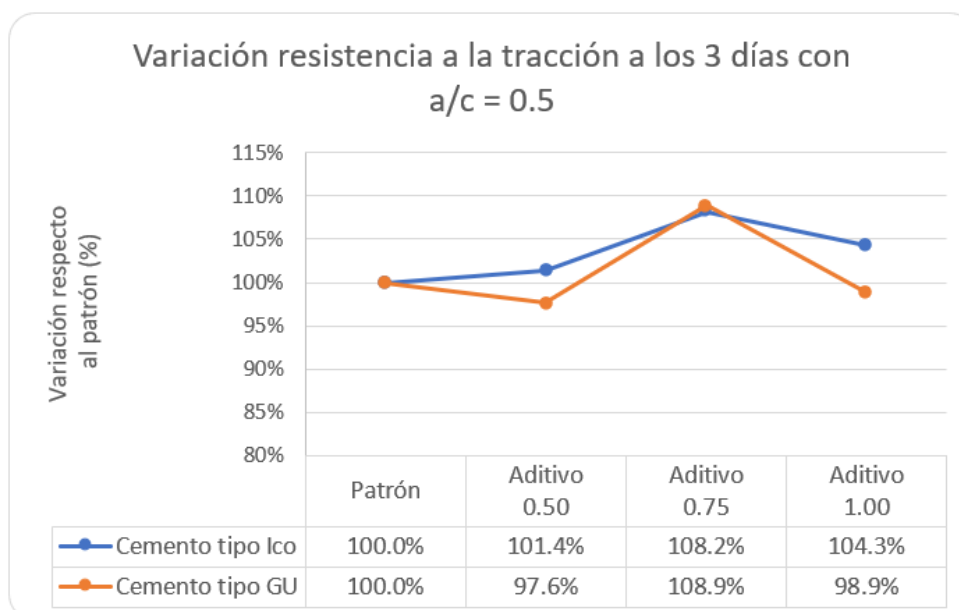


Figura 6.22 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 3 días con a/c = 0.5

En la Figura 6.23 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 7 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

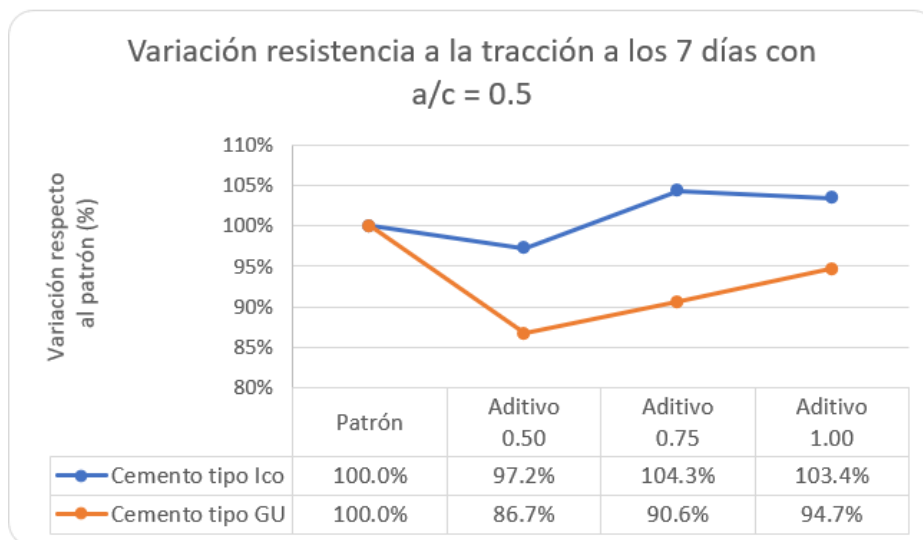


Figura 6.23 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días con $a/c = 0.5$

En la Figura 6.24 se presentó una comparación de la tendencia de la resistencia a la tracción por compresión diametral en forma porcentual a los 28 días en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$, considerando al concreto patrón como el base para el análisis.

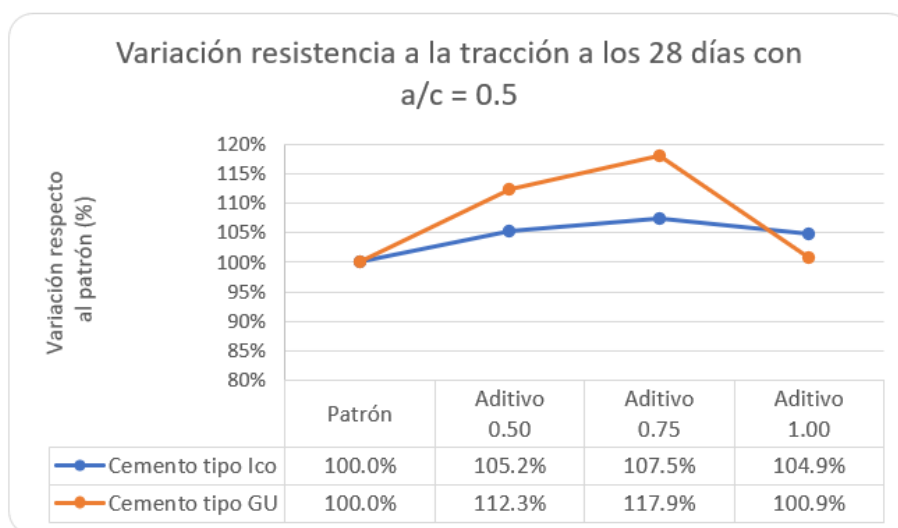


Figura 6.24 Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días con $a/c = 0.5$

6.2.3. Absorción y Vacíos (NTP 339.187)

En la Tabla 6.15 se presentó la variación porcentual de absorción y vacíos del concretos elaborado con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.4$, donde se observó que, para el concreto con cemento ICo hubo un decremento de la absorción y vacíos hasta el 84.2% y 84.1% respectivamente usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un decremento de la absorción y vacíos hasta el 90.6% y 90.7% respectivamente usando aditivo al 1.00 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.15

Variación de absorción y vacíos de concreto con $a/c=0.4$

| Concreto a usar | Absorción (%) | Vacíos (%) | Variación de absorción | Variación de vacíos |
|-----------------|---------------|------------|------------------------|---------------------|
| ICo 0.4 patrón | 5.42 | 12.22 | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 5.29 | 11.95 | 97.4% | 97.8% |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 4.79 | 10.81 | 88.3% | 88.4% |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 4.56 | 10.28 | 84.2% | 84.1% |
| GU 0.4 patrón | 4.82 | 10.71 | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.4 AD 0.50 | 4.58 | 10.29 | 95.1% | 96.0% |
| GU 0.4 AD 0.75 | 4.63 | 10.32 | 96.0% | 96.3% |
| GU 0.4 AD 1.00 | 4.37 | 9.71 | 90.6% | 90.7% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.25 se presentó una comparación de la tendencia de variación porcentual de la absorción en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

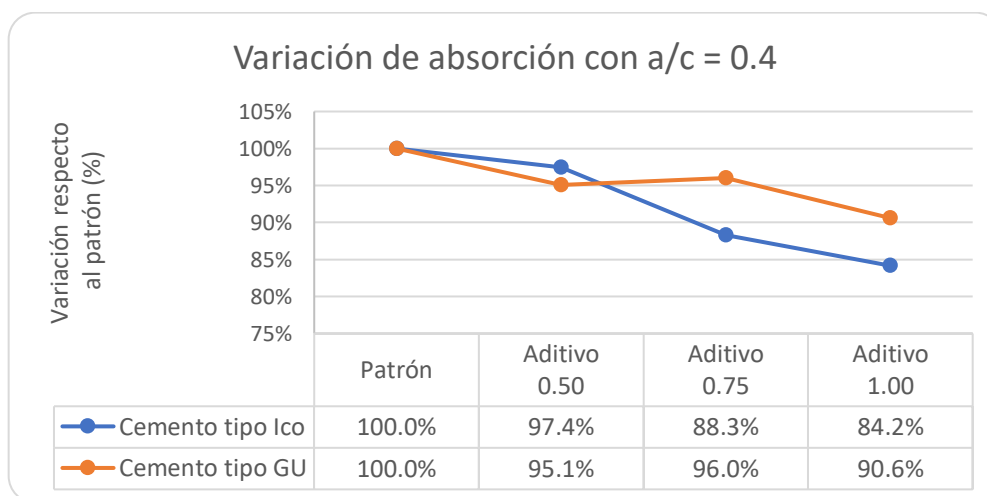


Figura 6.25 Variación porcentual de absorción con $a/c = 0.4$

En la Figura 6.26 se presentó una comparación de la tendencia de variación porcentual de vacíos en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.4$.

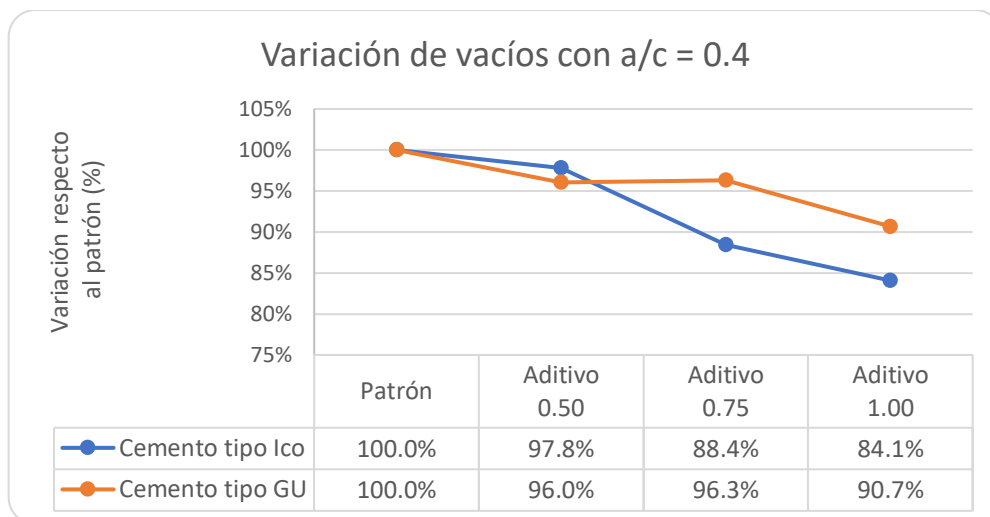


Figura 6.26 Variación porcentual de vacíos con $a/c = 0.4$

En la Tabla 6.16 se presentó la variación porcentual de absorción y vacíos del concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c = 0.5$, donde se observa que, para el concreto con cemento ICo hubo un incremento de la absorción y vacíos hasta el 108.6% y 107.3% respectivamente usando aditivo al 0.50 L/bolsa de cemento, mientras en el concreto con cemento GU hubo un incremento de la absorción y vacíos hasta el 109.0% y 108.5% respectivamente usando aditivo al 0.75 L/bolsa de cemento.

Tabla 6.16

Variación de absorción y vacíos de concreto con $a/c=0.5$

| Concreto a usar | Absorción (%) | Vacíos (%) | Variación de absorción | Variación de vacíos |
|-----------------|---------------|------------|------------------------|---------------------|
| ICo 0.5 patrón | 4.58 | 10.53 | 100.0% | 100.0% |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 4.98 | 11.30 | 108.6% | 107.3% |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 4.98 | 11.23 | 108.6% | 106.7% |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 4.86 | 11.02 | 106.2% | 104.7% |
| GU 0.5 patrón | 4.74 | 10.76 | 100.0% | 100.0% |
| GU 0.5 AD 0.50 | 5.17 | 11.68 | 109.0% | 108.5% |
| GU 0.5 AD 0.75 | 5.02 | 11.39 | 105.9% | 105.9% |
| GU 0.5 AD 1.00 | 5.05 | 11.45 | 106.6% | 106.5% |

Nota. Fuente propia

En la Figura 6.27 se presentó una comparación de la tendencia de variación porcentual de absorción en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$.

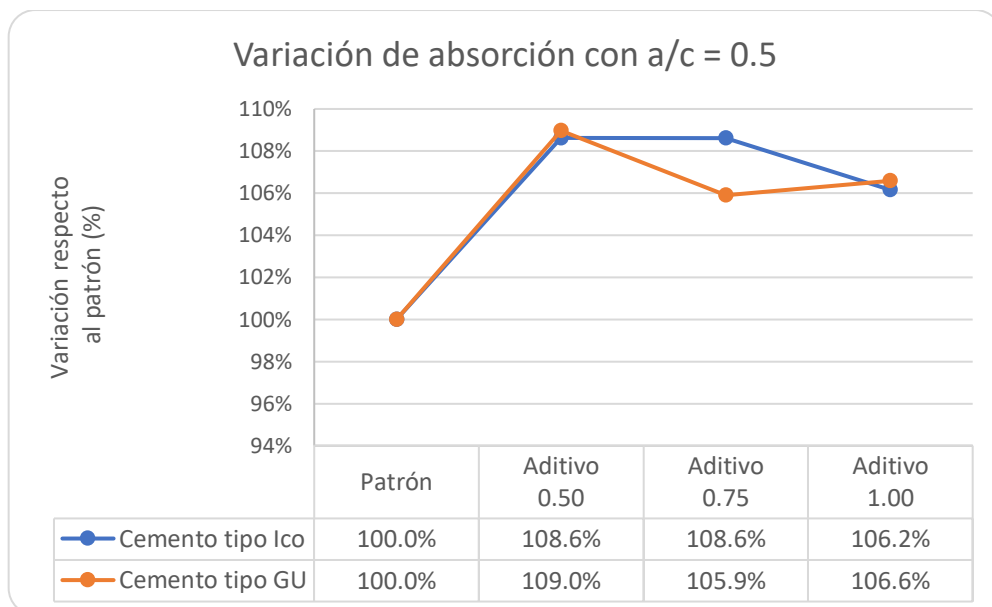


Figura 6.27 Variación porcentual de absorción con $a/c = 0.5$

En la Figura 6.28 se presentó una comparación de la tendencia de variación porcentual de vacíos en concretos elaborados con cemento tipo ICo y GU con $a/c=0.5$.

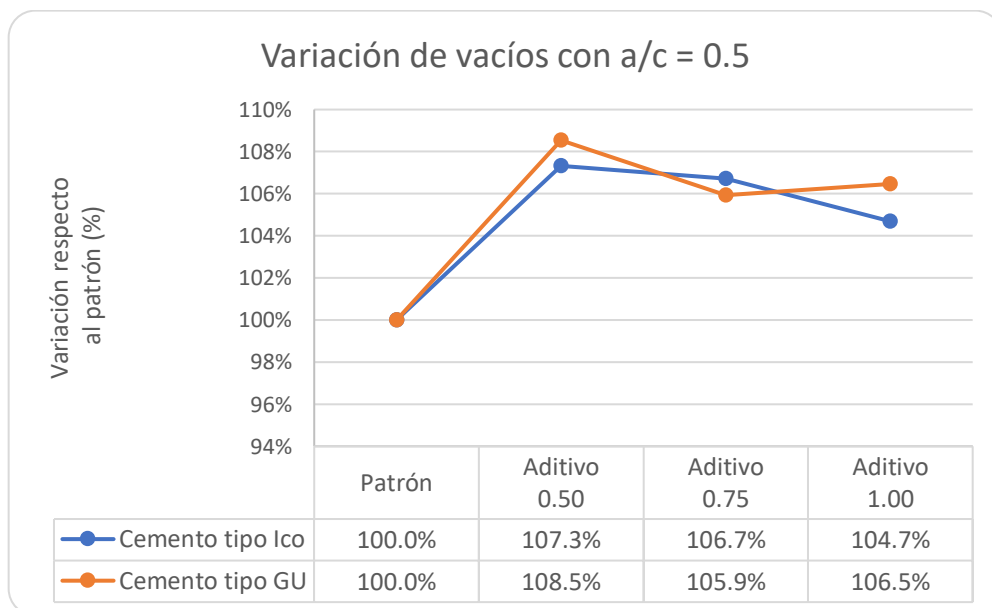


Figura 6.28 Variación porcentual de vacíos con $a/c = 0.5$

CONCLUSIONES

- Respecto al control de la calidad del concreto se observó distintos efectos en sus propiedades al añadir aditivo Chema 3 en la dosificación, como fueron:
 - Mejoró levemente su trabajabilidad con mayor efecto para el concreto con cemento tipo ICo
 - No afectó significativamente el peso unitario para concretos elaborados con cemento tipo ICo o GU.
 - Aumentó levemente los porcentajes de contenido de aire en el concreto, siendo beneficioso ante ciclos de congelamiento y deshielo, siendo mayor el efecto para el concreto con cemento tipo GU en la relación a/c de 0.4, mientras para la relación a/c de 0.5 el efecto fue mayor para el concreto con cemento tipo ICo.
 - La exudación aumentó para el concreto con cemento tipo ICo, mientras disminuyó para el concreto con cemento tipo GU.
- Respecto a los tiempos de fragua, el aditivo no tiene un comportamiento definido, debido a que lo retardó para la relación a/c = 0.4 en todos los diseños, mientras para la relación a/c = 0.5 retardó el fraguado para concretos con cemento tipo ICo y lo aceleró para concretos con cemento tipo GU, siendo este último caso, el único que cumple con lo indicado en el ASTM C494 para aditivos tipo C.
- El uso del aditivo no produjo una tendencia específica respecto a la resistencia a la compresión, pues lo incrementó en concretos con cemento tipo ICo para ambas relaciones a/c. Mientras en concretos con cemento tipo GU lo incrementó para la relación a/c=0.4 y lo disminuyó para la relación a/c=0.5. Cumpliendo parcialmente lo indicado por el ASTM C494.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda usar otros tipos de aditivos acelerantes y con relaciones a/c mayores a 0.5 para observar un mejor desempeño del aditivo.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones en otras condiciones de clima que pudieran ayudar a mejorar el desempeño del aditivo para una mejor aplicación del mismo.

BIBLIOGRAFIAS

- Álvarez Hilorio, S. S., & Coriat Zavaleta, C. G. (2021). *Estudio de la densidad, porcentaje de absorción, y vacíos del concreto cemento - arena empleando la norma ASTM C642, Iquitos - 2021.*
- Apolinario Fabian, F. (2017). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con aditivos acelerante de fragua en zonas alto andinas en Huánuco.*
- ASTM INTERNATIONAL. (2020). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete (ASTM C494).*
- ASTM INTERNATIONAL. (2021). *Standard Specification for Blended Hydraulic Cements (ASTM C595).*
- ASTM INTERNATIONAL. (2021). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete (ASTM C642).*
- Baca, J., & Boy, J. (2015). *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado.* Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Bautista Puente, D. M. (2019). *Evaluación de la influencia del porcentaje de aditivo de tipo acelerante en el diseño y la resistencia a la compresión del concreto de rápido fraguado - Yanahuanca - Pasco - 2019.*
- Cachay, S., & Mogrovejo, M. (2019). *Influencia del aditivo SIKA VISCOCRETE - 40 HE con relaciones A/C menores a 0.5, en su tiempo de fraguado y resistencia a la compresión para una rápida puesta de servicio* Trujillo 2019. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Cadrozo, J. (2014). *Concepto, Historia y Producción del cemento.*
- Caliza Cementos Inca S.A. (s.f.). *Cementos INKA.*
http://www.cementosinka.com.pe/pdf/FT_RESISTENTE.pdf
- Castellón, H., & De la Ossa, K. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes.* Colombia: Universidad de Cartagena.

- Castillo, F. A. (1995). *Tecnología del concreto*. Lima: Universidad Mayor de San Marco.
- CEMEX. (19 de Junio de 2019). *CEMEX.COM..PE*. <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- Chavarry, B. G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo*. Chiclayo.
- Chema. (29 de 08 de 2017). *Chema*. <http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/HT%20CHEMA%203%20V01.2017.pdf>
- Class & Asociados S.A. (Diciembre 2020). *Fundamentos de clasificación de riesgo Unión Andina de Cementos S.A.A*. Lima.
- Cubas Miranda, F. J. (2019). *Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019*.
- Guevara, G., & Hidalgo, C. (2011). *Efecto de la variación agua/cemento en el concreto*. Costa Rica: Tecnología en Marcha.
- H. Kosmatka, S., Kerkhoff, B., C. Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. México: Portland Cement Association.
- Huamaní Alcalde, D. M., & Solon Reyes, L. A. (2019). *Influencia de los aditivos acelerantes de fragua sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto realizado bajo clima cálido en la ciudad de trujillo, 2019*. Trujillo- Perú.
- INACAL. (2003). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por el método de presión (NTP 339.083). 2ª Edición*.
- INACAL. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland (NTP 339.035). 4ª Edición*.

- INACAL. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica (NTP 339.084). 3ª Edición.*
- INACAL. (2018). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido (NTP 339.187). 2ª Edición.*
- INACAL. (2018). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración (NTP 339.082). 4ª Edición.*
- INACAL. (2018). *CONCRETO. Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco (NTP 339.081). 3ª Edición.*
- INACAL. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (NTP 339.046). 3ª Edición.*
- INACAL. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la velocidad de absorción de agua en concretos de cemento Pórtland (NTP 339.232). 2ª Edición.*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos (NTP 400.011). 3ª Edición.*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo. (NTP 400.021). 4ª Edición.*
- INACAL. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados (NTP 400.017). 4ª Edición.*
- INACAL. (2020). *CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionales requisitos (NTP 334.090). 8ª Edición.*
- INACAL. (2020). *CEMENTOS. Cementos hidráulicos requisitos de desempeño (NTP 334.082). 5ª Edición.*
- INACAL. (2020). *CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos (NTP 334.009). 4ª Edición.*

- INACAL. (2020). *CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo (NTP 339.077). 4ª Edición.*
- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones (NTP 400.037). 5a Edición.*
- INACAL. (2021). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo (NTP 400.022). 4a Edición.*
- INACAL. (2021). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados (NTP 339.047). 4a Edición.*
- INACAL. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo (NTP 339.034). 5a Edición.*
- INDECOPI. (2003). *NTP 339.083, HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por el método de presión.* Lima.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.
- Masías Mogollón, K. A. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso.* Piura.
- Medina Vasquez, U. (2001). *Efectos del aditivo acelerante del fraguado sobre las propiedades del concreto preparado con cemento portland tipo I.* Lima-Perú.
- Meza Ichpas, F. G. (2019). *Estudio de las Características del Concreto Reciclado Fresco y Endurecido con Sustitución Parcial y Total del Agregado Grueso.*
- Mixercon. (2020). *Concreto de fraguado acelerado o secado rápido.* Retrieved 22 de diciembre de 2020, from <https://www.mixercon.com/es/marcas/concreto-de-fraguado-acelerado-o-secado-rapido/>
- NTE E.060. (2020). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.

- Palomino Badillo, M. A. (2017). *Estudio del concreto con cemento portland tipo IP y aditivo superplastificante.*
- Palomino Silva, J., Hennings Otoya, J., & Echevarría Alvarado, V. (2017). *Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú.*
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú.*
- Polanco Rodriguez, A. (2012). *Manual de prácticas de laboratorio de concreto.*
- Ponce, E. (2016). *Estudio comparativo del efecto de aditivos chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad de Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos.* Cusco: UAC.
- Portugal Barriga, P. (s.f.). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*
- Riva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto.* CAPITULO PERUANO ACI.
- Riva López, E. (2007). *Diseño de mezclas.* Lima: Williams e.i.r.l.
- RPP. (23 de Junio de 2021). El 80% de las viviendas en el Perú son informales y serían vulnerables ante un terremoto. Perú.
- Santillán Requelme, M. (2019). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $F_c:280 \text{ Kg/cm}^2$ con aditivo Chema 3 utilizando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka ultra resistente I-CO.*
- Sika Perú. (2013). *Aditivos para concreto, una visión actual.*
- Terreros Rojas, L. E., & Carvajal Corredor, I. L. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cánamo.*
- Torre Carrillo, A. V. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto.*
- Torres Alayo, J. C. (2004). *Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto.*
- Torres Alayo, J., & Arrieta Freyre, J. (Octubre de 2003). *Evaluación de aditivos acelerantes.* ICG.
https://www.construccion.org/articulos/completo_bs2.php?codigo=138
- UNACEM S.A.A. (2021). *UNACEM.COM.* https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2021/08/FT-Apu_Ago21.pdf

Valle Arce, S. V., & Mego Macedo, J. W. (2020). *Análisis comparativo de la resistencia del concreto elaborado con cemento mochica y cemento portland tipo i, de uso masivo en la construcción de edificaciones, en el distrito de tarapoto, provincia y región san martín – 2019.*

Zorrilla, C. (2018). Estudio de la influencia del curado acelerado del concreto para un $FC = 280 \text{ kg/cm}^2$. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

ANEXOS

AGREGADOS**AGREGADO FINO**

Para la obtención de las propiedades del agregado fino se realizaron los ensayos de peso unitario, peso específico y absorción, contenido de humedad y granulometría, a continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos.

Anexo 1*Agregado fino: ensayo de peso unitario suelto*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso del balde | gr | 1570 | 1570 | 1570 |
| Pmuestra suelta+Pbalde | gr | 6310 | 6320 | 6400 |
| Peso de la muestra | gr | 4740 | 4750 | 4830 |
| Volumen del balde | cm ³ | 2831.7 | 2831.7 | 2831.7 |
| Peso unitario suelto | gr/cm ³ | 1.674 | 1.677 | 1.706 |
| P.U.S. = | gr/cm ³ | | 1.686 | |
| P.U.S. = | kg/m ³ | | 1685.67 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 2*Agregado fino: ensayo de peso unitario compactado*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|--------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso del balde | gr | 1570 | 1570 | 1570 |
| Pmuestra comp+Pbalde | gr | 6750 | 6780 | 6680 |
| Peso de la muestra | gr | 5180 | 5210 | 5110 |
| Volumen del balde | cm ³ | 2831.7 | 2831.7 | 2831.7 |
| Peso unitario compactado | gr/cm ³ | 1.829 | 1.840 | 1.805 |
| P.U.C. = | gr/cm ³ | | 1.825 | |
| P.U.C. = | kg/m ³ | | 1824.67 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 3Agregado fino: *ensayo de peso específico*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|----------------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la arena s.s.s. | gr | 500.0 | 500.0 | 500.0 |
| Peso sss + agua + fiola | gr | 1016.8 | 1016.6 | 1016.9 |
| Peso de la fiola | gr | 204.9 | 204.9 | 204.9 |
| Volumen de fiola | cm ³ | 500 | 500 | 500 |
| Peso del agua dentro de la fiola | gr | 311.9 | 311.7 | 312.0 |
| Peso de la arena seca | gr | 490.0 | 489.8 | 490.3 |
| Peso específico masa | gr/cm ³ | 2.605 | 2.601 | 2.608 |
| Peso específico masa sss | gr/cm ³ | 2.658 | 2.655 | 2.660 |
| Peso específico = | gr/cm ³ | | 2.605 | |
| Peso específico = | kg/m ³ | | 2604.73 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 4Agregado fino: *ensayo de absorción*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|-------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la arena s.s.s. | gr | 500.0 | 500.0 | 500.0 |
| Peso de la arena seca | gr | 490.0 | 489.8 | 490.3 |
| % de absorción | | 2.04 | 2.08 | 1.98 |
| %Abs. = | % | | 2.03 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 5Agregado fino: *ensayo de contenido de humedad*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|--------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la arena natural | gr | 500.0 | 500.0 | 500.0 |
| Peso de la arena seca | gr | 489.5 | 491.8 | 490.9 |
| Contenido de humedad | % | 2.15 | 1.67 | 1.85 |
| C.H. = | % | | 1.89 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 6Agregado fino: *Granulometría*

| Tamiz | Peso retenido muestra N°1 (gr) | Peso retenido muestra N°2 (gr) | Peso retenido muestra N°3 (gr) | Peso retenido promedio (gr) |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Malla 3/8" | - | - | - | - |
| Malla # 4 | 21.0 | 18.4 | 22.5 | 20.6 |
| Malla # 8 | 82.8 | 78.9 | 82.1 | 81.3 |
| Malla # 16 | 123.8 | 112.6 | 117.7 | 118.0 |
| Malla # 30 | 137.0 | 129.2 | 129.1 | 131.8 |
| Malla # 50 | 115.1 | 117.4 | 115.6 | 116.0 |
| Malla # 100 | 79.1 | 89.2 | 86.4 | 84.9 |
| Fondo | 41.2 | 54.3 | 46.6 | 47.4 |
| Total | 600.0 | 600.0 | 600.0 | 600.0 |

Nota. Fuente propia

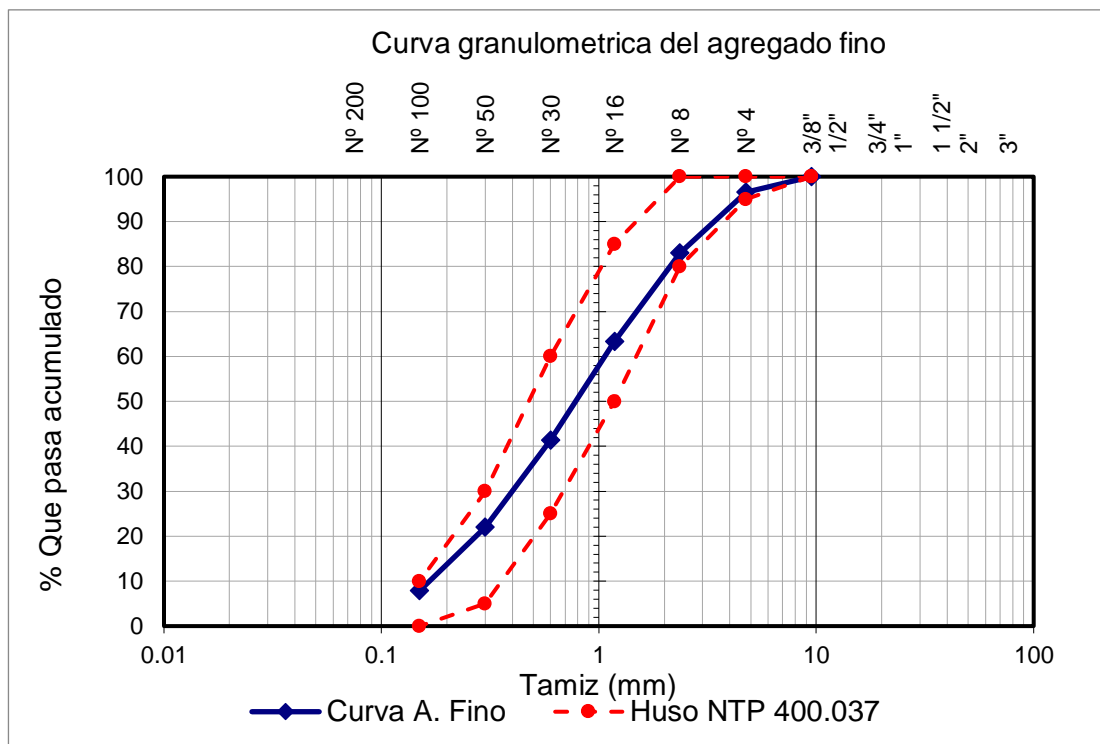
Para el cálculo del módulo de finura se usó la siguiente fórmula en base a los porcentajes de peso retenido acumulado.

$$M.F. = \frac{\sum \% (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Anexo 7Agregado fino: *Análisis granulométrico*

| Tamiz | Peso Retenido (%) | Peso Retenido acumulado (%) | Peso que pasa acumulado (%) |
|------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 3/8" | - | - | 100.0% |
| Malla # 4 | 3.4% | 3.4% | 96.6% |
| Malla # 8 | 13.5% | 17.0% | 83.0% |
| Malla # 16 | 19.7% | 36.7% | 63.3% |
| Malla # 30 | 22.0% | 58.6% | 41.4% |
| Malla # 50 | 19.3% | 78.0% | 22.0% |
| Malla # 100 | 14.2% | 92.1% | 7.9% |
| Fondo | 7.9% | 100.0% | 0.0% |
| Módulo de finura | | | 2.86 |

Nota. Fuente propia



Anexo 8. Curva granulométrica del agregado fino.

AGREGADO GRUESO

Para la obtención de las propiedades del agregado grueso se realizaron los ensayos de peso unitario, peso específico y absorción, contenido de humedad y granulometría, a continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos.

Anexo 9

Agregado grueso: ensayo de peso unitario suelto

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso del balde | gr | 4350 | 4350 | 4350 |
| Pmuestra suelta+Pbalde | gr | 17090 | 17100 | 17110 |
| Peso de la muestra | gr | 12740 | 12750 | 12760 |
| Volumen del balde | cm ³ | 9439.0 | 9439.0 | 9439.0 |
| Peso unitario suelto | gr/cm ³ | 1.350 | 1.351 | 1.352 |
| P.U.S. = | gr/cm ³ | | 1.351 | |
| P.U.S. = | kg/m ³ | | 1351.00 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 10Agregado grueso: *ensayo de peso unitario compactado*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|--------------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso del balde | gr | 4350 | 4350 | 4350 |
| Pmuestra comp. + Pbalde | gr | 18790 | 18700 | 18620 |
| Peso de la muestra | gr | 14440 | 14350 | 14270 |
| Volumen del balde | cm ³ | 9439.0 | 9439.0 | 9439.0 |
| Peso unitario compactado | gr/cm ³ | 1.530 | 1.520 | 1.512 |
| P.U.C. = | gr/cm ³ | | 1.521 | |
| P.U.C. = | kg/m ³ | | 1520.65 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 11Agregado grueso: *ensayo de peso específico*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|--|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la piedra s.s.s (B) | gr | 4000.7 | 4001.4 | 4002.3 |
| Peso de canastilla sumergida | gr | 824.9 | 825.2 | 825.1 |
| Peso de la piedra sss sumergida + canastilla | gr | 3354.7 | 3358.5 | 3359.4 |
| Peso de la piedra sss sumergida "C" | gr | 2529.8 | 2533.3 | 2534.3 |
| Peso de la piedra seca (A) | gr | 3963.6 | 3965.5 | 3967.6 |
| Volumen de la piedra | cm ³ | 1470.9 | 1468.1 | 1468.0 |
| Peso específico masa | gr/cm ³ | 2.695 | 2.701 | 2.703 |
| Peso específico masa sss | gr/cm ³ | 2.720 | 2.726 | 2.726 |
| P.E. = | gr/cm ³ | | 2.700 | |
| P.E. = | kg/m ³ | | 2699.50 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 12Agregado grueso: *ensayo de absorción*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|--------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la piedra s.s.s. | gr | 4000.7 | 4001.4 | 4002.3 |
| Peso de la piedra seca | gr | 3963.6 | 3965.5 | 3967.6 |
| % de absorción | | 0.94 | 0.91 | 0.88 |
| %Abs. = | % | | 0.91 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 13Agregado grueso: *ensayo de contenido de humedad*

| DESCRIPCIÓN | DIMENSION | PRIMER ENSAYO | SEGUNDO ENSAYO | TERCER ENSAYO |
|---------------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| Peso de la piedra natural | gr | 4000.8 | 4000.8 | 4000.9 |
| Peso de la piedra seca | gr | 3981.9 | 3982.5 | 3981.1 |
| % Contenido de humedad | | 0.48 | 0.46 | 0.50 |
| C.H. = | % | | 0.48 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 14Agregado grueso: *Granulometría*

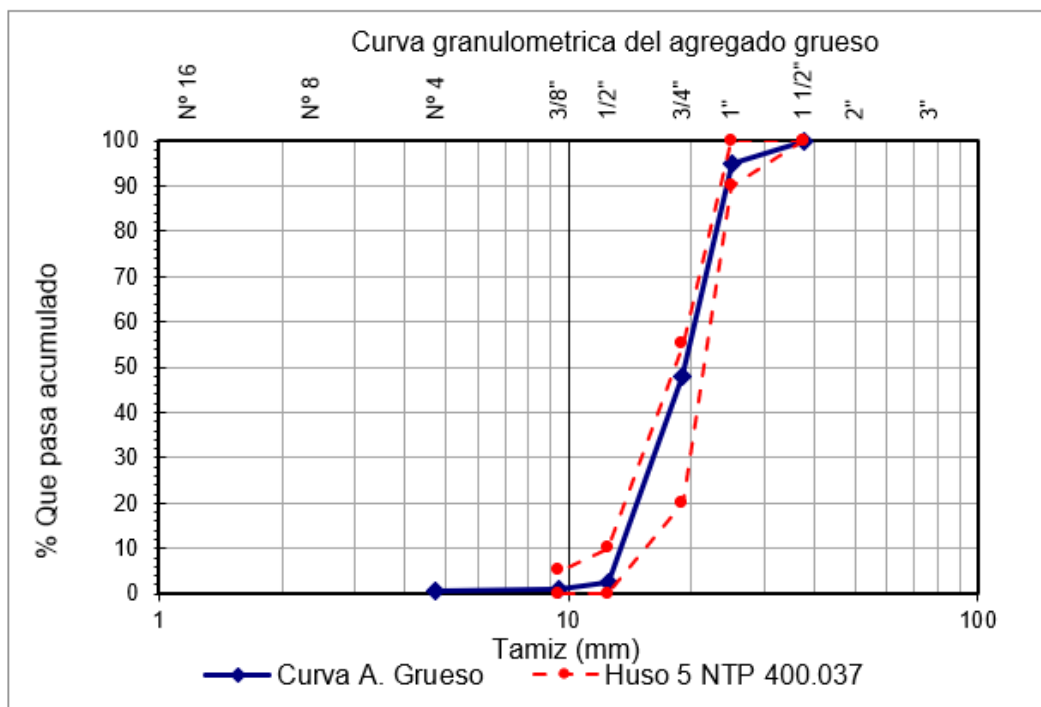
| Tamiz | Peso retenido muestra N°01 (gr) | Peso retenido muestra N°02 (gr) | Peso retenido muestra N°03 (gr) | Peso retenido promedio (gr) |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1" | 450.6 | 538.2 | 518.3 | 502.4 |
| 3/4" | 4830.5 | 4876.1 | 4437.5 | 4714.7 |
| 1/2" | 4497.7 | 4404.7 | 4647.4 | 4516.6 |
| 3/8" | 142.6 | 136.4 | 218.4 | 165.8 |
| N° 4 | 51.4 | 25.4 | 95.7 | 57.5 |
| Fondo | 27.2 | 19.2 | 82.7 | 43.0 |
| Total | 10000.0 | 10000.0 | 10000.0 | 10000.0 |

Nota. Fuente propia

Anexo 15Agregado grueso: *Análisis granulométrico*

| Tamiz | % Retenido | % Retenido acumulado | % Que pasa acumulado |
|-----------------------|------------|----------------------|----------------------|
| 1 1/2" | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 1" | 5.0% | 5.0% | 95.0% |
| 3/4" | 47.1% | 52.2% | 47.8% |
| 1/2" | 45.2% | 97.3% | 2.7% |
| 3/8" | 1.7% | 99.0% | 1.0% |
| N° 4 | 0.6% | 99.6% | 0.4% |
| Fondo | 0.4% | 100.0% | 0.0% |
| módulo de finura | | 7.51 | |
| Tamaño máximo nominal | | 1" | |

Nota. Fuente propia



Anexo 16. Curva granulométrica del agregado grueso.

AGREGADO GLOBAL

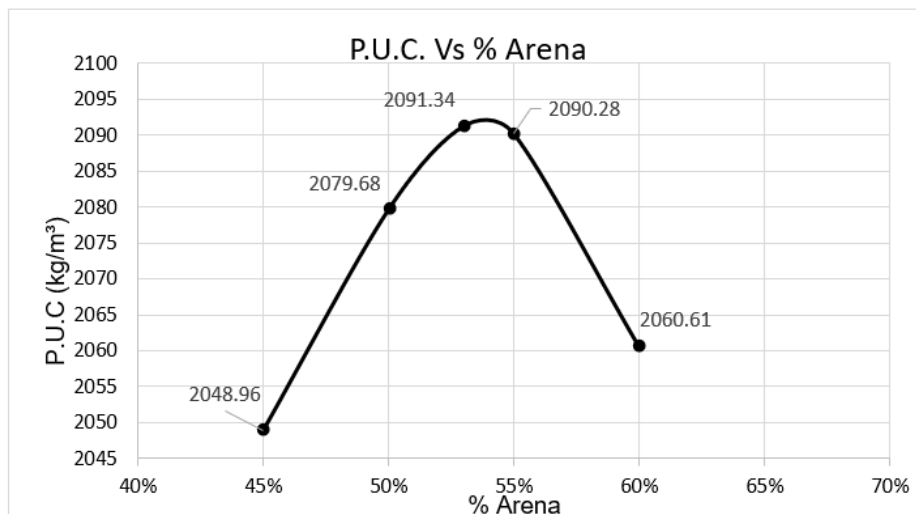
Para hallar el agregado global se realizó el ensayo de máxima compacidad con diferentes porcentajes de agregados, de los que se obtuvo como máximos resultados en la relación arena/piedra = 53%.

Anexo 17

Agregado global: *Ensayo de máxima compacidad*

| Arena | Piedra | Peso del agregado con el balde (kg) | Peso de balde (kg) | Peso del agregado (kg) | Volumen de balde (m ³) | P.U.C (kg/m ³) |
|-------|--------|-------------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 45% | 55% | 23.69 | 4.35 | 19.34 | 0.00944 | 2048.96 |
| 50% | 50% | 23.98 | 4.35 | 19.63 | 0.00944 | 2079.68 |
| 53% | 47% | 24.09 | 4.35 | 19.74 | 0.00944 | 2091.34 |
| 55% | 45% | 24.08 | 4.35 | 19.73 | 0.00944 | 2090.28 |
| 60% | 40% | 23.70 | 4.35 | 19.05 | 0.00944 | 2050.02 |

Nota. Fuente propia



Anexo 18. Peso unitario compactado del agregado global vs %Arena

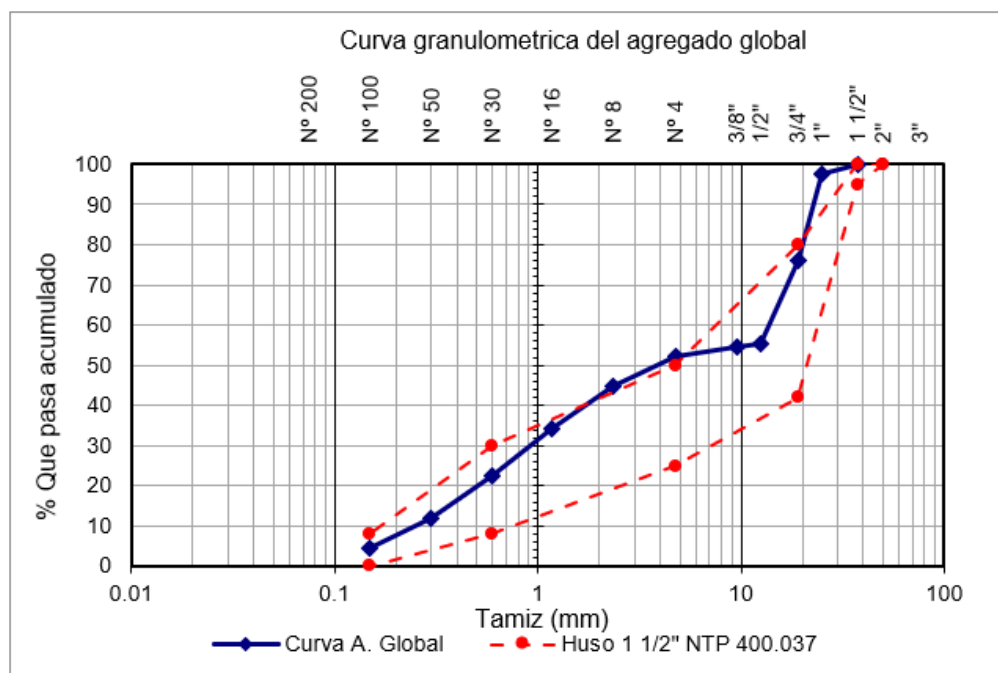
La granulometría que se muestra está realizada con relación arena/piedra = 54/46, el cual fue el utilizado para los diseños definitivos luego de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días en los ensayos preliminares para obtención de la proporción óptima de los agregados.

Anexo 19

Agregado global: *Análisis granulométrico*

| Tamiz | %Retenido agregado grueso | %Retenido agregado fino | Agregado global 46%AG+54%AF | Agregado total retenido (%) | Agregado total que pasa (%) |
|--------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 1/2" | 0.0% | | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 1" | 5.0% | | 2.3% | 2.3% | 97.7% |
| 3/4" | 47.1% | | 21.7% | 24.0% | 76.0% |
| 1/2" | 45.2% | | 20.8% | 44.8% | 55.2% |
| 3/8" | 1.7% | 0.0% | 0.8% | 45.5% | 54.5% |
| Nº 4 | 0.6% | 3.4% | 2.1% | 47.7% | 52.3% |
| Nº 8 | 0.4% | 13.5% | 7.5% | 55.2% | 44.8% |
| Nº 16 | | 19.7% | 10.6% | 65.8% | 34.2% |
| Nº 30 | | 22.0% | 11.9% | 77.7% | 22.3% |
| Nº 50 | | 19.3% | 10.4% | 88.1% | 11.9% |
| Nº 100 | | 14.2% | 7.6% | 95.7% | 4.3% |
| Fondo | | 7.9% | 4.3% | 100.0% | 0.0% |
| Total | 100.0% | 100.0% | 100.0% | | |

Nota. Fuente propia



Anexo 20. Curva granulométrica del agregado global.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE AGUA ÓPTIMO DE DISEÑO

Para el cálculo del diseño patrón se inició con diseños preliminares para el cálculo de agua óptimo de diseño para un asentamiento de 3" a 4".

CÁLCULO DE AGUA ÓPTIMO DE DISEÑO - CEMENTO TIPO ICO CON A/C=0.4

Anexo 21

Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =200 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 500.00 | 0.159 | 1.00 | 500.00 | 1.00 | 42.50 | 11.33 |
| Agua | 200.00 | 0.200 | 0.40 | 204.61 | 0.41 | 17.39 | 4.64 |
| Arena | 879.08 | 0.337 | 2.13 | 895.68 | 1.79 | 76.13 | 20.29 |
| Piedra | 779.56 | 0.289 | 1.82 | 783.28 | 1.57 | 66.58 | 17.75 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 1 1/2" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 22Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =215 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 537.50 | 0.171 | 1.00 | 537.50 | 1.00 | 42.50 | 12.28 |
| Agua | 215.00 | 0.215 | 0.40 | 219.37 | 0.41 | 17.35 | 5.01 |
| Arena | 856.88 | 0.329 | 1.93 | 873.06 | 1.62 | 69.03 | 19.95 |
| Piedra | 729.93 | 0.270 | 1.58 | 733.42 | 1.36 | 57.99 | 16.76 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Slump = 2"

Nota. Fuente propia

Anexo 23Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =225 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 562.50 | 0.179 | 1.00 | 562.50 | 1.00 | 42.50 | 12.92 |
| Agua | 225.00 | 0.225 | 0.40 | 229.24 | 0.41 | 17.32 | 5.27 |
| Arena | 831.23 | 0.319 | 1.79 | 846.93 | 1.51 | 63.99 | 19.46 |
| Piedra | 708.09 | 0.262 | 1.47 | 711.47 | 1.26 | 53.76 | 16.35 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Slump = 3"

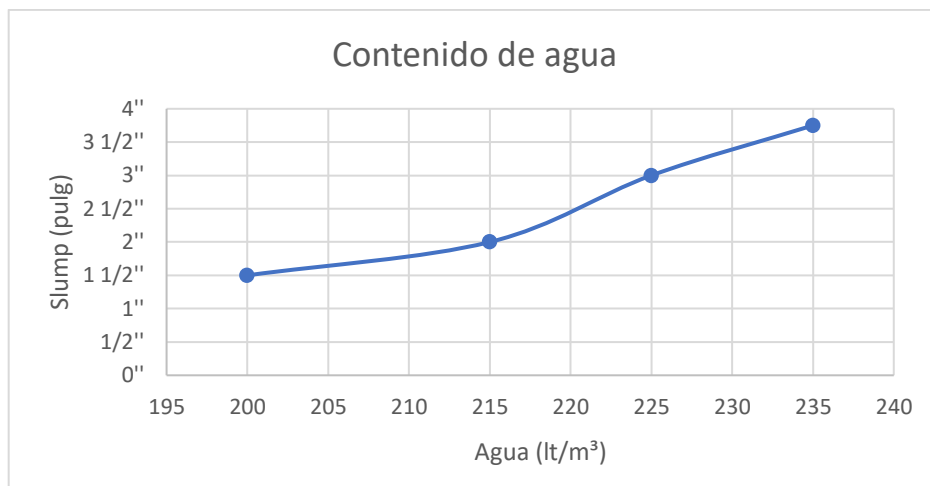
Nota. Fuente propia

Anexo 24Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =235 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.58 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.11 | 0.41 | 17.30 | 5.53 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.40 | 59.38 | 18.97 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.17 | 49.88 | 15.93 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Slump = 3 3/4"

Nota. Fuente propia



Anexo 25. Contenido de agua para slump de 3"-4" usando cemento tipo ICo y a/c=0.4.

CÁLCULO DE AGUA ÓPTIMO DE DISEÑO - CEMENTO TIPO ICO CON A/C=0.5

Anexo 26

Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.5, Arena=53%, Agua =215 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 430.00 | 0.137 | 1.00 | 430.00 | 1.00 | 42.50 | 9.89 |
| Agua | 215.00 | 0.215 | 0.50 | 219.66 | 0.51 | 21.71 | 5.05 |
| Arena | 889.21 | 0.341 | 2.50 | 906.01 | 2.11 | 89.55 | 20.84 |
| Piedra | 788.55 | 0.292 | 2.14 | 792.31 | 1.84 | 78.31 | 18.22 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | | 4'' | | | | | |

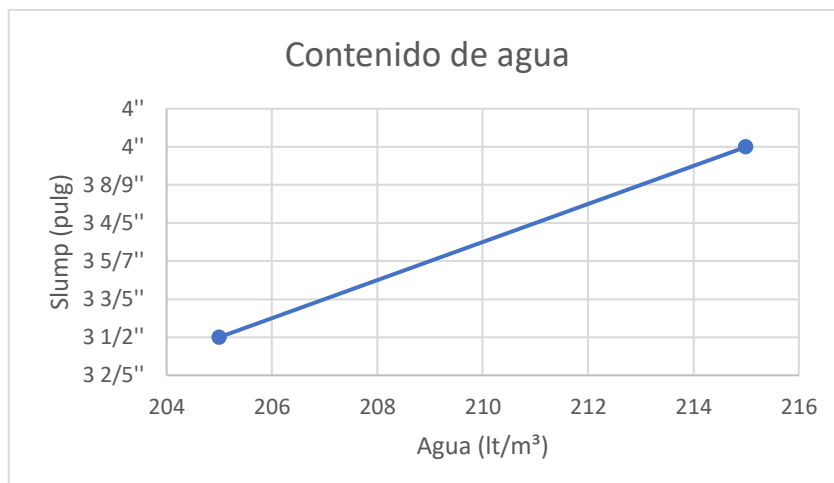
Nota. Fuente propia

Anexo 27

Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.5, Arena=53%, Agua =205 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.00 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 209.78 | 0.51 | 21.75 | 4.80 |
| Arena | 912.16 | 0.350 | 2.69 | 929.39 | 2.27 | 96.34 | 21.25 |
| Piedra | 808.90 | 0.300 | 2.30 | 812.76 | 1.98 | 84.25 | 18.58 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | | 3 1/2'' | | | | | |

Nota. Fuente propia



Anexo 28. Contenido de agua para slump de 3"-4" usando cemento tipo ICo y a/c=0.5.

CÁLCULO DE AGUA ÓPTIMO DE DISEÑO – CEMENTO TIPO GU CON A/C=0.4

Anexo 29

Diseño preliminar: Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =250 L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 625.00 | 0.198 | 1.00 | 625.00 | 1.00 | 42.50 | 14.56 |
| Agua | 250.00 | 0.250 | 0.40 | 253.95 | 0.41 | 17.27 | 5.92 |
| Arena | 753.19 | 0.289 | 1.46 | 767.42 | 1.23 | 52.18 | 17.88 |
| Piedra | 667.92 | 0.247 | 1.25 | 671.11 | 1.07 | 45.64 | 15.64 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | | 2" | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 30

Diseño preliminar: Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =290L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 725.00 | 0.230 | 1.00 | 725.00 | 1.00 | 42.50 | 17.29 |
| Agua | 290.00 | 0.290 | 0.40 | 293.42 | 0.40 | 17.20 | 7.00 |
| Arena | 652.48 | 0.250 | 1.09 | 664.81 | 0.92 | 38.97 | 15.85 |
| Piedra | 578.62 | 0.214 | 0.93 | 581.38 | 0.80 | 34.08 | 13.86 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | | 5" | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 31

Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =275 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 687.50 | 0.218 | 1.00 | 687.50 | 1.00 | 42.50 | 16.25 |
| Agua | 275.00 | 0.275 | 0.40 | 278.62 | 0.41 | 17.22 | 6.59 |
| Arena | 690.25 | 0.265 | 1.21 | 703.28 | 1.02 | 43.48 | 16.62 |
| Piedra | 612.11 | 0.227 | 1.04 | 615.03 | 0.89 | 38.02 | 14.54 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 4 1/2" | | | | | | |

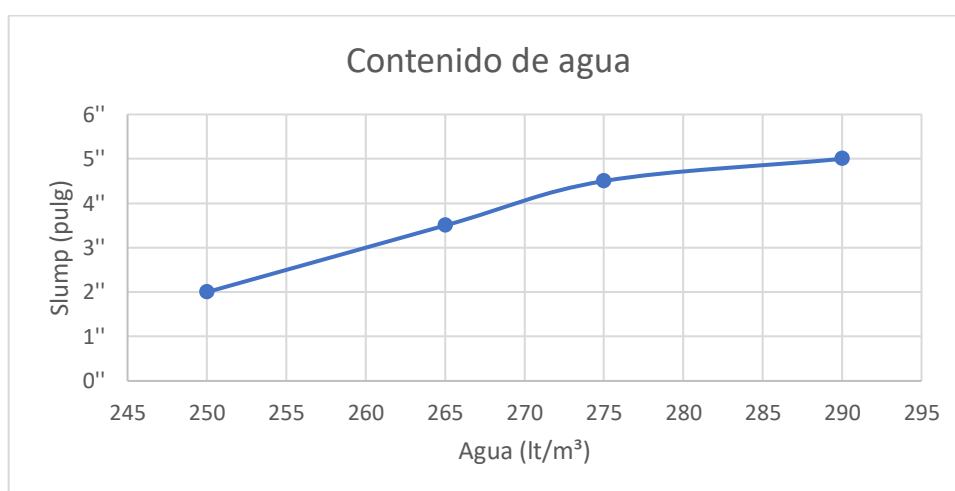
Nota. Fuente propia

Anexo 32

Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena=53%, Agua =265 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.00 | 42.50 | 15.57 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 268.75 | 0.41 | 17.24 | 6.32 |
| Arena | 715.43 | 0.275 | 1.31 | 728.94 | 1.10 | 46.76 | 17.13 |
| Piedra | 634.43 | 0.235 | 1.12 | 637.46 | 0.96 | 40.89 | 14.98 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 1/2" | | | | | | |

Nota. Fuente propia



Anexo 33. Contenido de agua para slump de 3"-4" usando cemento tipo GU y a/c=0.4.

CÁLCULO DE AGUA ÓPTIMO DE DISEÑO – CEMENTO TIPO GU CON A/C=0.5

Anexo 34Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.5, Arena=53%, Agua =220 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.00 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 224.60 | 0.51 | 21.69 | 5.18 |
| Arena | 877.74 | 0.337 | 2.41 | 894.32 | 2.03 | 86.38 | 20.63 |
| Piedra | 778.37 | 0.288 | 2.06 | 782.09 | 1.78 | 75.54 | 18.04 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO

Una vez calculado el agua óptima de diseño se procede a diseñar mezclas variando el porcentaje de agregados en $\pm 3\%$ para cada diseño de concreto elaborado con cada tipo de cemento y relación a/c. Los diseños de mezclas realizados se muestran a continuación con sus respectivos ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días:

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO – CEMENTO TIPO ICO CON A/C = 0.4

Anexo 35Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena/Piedra=50/50, Agua =235 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.57 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.28 | 0.41 | 17.31 | 5.53 |
| Arena | 746.98 | 0.287 | 1.54 | 761.09 | 1.30 | 55.06 | 17.58 |
| Piedra | 746.98 | 0.277 | 1.48 | 750.55 | 1.28 | 54.30 | 17.33 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 1/2" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 36Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena/Piedra=53/47, Agua =235 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.57 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.15 | 0.41 | 17.30 | 5.53 |
| Arena | 790.96 | 0.304 | 1.63 | 805.89 | 1.37 | 58.30 | 18.62 |
| Piedra | 701.41 | 0.260 | 1.39 | 704.76 | 1.20 | 50.98 | 16.28 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 37Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.4, Arena/Piedra=56/44, Agua =235 L*

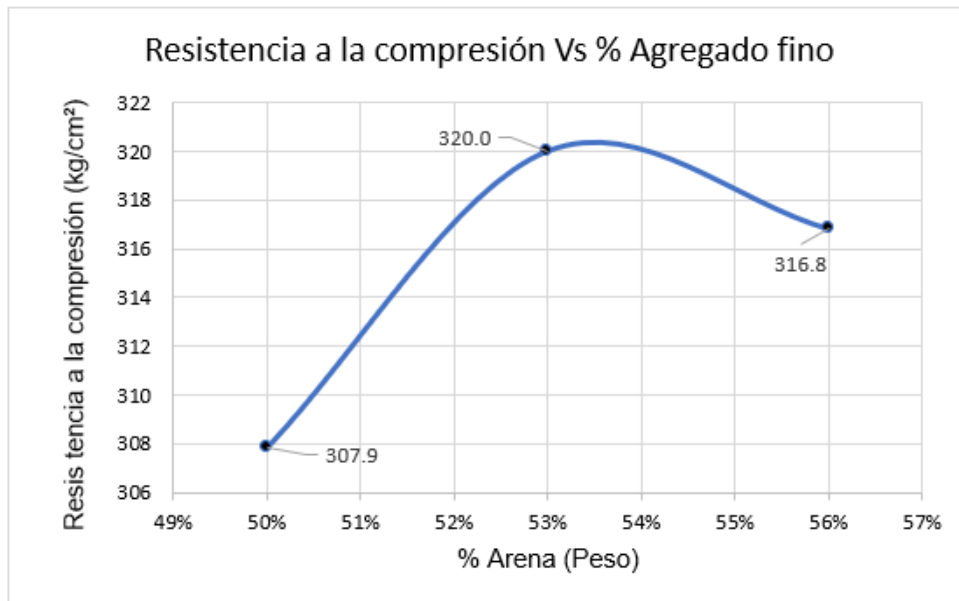
| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.58 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.02 | 0.41 | 17.29 | 5.52 |
| Arena | 834.83 | 0.321 | 1.72 | 850.60 | 1.45 | 61.53 | 19.66 |
| Piedra | 655.94 | 0.243 | 1.30 | 659.07 | 1.12 | 47.68 | 15.23 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

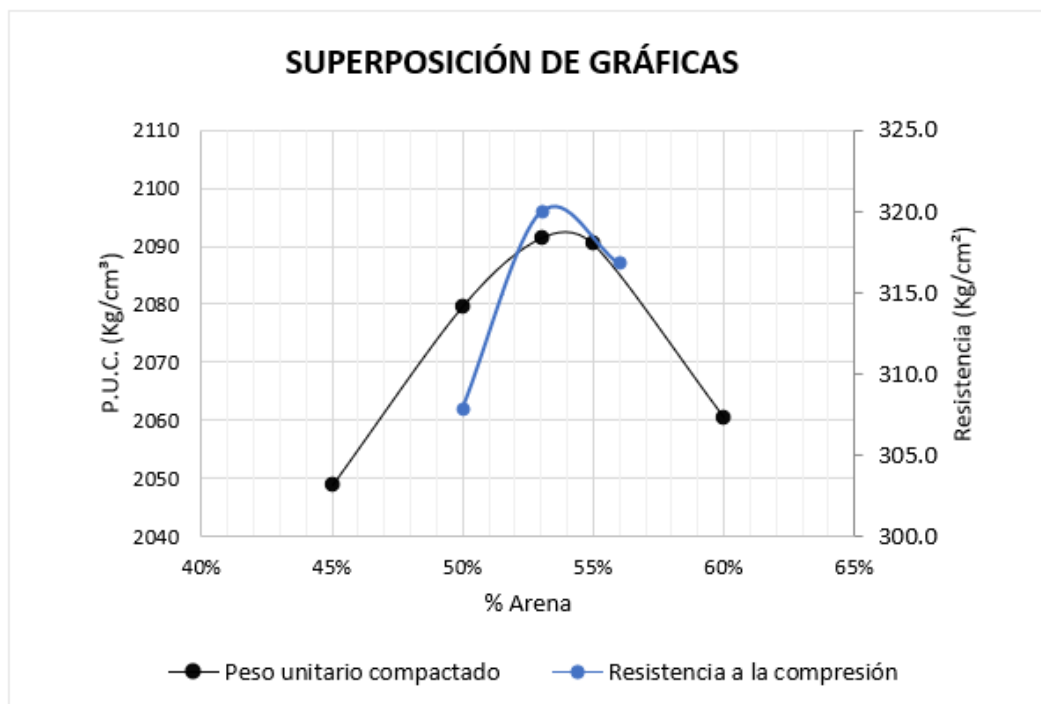
Anexo 38*Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo ICo, a/c=0.4, agua =235*

| Arena (%) | Piedra (%) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Días de curado | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------------------------------|
| 50% | 50% | 288.90 | 312.60 | 322.10 | 7 | 307.9 |
| 53% | 47% | 319.60 | 309.50 | 314.20 | 7 | 320.0 |
| 56% | 44% | 315.80 | 313.90 | 320.70 | 7 | 316.8 |

Nota. Fuente propia



Anexo 39. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo ICo, a/c=0.4, agua = 235L



Anexo 40. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo ICo, a/c=0.4, agua = 235L

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO – CEMENTO TIPO ICO CON A/C = 0.5

Anexo 41Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.5, Arena/Piedra=50/50, Agua =205 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.00 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 209.94 | 0.51 | 21.76 | 4.80 |
| Arena | 861.45 | 0.331 | 2.54 | 877.72 | 2.14 | 90.98 | 20.06 |
| Piedra | 861.45 | 0.319 | 2.45 | 865.56 | 2.11 | 89.72 | 19.78 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 42Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.5, Arena/Piedra=53/47, Agua =205 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.00 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 209.78 | 0.51 | 21.75 | 4.80 |
| Arena | 912.16 | 0.350 | 2.69 | 929.39 | 2.27 | 96.34 | 21.25 |
| Piedra | 808.90 | 0.300 | 2.30 | 812.76 | 1.98 | 84.25 | 18.58 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 43Diseño preliminar: *Cemento tipo ICo, a/c = 0.5, Arena/Piedra =56/44, Agua =205 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.00 | 42.50 | 9.38 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 209.63 | 0.51 | 21.73 | 4.80 |
| Arena | 962.76 | 0.370 | 2.84 | 980.95 | 2.39 | 101.68 | 22.44 |
| Piedra | 756.46 | 0.280 | 2.15 | 760.07 | 1.85 | 78.79 | 17.39 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 1/2" | | | | | | |

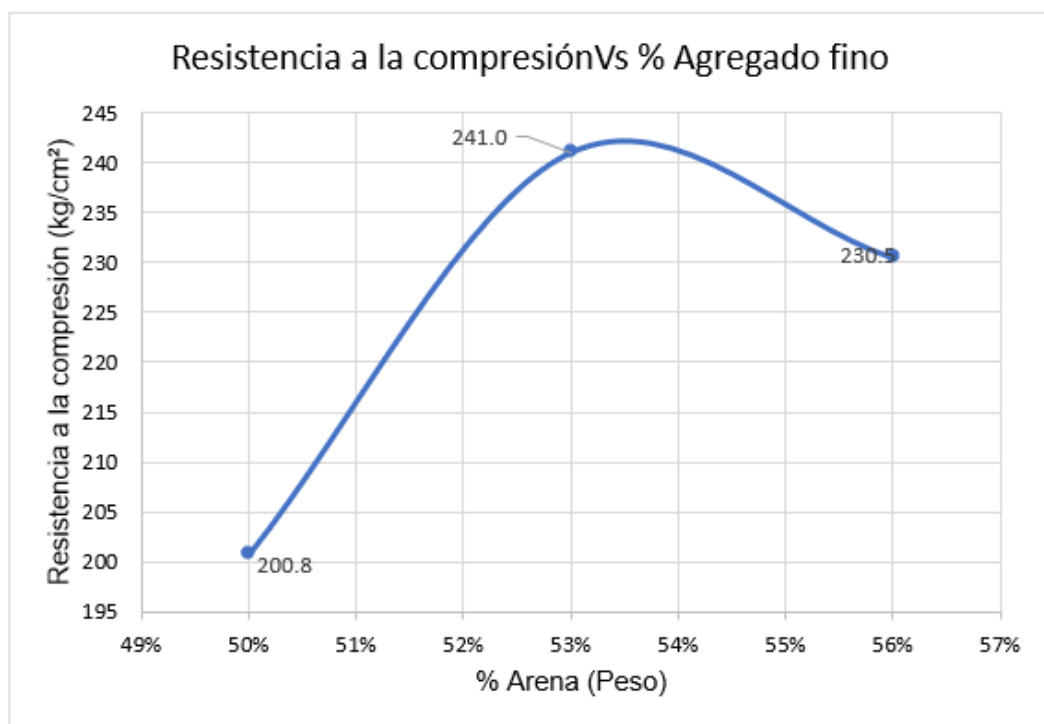
Nota. Fuente propia

Anexo 44

Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo ICo, a/c=0.5, agua =205

| Arena (%) | Piedra (%) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Días de curado | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------------------------------|
| 50% | 50% | 195.70 | 202.80 | 203.80 | 7 | 200.8 |
| 53% | 47% | 248.10 | 235.80 | 239.10 | 7 | 241.0 |
| 56% | 44% | 224.90 | 235.10 | 231.50 | 7 | 230.5 |

Nota. Fuente propia



Anexo 45. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo ICo, a/c=0.5, agua = 205L



Anexo 46. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo ICo, a/c=0.5, agua = 205L

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO – CEMENTO TIPO GU CON A/C = 0.4

Anexo 47

Diseño preliminar: Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena/Piedra=50/50, Agua =265 L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.00 | 42.50 | 15.56 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 268.87 | 0.41 | 17.25 | 6.32 |
| Arena | 675.65 | 0.259 | 1.23 | 688.41 | 1.04 | 44.16 | 16.17 |
| Piedra | 675.65 | 0.250 | 1.19 | 678.88 | 1.02 | 43.55 | 15.95 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Slump = 3 1/2"

Nota. Fuente propia

Anexo 48

Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena/Piedra=53/47, Agua =265 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.00 | 42.50 | 15.57 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 268.75 | 0.41 | 17.24 | 6.32 |
| Arena | 715.43 | 0.275 | 1.31 | 728.94 | 1.10 | 46.76 | 17.13 |
| Piedra | 634.43 | 0.235 | 1.12 | 637.46 | 0.96 | 40.89 | 14.98 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 49

Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.4, Arena/Piedra=56/44, Agua =265 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.00 | 42.50 | 15.58 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 268.63 | 0.41 | 17.23 | 6.32 |
| Arena | 755.11 | 0.290 | 1.38 | 769.37 | 1.16 | 49.36 | 18.09 |
| Piedra | 593.30 | 0.220 | 1.05 | 596.13 | 0.90 | 38.24 | 14.02 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3" | | | | | | |

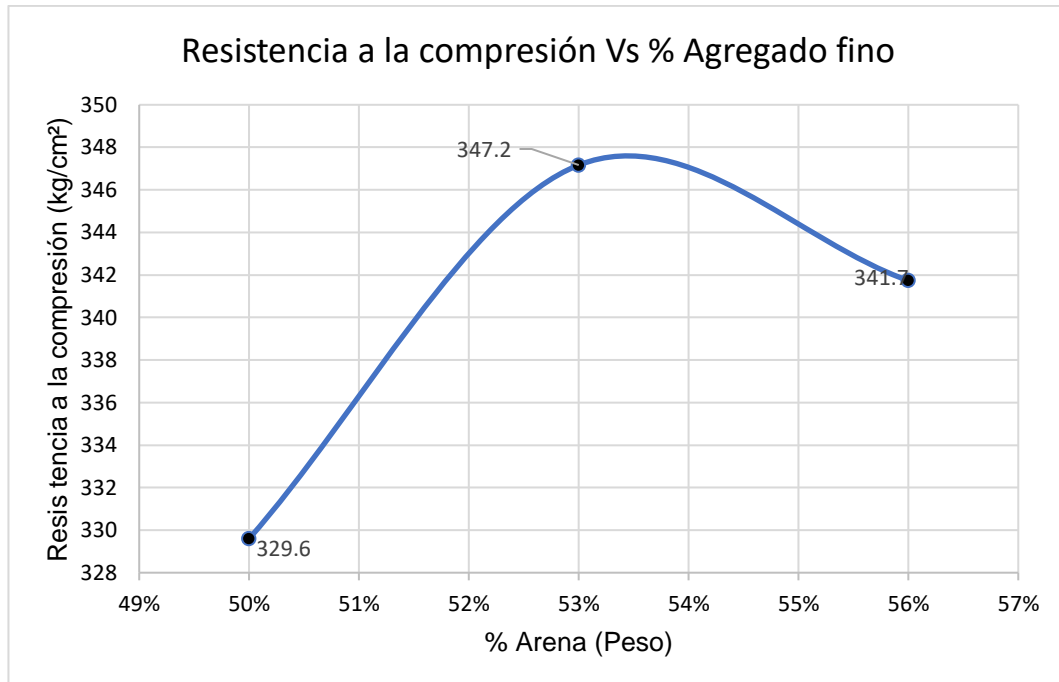
Nota. Fuente propia

Anexo 50

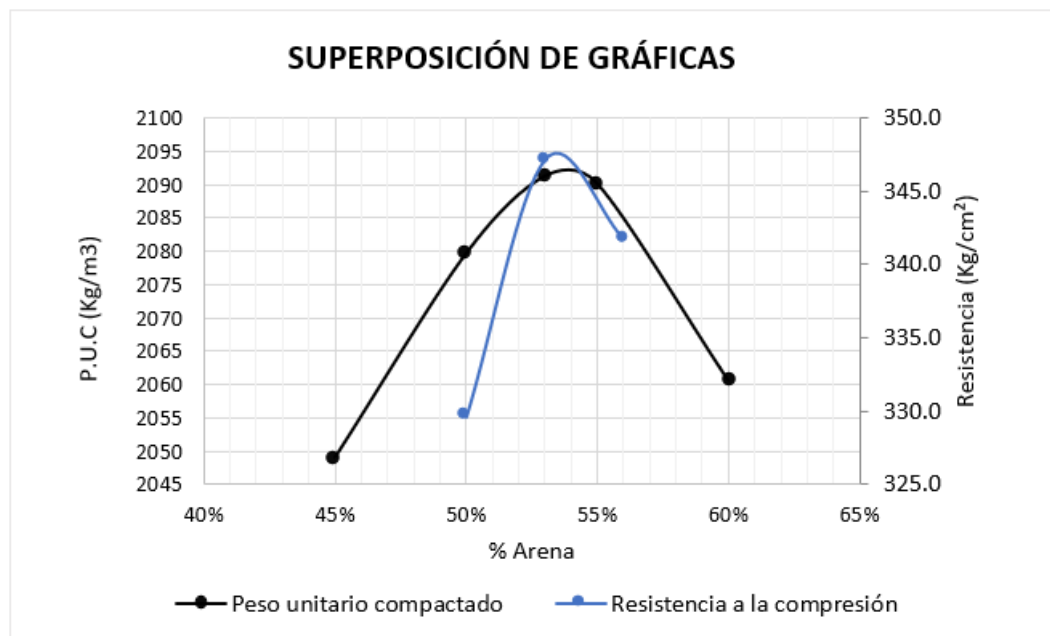
Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo GU, a/c=0.4, agua =265

| Arena (%) | Piedra (%) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Días de curado | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------------------------------|
| 50% | 50% | 340.60 | 341.50 | 306.70 | 7 | 329.6 |
| 53% | 47% | 345.70 | 335.60 | 360.20 | 7 | 347.2 |
| 56% | 44% | 333.70 | 355.40 | 336.10 | 7 | 341.7 |

Nota. Fuente propia



Anexo 51. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo GU, a/c=0.4, agua = 265L



Anexo 52. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo GU, a/c=0.4, agua = 265L

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADO – CEMENTO TIPO GU CON A/C = 0.4

Anexo 53Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.5, Arena/Piedra=50/50, Agua =220 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.00 | 42.50 | 10.14 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 224.75 | 0.51 | 21.71 | 5.18 |
| Arena | 828.94 | 0.318 | 2.28 | 844.60 | 1.92 | 81.58 | 19.47 |
| Piedra | 828.94 | 0.307 | 2.20 | 832.90 | 1.89 | 80.45 | 19.20 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 54Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.5, Arena/Piedra=53/47, Agua =220 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.00 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 224.60 | 0.51 | 21.69 | 5.18 |
| Arena | 877.74 | 0.337 | 2.41 | 894.32 | 2.03 | 86.38 | 20.63 |
| Piedra | 778.37 | 0.288 | 2.06 | 782.09 | 1.78 | 75.54 | 18.04 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 3/4" | | | | | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 55Diseño preliminar: *Cemento tipo GU, a/c = 0.5, Arena/Piedra=56/44, Agua =220 L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.00 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 224.46 | 0.51 | 21.68 | 5.18 |
| Arena | 926.43 | 0.356 | 2.55 | 943.93 | 2.15 | 91.17 | 21.79 |
| Piedra | 727.91 | 0.270 | 1.93 | 731.38 | 1.66 | 70.65 | 16.88 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |
| Slump = | 3 1/2" | | | | | | |

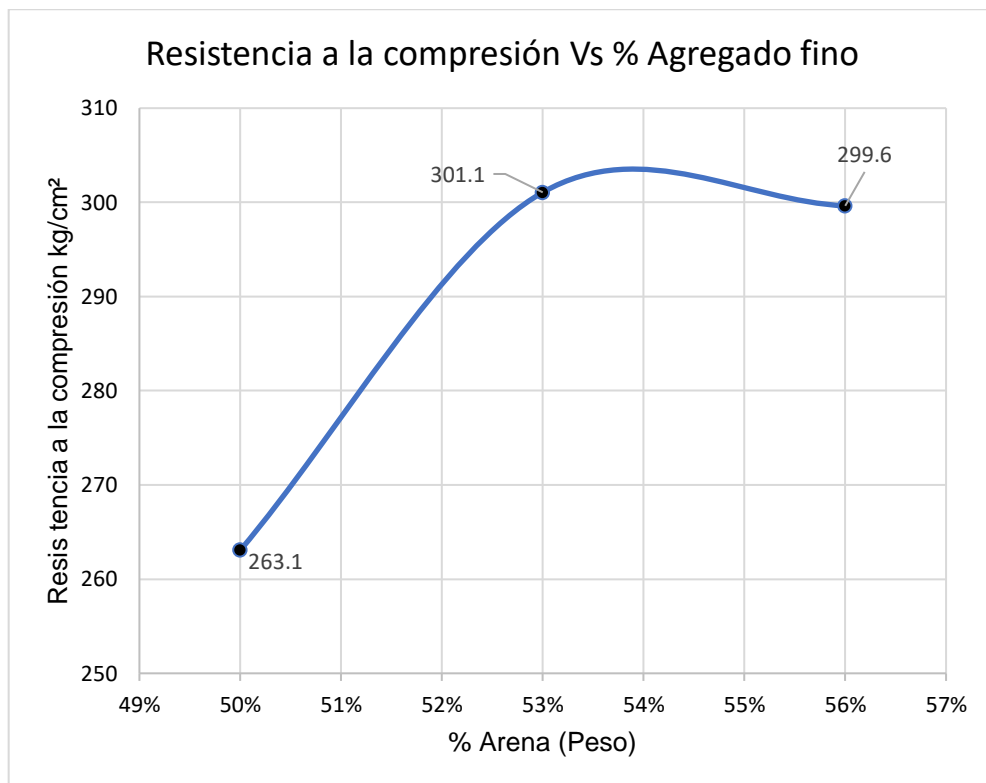
Nota. Fuente propia

Anexo 56

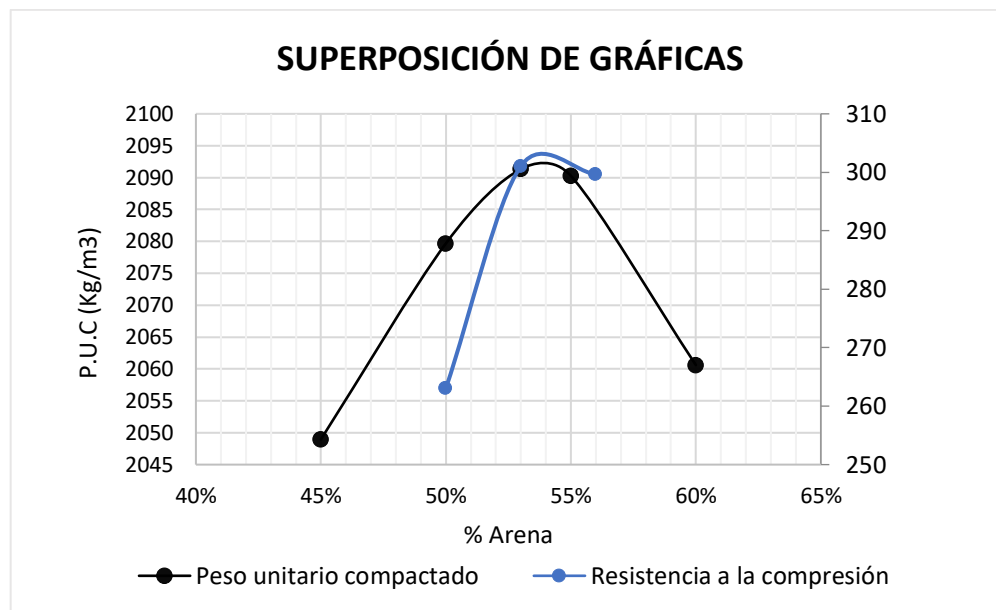
Resistencia a distintos %Arena, Cemento tipo GU, a/c=0.5, agua =220

| Arena (%) | Piedra (%) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Días de curado | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------------------------------|
| 50% | 50% | 255.70 | 261.60 | 271.90 | 7 | 263.1 |
| 53% | 47% | 294.90 | 312.50 | 295.80 | 7 | 301.1 |
| 56% | 44% | 305.90 | 300.20 | 292.80 | 7 | 299.6 |

Nota. Fuente propia



Anexo 57. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo GU, a/c=0.5, agua = 220L



Anexo 58. Resistencia a la compresión a distintos porcentajes de agregado, usando cemento tipo GU, a/c=0.5, agua = 220L

DISEÑO DE MEZCLA

Una vez obtenido la proporción de agua óptima y la relación arena/piedra óptima, se procede a realizar el diseño definitivo para cada tipo de cemento y relación a/c, siendo 4 los diseños patrón, a los que se les adicionará aditivo CHEMA 3 en las dosificaciones de 0.5, 0.75 y 1 L/bolsa de cemento. Obteniendo lo siguiente:

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO ICO Y A/C = 0.4

Anexo 59

Diseño patrón: Cemento tipo ICo, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=235L

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.00 | 42.50 | 13.58 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 239.11 | 0.41 | 17.30 | 5.53 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.40 | 59.38 | 18.97 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.17 | 49.88 | 15.93 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 60*D. Aditivo 0.50 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=235L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.000 | 42.50 | 13.57 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 232.20 | 0.395 | 16.80 | 5.36 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.397 | 59.38 | 18.96 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.174 | 49.88 | 15.92 |
| Aditivo | 8.09 | - | - | 8.09 | 0.014 | 0.59 | 0.19 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 61*D. Aditivo 0.75 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=235L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.000 | 42.50 | 13.57 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 228.74 | 0.389 | 16.55 | 5.28 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.397 | 59.38 | 18.95 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.174 | 49.88 | 15.92 |
| Aditivo | 12.13 | - | - | 12.13 | 0.021 | 0.88 | 0.28 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 62*D. Aditivo 1 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=235L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 587.50 | 0.187 | 1.00 | 587.50 | 1.000 | 42.50 | 13.56 |
| Agua | 235.00 | 0.235 | 0.40 | 225.29 | 0.383 | 16.30 | 5.20 |
| Arena | 805.59 | 0.309 | 1.66 | 820.81 | 1.397 | 59.38 | 18.95 |
| Piedra | 686.25 | 0.254 | 1.36 | 689.52 | 1.174 | 49.88 | 15.92 |
| Aditivo | 16.17 | - | - | 16.17 | 0.028 | 1.17 | 0.37 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO ICO Y A/C = 0.5

Anexo 63*Diseño patrón: Cemento tipo ICo, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=205L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.00 | 42.50 | 9.38 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 209.73 | 0.51 | 21.74 | 4.80 |
| Arena | 929.04 | 0.357 | 2.74 | 946.59 | 2.31 | 98.12 | 21.65 |
| Piedra | 791.41 | 0.293 | 2.25 | 795.18 | 1.94 | 82.43 | 18.18 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 64*D. Aditivo 0.50 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=205L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.000 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 204.91 | 0.500 | 21.24 | 4.68 |
| Arena | 929.04 | 0.357 | 2.74 | 946.59 | 2.309 | 98.12 | 21.64 |
| Piedra | 791.41 | 0.293 | 2.25 | 795.18 | 1.939 | 82.43 | 18.18 |
| Aditivo | 5.64 | - | - | 5.64 | 0.014 | 0.59 | 0.13 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 65*D. Aditivo 0.75 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=205L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.000 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 202.49 | 0.494 | 20.99 | 4.63 |
| Arena | 929.04 | 0.357 | 2.74 | 946.59 | 2.309 | 98.12 | 21.63 |
| Piedra | 791.41 | 0.293 | 2.25 | 795.18 | 1.939 | 82.43 | 18.17 |
| Aditivo | 8.47 | - | - | 8.47 | 0.021 | 0.88 | 0.19 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 66*D. Aditivo 1 L/bolsa: Cemento tipo ICo, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=205L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 410.00 | 0.130 | 1.00 | 410.00 | 1.000 | 42.50 | 9.37 |
| Agua | 205.00 | 0.205 | 0.50 | 200.08 | 0.488 | 20.74 | 4.57 |
| Arena | 929.04 | 0.357 | 2.74 | 946.59 | 2.309 | 98.12 | 21.63 |
| Piedra | 791.41 | 0.293 | 2.25 | 795.18 | 1.939 | 82.43 | 18.17 |
| Aditivo | 11.29 | - | - | 11.29 | 0.028 | 1.17 | 0.26 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO GU Y A/C = 0.4**Anexo 67***Diseño patrón: Cemento tipo GU, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=265L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.00 | 42.50 | 15.57 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 268.71 | 0.41 | 17.24 | 6.32 |
| Arena | 728.66 | 0.280 | 1.33 | 742.43 | 1.12 | 47.63 | 17.45 |
| Piedra | 620.71 | 0.230 | 1.09 | 623.68 | 0.94 | 40.01 | 14.66 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 68*D. Aditivo 0.50 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=265L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.000 | 42.50 | 15.56 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 260.92 | 0.394 | 16.74 | 6.13 |
| Arena | 728.66 | 0.280 | 1.33 | 742.43 | 1.121 | 47.63 | 17.44 |
| Piedra | 620.71 | 0.230 | 1.09 | 623.68 | 0.941 | 40.01 | 14.65 |
| Aditivo | 9.12 | - | - | 9.12 | 0.014 | 0.59 | 0.21 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 69*D. Aditivo 0.75 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=265L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.000 | 42.50 | 15.56 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 257.02 | 0.388 | 16.49 | 6.04 |
| Arena | 728.66 | 0.280 | 1.33 | 742.43 | 1.121 | 47.63 | 17.44 |
| Piedra | 620.71 | 0.230 | 1.09 | 623.68 | 0.941 | 40.01 | 14.65 |
| Aditivo | 13.68 | - | - | 13.68 | 0.021 | 0.88 | 0.32 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 70*D. Aditivo 1 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.4, Arena=54%, Agua=265L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 662.50 | 0.210 | 1.00 | 662.50 | 1.000 | 42.50 | 15.55 |
| Agua | 265.00 | 0.265 | 0.40 | 253.12 | 0.382 | 16.24 | 5.94 |
| Arena | 728.66 | 0.280 | 1.33 | 742.43 | 1.121 | 47.63 | 17.43 |
| Piedra | 620.71 | 0.230 | 1.09 | 623.68 | 0.941 | 40.01 | 14.64 |
| Aditivo | 18.24 | - | - | 18.24 | 0.028 | 1.17 | 0.43 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO TIPO GU Y A/C = 0.5**Anexo 71***Diseño patrón: Cemento tipo GU, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=220L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.00 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 224.56 | 0.51 | 21.69 | 5.18 |
| Arena | 893.98 | 0.343 | 2.46 | 910.86 | 2.07 | 87.98 | 21.01 |
| Piedra | 761.54 | 0.282 | 2.02 | 765.17 | 1.74 | 73.91 | 17.65 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 72*D. Aditivo 0.50 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=220L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.000 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 219.38 | 0.499 | 21.19 | 5.06 |
| Arena | 893.98 | 0.343 | 2.46 | 910.86 | 2.070 | 87.98 | 21.01 |
| Piedra | 761.54 | 0.282 | 2.02 | 765.17 | 1.739 | 73.91 | 17.65 |
| Aditivo | 6.06 | - | - | 6.06 | 0.014 | 0.59 | 0.14 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 73*D. Aditivo 0.75 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=220L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.000 | 42.50 | 10.15 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 216.80 | 0.493 | 20.94 | 5.00 |
| Arena | 893.98 | 0.343 | 2.46 | 910.86 | 2.070 | 87.98 | 21.00 |
| Piedra | 761.54 | 0.282 | 2.02 | 765.17 | 1.739 | 73.91 | 17.64 |
| Aditivo | 9.08 | - | - | 9.08 | 0.021 | 0.88 | 0.21 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

Anexo 74*D. Aditivo 1 L/bolsa: Cemento tipo GU, a/c=0.5, Arena=54%, Agua=220L*

| Material | Diseño Seco | Volumen absoluto | Diseño unitario seco | Diseño de obra | Diseño unitario de obra | Diseño por bolsa (42.5 kg) | Laboratorio (54kg) |
|----------|-------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento | 440.00 | 0.140 | 1.00 | 440.00 | 1.000 | 42.50 | 10.14 |
| Agua | 220.00 | 0.220 | 0.50 | 214.21 | 0.487 | 20.69 | 4.94 |
| Arena | 893.98 | 0.343 | 2.46 | 910.86 | 2.070 | 87.98 | 21.00 |
| Piedra | 761.54 | 0.282 | 2.02 | 765.17 | 1.739 | 73.91 | 17.64 |
| Aditivo | 12.11 | - | - | 12.11 | 0.028 | 1.17 | 0.28 |
| Aire | - | 0.015 | - | - | - | - | - |

Nota. Fuente propia

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**CONSISTENCIA****Anexo 75**

Ensayo de consistencia usando Cemento tipo ICo

| CONCRETO A USAR | ASENTAMIENTO (Pulgadas) |
|-----------------|-------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 3.50 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 3.75 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 4.00 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 4.00 |
| ICo 0.5 patrón | 3.50 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 3.63 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 3.75 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 3.75 |

Nota. Fuente propia

Anexo 76

Ensayo de consistencia usando Cemento tipo GU

| CONCRETO A USAR | ASENTAMIENTO (Pulgadas) |
|-----------------|-------------------------|
| GU 0.4 patrón | 3.75 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 3.88 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 4.00 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 4.00 |
| GU 0.5 patrón | 3.88 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 4.00 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 4.00 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 4.00 |

Nota. Fuente propia

PESO UNITARIO**Anexo 77***Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo ICo*

| CONCRETO A USAR | peso de la mezcla con el balde (Kg) | peso del balde (kg) | peso de la mezcla (kg) | Peso unitario (kg/m ³) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 27.26 | 5.35 | 21.91 | 2321.24 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 27.40 | 5.40 | 22.00 | 2330.77 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 27.41 | 5.37 | 22.04 | 2335.01 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 27.36 | 5.35 | 22.01 | 2331.83 |
| ICo 0.5 patrón | 27.98 | 5.45 | 22.53 | 2386.92 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 27.89 | 5.31 | 22.58 | 2392.22 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 27.92 | 5.32 | 22.60 | 2394.34 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 27.96 | 5.35 | 22.61 | 2395.40 |

Nota. Fuente propia

Anexo 78*Ensayo de peso unitario usando Cemento tipo GU*

| CONCRETO A USAR | peso de la mezcla con el balde (Kg) | peso del balde (kg) | peso de la mezcla (kg) | Peso unitario (kg/m ³) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------------------|
| GU 0.4 patrón | 27.34 | 5.35 | 21.99 | 2329.71 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 27.28 | 5.34 | 21.94 | 2324.41 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 27.40 | 5.37 | 22.03 | 2333.95 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 27.31 | 5.32 | 21.99 | 2329.71 |
| GU 0.5 patrón | 27.97 | 5.44 | 22.53 | 2386.92 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 28.01 | 5.55 | 22.46 | 2379.50 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 28.02 | 5.59 | 22.43 | 2376.33 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 27.70 | 5.29 | 22.41 | 2374.21 |

Nota. Fuente propia

CONTENIDO DE AIRE**Anexo 79***Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo ICo*

| CONCRETO A USAR | Contenido de aire (%) |
|-----------------|-----------------------|
| ICo 0.4 patrón | 1.28 |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 1.35 |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 1.62 |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 1.45 |
| ICo 0.5 patrón | 1.32 |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 1.35 |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 1.50 |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 1.90 |

Nota. Fuente propia

Anexo 80*Ensayo de contenido de aire usando Cemento tipo GU*

| CONCRETO A USAR | Contenido de aire (%) |
|-----------------|-----------------------|
| GU 0.4 patrón | 1.20 |
| GU 0.4 AD 0.50 | 1.35 |
| GU 0.4 AD 0.75 | 1.55 |
| GU 0.4 AD 1.00 | 1.60 |
| GU 0.5 patrón | 1.20 |
| GU 0.5 AD 0.50 | 1.30 |
| GU 0.5 AD 0.75 | 1.25 |
| GU 0.5 AD 1.00 | 1.70 |

Nota. Fuente propia

EXUDACIÓN

EXUDACIÓN EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.4

Anexo 81

Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, $a/c=0.4$ patrón

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:57 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 11:07 | 10 | 10 | 0.40 | 0.40 |
| 11:17 | 10 | 20 | 1.30 | 1.70 |
| 11:27 | 10 | 30 | 2.30 | 4.00 |
| 11:37 | 10 | 40 | 3.70 | 7.70 |
| 12:07 | 30 | 70 | 4.60 | 12.30 |
| 12:37 | 30 | 100 | 1.30 | 13.60 |
| EXUDACIÓN | | | 1.437% | |

Nota. Fuente propia

Anexo 82

Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, $a/c=0.4$ y aditivo=0.50

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:33 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:43 | 10 | 10 | 0.20 | 0.20 |
| 10:53 | 10 | 20 | 0.60 | 0.80 |
| 11:03 | 10 | 30 | 1.00 | 1.80 |
| 11:13 | 10 | 40 | 1.20 | 3.00 |
| 11:43 | 30 | 70 | 4.00 | 7.00 |
| 12:13 | 30 | 100 | 4.30 | 11.30 |
| 12:43 | 30 | 130 | 3.10 | 14.40 |
| 13:13 | 30 | 160 | 1.05 | 15.45 |
| EXUDACIÓN | | | 1.632% | |

Nota. Fuente propia

Anexo 83*Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:10 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:22 | 12 | 12 | 0.40 | 0.40 |
| 10:34 | 12 | 24 | 1.20 | 1.60 |
| 10:44 | 10 | 34 | 1.30 | 2.90 |
| 10:54 | 10 | 44 | 1.30 | 4.20 |
| 11:24 | 30 | 74 | 4.50 | 8.70 |
| 11:54 | 30 | 104 | 4.70 | 13.40 |
| 12:24 | 30 | 134 | 3.50 | 16.90 |
| 13:04 | 40 | 174 | 1.60 | 18.50 |
| EXUDACIÓN | | 1.955% | | |

Nota. Fuente propia**Anexo 84***Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:40 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:50 | 10 | 10 | 0.50 | 0.50 |
| 11:00 | 10 | 20 | 1.30 | 1.80 |
| 11:10 | 10 | 30 | 1.20 | 3.00 |
| 11:20 | 10 | 40 | 1.30 | 4.30 |
| 11:50 | 30 | 70 | 4.40 | 8.70 |
| 12:20 | 30 | 100 | 3.65 | 12.35 |
| 12:50 | 30 | 130 | 1.85 | 14.20 |
| 13:30 | 40 | 170 | 0.30 | 14.50 |
| EXUDACIÓN | | 1.532% | | |

Nota. Fuente propia

EXUDACIÓN EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.5

Anexo 85*Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 patrón*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 08:23 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 08:33 | 10 | 10 | 0.40 | 0.40 |
| 08:43 | 10 | 20 | 1.30 | 1.70 |
| 08:53 | 10 | 30 | 1.90 | 3.60 |
| 09:03 | 10 | 40 | 1.90 | 5.50 |
| 09:33 | 30 | 70 | 5.60 | 11.10 |
| 10:03 | 30 | 100 | 1.90 | 13.00 |
| 10:33 | 30 | 130 | 0.80 | 13.80 |
| EXUDACIÓN | | | 1.680% | |

Nota. Fuente propia**Anexo 86***Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 09:18 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 09:28 | 10 | 10 | 0.60 | 0.60 |
| 09:38 | 10 | 20 | 1.40 | 2.00 |
| 09:48 | 10 | 30 | 2.00 | 4.00 |
| 10:04 | 16 | 46 | 3.70 | 7.70 |
| 10:42 | 38 | 84 | 5.30 | 13.00 |
| 11:12 | 30 | 114 | 1.00 | 14.00 |
| 11:42 | 30 | 144 | 0.20 | 14.20 |
| EXUDACIÓN | | | 1.729% | |

Nota. Fuente propia

Anexo 87*Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 08:20 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 08:30 | 10 | 10 | 0.20 | 0.20 |
| 08:40 | 10 | 20 | 1.50 | 1.70 |
| 08:50 | 10 | 30 | 1.70 | 3.40 |
| 09:00 | 10 | 40 | 2.00 | 5.40 |
| 09:30 | 30 | 70 | 5.70 | 11.10 |
| 10:00 | 30 | 100 | 3.00 | 14.10 |
| 10:30 | 30 | 130 | 1.20 | 15.30 |
| 11:00 | 30 | 160 | 0.25 | 15.55 |
| EXUDACIÓN | | 1.893% | | |

Nota. Fuente propia**Anexo 88***Ensayo de exudación usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:00 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:10 | 10 | 10 | 0.50 | 0.50 |
| 10:20 | 10 | 20 | 1.00 | 1.50 |
| 10:30 | 10 | 30 | 1.50 | 3.00 |
| 10:40 | 10 | 40 | 2.00 | 5.00 |
| 11:10 | 30 | 70 | 5.90 | 10.90 |
| 11:40 | 30 | 100 | 5.10 | 16.00 |
| 12:10 | 30 | 130 | 2.10 | 18.10 |
| 12:40 | 30 | 160 | 0.50 | 18.60 |
| EXUDACIÓN | | 2.264% | | |

Nota. Fuente propia

EXUDACIÓN EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.4

Anexo 89*Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 patrón*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:30 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:40 | 10 | 10 | 0.00 | 0.00 |
| 10:50 | 10 | 20 | 1.50 | 1.50 |
| 11:00 | 10 | 30 | 1.25 | 2.75 |
| 11:10 | 10 | 40 | 1.15 | 3.90 |
| 11:40 | 30 | 70 | 5.00 | 8.90 |
| 12:10 | 30 | 100 | 5.10 | 14.00 |
| 12:40 | 30 | 130 | 3.50 | 17.50 |
| EXUDACIÓN | | | 1.617% | |

Nota. Fuente propia**Anexo 90***Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 09:40 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 09:50 | 10 | 10 | 0.40 | 0.40 |
| 10:00 | 10 | 20 | 1.00 | 1.40 |
| 10:10 | 10 | 30 | 1.50 | 2.90 |
| 10:20 | 10 | 40 | 1.60 | 4.50 |
| 10:50 | 30 | 70 | 4.60 | 9.10 |
| 11:20 | 30 | 100 | 4.45 | 13.55 |
| 11:50 | 30 | 130 | 3.50 | 17.05 |
| 12:20 | 30 | 160 | 0.85 | 17.90 |
| EXUDACIÓN | | | 1.654% | |

Nota. Fuente propia

Anexo 91*Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 08:44 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 08:54 | 10 | 10 | 0.20 | 0.20 |
| 09:04 | 10 | 20 | 0.60 | 0.80 |
| 09:14 | 10 | 30 | 1.30 | 2.10 |
| 09:24 | 10 | 40 | 0.80 | 2.90 |
| 09:54 | 30 | 70 | 4.00 | 6.90 |
| 10:24 | 30 | 100 | 3.20 | 10.10 |
| 10:54 | 30 | 130 | 3.20 | 13.30 |
| 11:24 | 30 | 160 | 1.70 | 15.00 |
| EXUDACIÓN | | 1.386% | | |

Nota. Fuente propia**Anexo 92***Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:12 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:22 | 10 | 10 | 0.60 | 0.60 |
| 10:32 | 10 | 20 | 1.10 | 1.70 |
| 10:42 | 10 | 30 | 1.00 | 2.70 |
| 10:52 | 10 | 40 | 1.00 | 3.70 |
| 11:22 | 30 | 70 | 4.50 | 8.20 |
| 11:52 | 30 | 100 | 3.40 | 11.60 |
| 12:22 | 30 | 130 | 2.80 | 14.40 |
| 12:52 | 30 | 160 | 1.20 | 15.60 |
| EXUDACIÓN | | 1.442% | | |

Nota. Fuente propia

EXUDACIÓN EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.5

Anexo 93*Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 patrón*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:52 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 11:02 | 10 | 10 | 0.00 | 0.00 |
| 11:12 | 10 | 20 | 1.00 | 1.00 |
| 11:22 | 10 | 30 | 2.20 | 3.20 |
| 11:32 | 10 | 40 | 2.60 | 5.80 |
| 12:02 | 30 | 70 | 5.50 | 11.30 |
| 12:32 | 30 | 100 | 3.10 | 14.40 |
| 13:02 | 30 | 130 | 4.00 | 18.40 |
| 13:32 | 30 | 160 | 1.40 | 19.80 |
| 14:02 | 30 | 190 | 0.20 | 20.00 |
| EXUDACIÓN | | 2.254% | | |

Nota. Fuente propia**Anexo 94***Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:39 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:49 | 10 | 10 | 0.40 | 0.40 |
| 10:59 | 10 | 20 | 0.90 | 1.30 |
| 11:09 | 10 | 30 | 1.40 | 2.70 |
| 11:19 | 10 | 40 | 1.40 | 4.10 |
| 11:49 | 30 | 70 | 5.20 | 9.30 |
| 12:19 | 30 | 100 | 4.30 | 13.60 |
| 12:49 | 30 | 130 | 3.30 | 16.90 |
| 13:19 | 30 | 160 | 0.80 | 17.70 |
| EXUDACIÓN | | 1.994% | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 95*Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 09:59 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:09 | 10 | 10 | 0.20 | 0.20 |
| 10:26 | 17 | 27 | 2.10 | 2.30 |
| 10:36 | 10 | 37 | 1.40 | 3.70 |
| 10:46 | 10 | 47 | 1.40 | 5.10 |
| 11:16 | 30 | 77 | 4.60 | 9.70 |
| 11:46 | 30 | 107 | 4.00 | 13.70 |
| 12:16 | 30 | 137 | 1.60 | 15.30 |
| 12:46 | 30 | 167 | 0.50 | 15.80 |
| EXUDACIÓN | | | 1.780% | |

Nota. Fuente propia**Anexo 96***Ensayo de exudación usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| HORA DE MEDICIÓN (hora: minutos) | INTERVALO DE TIEMPO (minutos) | TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos) | VOLUMEN EXUDADO (mililitros) | EXUDACIÓN ACUMULADO (ml) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 10:34 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 10:44 | 10 | 10 | 0.10 | 0.10 |
| 10:54 | 10 | 20 | 1.00 | 1.10 |
| 11:04 | 10 | 30 | 1.10 | 2.20 |
| 11:14 | 10 | 40 | 1.40 | 3.60 |
| 11:44 | 30 | 70 | 4.40 | 8.00 |
| 12:14 | 30 | 100 | 4.20 | 12.20 |
| 12:44 | 30 | 130 | 2.60 | 14.80 |
| 13:14 | 30 | 160 | 0.90 | 15.70 |
| 13:44 | 30 | 190 | 0.30 | 16.00 |
| EXUDACIÓN | | | 1.803% | |

Nota. Fuente propia

TIEMPO DE FRAGUA

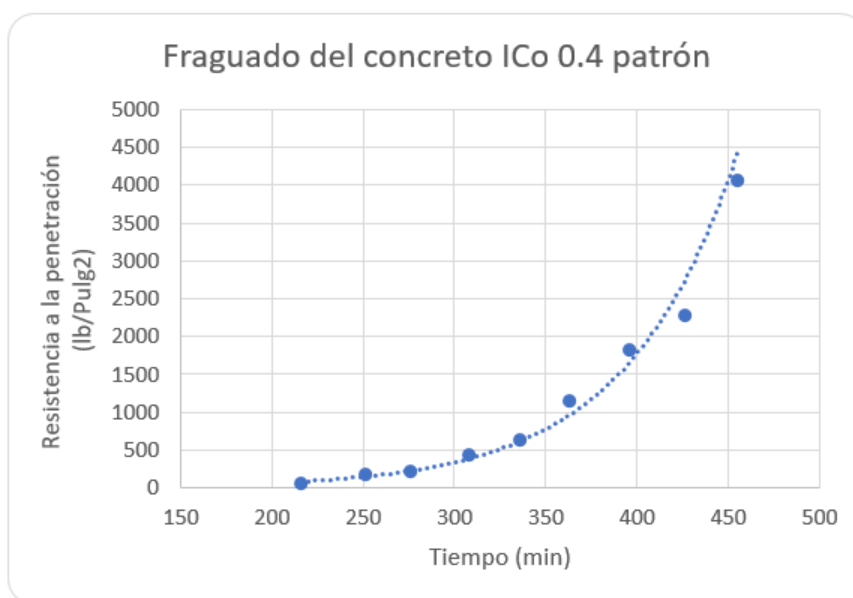
TIEMPO DE FRAGUA EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO ICO Y
A/C=0.4

Anexo 97

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 patrón

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora: min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:55 | inicio | - | - | - | - |
| 14:31 | 03:36 | 216 | 72 | 1.000 | 72 |
| 15:07 | 04:12 | 252 | 160 | 1.000 | 160 |
| 15:31 | 04:36 | 276 | 106 | 0.500 | 212 |
| 16:03 | 05:08 | 308 | 109 | 0.250 | 436 |
| 16:31 | 05:36 | 336 | 64 | 0.100 | 640 |
| 16:58 | 06:03 | 363 | 114 | 0.100 | 1140 |
| 17:31 | 06:36 | 396 | 91 | 0.050 | 1820 |
| 18:01 | 07:06 | 426 | 115 | 0.050 | 2300 |
| 18:30 | 07:35 | 455 | 102 | 0.025 | 4080 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 23min | |
| Fragua final | | | | 07hr 28min | |

Nota. Fuente propia



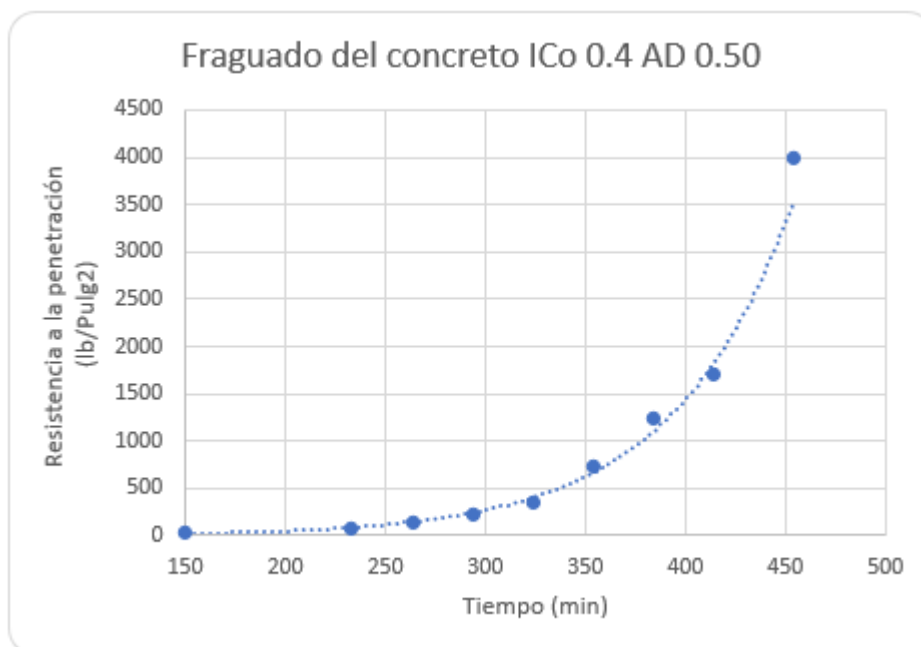
Anexo 98. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.4 patrón

Anexo 99

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.50

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 11:06 | inicio | - | - | - | - |
| 13:36 | 02:30 | 150 | 28 | 1.000 | 28 |
| 14:59 | 03:53 | 233 | 77 | 1.000 | 77 |
| 15:30 | 04:24 | 264 | 140 | 1.000 | 140 |
| 16:00 | 04:54 | 294 | 110 | 0.500 | 220 |
| 16:30 | 05:24 | 324 | 88 | 0.250 | 352 |
| 17:00 | 05:54 | 354 | 72 | 0.100 | 720 |
| 17:30 | 06:24 | 384 | 124 | 0.100 | 1240 |
| 18:00 | 06:54 | 414 | 85 | 0.050 | 1700 |
| 18:40 | 07:34 | 454 | 100 | 0.025 | 4000 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 36min | |
| Fragua final | | | | 07hr 41min | |

Nota. Fuente propia



Anexo 100. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.4 AD 0.50

Anexo 101

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.75

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:44 | - | - | - | - | - |
| 14:00 | 03:16 | 196 | 46 | 1.000 | 46 |
| 15:16 | 04:32 | 272 | 160 | 1.000 | 160 |
| 15:45 | 05:01 | 301 | 100 | 0.500 | 200 |
| 16:30 | 05:46 | 346 | 126 | 0.250 | 504 |
| 17:15 | 06:31 | 391 | 96 | 0.100 | 960 |
| 18:00 | 07:16 | 436 | 94 | 0.050 | 1880 |
| 18:41 | 07:57 | 477 | 110 | 0.025 | 4400 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 48min | |
| Fragua final | | | | 07hr 58min | |

Nota. Fuente propia



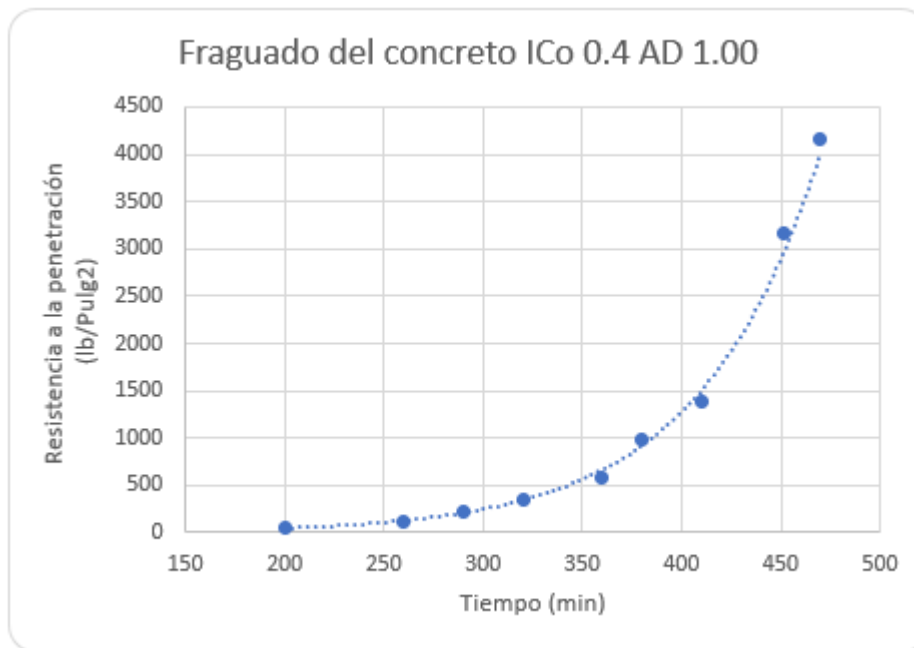
Anexo 102. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.4 AD 0.75

Anexo 103

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=1.00

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 11:10 | | | | | |
| 14:30 | 03:20 | 200 | 54 | 1.000 | 54 |
| 15:30 | 04:20 | 260 | 113 | 1.000 | 113 |
| 16:00 | 04:50 | 290 | 111 | 0.500 | 222 |
| 16:30 | 05:20 | 320 | 88 | 0.250 | 352 |
| 17:10 | 06:00 | 360 | 148 | 0.250 | 592 |
| 17:30 | 06:20 | 380 | 98 | 0.100 | 980 |
| 18:00 | 06:50 | 410 | 69 | 0.050 | 1380 |
| 18:41 | 07:31 | 451 | 79 | 0.025 | 3160 |
| 19:00 | 07:50 | 470 | 104 | 0.025 | 4160 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 42min | |
| Fragua final | | | | 07hr 49min | |

Nota. Fuente propia



Anexo 104. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.4 AD 1.00

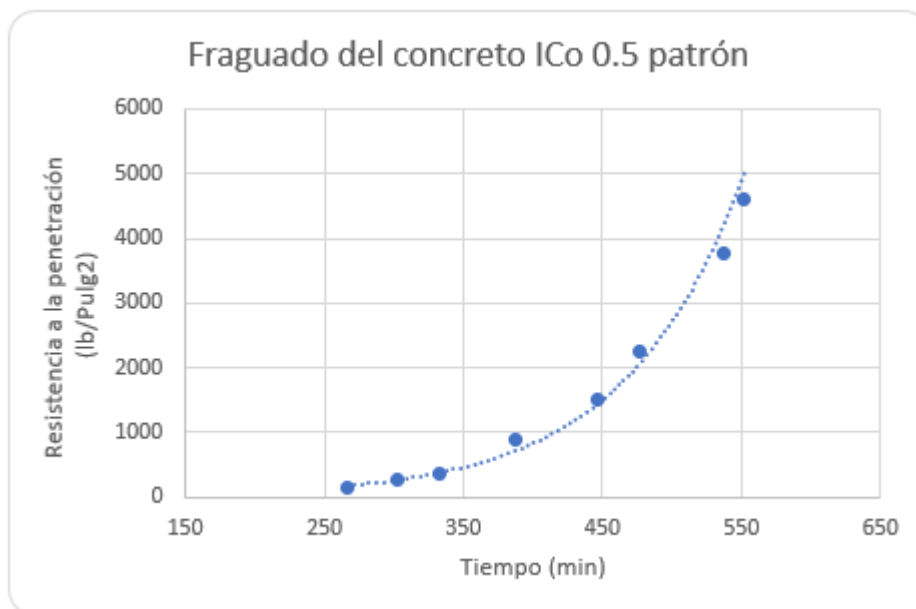
TIEMPO DE FRAGUA EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO ICo Y
 A/C=0.5

Anexo 105

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 patrón

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 09:03 | inicio | - | - | - | - |
| 13:30 | 04:27 | 267 | 148 | 1.000 | 148 |
| 14:05 | 05:02 | 302 | 129 | 0.500 | 258 |
| 14:35 | 05:32 | 332 | 93 | 0.250 | 372 |
| 15:30 | 06:27 | 387 | 90 | 0.100 | 900 |
| 16:30 | 07:27 | 447 | 76 | 0.050 | 1520 |
| 17:00 | 07:57 | 477 | 113 | 0.050 | 2260 |
| 18:00 | 08:57 | 537 | 94 | 0.025 | 3760 |
| 18:15 | 09:12 | 552 | 115 | 0.025 | 4600 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 56min | |
| Fragua final | | | | 08hr 52min | |

Nota. Fuente propia



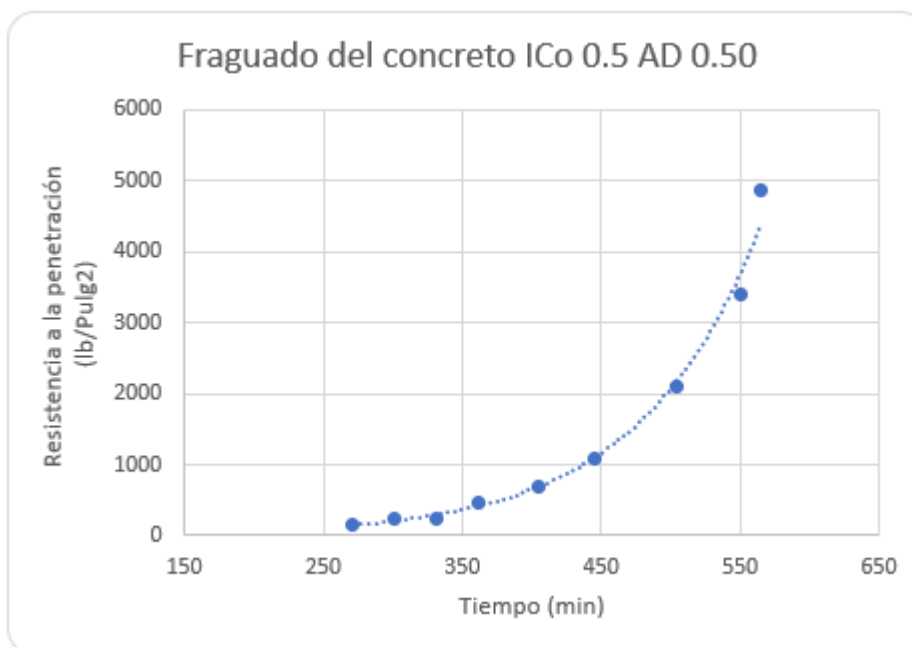
Anexo 106. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.5 patrón

Anexo 107

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.50

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 09:35 | inicio | - | - | - | - |
| 14:06 | 04:31 | 271 | 144 | 1.000 | 144 |
| 14:36 | 05:01 | 301 | 120 | 0.500 | 240 |
| 15:06 | 05:31 | 331 | 60 | 0.250 | 240 |
| 15:36 | 06:01 | 361 | 118 | 0.250 | 472 |
| 16:20 | 06:45 | 405 | 70 | 0.100 | 700 |
| 17:00 | 07:25 | 445 | 109 | 0.100 | 1090 |
| 18:00 | 08:25 | 505 | 105 | 0.050 | 2100 |
| 18:45 | 09:10 | 550 | 85 | 0.025 | 3400 |
| 19:00 | 09:25 | 565 | 122 | 0.025 | 4880 |
| Fragua inicial | | | | 06hr 16min | |
| Fragua final | | | | 09hr 17min | |

Nota. Fuente propia



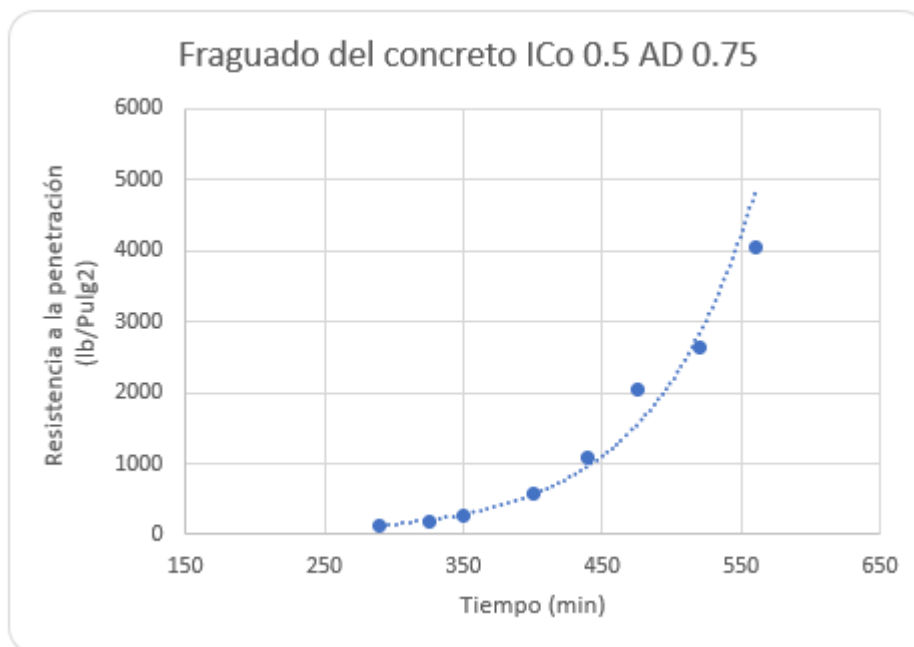
Anexo 108. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.5 AD 0.50

Anexo 109

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.75

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 08:40 | inicio | - | - | - | - |
| 13:30 | 04:50 | 290 | 130 | 1.000 | 130 |
| 14:05 | 05:25 | 325 | 95 | 0.500 | 190 |
| 14:30 | 05:50 | 350 | 69 | 0.250 | 276 |
| 15:20 | 06:40 | 400 | 148 | 0.250 | 592 |
| 16:00 | 07:20 | 440 | 110 | 0.100 | 1100 |
| 16:36 | 07:56 | 476 | 103 | 0.050 | 2060 |
| 17:20 | 08:40 | 520 | 66 | 0.025 | 2640 |
| 18:00 | 09:20 | 560 | 101 | 0.025 | 4040 |
| Fragua inicial | | | | 06hr 29min | |
| Fragua final | | | | 09hr 05min | |

Nota. Fuente propia



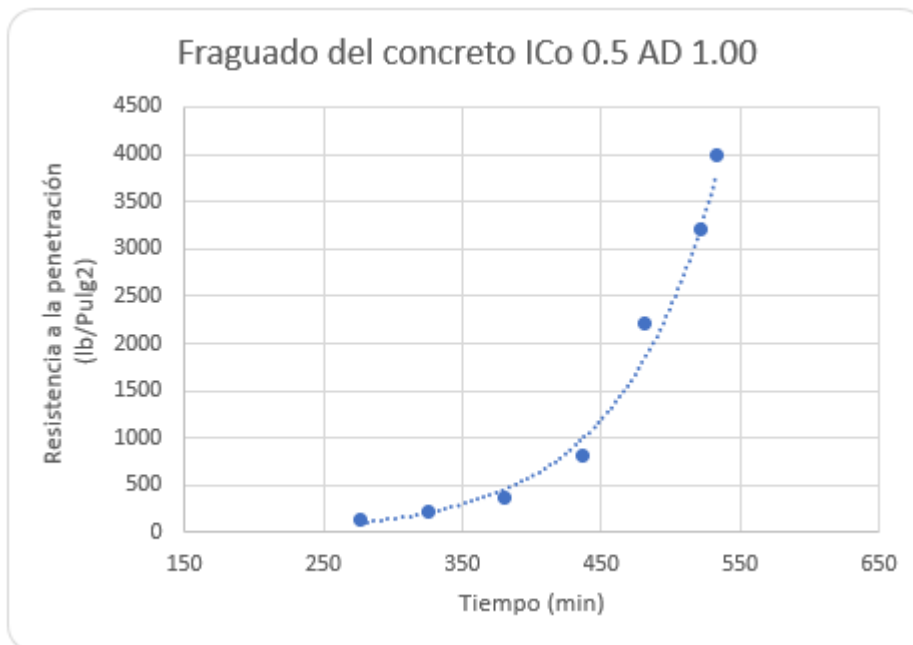
Anexo 110. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.5 AD 0.75

Anexo 111

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=1.00

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:29 | inicio | - | - | - | - |
| 15:05 | 04:36 | 276 | 128 | 1.000 | 128 |
| 15:55 | 05:26 | 326 | 106 | 0.500 | 212 |
| 16:50 | 06:21 | 381 | 92 | 0.250 | 368 |
| 17:45 | 07:16 | 436 | 82 | 0.100 | 820 |
| 18:30 | 08:01 | 481 | 111 | 0.050 | 2220 |
| 19:10 | 08:41 | 521 | 80 | 0.025 | 3200 |
| 19:22 | 08:53 | 533 | 100 | 0.025 | 4000 |
| Fragua inicial | | | | 06hr 26min | |
| Fragua final | | | | 08hr 57min | |

Nota. Fuente propia



Anexo 112. Curva de tiempo de fragua del diseño ICo 0.5 AD 1.00

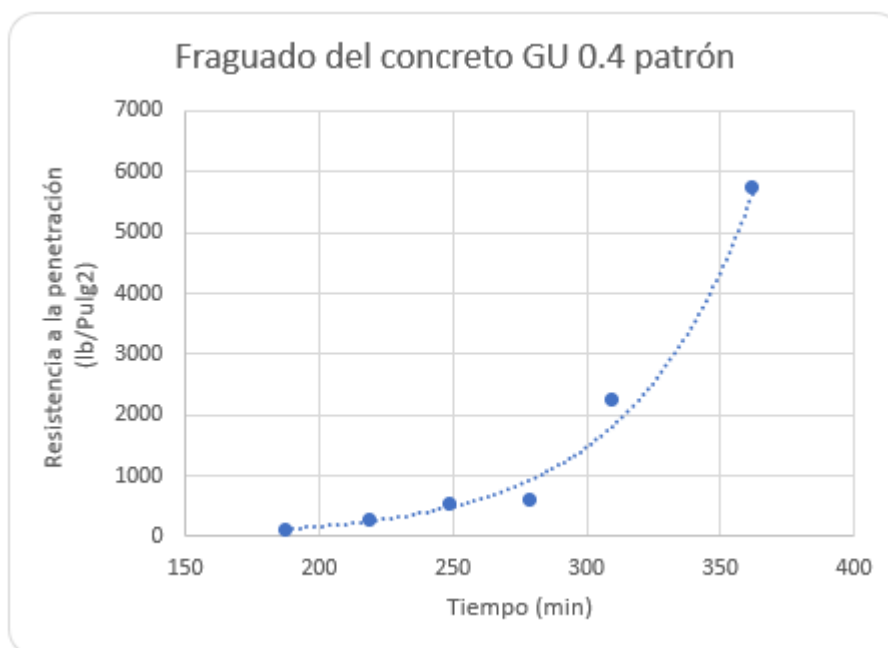
TIEMPO DE FRAGUA EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.4

Anexo 113

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 patrón

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:59 | inicio | - | - | - | - |
| 14:06 | 03:07 | 187 | 128 | 1.000 | 128 |
| 14:38 | 03:39 | 219 | 142 | 0.500 | 284 |
| 15:08 | 04:09 | 249 | 134 | 0.250 | 536 |
| 15:38 | 04:39 | 279 | 61 | 0.100 | 610 |
| 16:08 | 05:09 | 309 | 112 | 0.050 | 2240 |
| 17:01 | 06:02 | 362 | 144 | 0.025 | 5760 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 09min | |
| Fragua final | | | | 05hr 46min | |

Nota. Fuente propia



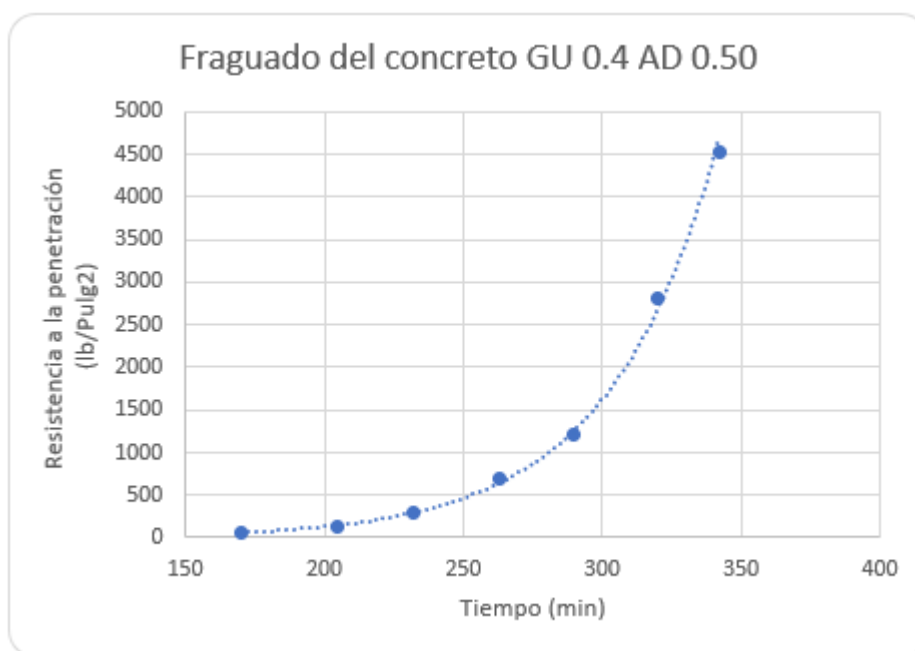
Anexo 114. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.4 patrón

Anexo 115

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.50

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:10 | inicio | - | - | - | - |
| 13:00 | 02:50 | 170 | 64 | 1.000 | 64 |
| 13:35 | 03:25 | 205 | 140 | 1.000 | 140 |
| 14:02 | 03:52 | 232 | 148 | 0.500 | 296 |
| 14:33 | 04:23 | 263 | 174 | 0.250 | 696 |
| 15:00 | 04:50 | 290 | 121 | 0.100 | 1210 |
| 15:30 | 05:20 | 320 | 140 | 0.050 | 2800 |
| 15:52 | 05:42 | 342 | 113 | 0.025 | 4520 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 12min | |
| Fragua final | | | | 05hr 35min | |

Nota. Fuente propia



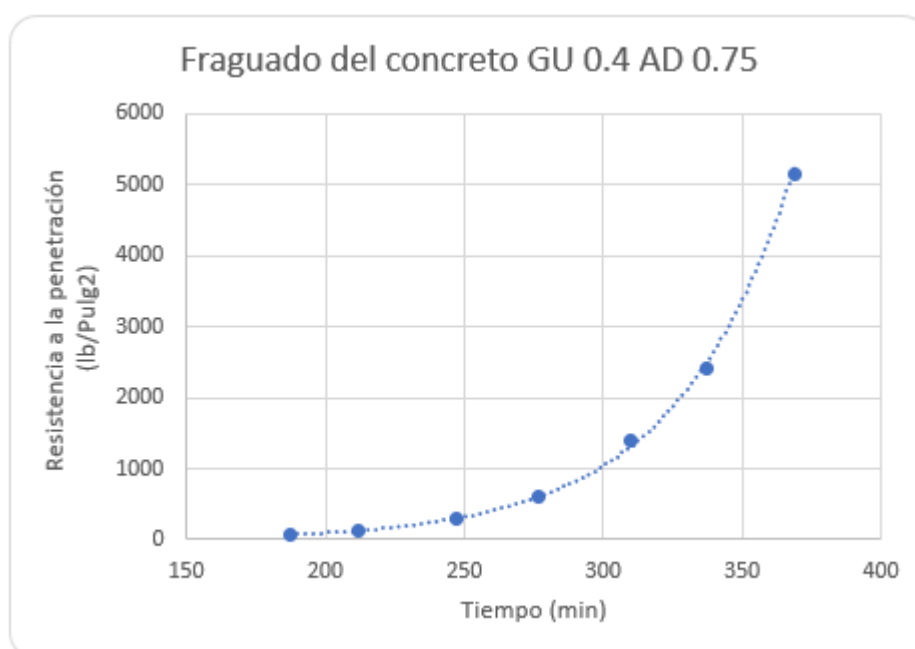
Anexo 116. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.4 AD 0.50

Anexo 117

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.75

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 09:23 | inicio | - | - | - | - |
| 12:30 | 03:07 | 187 | 72 | 1.000 | 72 |
| 12:55 | 03:32 | 212 | 130 | 1.000 | 130 |
| 13:30 | 04:07 | 247 | 154 | 0.500 | 308 |
| 14:00 | 04:37 | 277 | 154 | 0.250 | 616 |
| 14:33 | 05:10 | 310 | 139 | 0.100 | 1390 |
| 15:00 | 05:37 | 337 | 121 | 0.050 | 2420 |
| 15:32 | 06:09 | 369 | 129 | 0.025 | 5160 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 28min | |
| Fragua final | | | | 05hr 57min | |

Nota. Fuente propia



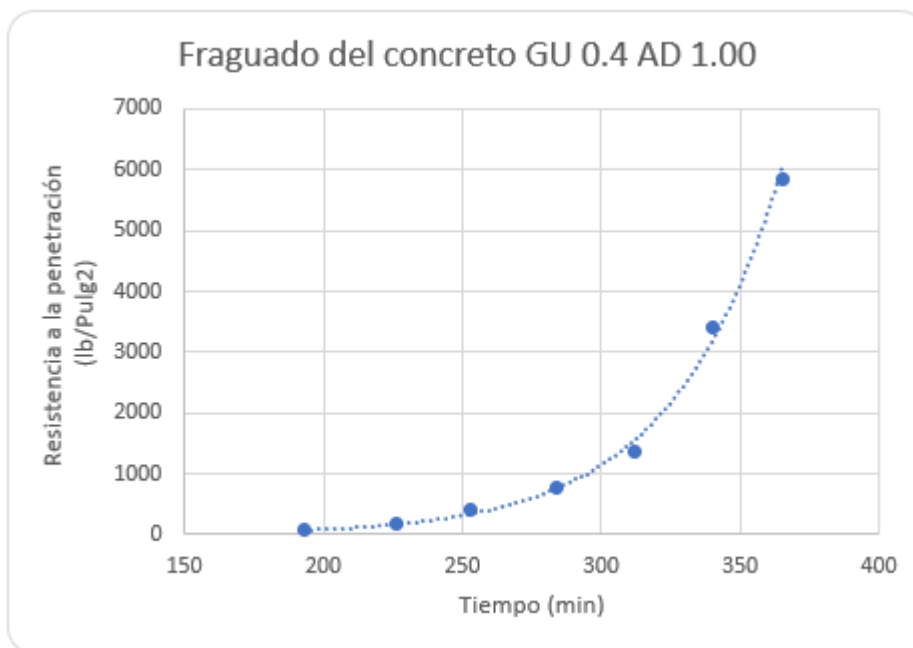
Anexo 118. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.4 AD 0.75

Anexo 119

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=1.00

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:50 | inicio | - | - | - | - |
| 14:03 | 03:13 | 193 | 69 | 1.000 | 69 |
| 14:36 | 03:46 | 226 | 83 | 0.500 | 166 |
| 15:03 | 04:13 | 253 | 103 | 0.250 | 412 |
| 15:34 | 04:44 | 284 | 78 | 0.100 | 780 |
| 16:02 | 05:12 | 312 | 68 | 0.050 | 1360 |
| 16:30 | 05:40 | 340 | 85 | 0.025 | 3400 |
| 16:55 | 06:05 | 365 | 146 | 0.025 | 5840 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 27min | |
| Fragua final | | | | 05hr 48min | |

Nota. Fuente propia



Anexo 120. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.4 AD 1.00

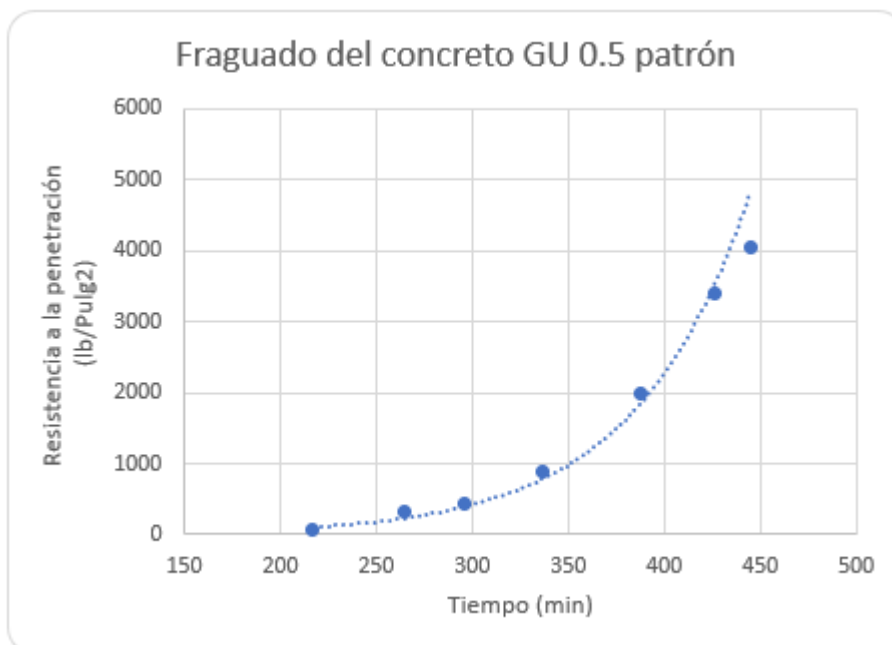
TIEMPO DE FRAGUA EN CONCRETO USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.5

Anexo 121

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 patrón

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 11:35 | inicio | - | - | - | - |
| 15:12 | 03:37 | 217 | 73 | 1.000 | 73 |
| 16:00 | 04:25 | 265 | 108 | 0.333 | 324 |
| 16:31 | 04:56 | 296 | 106 | 0.250 | 424 |
| 17:11 | 05:36 | 336 | 90 | 0.100 | 900 |
| 18:03 | 06:28 | 388 | 100 | 0.050 | 2000 |
| 18:41 | 07:06 | 426 | 85 | 0.025 | 3400 |
| 19:00 | 07:25 | 445 | 101 | 0.025 | 4040 |
| Fragua inicial | | | | 05hr 09min | |
| Fragua final | | | | 07hr 13min | |

Nota. Fuente propia



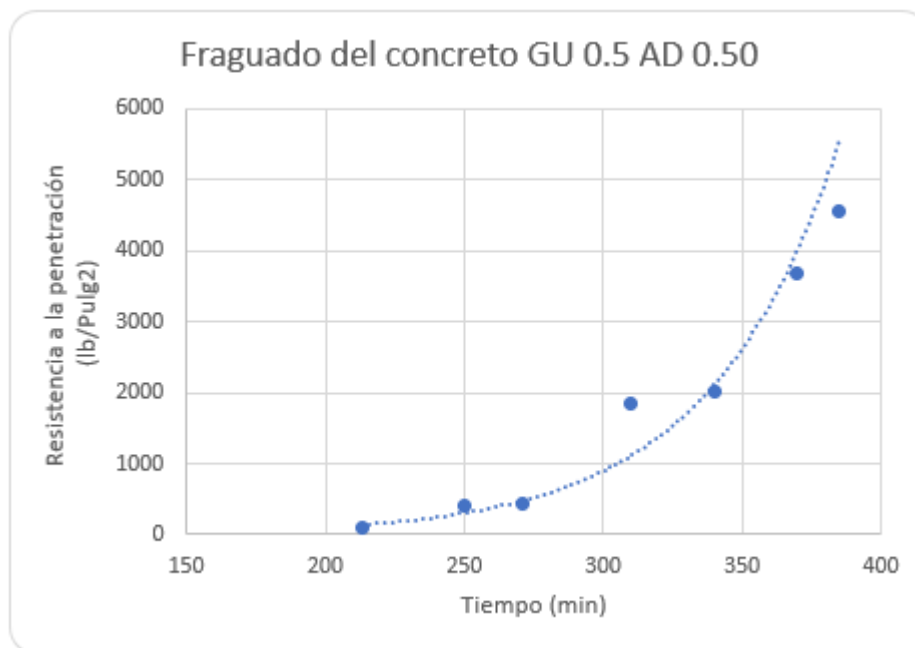
Anexo 122. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.5 patrón

Anexo 123

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.50

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 11:20 | inicio | - | - | - | - |
| 14:53 | 03:33 | 213 | 98 | 1.000 | 98 |
| 15:30 | 04:10 | 250 | 135 | 0.333 | 405 |
| 15:51 | 04:31 | 271 | 110 | 0.250 | 440 |
| 16:30 | 05:10 | 310 | 185 | 0.100 | 1850 |
| 17:00 | 05:40 | 340 | 101 | 0.050 | 2020 |
| 17:30 | 06:10 | 370 | 92 | 0.025 | 3680 |
| 17:45 | 06:25 | 385 | 114 | 0.025 | 4560 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 32min | |
| Fragua final | | | | 06hr 09min | |

Nota. Fuente propia



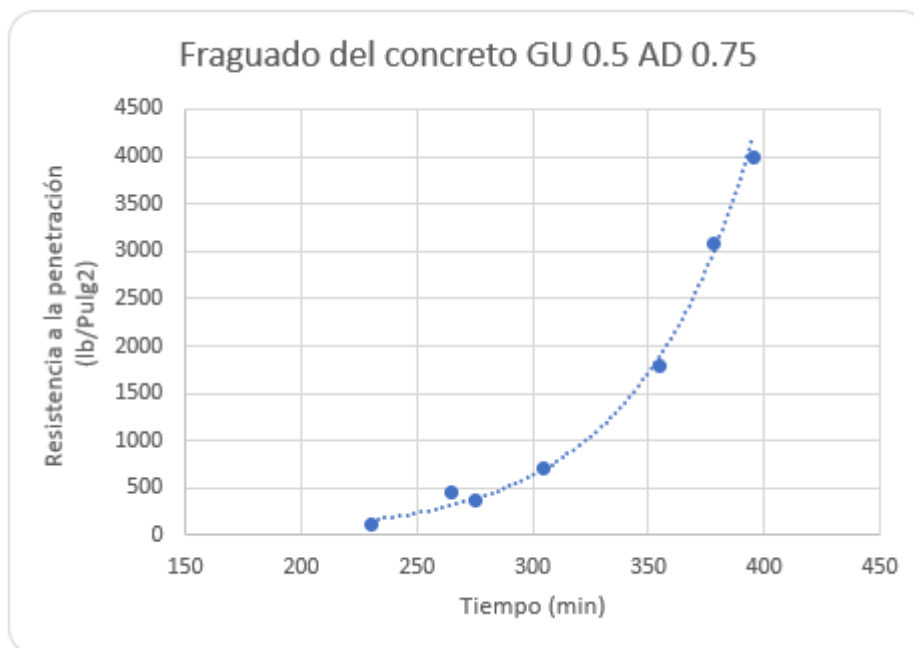
Anexo 124. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.5 AD 0.50

Anexo 125

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, $a/c=0.5$ y $aditivo=0.75$

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 10:40 | inicio | - | - | - | - |
| 14:30 | 03:50 | 230 | 124 | 1.000 | 124 |
| 15:05 | 04:25 | 265 | 155 | 0.333 | 465 |
| 15:15 | 04:35 | 275 | 94 | 0.250 | 376 |
| 15:45 | 05:05 | 305 | 70 | 0.100 | 700 |
| 16:35 | 05:55 | 355 | 89 | 0.050 | 1780 |
| 16:58 | 06:18 | 378 | 77 | 0.025 | 3080 |
| 17:15 | 06:35 | 395 | 100 | 0.025 | 4000 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 47min | |
| Fragua final | | | | 06hr 32min | |

Nota. Fuente propia



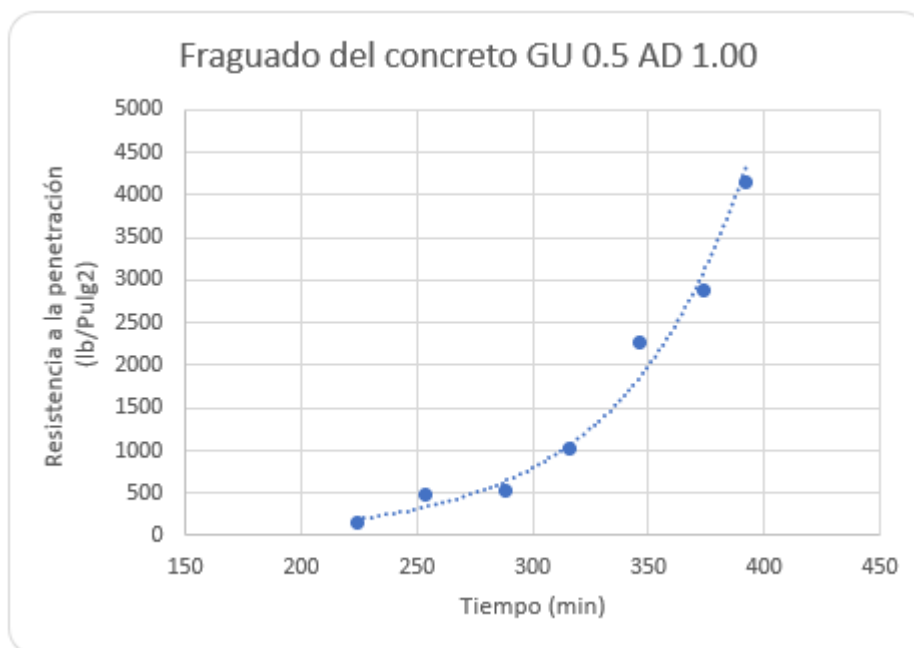
Anexo 126. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.5 AD 0.75

Anexo 127

Ensayo de tiempo de fragua usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=1.00

| Hora de medición (hora:min) | Tiempo transcurrido (hora:min) | Tiempo transcurrido (minutos) | Carga aplicada (Libras) | Área (Pulg ²) | Resistencia a la penetración (libras/Pulg ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| 11:16 | inicio | - | - | - | - |
| 15:00 | 03:44 | 224 | 163 | 1.000 | 163 |
| 15:30 | 04:14 | 254 | 160 | 0.333 | 480 |
| 16:04 | 04:48 | 288 | 130 | 0.250 | 520 |
| 16:32 | 05:16 | 316 | 103 | 0.100 | 1030 |
| 17:02 | 05:46 | 346 | 114 | 0.050 | 2280 |
| 17:30 | 06:14 | 374 | 72 | 0.025 | 2880 |
| 17:48 | 06:32 | 392 | 104 | 0.025 | 4160 |
| Fragua inicial | | | | 04hr 34min | |
| Fragua final | | | | 06hr 27min | |

Nota. Fuente propia



Anexo 128. Curva de tiempo de fragua del diseño GU 0.5 AD 1.00

RESUMEN DE TIEMPOS DE FRAGUA INICIAL Y FINAL

Anexo 129*Ensayo de tiempo de fragua para los distintos tipos de concreto*

| CONCRETO A USAR | TIEMPOS DE FRAGUA INICIAL | TIEMPOS DE FRAGUA FINAL |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| ICo 0.4 patrón | 05hr 23min | 07hr 28min |
| ICo 0.4 AD 0.50 | 05hr 36min | 07hr 41min |
| ICo 0.4 AD 0.75 | 05hr 48min | 07hr 58min |
| ICo 0.4 AD 1.00 | 05hr 42min | 07hr 49min |
| ICo 0.5 patrón | 05hr 56min | 08hr 52min |
| ICo 0.5 AD 0.50 | 06hr 16min | 09hr 17min |
| ICo 0.5 AD 0.75 | 06hr 29min | 09hr 05min |
| ICo 0.5 AD 1.00 | 06hr 26min | 08hr 57min |
| GU 0.4 patrón | 04hr 09min | 05hr 46min |
| GU 0.4 AD 0.50 | 04hr 12min | 05hr 35min |
| GU 0.4 AD 0.75 | 04hr 28min | 05hr 57min |
| GU 0.4 AD 1.00 | 04hr 27min | 05hr 48min |
| GU 0.5 patrón | 05hr 09min | 07hr 13min |
| GU 0.5 AD 0.50 | 04hr 32min | 06hr 09min |
| GU 0.5 AD 0.75 | 04hr 47min | 06hr 32min |
| GU 0.5 AD 1.00 | 04hr 34min | 06hr 27min |

Nota. Fuente propia

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.4

Anexo 130

Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 patrón

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.05 | 19963 | 251.90 | 254.16 | -0.89% |
| | 10.04 | 19206 | 242.83 | | -4.46% |
| | 10.01 | 21041 | 267.37 | | 5.20% |
| | 10.03 | 19500 | 246.80 | | -2.90% |
| | 10.00 | 19458 | 247.74 | | -2.53% |
| | 10.05 | 21286 | 268.33 | | 5.57% |
| 7 | 10.01 | 25521 | 324.62 | 314.71 | 3.15% |
| | 9.98 | 24251 | 310.32 | | -1.40% |
| | 10.04 | 24505 | 309.52 | | -1.65% |
| | 10.01 | 25953 | 329.78 | | 4.79% |
| | 9.98 | 24679 | 315.49 | | 0.25% |
| | 10.03 | 23589 | 298.55 | | -5.14% |
| 28 | 9.99 | 29801 | 380.58 | 369.96 | 2.87% |
| | 10.04 | 28406 | 359.15 | | -2.92% |
| | 9.99 | 28832 | 368.20 | | -0.47% |
| | 10.00 | 30014 | 382.15 | | 3.30% |
| | 9.97 | 28935 | 370.63 | | 0.18% |
| | 10.02 | 28311 | 359.03 | | -2.95% |

Nota. Fuente propia

Anexo 131*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.03 | 22057 | 279.45 | 263.94 | 5.87% |
| | 10.03 | 19332 | 244.67 | | -7.30% |
| | 10.01 | 21027 | 267.46 | | 1.33% |
| | 10.02 | 20355 | 258.14 | | -2.20% |
| | 9.99 | 20830 | 265.75 | | 0.68% |
| | 10.04 | 21232 | 268.19 | | 1.61% |
| 7 | 10.02 | 24944 | 316.33 | 316.21 | 0.04% |
| | 10.00 | 24877 | 316.58 | | 0.12% |
| | 10.04 | 24953 | 315.03 | | -0.37% |
| | 10.03 | 26315 | 333.38 | | 5.43% |
| | 10.00 | 24185 | 308.24 | | -2.52% |
| | 10.05 | 24385 | 307.70 | | -2.69% |
| 28 | 10.04 | 30391 | 384.26 | 374.90 | 2.50% |
| | 10.02 | 28823 | 365.88 | | -2.41% |
| | 9.99 | 28681 | 366.27 | | -2.30% |
| | 9.97 | 29885 | 382.80 | | 2.11% |
| | 9.98 | 29395 | 376.14 | | 0.33% |
| | 10.02 | 29496 | 374.05 | | -0.23% |

Nota. Fuente propia

Anexo 132*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.07 | 21331 | 268.09 | 265.78 | 0.87% |
| | 10.09 | 21445 | 268.47 | | 1.01% |
| | 9.98 | 20363 | 260.57 | | -1.96% |
| | 10.04 | 19856 | 250.80 | | -5.63% |
| | 10.01 | 22250 | 282.73 | | 6.38% |
| | 10.06 | 20985 | 264.01 | | -0.66% |
| 7 | 10.00 | 25405 | 323.79 | 325.48 | -0.52% |
| | 10.01 | 27340 | 347.75 | | 6.85% |
| | 10.08 | 24471 | 306.96 | | -5.69% |
| | 10.05 | 25633 | 323.13 | | -0.72% |
| | 10.00 | 26013 | 331.20 | | 1.76% |
| | 10.06 | 25412 | 320.03 | | -1.67% |
| 28 | 10.06 | 31147 | 392.25 | 379.16 | 3.45% |
| | 10.06 | 29120 | 366.72 | | -3.28% |
| | 10.06 | 29484 | 371.31 | | -2.07% |
| | 10.07 | 30696 | 385.80 | | 1.75% |
| | 10.03 | 30465 | 385.96 | | 1.79% |
| | 10.08 | 29759 | 372.91 | | -1.65% |

Nota. Fuente propia

Anexo 133*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.02 | 21076 | 267.54 | 269.25 | -0.63% |
| | 10.04 | 21624 | 273.40 | | 1.54% |
| | 10.06 | 21222 | 266.99 | | -0.84% |
| | 10.04 | 22685 | 286.54 | | 6.42% |
| | 10.01 | 20158 | 256.15 | | -4.87% |
| | 10.06 | 21053 | 264.87 | | -1.63% |
| 7 | 10.03 | 25710 | 325.40 | 325.95 | -0.17% |
| | 10.06 | 24943 | 314.12 | | -3.63% |
| | 10.03 | 26702 | 338.28 | | 3.78% |
| | 10.04 | 25757 | 325.33 | | -0.19% |
| | 10.01 | 26114 | 332.16 | | 1.90% |
| | 10.06 | 25442 | 320.40 | | -1.70% |
| 28 | 10.06 | 30168 | 379.92 | 369.88 | 2.71% |
| | 10.01 | 30957 | 393.76 | | 6.46% |
| | 10.00 | 28991 | 369.12 | | -0.21% |
| | 10.04 | 28358 | 358.19 | | -3.16% |
| | 10.00 | 28636 | 364.96 | | -1.33% |
| | 10.05 | 28001 | 353.33 | | -4.47% |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.5

Anexo 134*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.02 | 13525 | 171.52 | 162.78 | 5.37% |
| | 10.08 | 12546 | 157.22 | | -3.41% |
| | 10.06 | 12150 | 153.01 | | -6.00% |
| | 10.00 | 13266 | 169.07 | | 3.87% |
| | 10.01 | 12919 | 164.33 | | 0.95% |
| | 10.06 | 12825 | 161.51 | | -0.78% |
| 7 | 10.01 | 18074 | 229.89 | 240.74 | -4.51% |
| | 10.03 | 19556 | 247.76 | | 2.92% |
| | 9.98 | 18653 | 238.45 | | -0.95% |
| | 10.00 | 19346 | 246.57 | | 2.42% |
| | 9.97 | 19140 | 245.17 | | 1.84% |
| | 10.03 | 18674 | 236.58 | | -1.73% |
| 28 | 10.01 | 23306 | 296.44 | 306.19 | -3.18% |
| | 9.99 | 24858 | 317.46 | | 3.68% |
| | 10.03 | 22757 | 288.31 | | -5.84% |
| | 10.03 | 25425 | 322.11 | | 5.20% |
| | 9.98 | 24315 | 310.83 | | 1.52% |
| | 10.03 | 23859 | 301.97 | | -1.38% |

Nota. Fuente propia

Anexo 135*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 9.98 | 15835 | 202.43 | 190.78 | 6.10% |
| | 10.03 | 14217 | 180.11 | | -5.59% |
| | 10.02 | 15651 | 198.68 | | 4.14% |
| | 10.01 | 14312 | 181.86 | | -4.68% |
| | 9.98 | 14539 | 185.86 | | -2.58% |
| | 10.03 | 15468 | 195.76 | | 2.61% |
| 7 | 10.04 | 20073 | 253.80 | 260.68 | -2.64% |
| | 10.02 | 20741 | 263.29 | | 1.00% |
| | 10.03 | 20893 | 264.69 | | 1.54% |
| | 10.03 | 20264 | 256.72 | | -1.52% |
| | 10.00 | 20938 | 266.86 | | 2.37% |
| | 10.05 | 20503 | 258.72 | | -0.75% |
| 28 | 10.06 | 25342 | 318.82 | 321.71 | -0.90% |
| | 9.98 | 25075 | 320.55 | | -0.36% |
| | 10.01 | 26384 | 335.27 | | 4.21% |
| | 10.01 | 24901 | 316.73 | | -1.55% |
| | 10.01 | 24752 | 314.83 | | -2.14% |
| | 10.02 | 25556 | 324.09 | | 0.74% |

Nota. Fuente propia

Anexo 136*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 9.97 | 15670 | 200.72 | 190.79 | 5.20% |
| | 10.04 | 14966 | 189.03 | | -0.92% |
| | 10.00 | 14539 | 185.12 | | -2.97% |
| | 9.98 | 14697 | 188.07 | | -1.43% |
| | 9.97 | 15557 | 199.27 | | 4.45% |
| | 10.02 | 14379 | 182.53 | | -4.33% |
| 7 | 10.01 | 20356 | 258.93 | 254.95 | 1.56% |
| | 10.04 | 19881 | 251.12 | | -1.50% |
| | 10.04 | 19969 | 252.48 | | -0.97% |
| | 10.00 | 21486 | 273.57 | | 7.30% |
| | 9.99 | 19358 | 246.97 | | -3.13% |
| | 10.04 | 19527 | 246.65 | | -3.26% |
| 28 | 10.03 | 26898 | 340.43 | 338.95 | 0.44% |
| | 10.00 | 26125 | 332.63 | | -1.86% |
| | 10.04 | 28348 | 358.42 | | 5.74% |
| | 9.99 | 26834 | 342.34 | | 1.00% |
| | 9.98 | 25985 | 332.18 | | -2.00% |
| | 10.04 | 25918 | 327.70 | | -3.32% |

Nota. Fuente propia

Anexo 137*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.00 | 15295 | 194.75 | 193.93 | 0.42% |
| | 9.99 | 14925 | 190.60 | | -1.72% |
| | 9.99 | 16403 | 209.48 | | 8.02% |
| | 9.98 | 15037 | 192.23 | | -0.88% |
| | 10.00 | 14526 | 185.13 | | -4.54% |
| | 10.01 | 15064 | 191.42 | | -1.30% |
| 7 | 10.00 | 20165 | 256.75 | 255.94 | 0.32% |
| | 10.01 | 20625 | 262.35 | | 2.50% |
| | 10.02 | 19574 | 248.23 | | -3.01% |
| | 10.01 | 19358 | 245.98 | | -3.89% |
| | 9.98 | 20350 | 260.14 | | 1.64% |
| | 10.03 | 20715 | 262.18 | | 2.44% |
| 28 | 10.00 | 26769 | 341.17 | 340.69 | 0.14% |
| | 10.05 | 26640 | 336.15 | | -1.33% |
| | 10.06 | 26868 | 338.37 | | -0.68% |
| | 10.01 | 26342 | 334.73 | | -1.75% |
| | 10.01 | 26221 | 333.52 | | -2.11% |
| | 10.03 | 28461 | 360.22 | | 5.73% |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.4

Anexo 138*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.00 | 21561 | 274.79 | 280.96 | -2.19% |
| | 10.07 | 21487 | 270.06 | | -3.88% |
| | 10.08 | 23419 | 293.76 | | 4.56% |
| | 10.00 | 22348 | 284.83 | | 1.38% |
| | 10.00 | 21900 | 278.84 | | -0.75% |
| | 10.06 | 22509 | 283.46 | | 0.89% |
| 7 | 9.98 | 29293 | 374.47 | 351.06 | 6.67% |
| | 10.03 | 27627 | 349.65 | | -0.40% |
| | 10.00 | 26913 | 343.00 | | -2.29% |
| | 10.02 | 26542 | 336.59 | | -4.12% |
| | 9.98 | 27242 | 348.60 | | -0.70% |
| | 10.03 | 27946 | 354.04 | | 0.85% |
| 28 | 10.05 | 31734 | 400.04 | 398.86 | 0.30% |
| | 10.01 | 30141 | 383.39 | | -3.88% |
| | 10.00 | 31757 | 404.35 | | 1.38% |
| | 10.05 | 32265 | 407.14 | | 2.08% |
| | 10.00 | 30937 | 394.30 | | -1.14% |
| | 10.05 | 32012 | 403.95 | | 1.28% |

Nota. Fuente propia

Anexo 139*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.08 | 23553 | 295.14 | 295.17 | -0.01% |
| | 10.04 | 22832 | 288.40 | | -2.29% |
| | 10.05 | 23748 | 299.37 | | 1.42% |
| | 9.98 | 23232 | 297.29 | | 0.72% |
| | 10.01 | 23235 | 295.55 | | 0.13% |
| | 10.06 | 23448 | 295.29 | | 0.04% |
| 7 | 10.06 | 28249 | 355.40 | 354.36 | 0.29% |
| | 10.07 | 27404 | 344.43 | | -2.80% |
| | 10.06 | 28955 | 364.28 | | 2.80% |
| | 9.98 | 27574 | 352.85 | | -0.43% |
| | 10.01 | 27862 | 354.04 | | -0.09% |
| | 10.06 | 28229 | 355.15 | | 0.22% |
| 28 | 10.00 | 30358 | 386.52 | 386.55 | -0.01% |
| | 10.07 | 30162 | 378.72 | | -2.03% |
| | 10.01 | 30791 | 391.65 | | 1.32% |
| | 10.02 | 30663 | 388.86 | | 0.60% |
| | 10.00 | 31123 | 396.67 | | 2.62% |
| | 10.05 | 29865 | 376.86 | | -2.51% |

Nota. Fuente propia

Anexo 140*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 9.99 | 23389 | 298.69 | 302.33 | -1.20% |
| | 10.08 | 23873 | 299.45 | | -0.95% |
| | 10.05 | 24876 | 313.58 | | 3.72% |
| | 10.07 | 23667 | 297.16 | | -1.71% |
| | 10.02 | 24089 | 305.79 | | 1.15% |
| | 10.07 | 23814 | 299.31 | | -1.00% |
| 7 | 10.07 | 28272 | 355.34 | 353.49 | 0.52% |
| | 10.03 | 29214 | 369.74 | | 4.60% |
| | 10.07 | 27820 | 349.30 | | -1.18% |
| | 10.01 | 26658 | 339.09 | | -4.07% |
| | 10.01 | 27816 | 353.45 | | -0.01% |
| | 10.07 | 28166 | 354.01 | | 0.15% |
| 28 | 9.99 | 31270 | 398.94 | 390.98 | 2.04% |
| | 10.03 | 31647 | 400.54 | | 2.44% |
| | 10.05 | 30977 | 390.89 | | -0.02% |
| | 10.01 | 29182 | 371.18 | | -5.06% |
| | 10.05 | 30917 | 390.13 | | -0.22% |
| | 10.04 | 31210 | 394.22 | | 0.83% |

Nota. Fuente propia

Anexo 141*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.01 | 23889 | 303.85 | 306.10 | -0.73% |
| | 10.06 | 24957 | 314.30 | | 2.68% |
| | 9.98 | 24427 | 312.26 | | 2.02% |
| | 10.36 | 24725 | 293.60 | | -4.08% |
| | 10.07 | 24856 | 312.40 | | 2.06% |
| | 10.12 | 24144 | 300.16 | | -1.94% |
| 7 | 10.01 | 28697 | 364.65 | 359.83 | 1.34% |
| | 10.00 | 28844 | 367.61 | | 2.16% |
| | 10.02 | 28478 | 361.15 | | 0.37% |
| | 10.07 | 27491 | 345.52 | | -3.98% |
| | 9.99 | 27823 | 354.96 | | -1.35% |
| | 10.05 | 28932 | 365.08 | | 1.46% |
| 28 | 10.02 | 31632 | 401.55 | 401.82 | -0.07% |
| | 10.01 | 30625 | 389.16 | | -3.15% |
| | 10.04 | 32631 | 412.16 | | 2.58% |
| | 10.02 | 31815 | 403.87 | | 0.51% |
| | 9.99 | 31093 | 396.68 | | -1.28% |
| | 10.04 | 32260 | 407.48 | | 1.41% |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.5

Anexo 142*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.03 | 19974 | 253.05 | 243.48 | 3.93% |
| | 10.03 | 19054 | 241.40 | | -0.86% |
| | 10.04 | 18905 | 239.03 | | -1.83% |
| | 10.01 | 18891 | 240.04 | | -1.41% |
| | 9.99 | 19037 | 242.87 | | -0.25% |
| | 10.05 | 19377 | 244.51 | | 0.42% |
| 7 | 10.04 | 24833 | 313.66 | 307.10 | 2.14% |
| | 9.98 | 22775 | 291.14 | | -5.20% |
| | 9.98 | 24042 | 307.34 | | 0.08% |
| | 10.01 | 24871 | 316.04 | | 2.91% |
| | 9.98 | 23621 | 302.26 | | -1.58% |
| | 10.03 | 24639 | 312.15 | | 1.65% |
| 28 | 10.00 | 28182 | 358.82 | 365.71 | -1.88% |
| | 9.99 | 28314 | 361.23 | | -1.23% |
| | 9.99 | 29215 | 372.72 | | 1.92% |
| | 9.99 | 27935 | 356.75 | | -2.45% |
| | 9.97 | 30185 | 387.03 | | 5.83% |
| | 10.01 | 28149 | 357.69 | | -2.19% |

Nota. Fuente propia

Anexo 143*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.06 | 19161 | 241.31 | 237.76 | 1.49% |
| | 10.01 | 19206 | 244.29 | | 2.75% |
| | 10.03 | 18384 | 232.91 | | -2.04% |
| | 10.00 | 18186 | 231.55 | | -2.61% |
| | 9.99 | 19685 | 251.14 | | 5.63% |
| | 10.05 | 17859 | 225.36 | | -5.22% |
| 7 | 10.04 | 22979 | 290.25 | 282.39 | 2.78% |
| | 10.02 | 21845 | 277.03 | | -1.90% |
| | 10.01 | 21533 | 273.89 | | -3.01% |
| | 10.02 | 22705 | 287.94 | | 1.96% |
| | 9.99 | 21926 | 279.73 | | -0.94% |
| | 10.04 | 22604 | 285.52 | | 1.11% |
| 28 | 10.02 | 28289 | 359.11 | 352.19 | 1.97% |
| | 10.02 | 28382 | 360.28 | | 2.30% |
| | 10.01 | 26940 | 342.32 | | -2.80% |
| | 10.01 | 27211 | 346.11 | | -1.72% |
| | 9.98 | 26485 | 338.57 | | -3.87% |
| | 10.04 | 29004 | 366.72 | | 4.13% |

Nota. Fuente propia

Anexo 144*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.02 | 22727 | 288.51 | 275.47 | 4.73% |
| | 10.05 | 21723 | 273.85 | | -0.59% |
| | 10.01 | 20824 | 264.87 | | -3.85% |
| | 10.06 | 21769 | 274.14 | | -0.48% |
| | 10.00 | 22211 | 282.79 | | 2.66% |
| | 10.05 | 21312 | 268.66 | | -2.47% |
| 7 | 10.05 | 23498 | 296.22 | 301.21 | -1.66% |
| | 10.01 | 23746 | 301.74 | | 0.18% |
| | 10.07 | 24970 | 313.52 | | 4.09% |
| | 10.05 | 23207 | 292.84 | | -2.78% |
| | 10.01 | 23790 | 302.30 | | 0.36% |
| | 10.07 | 23920 | 300.64 | | -0.19% |
| 28 | 10.01 | 26158 | 332.72 | 349.33 | -4.76% |
| | 10.01 | 27728 | 352.34 | | 0.86% |
| | 10.02 | 27564 | 349.55 | | 0.06% |
| | 10.01 | 27211 | 345.77 | | -1.02% |
| | 9.98 | 28072 | 358.85 | | 2.73% |
| | 10.04 | 28216 | 356.76 | | 2.13% |

Nota. Fuente propia

Anexo 145*Resistencia a la compresión usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio de la probeta (centímetros) | Fuerza aplicada (kg) | Compresión (kg/cm ²) | Compresión promedio (kg/cm ²) | Coefficiente de variación (%) |
|-----------------------|---|----------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 3 | 10.01 | 19882 | 252.64 | 259.21 | -2.54% |
| | 10.04 | 20604 | 260.51 | | 0.50% |
| | 10.03 | 21134 | 267.48 | | 3.19% |
| | 10.04 | 20248 | 256.01 | | -1.23% |
| | 10.00 | 20555 | 261.71 | | 0.96% |
| | 10.05 | 20381 | 256.92 | | -0.89% |
| 7 | 9.99 | 22080 | 281.70 | 289.59 | -2.72% |
| | 9.98 | 23737 | 303.75 | | 4.89% |
| | 9.96 | 22162 | 284.45 | | -1.77% |
| | 10.00 | 22618 | 287.98 | | -0.55% |
| | 9.95 | 22344 | 287.36 | | -0.77% |
| | 10.00 | 22955 | 292.27 | | 0.93% |
| 28 | 9.99 | 25830 | 329.87 | 337.20 | -2.17% |
| | 10.03 | 27529 | 348.42 | | 3.33% |
| | 9.98 | 25850 | 330.45 | | -2.00% |
| | 9.99 | 27188 | 347.20 | | 2.97% |
| | 9.97 | 26805 | 343.70 | | 1.93% |
| | 10.02 | 25489 | 323.56 | | -4.04% |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.4****Anexo 146***Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.00 | 20.59 | 9643 | 29.82 | 29.81 |
| | 9.99 | 20.59 | 9931 | 30.73 | |
| | 10.00 | 20.61 | 9946 | 30.73 | |
| | 9.99 | 20.61 | 9815 | 30.37 | |
| | 10.00 | 20.59 | 8880 | 27.47 | |
| | 10.01 | 20.59 | 9643 | 29.78 | |
| 7 | 10.01 | 20.37 | 10165 | 31.75 | 31.61 |
| | 10.02 | 20.37 | 10297 | 32.13 | |
| | 10.00 | 20.39 | 9770 | 30.52 | |
| | 10.01 | 20.37 | 9845 | 30.75 | |
| | 10.01 | 20.38 | 10748 | 33.54 | |
| | 10.01 | 20.36 | 9902 | 30.94 | |
| 28 | 10.00 | 20.41 | 12967 | 40.43 | 40.73 |
| | 9.98 | 20.57 | 13214 | 40.99 | |
| | 9.99 | 20.51 | 13117 | 40.78 | |
| | 10.00 | 20.47 | 13186 | 41.02 | |
| | 9.98 | 20.50 | 13196 | 41.05 | |
| | 9.99 | 20.52 | 12915 | 40.09 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 147*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.00 | 20.53 | 9397 | 29.13 | 29.15 |
| | 10.01 | 20.56 | 8942 | 27.67 | |
| | 10.02 | 20.51 | 9410 | 29.16 | |
| | 10.01 | 20.51 | 9225 | 28.61 | |
| | 10.00 | 20.53 | 9624 | 29.85 | |
| | 10.00 | 20.55 | 9824 | 30.45 | |
| 7 | 10.03 | 20.66 | 10370 | 31.87 | 31.76 |
| | 10.01 | 20.67 | 10111 | 31.11 | |
| | 10.03 | 20.65 | 10396 | 31.97 | |
| | 10.02 | 20.67 | 10469 | 32.17 | |
| | 10.04 | 20.67 | 10504 | 32.23 | |
| | 10.02 | 20.65 | 10137 | 31.19 | |
| 28 | 10.01 | 20.87 | 13215 | 40.28 | 40.75 |
| | 10.00 | 20.87 | 13685 | 41.73 | |
| | 10.00 | 20.85 | 13399 | 40.90 | |
| | 9.99 | 20.88 | 13222 | 40.34 | |
| | 10.00 | 20.86 | 13697 | 41.80 | |
| | 10.01 | 20.87 | 12951 | 39.45 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 148*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.01 | 20.59 | 11623 | 35.89 | 36.39 |
| | 10.00 | 20.53 | 11764 | 36.48 | |
| | 9.99 | 20.53 | 11870 | 36.83 | |
| | 10.02 | 20.54 | 12210 | 37.78 | |
| | 10.01 | 20.54 | 11985 | 37.12 | |
| | 10.01 | 20.54 | 11061 | 34.26 | |
| 7 | 10.03 | 20.63 | 12217 | 37.60 | 40.28 |
| | 9.98 | 20.51 | 13849 | 43.07 | |
| | 10.00 | 20.58 | 12981 | 40.16 | |
| | 10.00 | 20.58 | 13094 | 40.51 | |
| | 10.00 | 20.57 | 12678 | 39.25 | |
| | 10.01 | 20.56 | 13276 | 41.08 | |
| 28 | 10.02 | 20.66 | 13741 | 42.28 | 41.71 |
| | 10.05 | 20.66 | 13384 | 41.05 | |
| | 10.03 | 20.67 | 13628 | 41.85 | |
| | 10.04 | 20.66 | 13582 | 41.70 | |
| | 10.04 | 20.68 | 13508 | 41.41 | |
| | 10.03 | 20.65 | 13662 | 41.99 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 149*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.02 | 20.83 | 12125 | 36.97 | 36.92 |
| | 10.00 | 20.47 | 12092 | 37.63 | |
| | 10.04 | 21.10 | 11935 | 35.85 | |
| | 10.01 | 20.80 | 12051 | 36.84 | |
| | 10.03 | 20.82 | 12293 | 37.46 | |
| | 10.02 | 20.81 | 12034 | 36.76 | |
| 7 | 10.01 | 20.60 | 12339 | 38.08 | 37.58 |
| | 10.01 | 20.57 | 11965 | 37.00 | |
| | 10.01 | 20.60 | 12191 | 37.66 | |
| | 10.00 | 20.59 | 11895 | 36.77 | |
| | 10.02 | 20.59 | 11779 | 36.35 | |
| | 10.01 | 20.58 | 12821 | 39.61 | |
| 28 | 10.01 | 20.58 | 12581 | 38.90 | 39.48 |
| | 9.93 | 20.52 | 12810 | 40.02 | |
| | 9.97 | 20.56 | 12735 | 39.56 | |
| | 9.97 | 20.57 | 13039 | 40.50 | |
| | 9.97 | 20.56 | 12833 | 39.85 | |
| | 9.97 | 20.57 | 12255 | 38.05 | |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.5

Anexo 150*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.02 | 20.59 | 8421 | 26.00 | 24.81 |
| | 9.99 | 20.53 | 7611 | 23.62 | |
| | 10.00 | 20.57 | 8026 | 24.84 | |
| | 10.02 | 20.56 | 8043 | 24.87 | |
| | 10.01 | 20.59 | 7727 | 23.87 | |
| | 10.01 | 20.55 | 8287 | 25.64 | |
| 7 | 10.00 | 20.66 | 10897 | 33.58 | 33.02 |
| | 10.00 | 20.69 | 10577 | 32.54 | |
| | 10.00 | 20.69 | 10698 | 32.93 | |
| | 9.99 | 20.67 | 10243 | 31.59 | |
| | 10.00 | 20.70 | 11180 | 34.37 | |
| | 10.00 | 20.67 | 10749 | 33.12 | |
| 28 | 9.98 | 20.54 | 12116 | 37.64 | 37.10 |
| | 10.05 | 20.51 | 11855 | 36.61 | |
| | 10.01 | 20.54 | 11959 | 37.04 | |
| | 10.01 | 20.52 | 12287 | 38.09 | |
| | 10.02 | 20.52 | 11874 | 36.75 | |
| | 10.02 | 20.53 | 11770 | 36.44 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 151*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.99 | 20.47 | 8129 | 25.30 | 25.15 |
| | 9.99 | 20.37 | 7984 | 24.98 | |
| | 9.99 | 20.43 | 8067 | 25.17 | |
| | 9.99 | 20.43 | 8075 | 25.18 | |
| | 9.99 | 20.44 | 8116 | 25.30 | |
| | 9.99 | 20.41 | 7989 | 24.94 | |
| 7 | 10.00 | 20.57 | 10391 | 32.17 | 32.10 |
| | 9.99 | 20.39 | 10450 | 32.65 | |
| | 9.99 | 20.53 | 10152 | 31.53 | |
| | 10.00 | 20.51 | 10797 | 33.52 | |
| | 10.00 | 20.50 | 10637 | 33.03 | |
| | 9.99 | 20.52 | 9559 | 29.69 | |
| 28 | 10.01 | 20.62 | 13473 | 41.54 | 39.02 |
| | 10.06 | 20.58 | 11856 | 36.47 | |
| | 10.03 | 20.61 | 12665 | 38.99 | |
| | 10.03 | 20.61 | 12408 | 38.22 | |
| | 10.02 | 20.59 | 12728 | 39.26 | |
| | 10.03 | 20.59 | 12859 | 39.64 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 152*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.02 | 20.46 | 8801 | 27.32 | 26.83 |
| | 10.03 | 20.68 | 8280 | 25.41 | |
| | 10.04 | 20.50 | 8982 | 27.78 | |
| | 10.04 | 20.57 | 8344 | 25.73 | |
| | 10.02 | 20.55 | 8647 | 26.73 | |
| | 10.03 | 20.54 | 9073 | 28.04 | |
| 7 | 9.99 | 20.55 | 10767 | 33.38 | 34.44 |
| | 10.01 | 20.48 | 11305 | 35.12 | |
| | 10.01 | 20.61 | 11286 | 34.83 | |
| | 10.01 | 20.54 | 11156 | 34.54 | |
| | 9.99 | 20.55 | 11201 | 34.73 | |
| | 10.01 | 20.55 | 11000 | 34.05 | |
| 28 | 9.99 | 20.48 | 13459 | 41.87 | 39.87 |
| | 9.99 | 20.52 | 13274 | 41.23 | |
| | 9.98 | 20.48 | 11703 | 36.44 | |
| | 9.98 | 20.48 | 13144 | 40.94 | |
| | 9.98 | 20.48 | 12328 | 38.39 | |
| | 9.98 | 20.50 | 12964 | 40.35 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 153*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.01 | 20.52 | 8017 | 24.86 | 25.88 |
| | 10.00 | 20.54 | 8046 | 24.95 | |
| | 10.02 | 20.54 | 8992 | 27.82 | |
| | 10.01 | 20.51 | 7924 | 24.57 | |
| | 10.02 | 20.53 | 8193 | 25.37 | |
| | 10.01 | 20.52 | 8939 | 27.72 | |
| 7 | 10.00 | 20.54 | 11019 | 34.15 | 34.16 |
| | 9.99 | 20.52 | 10915 | 33.89 | |
| | 10.00 | 20.53 | 11143 | 34.56 | |
| | 10.00 | 20.53 | 10798 | 33.48 | |
| | 10.01 | 20.56 | 10960 | 33.91 | |
| | 10.02 | 20.52 | 11279 | 34.93 | |
| 28 | 9.98 | 20.63 | 12410 | 38.37 | 38.92 |
| | 9.98 | 20.46 | 12389 | 38.65 | |
| | 9.97 | 20.50 | 11924 | 37.15 | |
| | 9.98 | 20.53 | 13288 | 41.30 | |
| | 10.00 | 20.63 | 12677 | 39.11 | |
| | 9.99 | 20.55 | 12568 | 38.97 | |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.4

Anexo 154*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.02 | 20.62 | 8670 | 26.72 | 27.69 |
| | 9.99 | 20.63 | 9013 | 27.83 | |
| | 10.00 | 20.62 | 9223 | 28.49 | |
| | 9.99 | 20.63 | 9036 | 27.91 | |
| | 10.01 | 20.61 | 9012 | 27.83 | |
| | 9.99 | 20.62 | 8859 | 27.37 | |
| 7 | 10.07 | 20.58 | 11679 | 35.89 | 34.07 |
| | 10.01 | 20.43 | 9792 | 30.48 | |
| | 10.07 | 20.68 | 11715 | 35.82 | |
| | 10.05 | 20.57 | 10645 | 32.77 | |
| | 10.06 | 20.56 | 11519 | 35.47 | |
| | 10.05 | 20.56 | 11022 | 33.97 | |
| 28 | 10.07 | 20.66 | 11816 | 36.18 | 36.10 |
| | 10.06 | 20.47 | 11619 | 35.92 | |
| | 10.02 | 20.57 | 11724 | 36.21 | |
| | 10.05 | 20.58 | 11730 | 36.10 | |
| | 10.05 | 20.56 | 11821 | 36.42 | |
| | 10.04 | 20.58 | 11609 | 35.78 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 155*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.03 | 20.77 | 9390 | 28.71 | 29.42 |
| | 10.05 | 20.64 | 9799 | 30.07 | |
| | 10.03 | 20.72 | 9605 | 29.42 | |
| | 10.03 | 20.70 | 9965 | 30.57 | |
| | 10.03 | 20.71 | 9772 | 29.96 | |
| | 10.02 | 20.72 | 9057 | 27.76 | |
| 7 | 10.00 | 20.54 | 11629 | 36.06 | 36.05 |
| | 9.98 | 20.50 | 11594 | 36.06 | |
| | 9.98 | 20.54 | 11586 | 35.98 | |
| | 9.99 | 20.53 | 11233 | 34.88 | |
| | 9.98 | 20.52 | 11630 | 36.14 | |
| | 9.97 | 20.53 | 11946 | 37.16 | |
| 28 | 10.06 | 20.59 | 12056 | 37.04 | 35.66 |
| | 9.98 | 20.49 | 11206 | 34.88 | |
| | 9.99 | 20.61 | 11354 | 35.09 | |
| | 10.02 | 20.57 | 11198 | 34.60 | |
| | 10.02 | 20.56 | 11881 | 36.72 | |
| | 10.02 | 20.57 | 11538 | 35.64 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 156*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.98 | 20.65 | 10831 | 33.45 | 33.00 |
| | 9.99 | 20.60 | 10526 | 32.56 | |
| | 9.98 | 20.64 | 10689 | 33.03 | |
| | 9.99 | 20.62 | 10193 | 31.51 | |
| | 10.00 | 20.65 | 11165 | 34.43 | |
| | 9.99 | 20.64 | 10688 | 33.02 | |
| 7 | 10.00 | 20.61 | 11638 | 35.94 | 35.70 |
| | 9.98 | 20.48 | 11385 | 35.48 | |
| | 9.99 | 20.56 | 11499 | 35.66 | |
| | 9.98 | 20.57 | 11398 | 35.35 | |
| | 9.98 | 20.54 | 11412 | 35.43 | |
| | 9.98 | 20.55 | 11711 | 36.36 | |
| 28 | 9.98 | 20.54 | 11206 | 34.80 | 35.24 |
| | 9.99 | 20.54 | 11152 | 34.59 | |
| | 9.98 | 20.57 | 11357 | 35.22 | |
| | 9.98 | 20.57 | 11635 | 36.08 | |
| | 9.99 | 20.56 | 11013 | 34.13 | |
| | 9.98 | 20.54 | 11801 | 36.64 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 157*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.99 | 20.54 | 11319 | 35.11 | 34.89 |
| | 10.01 | 20.57 | 11192 | 34.60 | |
| | 10.00 | 20.62 | 11323 | 34.96 | |
| | 10.00 | 20.58 | 11529 | 35.65 | |
| | 9.99 | 20.59 | 11519 | 35.64 | |
| | 10.00 | 20.58 | 10786 | 33.37 | |
| 7 | 9.96 | 20.40 | 11324 | 35.48 | 36.39 |
| | 10.03 | 20.40 | 11682 | 36.35 | |
| | 9.99 | 20.57 | 12056 | 37.36 | |
| | 10.00 | 20.45 | 11687 | 36.40 | |
| | 9.99 | 20.48 | 12119 | 37.70 | |
| | 10.00 | 20.45 | 11255 | 35.05 | |
| 28 | 10.05 | 20.46 | 12126 | 37.56 | 36.51 |
| | 9.96 | 20.47 | 11732 | 36.65 | |
| | 10.02 | 20.61 | 11440 | 35.27 | |
| | 10.00 | 20.52 | 12101 | 37.54 | |
| | 10.00 | 20.52 | 11692 | 36.26 | |
| | 10.00 | 20.50 | 11505 | 35.74 | |

Nota. Fuente propia

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.5

Anexo 158*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 patrón*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.99 | 20.67 | 9942 | 30.65 | 30.60 |
| | 10.05 | 20.70 | 9631 | 29.48 | |
| | 10.00 | 20.49 | 10167 | 31.60 | |
| | 10.00 | 20.60 | 10233 | 31.63 | |
| | 10.00 | 20.61 | 10138 | 31.32 | |
| | 10.00 | 20.63 | 9368 | 28.90 | |
| 7 | 9.99 | 20.42 | 12945 | 40.40 | 34.54 |
| | 10.00 | 20.34 | 10147 | 31.76 | |
| | 10.03 | 20.40 | 10114 | 31.49 | |
| | 10.01 | 20.40 | 11031 | 34.40 | |
| | 10.01 | 20.41 | 11402 | 35.54 | |
| | 10.01 | 20.37 | 10774 | 33.64 | |
| 28 | 10.00 | 20.55 | 12179 | 37.74 | 36.96 |
| | 9.98 | 20.63 | 12229 | 37.82 | |
| | 9.92 | 20.48 | 11276 | 35.32 | |
| | 9.98 | 20.55 | 11415 | 35.44 | |
| | 9.97 | 20.53 | 12182 | 37.90 | |
| | 9.96 | 20.57 | 12088 | 37.55 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 159*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.99 | 20.49 | 8350 | 25.98 | 29.87 |
| | 10.00 | 20.49 | 10605 | 32.97 | |
| | 10.04 | 20.62 | 9976 | 30.67 | |
| | 10.02 | 20.53 | 9480 | 29.35 | |
| | 10.01 | 20.54 | 9923 | 30.71 | |
| | 10.01 | 20.54 | 9529 | 29.51 | |
| 7 | 10.01 | 20.49 | 9405 | 29.18 | 29.96 |
| | 9.96 | 20.48 | 9895 | 30.88 | |
| | 9.98 | 20.50 | 9594 | 29.86 | |
| | 9.98 | 20.52 | 10037 | 31.20 | |
| | 9.99 | 20.51 | 9850 | 30.59 | |
| | 9.98 | 20.48 | 9006 | 28.04 | |
| 28 | 10.00 | 20.54 | 12595 | 39.02 | 41.52 |
| | 9.99 | 20.58 | 13318 | 41.25 | |
| | 10.01 | 20.61 | 14371 | 44.33 | |
| | 10.00 | 20.60 | 13292 | 41.10 | |
| | 10.00 | 20.58 | 13028 | 40.29 | |
| | 10.01 | 20.58 | 13964 | 43.15 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 160*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 10.00 | 20.50 | 11638 | 36.14 | 33.32 |
| | 9.99 | 20.51 | 10111 | 31.42 | |
| | 10.04 | 20.58 | 10510 | 32.40 | |
| | 10.01 | 20.54 | 10953 | 33.92 | |
| | 10.02 | 20.52 | 10844 | 33.59 | |
| | 10.00 | 20.54 | 10462 | 32.44 | |
| 7 | 9.99 | 20.50 | 10429 | 32.44 | 31.30 |
| | 10.00 | 20.41 | 9937 | 31.01 | |
| | 10.00 | 20.59 | 9850 | 30.46 | |
| | 9.99 | 20.52 | 9921 | 30.81 | |
| | 9.99 | 20.49 | 9916 | 30.84 | |
| | 9.99 | 20.50 | 10379 | 32.25 | |
| 28 | 10.02 | 20.33 | 13865 | 43.35 | 43.59 |
| | 10.06 | 20.54 | 14532 | 44.77 | |
| | 10.01 | 20.65 | 13839 | 42.61 | |
| | 10.03 | 20.51 | 14371 | 44.50 | |
| | 10.03 | 20.51 | 14079 | 43.58 | |
| | 10.03 | 20.50 | 13787 | 42.71 | |

Nota. Fuente propia

Anexo 161*Resistencia a la tracción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Días de curado (días) | Diámetro promedio (cm) | Longitud promedio (cm) | Fuerza aplicada (kg) | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | Resistencia promedio (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---|--|
| 3 | 9.98 | 20.50 | 9318 | 28.99 | 30.25 |
| | 9.98 | 20.52 | 10673 | 33.20 | |
| | 10.08 | 20.70 | 9363 | 28.58 | |
| | 10.01 | 20.58 | 9890 | 30.56 | |
| | 10.01 | 20.57 | 9852 | 30.46 | |
| | 10.01 | 20.58 | 9613 | 29.71 | |
| 7 | 9.99 | 20.49 | 11285 | 35.11 | 32.71 |
| | 9.97 | 20.42 | 9899 | 30.94 | |
| | 10.01 | 20.54 | 10358 | 32.08 | |
| | 9.99 | 20.48 | 10983 | 34.17 | |
| | 9.99 | 20.51 | 10180 | 31.64 | |
| | 9.98 | 20.49 | 10379 | 32.30 | |
| 28 | 10.03 | 20.63 | 12452 | 38.31 | 37.28 |
| | 10.01 | 20.57 | 11573 | 35.79 | |
| | 9.98 | 20.51 | 12129 | 37.71 | |
| | 10.01 | 20.56 | 12156 | 37.60 | |
| | 10.01 | 20.56 | 11593 | 35.86 | |
| | 9.99 | 20.58 | 12404 | 38.41 | |

Nota. Fuente propia

ABSORCIÓN Y VACÍOS DEL CONCRETO**ABSORCIÓN Y VACÍOS USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.4****Anexo 162***Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 patrón*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 850.6 | 896.5 | 897.7 | 518.7 | 5.54 | 12.43 | | |
| 885.3 | 931.1 | 932.4 | 540.8 | 5.32 | 12.02 | | |
| 878.7 | 927.4 | 928.9 | 537.2 | 5.71 | 12.81 | 5.42 | 12.22 |
| 858.2 | 900.9 | 902.3 | 524.0 | 5.14 | 11.66 | | |
| 875.2 | 921.4 | 922.4 | 535.1 | 5.40 | 12.19 | | |
| 856.2 | 901.1 | 902.8 | 521.8 | 5.44 | 12.23 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 163*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 830.0 | 874.2 | 876.0 | 506.4 | 5.54 | 12.44 | | |
| 828.4 | 865.4 | 867.2 | 507.0 | 4.68 | 10.77 | | |
| 872.9 | 922.5 | 924.1 | 532.0 | 5.86 | 13.05 | 5.29 | 11.95 |
| 826.4 | 866.8 | 868.5 | 505.0 | 5.09 | 11.57 | | |
| 855.4 | 899.4 | 900.3 | 523.8 | 5.25 | 11.92 | | |
| 836.4 | 879.0 | 880.6 | 510.5 | 5.29 | 11.95 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 164*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 876.4 | 917.4 | 918.9 | 530.4 | 4.85 | 10.94 | | |
| 811.8 | 847.0 | 848.7 | 491.9 | 4.54 | 10.34 | | |
| 812.5 | 850.8 | 852.6 | 489.6 | 4.94 | 11.06 | 4.79 | 10.81 |
| 852.0 | 891.2 | 892.6 | 513.5 | 4.76 | 10.71 | | |
| 863.2 | 903.7 | 905.0 | 524.2 | 4.84 | 10.98 | | |
| 852.2 | 891.9 | 893.0 | 516.5 | 4.78 | 10.83 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 165*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 841.7 | 880.5 | 881.3 | 507.8 | 4.71 | 10.61 | | |
| 846.1 | 880.0 | 881.0 | 507.9 | 4.13 | 9.36 | | |
| 861.5 | 899.1 | 900.0 | 518.6 | 4.46 | 10.08 | 4.56 | 10.28 |
| 800.9 | 839.6 | 840.5 | 481.2 | 4.94 | 11.02 | | |
| 826.7 | 863.6 | 864.7 | 497.5 | 4.59 | 10.34 | | |
| 824.7 | 861.4 | 862.2 | 496.1 | 4.55 | 10.25 | | |

Nota. Fuente propia

ABSORCIÓN Y VACÍOS USANDO CEMENTO TIPO ICO Y A/C=0.5

Anexo 166*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 patrón*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 862.2 | 905.4 | 907.2 | 525.1 | 5.22 | 11.78 | | |
| 920.9 | 957.7 | 959.0 | 564.6 | 4.13 | 9.65 | | |
| 908.2 | 953.3 | 954.9 | 556.0 | 5.15 | 11.72 | 4.58 | 10.53 |
| 930.3 | 965.5 | 966.7 | 569.6 | 3.91 | 9.17 | | |
| 897.4 | 936.9 | 938.6 | 548.2 | 4.59 | 10.55 | | |
| 881.4 | 919.6 | 920.9 | 537.0 | 4.49 | 10.30 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 167*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 892.6 | 938.3 | 940.0 | 543.5 | 5.31 | 11.96 | | |
| 901.6 | 948.5 | 949.5 | 550.5 | 5.31 | 12.00 | | |
| 872.7 | 915.3 | 916.8 | 530.9 | 5.05 | 11.42 | 4.98 | 11.30 |
| 880.5 | 923.0 | 924.7 | 536.1 | 5.02 | 11.37 | | |
| 879.4 | 919.5 | 921.2 | 535.6 | 4.75 | 10.83 | | |
| 911.9 | 950.8 | 952.2 | 557.3 | 4.42 | 10.21 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 168*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 861.7 | 901.9 | 903.1 | 522.9 | 4.81 | 10.90 | | |
| 865.5 | 907.9 | 908.8 | 525.1 | 5.00 | 11.28 | | |
| 865.7 | 907.9 | 909.1 | 526.4 | 5.01 | 11.34 | 4.98 | 11.23 |
| 840.8 | 885.1 | 886.6 | 507.5 | 5.45 | 12.09 | | |
| 897.9 | 942.6 | 943.6 | 545.6 | 5.09 | 11.49 | | |
| 867.3 | 905.1 | 906.3 | 528.1 | 4.49 | 10.30 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 169*Ensayo de absorción usando Cemento tipo ICo, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 872.1 | 911.9 | 913.7 | 529.4 | 4.76 | 10.81 | | |
| 889.5 | 934.3 | 935.2 | 541.5 | 5.14 | 11.61 | | |
| 867.8 | 912.7 | 913.5 | 526.8 | 5.27 | 11.82 | 4.86 | 11.02 |
| 873.6 | 918.7 | 920.1 | 531.5 | 5.32 | 11.96 | | |
| 918.0 | 954.4 | 955.5 | 557.9 | 4.09 | 9.44 | | |
| 869.2 | 907.5 | 909.2 | 527.8 | 4.60 | 10.48 | | |

Nota. Fuente propia

ABSORCIÓN Y VACÍOS USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.4**Anexo 170***Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 patrón*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 882.6 | 928.7 | 929.5 | 529.8 | 5.31 | 11.73 | | |
| 961.9 | 1009.1 | 1010.5 | 578.6 | 5.05 | 11.25 | | |
| 930.9 | 972.1 | 972.9 | 556.1 | 4.51 | 10.07 | 4.82 | 10.71 |
| 863.7 | 902.7 | 904.2 | 515.0 | 4.69 | 10.40 | | |
| 880.0 | 922.7 | 924.3 | 525.4 | 5.03 | 11.09 | | |
| 945.9 | 986.0 | 986.8 | 566.3 | 4.32 | 9.73 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 171*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.50*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 937.4 | 977.6 | 979.2 | 564.1 | 4.46 | 10.07 | | |
| 957.5 | 1002.3 | 1003.4 | 574.6 | 4.80 | 10.71 | | |
| 928.0 | 970.3 | 972.0 | 557.0 | 4.74 | 10.60 | 4.58 | 10.29 |
| 931.0 | 970.8 | 971.9 | 559.5 | 4.39 | 9.91 | | |
| 913.5 | 953.4 | 954.7 | 546.3 | 4.51 | 10.08 | | |
| 958.5 | 1001.7 | 1002.5 | 577.8 | 4.60 | 10.37 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 172*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=0.75*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 979.2 | 1021.9 | 1023.0 | 588.5 | 4.47 | 10.08 | | |
| 881.9 | 922.8 | 923.6 | 526.6 | 4.73 | 10.50 | | |
| 864.6 | 905.3 | 906.1 | 514.1 | 4.80 | 10.59 | 4.63 | 10.32 |
| 981.6 | 1027.5 | 1028.3 | 587.7 | 4.75 | 10.59 | | |
| 924.8 | 962.7 | 964.3 | 553.3 | 4.27 | 9.62 | | |
| 895.6 | 936.8 | 938.0 | 535.8 | 4.73 | 10.53 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 172*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.4 y aditivo=1.00*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 814.3 | 849.3 | 851.0 | 483.5 | 4.51 | 9.99 | | |
| 850.0 | 884.3 | 885.1 | 508.2 | 4.13 | 9.32 | | |
| 816.6 | 849.6 | 851.1 | 482.8 | 4.23 | 9.38 | 4.37 | 9.71 |
| 820.8 | 856.4 | 858.2 | 487.0 | 4.56 | 10.08 | | |
| 810.9 | 844.6 | 845.9 | 481.2 | 4.32 | 9.61 | | |
| 829.9 | 865.1 | 866.8 | 494.5 | 4.45 | 9.92 | | |

Nota. Fuente propia

ABSORCIÓN Y VACÍOS USANDO CEMENTO TIPO GU Y A/C=0.5**Anexo 173***Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 patrón*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 820.9 | 863.2 | 864.5 | 496.8 | 5.31 | 11.86 | | |
| 809.7 | 844.2 | 845.1 | 490.2 | 4.37 | 9.96 | | |
| 834.6 | 874.8 | 876.0 | 507.7 | 4.96 | 11.23 | 4.74 | 10.76 |
| 811.9 | 845.6 | 846.5 | 492.5 | 4.26 | 9.78 | | |
| 848.3 | 888.1 | 889.1 | 517.1 | 4.82 | 10.98 | | |
| 816.3 | 853.7 | 854.9 | 494.7 | 4.73 | 10.73 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 174*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.50*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 916.2 | 965.3 | 966.9 | 558.7 | 5.53 | 12.41 | | |
| 914.0 | 965.2 | 966.7 | 555.0 | 5.76 | 12.79 | | |
| 911.7 | 955.2 | 956.3 | 555.2 | 4.89 | 11.12 | 5.17 | 11.68 |
| 925.0 | 972.9 | 974.1 | 564.0 | 5.31 | 11.97 | | |
| 915.4 | 958.3 | 959.3 | 559.4 | 4.80 | 10.99 | | |
| 905.3 | 946.8 | 947.9 | 552.1 | 4.71 | 10.77 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 175*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=0.75*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 859.9 | 900.8 | 901.7 | 524.2 | 4.86 | 11.06 | | |
| 879.6 | 921.9 | 923.0 | 536.2 | 4.93 | 11.22 | | |
| 921.2 | 966.3 | 967.5 | 560.6 | 5.02 | 11.37 | 5.02 | 11.39 |
| 892.4 | 935.0 | 936.7 | 544.8 | 4.96 | 11.30 | | |
| 938.2 | 983.5 | 984.3 | 572.7 | 4.91 | 11.19 | | |
| 887.9 | 934.7 | 936.3 | 540.5 | 5.45 | 12.23 | | |

Nota. Fuente propia

Anexo 176*Ensayo de absorción usando Cemento tipo GU, a/c=0.5 y aditivo=1.00*

| Masa A (gr) | Masa B (gr) | Masa C (gr) | Masa D (gr) | Absorción después de ebullición (%) | Vacíos (%) | Absorción Promedio (%) | vacíos promedio (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 904.9 | 951.2 | 952.4 | 551.5 | 5.25 | 11.85 | | |
| 907.5 | 947.2 | 948.1 | 553.0 | 4.47 | 10.28 | | |
| 885.0 | 926.2 | 928.0 | 540.1 | 4.86 | 11.09 | 5.05 | 11.45 |
| 895.4 | 941.4 | 942.9 | 545.4 | 5.31 | 11.96 | | |
| 891.5 | 940.9 | 942.3 | 543.1 | 5.69 | 12.72 | | |
| 869.5 | 909.9 | 910.7 | 529.9 | 4.74 | 10.82 | | |

Nota. Fuente propia

PANEL FOTOGRÁFICO

ENSAYO DE AGREGADOS



Anexo 177. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Anexo 178. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Anexo 179. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



Anexo 180. Pesado de muestra para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



Anexo 181. Tamizado para ensayo de granulometría del agregado fino



Anexo 182. Ensayo de granulometría del agregado fino: Extracción de muestra por tamiz para pesar.



Anexo 183. Tamizado para ensayo de granulometría del agregado grueso



Anexo 184. Mezcla u cuarteo de agregados para ensayo de compacidad



Anexo 185. Ensayo de compacidad 53% arena, 47% piedra

MEZCLA DE CONCRETO



Anexo 186. Vaciado de concreto en probetas y etiquetado de las mismas



Anexo 187. Curado de probetas

ENSAYOS EN CONCRETO EN ESTADO FRESCO



Anexo 188. Ensayo de consistencia



Anexo 189. Ensayo de peso unitario



Anexo 190. Ensayo de contenido de aire



Anexo 191. Ensayo de tiempo de fragua



Anexo 192. Ensayo de exudación

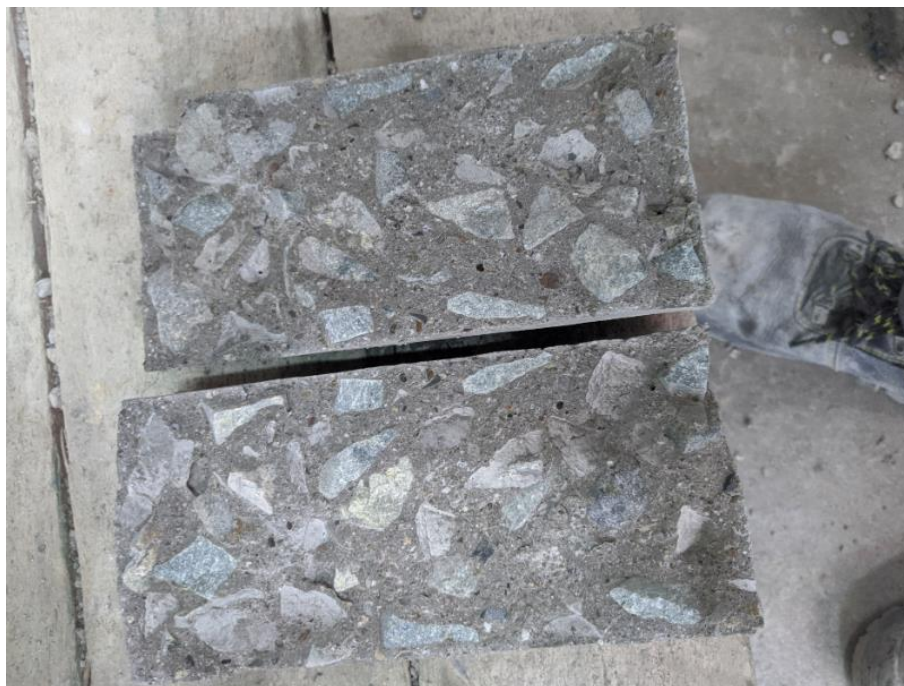
ENSAYOS EN CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO



Anexo 193. Ensayo de resistencia a la compresión



Anexo 194. Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral



Anexo 195. Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral: probeta luego del ensayo



Anexo 196. Ensayo de absorción y vacíos: secado de muestras cortadas.



Anexo 197. Ensayo de absorción y vacíos: peso sumergido aparente