UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

IAN JOSUE PALOMINO JIMENEZ
ID: 0009-0007-2044-5970

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMAN
ID: 0009-0001-6544-8493

Lima- Perú

2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

"**El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos**."
Palomino Jimenez, Ian Josue
ipalominoj@uni.pe
973493227

DEDICATORIA

A mi abuelito Magno, que creyó que sería ingeniero desde mi etapa de postulante, y que no pudo verme ingresar a la universidad y menos como me gradué, gracias por todo papito lindo.

A mis hermanos, All y Mayli, que me brindaron todo tipo de apoyo, que siempre me alentaron durante toda mi etapa universitaria y desde antes, para lograr mis metas, terminar la carrera y la presente tesis.

A mis padres Elisa y José, que me cuidaron y me brindaron su amor todos estos años.

A mi tía Luz que creyó en mi en momentos difíciles, mi tío Abel que me brindo apoyo cuando más lo necesitaba, y mis amigos de la Universidad que me motivaron a terminar la tesis

Y un amigo que no quiso reconocimiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme la oportunidad de estudiar ingeniería civil.

A los ingenieros Juan Quintana y German Peña de la empresa Química Suiza por donarme el aditivo Neoplast 8500 HP para realizar la presente tesis

Y a mí asesor el Ing. Rafael Cachay Huaman, por apoyarme y despejar algunas dudas durante la elaboración de la presente investigación.

INDICE

Resumen 7

Abstract 8

Prólogo 9

Lista de tablas 10

Lista de figuras 17

Lista de símbolos y siglas 21

Capítulo I: Introducción 22

1.1 Generalidades 22

1.2 Descripción del problema de investigación 23

1.2.1 Problema general 23

1.2.2 Problemas específicos 23

1.3 Objetivos del estudio 24

1.3.1 Objetivo general 24

1.3.2 Objetivos específicos 24

1.4 Hipótesis 24

1.5 Antecedentes investigativos 24

Capítulo II: Marcos teóricos y conceptual 29

2.1 Marco teórico 29

2.1.1 Ensayo de agregados 29

2.1.1.1 Peso específico y absorción 29

2.1.1.2 Granulometría 31

2.1.1.3 Peso unitario suelto y compactado 31

2.1.1.4 Contenido de Humedad 33

2.1.2 Diseño del concreto 33

2.1.2.1 Método del agregado global 33

2.1.3 Ensayo de concreto en estado fresco 33

2.1.3.1 Asentamiento 33

2.1.3.2 Peso unitario 34

2.1.3.3 Contenido de aire 34

2.1.3.4 Exudación 35
2.1.3.5 Tiempo de fragua 35
2.1.4 Ensayo de concreto en estado endurecido 36
2.1.4.1 Resistencia a la compresión 36
2.1.4.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral 36
2.1.5 Control de calidad de la resistencia a la compresión del concreto 37
2.1.6 Metodología de la investigación 38
2.1.6.1 Método científico 38
2.1.6.2 Diseño de investigación 38
2.1.6.3 Prueba de hipótesis 39
2.1.6.4 Tipo de errores en el contraste de hipótesis 39
2.1.6.5 Prueba de hipótesis sobre dos medias, respecto a dos muestras 39
2.2 Marco conceptual 40
2.2.1 Materiales usados para el concreto 40
2.2.2 Términos usados en los ensayos de agregados y concreto 41
2.2.3 Términos estadísticos 42
Capítulo III: Propiedades físicas de los agregados 43
3.1 Agregado fino 43
3.1.1 Peso Específico y porcentaje de absorción 43
3.1.2 Granulometría 44
3.1.3 Peso Unitario Suelto y Compactado 45
3.1.4 Contenido de Humedad 45
3.2 Agregado grueso 46
3.2.1 Agregado grueso de TMN 1” 46
3.2.1.1 Peso Específico y porcentaje de absorción 46
3.2.1.2 Granulometría 47
3.2.1.3 Peso Unitario Suelto y Compactado 48
3.2.1.4 Contenido de Humedad 49
3.2.2 Agregado grueso de TMN 3/4” 49
3.2.2.1 Peso Específico y porcentaje de absorción 49
3.2.2.2 Granulometría 50
3.2.2.3 Peso Unitario Suelto y Compactado 51
3.2.2.4 Contenido de Humedad 52
3.2.3 Agregado grueso de TMN 1/2” 52

3.2.3.1 Peso Específico y porcentaje de absorción 52
3.2.3.2 Granulometría 53
3.2.3.3 Peso Unitario Suelto y Compactado 54
3.2.3.4 Contenido de Humedad 55
3.2.4 Agregado grueso de TMN 3/8” 55
3.2.4.1 Peso Específico y porcentaje de absorción 55
3.2.4.2 Granulometría 56
3.2.4.3 Peso Unitario Suelto y Compactado 57
3.2.4.4 Contenido de Humedad 58
Capítulo IV: Diseño de la mezcla 59
4.1 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 1” 59
4.1.1 Diseño del concreto CA-0.20 61
4.1.2 Diseño del concreto CA-0.25 61
4.1.3 Diseño del concreto CA-0.30 62
4.2 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 3/4” 63
4.2.1 Diseño del concreto CB-0.20 63
4.2.2 Diseño del concreto CB-0.25 64
4.2.3 Diseño del concreto CB-0.30 64
4.3 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 1/2” 65
4.3.1 Diseño del concreto CC-0.20 65
4.3.2 Diseño del concreto CC-0.25 66
4.3.3 Diseño del concreto CC-0.30 67
4.4 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 3/8” 67
4.4.1 Diseño del concreto CD-0.20 68
4.4.2 Diseño del concreto CD-0.25 68
4.4.3 Diseño del concreto CD-0.30 69
4.5 Dosificación usada en el laboratorio 70
Capítulo V: Propiedades físicas y mecánicas del concreto 74
5.1 Concreto en estado fresco 74
5.1.1 Asentamiento 74
5.1.2 Peso Unitario 74
5.1.3 Contenido de aire 75
5.1.4 Exudación 76

5.1.5 Tiempo de fragua 76
5.1.5.1 Tiempo de fragua de concreto CA-0.20 76
5.1.5.2 Tiempo de fragua de concreto CA-0.25 79
5.1.5.3 Tiempo de fragua de concreto CA-0.30 80
5.1.5.4 Tiempo de fragua de concreto CB-0.20 82
5.1.5.5 Tiempo de fragua de concreto CB-0.25 84
5.1.5.6 Tiempo de fragua de concreto CB-0.30 85
5.1.5.7 Tiempo de fragua de concreto CC-0.20 87
5.1.5.8 Tiempo de fragua de concreto CC-0.25 89
5.1.5.9 Tiempo de fragua de concreto CC-0.30 90
5.1.5.10 Tiempo de fragua de concreto CD-0.20 92
5.1.5.11 Tiempo de fragua de concreto CD-0.25 94
5.1.5.12 Tiempo de fragua de concreto CD-0.30 95
5.2 Concreto en estado endurecido 97
5.2.1 Resistencia a la compresión 97
5.2.1.1 Resistencia a la compresión de los concreto CA 97
5.2.1.2 Resistencia a la compresión de los concreto CB 101
5.2.1.3 Resistencia a la compresión de los concreto CC 105
5.2.1.4 Resistencia a la compresión de los concreto CD 109
5.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral 113
5.2.2.1 Resistencia a la tracción de los concreto CA 113
5.2.2.2 Resistencia a la tracción de los concreto CB 117
5.2.2.3 Resistencia a la tracción de los concreto CC 121
5.2.2.4 Resistencia a la tracción de los concreto CD 125
Capítulo VI: Resultados obtenidos 130
6.1 Propiedades físicas de los agregados 130
6.2 Propiedades físicas del concreto en estado fresco 132
6.2.1 Concreto con relación a/c 0.20 134
6.2.2 Concreto con relación a/c 0.25 135
6.2.3 Concreto con relación a/c 0.30 137
6.3 Propiedades mecánicas del concreto 139
6.3.1 Concreto con relación a/c 0.20 140
6.3.2 Concreto con relación a/c 0.25 142
6.3.3 Concreto con relación a/c 0.30 143

Capítulo VII: Análisis de resultados 145

7.1 Resistencia a la compresión a 7 días 145

7.1.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20 145
7.1.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25 148
7.1.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30 150
7.1.4 Resumen de comparación de muestras a los 7 días 152
7.2 Resistencia a la compresión a 14 días 153

7.2.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20 153
7.2.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25 155
7.2.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30 158
7.2.4 Resumen de comparación de muestras a los 14 días 160
7.3 Resistencia a la compresión a 28 días 161

7.3.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20 161
7.3.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25 163
7.3.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30 166
7.3.4 Resumen de comparación de muestras a los 28 días 168
7.4 Control de calidad del concreto 168

7.4.1 Control de calidad del concreto CA 169
7.4.2 Control de calidad del concreto CB 170
7.4.3 Control de calidad del concreto CC 171
7.4.4 Control de calidad del concreto CD 172
7.4.5 Resumen del Control de calidad del concreto 174
7.5 Prueba de hipótesis 174

7.5.1 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CB) 174
7.5.1.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CB-0.20 174
7.5.1.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CB-0.25 175
7.5.1.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CB-0.30 176
7.5.2 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CC) 177
7.5.2.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CC-0.20 177
7.5.2.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CC-0.25 178
7.5.2.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CC-0.30 179
7.5.3 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CD) 179
7.5.3.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CD-0.20 179
7.5.3.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CD-0.25 180

7.5.3.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CD-0.30 181

Conclusiones 183

Recomendaciones 187

Referencias bibliográficas 188

Anexos 192

RESUMEN

La presente tesis tuvo como finalidad determinar el efecto de variar el tamaño máximo nominal del agregado grueso en concretos de alta resistencia, ya que en la actualidad el uso de concretos de alta resistencia es más común en las obras civiles. Por lo cual se plantea una tesis del tipo experimental, tomando como hipótesis a demostrar que “la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generará una variación en la resistencia final a la compresión del concreto”, por lo cual se realizó los diseños de concretos de alta resistencia con agregado grueso de TMN 1”, 3/4”, 1/2", y 3/8”, y en cada caso se consideró diferentes relaciones a/c (0.20, 0.25, y 0.30) dando un total de 12 diferentes diseños de concretos, considerando como los diseños patrones los concretos que usan el agregado grueso de TMN 1”.

Los resultados obtenidos en el laboratorio evidenciaron que los 12 diseños de concretos presentan una buena trabajabilidad ya que su asentamiento está dando valores entre 5 y 7 pulgadas; teniendo una resistencia a la compresión a los 28 días de los concretos patrones de TMN 1”: 722.07 kg/cm^2 para una relación a/c 0.20, 712.68 Kg/cm^2 para una relación a/c 0.25, y 708.83 Kg/cm^2 para una relación a/c 0.30; y los concretos que obtuvieron la mayor resistencia a la compresión siendo los que usaron el agregado grueso de TMN de 1/2": 809.55 Kg/cm^2 para una relación a/c 0.20, 827.68 Kg/cm^2 para para una relación a/c 0.25, y 766.74 kg/cm^2 para para una relación a/c 0.30.

Considerando la prueba de hipótesis desarrollada en la presente tesis, se corroboró la hipótesis planteada dando como resultado que la variación del tamaño máximo nominal del agregado genera una variación en la resistencia final a la compresión siendo esta mayor respecto al concreto patrón para cada relación a/c.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to determine the effect of varying the maximum nominal size of the coarse aggregate in high-strength concrete, since the use of high-strength concrete is more common in civil works. Therefore, an experimental type thesis is proposed, taking as a hypothesis to demonstrate that "the variation of the nominal maximum size of the coarse aggregate will generate a variation in the final compressive strength of the concrete"; for that reason, the designs of high strength concrete were carried out with coarse aggregate of TMN 1", 3/4", 1/2", and 3/8"", and to each one different W/C ratios were applied (0.20, 0.25, and 0.30) giving a total of 12 different concrete designs, considering as the standard designs the concretes that uses the coarse aggregate with TMN 1".

The results obtained in the laboratory showed that the 12 concrete designs have good workability since their settlement is giving values between 5 and 7 inches; having a compressive strength at 28 days of the TMN 1" standard concretes: 726.51 kg/cm^2 for a w/c ratio 0.20, 715.54 Kg/cm^2 for a w/c ratio 0.25, and 712.24 Kg/cm^2 for a w/c ratio 0.30; and those that gave the highest compressive strength being the concrete that used 1/2" TMN coarse aggregate: 813.02 Kg/cm^2 for a w/c ratio 0.20, 830.75 for a w/c ratio 0.25, and 769.4 kg/cm^2 for a w/c ratio 0.30.

And considering the hypothesis test developed in this thesis, the proposed hypothesis was corroborated, resulting in the variation of the nominal maximum size of the aggregate generating a variation in the final compressive strength, which is greater than the standard concrete.

PRÓLOGO

Este estudio está llamado a servir como una guía para diseños de concreto de alta resistencia usando diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso, en mezclas que no contienen adiciones minerales y que presentan bajas relaciones a/c menores a 0.30, con el apoyo de un aditivo superplastificante el cual permite una buena trabajabilidad. Asimismo, el estudio tiene como finalidad ampliar el repositorio de investigaciones aplicadas al uso de diferentes tamaños máximos nominales del agregado grueso en concretos.

El diseño de concreto de alta resistencia toma como referencia la norma ACI 211.4R-08, también consideran como guías las investigaciones existentes que hayan desarrollado un concreto de alta resistencia, en las cuales predomina el uso de adiciones como la microsilice o nanocilice, entre otras adiciones que aumentan la resistencia final a la compresión.

Esta investigación también ayudará a que se realicen más investigaciones de esta índole donde puedan analizar la influencia de concretos de alta resistencia sin la necesidad de usar adiciones en las propiedades físicas y mecánicas del agregado, o concretos de alta resistencia que usen una relación a/c de 0.2 y que diferencia tienen con concretos con una relación a/c mayor.

La presente investigación está desarrollada en 7 capítulos, donde se desarrolló el diseño de concretos de alta resistencia mediante el método del agregado global, se desarrolló el control de calidad mediante el análisis estadístico aplicado en la norma ACI 214 RS-11 (ACI, 2017) para validar los resultados obtenidos y que estos cuenten con un mínimo estándar de calidad, y mediante la prueba de hipótesis se logró verificar la hipótesis planteada que validara el fin de esta investigación.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Peso mínimo para el ensayo de peso específico 30
Tabla 2 Peso mínimo para el ensayo de granulometría 31
Tabla 3 Volumen del recipiente para el ensayo de peso unitario 32
Tabla 4 Factor de corrección para el ensayo de resistencia a la compresión..... 36
Tabla 5 Estándares de control del concreto con f´c ≤ 356.90 Kg/cm^2 37
Tabla 6 Estándares de control del concreto con f´c ≥ 356.90 Kg/cm^2 38
Tabla 7 Tabla de posibles situaciones al probar una hipótesis..... 39
Tabla 8 Fórmula aplicada para hallar el estadístico t y la región crítica..... 40
Tabla 9 Valores del laboratorio para el agregado fino 43
Tabla 10 PE y porcentaje de absorción del agregado fino 43
Tabla 11 Granulometría del agregado fino..... 44
Tabla 12 PUS y PUC del agregado fino..... 45
Tabla 13 Contenido de humedad del agregado fino para los diferentes TMN 45
Tabla 14 Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 1” 46
Tabla 15 PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 1” 47
Tabla 16 Granulometría del agregado grueso de TMN 1” 47
Tabla 17 PUS y PUC del agregado grueso de TMN 1” 48
Tabla 18 Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1” 49
Tabla 19 Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 3/4” 50
Tabla 20 PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 3/4”..... 50
Tabla 21 Granulometría del agregado grueso de TMN 3/4” 50
Tabla 22 PUS y PUC del agregado grueso de TMN 3/4” 51
Tabla 23 Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 3/4” 52
Tabla 24 Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 1/2” 53
Tabla 25 PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 1/2”..... 53
Tabla 26 Granulometría del agregado grueso de TMN 1/2” 53
Tabla 27 PUS y PUC del agregado grueso de TMN 1/2” 54
Tabla 28 Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1/2” 55
Tabla 29 Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 3/8” 56
Tabla 30 PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 3/8”..... 56
Tabla 31 Granulometría del agregado grueso de TMN 3/8” 56
Tabla 32 PUS y PUC del agregado grueso de TMN 3/8” 57
Tabla 33 Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1/2” 58
Tabla 34 Método del agregado global, porcentaje de arena y piedra 59

Tabla 35 Relación de arena y piedra en concretos ensayados a los 7 días 60
Tabla 36 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-020 61
Tabla 37 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020 61
Tabla 38 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-025 62
Tabla 39 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-025 62
Tabla 40 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-030 62
Tabla 41 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-030 63
Tabla 42 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-020 63
Tabla 43 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CB-020 64
Tabla 44 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-025 64
Tabla 45 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CB-025 64
Tabla 46 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-030 65
Tabla 47 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020 65
Tabla 48 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-020 66
Tabla 49 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-020 66
Tabla 50 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-025 66
Tabla 51 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-025 67
Tabla 52 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-030 67
Tabla 53 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-030 67
Tabla 54 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-020 68
Tabla 55 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CD-020 68
Tabla 56 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-025 69
Tabla 57 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CD-025 69
Tabla 58 Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-030 69
Tabla 59 Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020 70
Tabla 60 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-020 70
Tabla 61 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-025 71
Tabla 62 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-030 71
Tabla 63 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-020 71
Tabla 64 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-0.25 71
Tabla 65 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-0.30 72
Tabla 66 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.20 72
Tabla 67 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.25 72
Tabla 68 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.30 72
Tabla 69 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.20 73

Tabla 70 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.25 73
Tabla 71 Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.30 73
Tabla 72 Asentamiento de los concretos CA 74
Tabla 73 Asentamiento de los concretos CB 74
Tabla 74 Asentamiento de los concretos CC 74
Tabla 75 Asentamiento de los concretos CD 74
Tabla 76 Peso unitario de los concretos CA 75
Tabla 77 Peso unitario de los concretos CB 75
Tabla 78 Peso unitario de los concretos CC 75
Tabla 79 Peso unitario de los concretos CD 75
Tabla 80 Contenido de aire de los concretos CA 75
Tabla 81 Contenido de aire de los concretos CB 75
Tabla 82 Contenido de aire de los concretos CC 75
Tabla 83 Contenido de aire de los concretos CD 76
Tabla 84 Tiempo de fragua CA-0.20 día 1 77
Tabla 85 Tiempo de fragua CA-0.20 día 2 77
Tabla 86 Tiempo de fragua CA-0.25 79
Tabla 87 Tiempo de fragua CA-0.30 80
Tabla 88 Tiempo de fragua CB-0.20 día 1 82
Tabla 89 Tiempo de fragua CB-0.20 día 2 82
Tabla 90 Tiempo de fragua CB-0.25 84
Tabla 91 Tiempo de fragua CB-0.30 85
Tabla 92 Tiempo de fragua CC-0.20 día 1 87
Tabla 93 Tiempo de fragua CC-0.20 día 2 87
Tabla 94 Tiempo de fragua CC-0.25 89
Tabla 95 Tiempo de fragua CC-0.30 90
Tabla 96 Tiempo de fragua CD-0.20 día 1 92
Tabla 97 Tiempo de fragua CD-0.20 día 2 92
Tabla 98 Tiempo de fragua CD-0.25 94
Tabla 99 Tiempo de fragua CD-0.30 95
Tabla 100 Dimensiones de las probetas CA-0.20 para compresión 97
Tabla 101 Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.20 97
Tabla 102 Resistencia promedio de las probetas CA-0.20 98
Tabla 103 Dimensiones de las probetas CA-0.25 para compresión 98
Tabla 104 Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.25 99

Tabla 105 Resistencia promedio de las probetas CA-0.25..... 99
Tabla 106 Dimensiones de las probetas CA-0.30 para compresión..... 100
Tabla 107 Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.30 100
Tabla 108 Resistencia promedio de las probetas CA-0.30..... 100
Tabla 109 Dimensiones de las probetas CB-0.20 para compresión..... 101
Tabla 110 Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.20 102
Tabla 111 Resistencia promedio de las probetas CB-0.20..... 102
Tabla 112 Dimensiones de las probetas CB-0.25 para compresión..... 103
Tabla 113 Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.25 103
Tabla 114 Resistencia promedio de las probetas CB-0.25..... 103
Tabla 115 Dimensiones de las probetas CB-0.30 para compresión..... 104
Tabla 116 Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.30 104
Tabla 117 Resistencia promedio de las probetas CB-0.30..... 105
Tabla 118 Dimensiones de las probetas CC-0.20 para compresión..... 105
Tabla 119 Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.20 106
Tabla 120 Resistencia promedio de las probetas CC-0.20 106
Tabla 121 Dimensiones de las probetas CC-0.25 para compresión..... 107
Tabla 122 Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.25 107
Tabla 123 Resistencia promedio de las probetas CC-0.25 107
Tabla 124 Dimensiones de las probetas CC-0.30 para compresión..... 108
Tabla 125 Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.30 108
Tabla 126 Resistencia promedio de las probetas CC-0.30 109
Tabla 127 Dimensiones de las probetas CD-0.20 para compresión..... 109
Tabla 128 Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.20 110
Tabla 129 Resistencia promedio de las probetas CD-0.20 110
Tabla 130 Dimensiones de las probetas CD-0.25 para compresión..... 111
Tabla 131 Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.25 111
Tabla 132 Resistencia promedio de las probetas CD-0.25 111
Tabla 133 Dimensiones de las probetas CD-0.30 para compresión..... 112
Tabla 134 Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.30 112
Tabla 135 Resistencia promedio de las probetas CD-0.30 113
Tabla 136 Dimensiones de las probetas CA-0.20 para tracción..... 114
Tabla 137 Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.20 114
Tabla 138 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.20..... 114
Tabla 139 Dimensiones de las probetas CA-0.25 para tracción..... 115

Tabla 140 Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.25 115
Tabla 141 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.25..... 116
Tabla 142 Dimensiones de las probetas CA-0.30 para tracción..... 116
Tabla 143 Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.30 117
Tabla 144 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.30..... 117
Tabla 145 Dimensiones de las probetas CB-0.20 para tracción..... 118
Tabla 146 Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.20 118
Tabla 147 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.20..... 118
Tabla 148 Dimensiones de las probetas CB-0.25 para tracción..... 119
Tabla 149 Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.25 119
Tabla 150 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.25..... 120
Tabla 151 Dimensiones de las probetas CB-0.30 para tracción..... 120
Tabla 152 Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.30 121
Tabla 153 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.30..... 121
Tabla 154 Dimensiones de las probetas CC-0.20 para tracción..... 122
Tabla 155 Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.20 122
Tabla 156 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.20 122
Tabla 157 Dimensiones de las probetas CC-0.25 para tracción..... 123
Tabla 158 Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.25 123
Tabla 159 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.25 124
Tabla 160 Dimensiones de las probetas CC-0.30 para tracción..... 124
Tabla 161 Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.30 125
Tabla 162 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.30 125
Tabla 163 Dimensiones de las probetas CD-0.20 para tracción..... 126
Tabla 164 Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.20 126
Tabla 165 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.20 126
Tabla 166 Dimensiones de las probetas CD-0.25 para tracción..... 127
Tabla 167 Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.25 127
Tabla 168 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.25 128
Tabla 169 Dimensiones de las probetas CD-0.30 para tracción..... 128
Tabla 170 Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.30 129
Tabla 171 Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.30 129
Tabla 172 Resumen de las propiedades físicas del agregado fino 130
Tabla 173 Resumen de las propiedades físicas de los agregados gruesos 130
Tabla 174 Propiedades físicas del concreto CA en estado fresco..... 133

Tabla 175 Propiedades físicas del concreto CB en estado fresco..... 133
Tabla 176 Propiedades físicas del concreto CC en estado fresco 133
Tabla 177 Propiedades físicas del concreto CD en estado fresco 133
Tabla 178 Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.20 134
Tabla 179 Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.25 135
Tabla 180 Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.30 137
Tabla 181 Resistencia a la compresión del concreto CA 139
Tabla 182 Resistencia a la tracción del concreto CA 139
Tabla 183 Resistencia a la compresión del concreto CB 139
Tabla 184 Resistencia a la tracción del concreto CB 139
Tabla 185 Resistencia a la compresión del concreto CC 140
Tabla 186 Resistencia a la tracción del concreto CC 140
Tabla 187 Resistencia a la compresión del concreto CD 140
Tabla 188 Resistencia a la tracción del concreto CD 140
Tabla 189 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.20..... 140
Tabla 190 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.20..... 141
Tabla 191 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.25..... 142
Tabla 192 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.25..... 142
Tabla 193 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.30..... 143
Tabla 194 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.30..... 144
Tabla 195 Análisis estadístico del CA-0.20 ensayado a los 28 días..... 169
Tabla 196 Análisis estadístico del CA-0.25 ensayado a los 28 días..... 169
Tabla 197 Análisis estadístico del CA-0.30 ensayado a los 28 días..... 169
Tabla 198 Análisis estadístico del CB-0.20 ensayado a los 28 días..... 170
Tabla 199 Análisis estadístico del CB-0.25 ensayado a los 28 días..... 170
Tabla 200 Análisis estadístico del CB-0.30 ensayado a los 28 días..... 171
Tabla 201 Análisis estadístico del CC-0.20 ensayado a los 28 días 171
Tabla 202 Análisis estadístico del CC-0.25 ensayado a los 28 días 171
Tabla 203 Análisis estadístico del CC-0.30 ensayado a los 28 días 172
Tabla 204 Análisis estadístico del CD-0.20 ensayado a los 28 días 172
Tabla 205 Análisis estadístico del CD-0.25 ensayado a los 28 días 173
Tabla 206 Análisis estadístico del CD-0.30 ensayado a los 28 días 173
Tabla 207 Resumen del control de calidad de los concretos 174
Tabla 208 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CB-0.20..... 175
Tabla 209 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CB-0.25..... 176

Tabla 210 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CB-0.30..... 176
Tabla 211 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CC-0.20 177
Tabla 212 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CC-0.25 178
Tabla 213 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CC-0.30 179
Tabla 214 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CD-0.20 180
Tabla 215 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CD-0.25 181
Tabla 216 Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CD-0.30 182

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Granulometría del agregado fino 44
Figura 2 Agregado grueso (piedra) de TMN 1" usada para ensayos 46
Figura 3 Granulometría del agregado grueso de TMN de 1" 48
Figura 4 Agregado grueso (piedra) de TMN 3/4" usada para ensayos 49
Figura 5 Granulometría del agregado grueso de TMN de 3/4" 51
Figura 6 Agregado grueso (piedra) de TMN 1/2" usada para ensayos 52
Figura 7 Granulometría del agregado grueso de TMN de 1/2" 54
Figura 8 Piedra de TMN 3/8" usada para ensayos 55
Figura 9 Granulometría del agregado grueso de TMN de 3/8" 57
Figura 10 Peso unitario del agregado global 60
Figura 11 Trompo de 40L perteneciente al LEM 70
Figura 12 Ensayo de exudación del concreto CC-0.30 76
Figura 13 Tiempo de fragua CA-0.20 78
Figura 14 Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.20 78
Figura 15 Tiempo de fragua CA-0.25 79
Figura 16 Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.25 80
Figura 17 Tiempo de fragua CA-0.30 81
Figura 18 Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.30 81
Figura 19 Tiempo de fragua CB-0.20 83
Figura 20 Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.20 83
Figura 21 Tiempo de fragua CB-0.25 84
Figura 22 Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.25 85
Figura 23 Tiempo de fragua CB-0.30 86
Figura 24 Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.30 86
Figura 25 Tiempo de fragua CC-0.20 88
Figura 26 Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.20 88
Figura 27 Tiempo de fragua CC-0.25 89
Figura 28 Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.25 90
Figura 29 Tiempo de fragua CC-0.30 91
Figura 30 Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.30 91
Figura 31 Tiempo de fragua CD-0.20 93
Figura 32 Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.20 93
Figura 33 Tiempo de fragua CD-0.25 94
Figura 34 Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.25 95

Figura 35 Tiempo de fragua CD-0.30 96
Figura 36 Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.30 96
Figura 37 Resistencia a la compresión de CA-0.20 98
Figura 38 Resistencia a la compresión de CA-0.25 99
Figura 39 Resistencia a la compresión de CA-0.30 101
Figura 40 Resistencia a la compresión de CB-0.20 102
Figura 41 Resistencia a la compresión de CB-0.25 104
Figura 42 Resistencia a la compresión de CB-0.30 105
Figura 43 Resistencia a la compresión de CC-0.20 106
Figura 44 Resistencia a la compresión de CC-0.25 108
Figura 45 Resistencia a la compresión de CC-0.30 109
Figura 46 Resistencia a la compresión de CD-0.20 110
Figura 47 Resistencia a la compresión de CD-0.25 112
Figura 48 Resistencia a la compresión de CD-0.30 113
Figura 49 Resistencia a la tracción de CA-0.20 115
Figura 50 Resistencia a la tracción de CA-0.25 116
Figura 51 Resistencia a la tracción de CA-0.30 117
Figura 52 Resistencia a la tracción de CB-0.20 119
Figura 53 Resistencia a la tracción de CB-0.25 120
Figura 54 Resistencia a la tracción de CB-0.30 121
Figura 55 Resistencia a la tracción de CC-0.20 123
Figura 56 Resistencia a la tracción de CC-0.25 124
Figura 57 Resistencia a la tracción de CC-0.30 125
Figura 58 Resistencia a la tracción de CD-0.20 127
Figura 59 Resistencia a la tracción de CD-0.25 128
Figura 60 Resistencia a la tracción de CD-0.30 129
Figura 61 Peso específico de los agregados gruesos 131
Figura 62 Porcentaje de absorción de los agregados gruesos 131
Figura 63 Módulo de finura de los agregados gruesos 131
Figura 64 Peso unitario suelto de los agregados gruesos 132
Figura 65 Peso unitario compactado de los agregados gruesos 132
Figura 66 Asentamiento del concreto con relación a/c 0.20 134
Figura 67 Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.20 134
Figura 68 Peso unitario del concreto con relación a/c 0.20 135
Figura 69 Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.20 135

Figura 70 Asentamiento del concreto con relación a/c 0.25 136
Figura 71 Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.25 136
Figura 72 Peso unitario del concreto con relación a/c 0.25 136
Figura 73 Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.25 137
Figura 74 Asentamiento del concreto con relación a/c 0.30 137
Figura 75 Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.30 138
Figura 76 Peso unitario del concreto con relación a/c 0.30 138
Figura 77 Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.30 138
Figura 78 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.20 141
Figura 79 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.20 141
Figura 80 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.25 142
Figura 81 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.25 143
Figura 82 Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.30 143
Figura 83 Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.30 144
Figura 84 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 7 días 145
Figura 85 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 7 días 146
Figura 86 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 7 días 146
Figura 87 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 7 días 146
Figura 88 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 7 días 147
Figura 89 Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 7 días 147
Figura 90 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 7 días 148
Figura 91 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 7 días 148
Figura 92 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 7 días 148
Figura 93 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 7 días 149
Figura 94 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 7 días 149
Figura 95 Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 7 días 150
Figura 96 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 7 días 150
Figura 97 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 7 días 150
Figura 98 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 7 días 151
Figura 99 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 7 días 151
Figura 100 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 7 días 152
Figura 101 Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 7 días 152
Figura 102 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 14 días 153
Figura 103 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 14 días 153
Figura 104 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 14 días 154

Figura 105 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 14 días 154
Figura 106 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 14 días 155
Figura 107 Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 14 días 155
Figura 108 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 14 días 155
Figura 109 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 14 días 156
Figura 110 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 14 días 156
Figura 111 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 14 días 157
Figura 112 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 14 días 157
Figura 113 Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 14 días 157
Figura 114 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 14 días 158
Figura 115 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 14 días 158
Figura 116 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 14 días 159
Figura 117 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 14 días 159
Figura 118 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 14 días 159
Figura 119 Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 14 días 160
Figura 120 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 28 días 161
Figura 121 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 28 días 161
Figura 122 Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 28 días 162
Figura 123 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 28 días 162
Figura 124 Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 28 días 162
Figura 125 Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 28 días 163
Figura 126 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 28 días 163
Figura 127 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 28 días 164
Figura 128 Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 28 días 164
Figura 129 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 28 días 164
Figura 130 Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 28 días 165
Figura 131 Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 28 días 165
Figura 132 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 28 días 166
Figura 133 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 28 días 166
Figura 134 Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 28 días 166
Figura 135 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 28 días 167
Figura 136 Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 28 días 167
Figura 137 Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 28 días 168

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- a/c : relación agua/cemento para diseño de mezcla
- ACI : American Concrete Institute
- C.V : coeficiente de variación
- cm : centímetro
- cm^2 : centímetro cuadrado
- f'c : resistencia a la compresión del concreto según RNE E060
- g : gramo
- g/cm^3 : gramo entre centímetro cúbico
- H0 : Hipótesis nula
- H1 : Hipótesis alternativa
- in^2 : pulgada cuadrada
- Kg : kilogramo
- Kg/cm^2: Kilogramo entre centímetro cuadrado
- Kg/m^3 : kilogramo entre metro cúbico
- l : litro
- lb : libra
- MPa : Megapascal
- m^3 : metro cúbico
- MF : Módulo de Finura
- min : minuto
- ml : mililitro
- mm : milímetro
- PE : Peso Especifico
- psi : Libras por pulgadas cuadradas
- PUC : Peso Unitario Compactado
- PUS : Peso Unitario Suelto
- NTP : Norma Técnica Peruana
- u : Media muestral
- TMN : Tamaño Máximo Nominal
- σ : Desviación estándar

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La tendencia en las investigaciones relacionadas al diseño de mezclas del concreto convencional tratan del empleo de un aditivo o una adición cuantificando su influencia en las propiedades fiscas y mecánicas del concreto, mientras que la tendencia en las investigaciones en el caso del concreto de alta resistencia los estudios están dirigidos al uso de aditivos superplastificantes y adiciones minerales evaluando su influencia, igualmente, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto..

Por lo general las investigaciones relacionadas al concreto de alta resistencia usan cemento portland tipo 1, aditivos superplastificantes para lograr una conveniente trabajabilidad y adiciones de micro-sílice o nano sílice para llegar a altas resistencias; los agregados que se emplean son los disponibles en la zona o los que puedan adquirirse fácilmente para el diseño de estos concretos.

En la presente investigación se considera a los agregados como la variable independiente que influye en la resistencia final a la compresión del concreto; se recurre al método científico para demostrar la hipótesis planteada, mediante una investigación de carácter experimental.

El estudio se desarrolla en 7 capítulos, correspondiendo al Capítulo I las generalidades y presentación del problema de investigación, la hipótesis con sus respectivos objetivos, y los antecedentes de esta investigación. El Capítulo II trata sobre las normas técnicas aplicables a los ensayos, la teoría usada para el diseño, el control de calidad de las probetas a compresión y la metodología de la investigación. En el Capítulo IV se presenta el diseño de los concretos usados para sustentar la tesis y sus respectivas proporciones en peso en su estado seco y húmedos.

El capítulo III, y el capítulo V donde se presentó las aplicaciones de las normas para obtener las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino, del agregado grueso y del concreto. El capítulo VI, donde se presentó un resumen comparativo de los resultados obtenidos en el laboratorio sobre los agregados y el concreto. El

capítulo VII, presenta un análisis comparativo de las resistencias a la compresión del concreto ensayado a los 7,14 y 28 días; un análisis estadístico para hacer un control de calidad de las muestras ensayadas, y la prueba de hipótesis para verificar la hipótesis planteada.

1.2 Descripción del problema de investigación

De las diversas referencias consultadas sobre el concreto convencional se encontraron algunas que estudiaron el efecto del TMN del agregado grueso o del Módulo de Finura del agregado fino aplicado a concretos con relación a/c mayores a 0.40 y concretos de resistencia a la compresión baja a media. En otras referencias consultadas sobre los concretos de alta resistencia (CAR), se ha encontrado que pocas han tratado sobre la influencia del TMN en la determinación de las principales propiedades del concreto, motivo por el cual se considera la necesidad de mayores investigaciones para determinar la influencia del TMN en el diseño de estas mezclas lo que conduce a nuestra problemática general.

Partiendo de lo anteriormente mencionado, se puede afirmar que la selección del TMN del agregado grueso afectará las propiedades físicas del agregado grueso como son el peso específico, el porcentaje de absorción, la granulometría, el peso unitario suelto y compactado. En consecuencia, es de esperar variación en las propiedades del concreto tales como el peso unitario, el contenido de aire, la exudación, el tiempo de fragua; igualmente sobre la resistencia a la compresión, y la resistencia a la tracción a diferentes edades, tales como a los 7, 14 y 28 días.

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo influye la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso en las propiedades del concreto de alta resistencia?

1.2.2 Problemas específicos

i. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso de 1”, 3/4", 1/2" y 3/8” en las propiedades físicas del agregado?
ii. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso en las propiedades físicas del concreto de alta resistencia en su estado fresco?

iii. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en su estado endurecido?

iv. ¿Cómo variara la resistencia a la compresión de las muestras de concreto de alta resistencia en el tiempo?

1.3 Objetivos del estudio

A partir de la problemática definida se plantean los objetivos siguientes.

1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto que genera la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso en las propiedades del concreto de alta resistencia

1.3.2 Objetivos específicos

i. Evaluar las propiedades físicas del agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1", 3/4", 1/2" y 3/8"

ii. Evaluar las propiedades físicas del concreto de alta resistencia en su estado fresco.

iii. Evaluar las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en su estado endurecido.

iv. Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días.

1.4 Hipótesis

Esta investigación plantea como hipótesis que la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generará una variación en la resistencia final a la compresión del concreto. Para ello se realiza un programa experimental en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM-UNI) el cual se detalla en el Anexo 6.

1.5 Antecedentes investigativos

Las investigaciones que se revisaron están relacionadas con el concreto de alta resistencia o el uso de diferentes tamaños máximos nominales del agregado grueso como variable de dichas investigaciones.

Las investigaciones relacionadas al concreto de alta resistencia son:

- "Influencia de la micro-sílice y el aditivo súper-plastificante en el concreto de alta resistencia" (Tejada, 2016), que tiene como objetivo obtener información sobre las relaciones entre las proporciones de los diversos componentes del concreto de alta resistencia considerando la microsilice (Sika® Fume o micro sílice Z) y el aditivo superplastificante (Sika® ViscoCrete – 20 HE o Plastol 5000); igualmente estudia la variación de la resistencia a la compresión a diferentes edades hasta los 91 días. Para el diseño de mezcla emplea la metodología del ACI, usando agregado grueso de TMN de 3/4", considerando 3 diferentes relaciones a/c (0.25, 0.30 y 0.35) con 3 dosificaciones de adición de micro-sílice (5.0%, 7.5% y 10 % del peso del cemento) dando un total de 9 diseños diferentes.

  Los resultados muestran resistencias a la compresión entre 709.4 Kg/cm^2 y 857.03 Kg/cm^2 a los 28 días de edad, y entre 751.57 Kg/cm^2 y 914.68 Kg/cm^2 a los 91 días; se concluye que para relaciones a/c de 0.25 la resistencia a la compresión es mayor cuando se usa un 5.0% de micro-sílice, para a/c de 0.30 la resistencia a la compresión es mayor cuando se usa un 10% de micro-sílice y para a/c de 0.35 la resistencia a la compresión es mayor cuando se usa un 7.5% de micro-sílice

- "Hormigones de alta resistencia (f'c=50MPa) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento Armaduro especial Lafarge" (Chiluisa, 2014) que tiene como objetivo analizar los efectos que se producen en el hormigón por la influencia de añadir micro sílice y aditivo químico en la mezcla, mediante el ensayo de probetas cilíndricas a diferentes edades. Tiene como metodología de diseño las tablas proporcionadas por ACI, usando agregado grueso de TMN de 1/2", con relación a/c 0.30 con 3 dosificaciones de adición de micro-sílice (10.0%, 13.0% y 15.0 % del peso del cemento), usando el aditivo superplastificante Sikament N100, dando un total de 3 diseños diferentes.

  Presenta como resultados una resistencia promedio para la dosificación de 10% de micro sílice de 63.3 MPa (645.48 Kg/cm^2), para la dosificación de 13% de micro sílice de 64.3 MPa (655.68 Kg/cm^2), para la dosificación de 15% de micro sílice de 63.6 MPa (648.54 Kg/cm^2), y concluyendo que el

diseño que usa el 13% de micro sílice genera la mayor resistencia a la compresión.

Otras investigaciones, están relacionadas al estudio del uso de agregado grueso con diferentes tamaños máximos nominales o diferentes módulos de finura del agregado fino; entre estos estudios se tienen los siguientes:

- "Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del Río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para f´c= 250 Kg/cm2" (Morales, 2017), cuyo objetivo es determinar la influencia de usar agregado grueso de diferente tamaño máximo nominal de 1" y 1/2" proveniente del Rio Amoju, para un diseño teórico de 250 Kg/cm2 usando las tablas de dosificación del ACI para hallar las proporciones de los materiales considerando una relación a/c de 0.55.
  Se tiene como resultado para el diseño del concreto con agregado grueso de TMN de 1/2" una resistencia a la compresión de 285.5 Kg/cm^2 y para el agregado grueso de TMN de 1" una resistencia a la compresión de 255.33 Kg/cm^2, concluyéndose que el diseño de concreto que usa el agregado grueso de TMN de 1/2" necesita mayor cantidad de cemento por metro cúbico respecto al otro diseño, además que el diseño de concreto que usa el agregado grueso de TMN 1/2" genero mayor resistencia respecto al otro diseño del concreto.

- "Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el tamaño del agregado grueso de tipo canto rodado de río, usando aditivo superplastificante de fraguado normal" (Vargas, 2004), que tiene como objetivo el estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido cuando se usa el aditivo superplastificante Euco 37 usando agregado grueso de tipo canto rodado, teniendo como metodología de diseño el método del agregado global considerando para los diseños de concreto una relación de 45% de arena y 55% de piedra, considerando agregados gruesos del tipo canto rodado (TMN de 1", 3/4" y 1/2"), con relaciones a/c diferentes (0.40, 0.45, 0.50, 0.55), teniendo diseños de concreto con y sin aditivo Ecuo 37 dando un total de 24 diseños de concreto.

Los resultados muestran que los diseños sin aditivo presentan resistencia a la compresión entre 302.2 Kg/cm^2 y 406.09 Kg/cm^2, y los diseños de concreto con aditivo presentan resistencia a la compresión entre 347.65 Kg/cm^2 y 477.86 Kg/cm^2, concluyendo que la resistencia a la compresión aumenta cuando se reduce el TMN del agregado grueso, y la resistencia a la compresión de los diseños que usan aditivo aumenta en promedio 15% respecto al concreto que no usa aditivo.

- "Estudios del concreto de mediana a alta resistencia, variando el tamaño máximo del agregado grueso del tipo angular con CPT I" (Alarcón, 2001) que tiene como objetivo analizar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, al variar el tamaño máximo del agregado grueso de tipo angular, teniendo como metodología de diseño el método del agregado global considerando para los diseños de concreto una relación de 49% de arena y 51% de piedra, considerando agregados gruesos del tipo angular (TMN de 1", 3/4", 1/2" y 3/8"), con relaciones a/c diferentes (0.40, 0.45, 0.50, 0.55), teniendo un total de 16 diseños de concretos.
  Teniendo como resultado que la resistencia a la compresión de los diseños de concretos que usan el agregado grueso de TMN de 1" oscilan entre 303.55 Kg/cm^2 y 378.46 Kg/cm^2, los diseños de concretos que usan el agregado grueso de TMN de 3/4" oscilan entre 316.16 Kg/cm^2 y 400.89 Kg/cm^2, los diseños de concretos que usan el agregado grueso de TMN de 1/2" oscilan entre 324.82 Kg/cm^2 y 416.65 Kg/cm^2, y los diseños de concretos que usan el agregado grueso de TMN de 3/8" oscilan entre 329.97 Kg/cm^2 y 435.36 Kg/cm^2, concluyendo que la resistencia a la compresión aumenta cuando se reduce el TMN del agregado grueso, y si consideramos como patrón a los diseños de concreto que usan TMN de 1", estos ascienden aproximadamente al 104% para el TMN 3/4", al 108% para el TMN 1/2", y al 112% para el TMN 3/8".

- "Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el módulo de finura del agregado fino utilizando cemento portland tipo I" (Zabalaga, 2007) que tiene como objetivo ayudar a elegir con criterio, tanto el agregado fino como el agregado grueso y llegar a optimizar el diseño del concreto de tal manera que sea trabajable, resistente y económico, usando

como metodología de diseño el método del agregado global considerando para los diseños de concreto una relación de 50% de arena y 50% de piedra, considerando el agregado grueso de TMN de 1", y con 3 módulos de finura del agregado fino (2.2, 2.6 y 3.0) con relaciones a/c diferentes (0.40, 0.45, 0.50, 0.55), teniendo un total de 12 diseños de concreto.

Se tiene como resultado que la resistencia a la compresión de los diseños de concretos que usan el módulo de finura de la arena de 2.2 oscilan entre 300 Kg/cm2 y 380 Kg/cm2, la resistencia a la compresión de los diseños de concretos que usan el módulo de finura de la arena de 2.6 oscilan entre 335 Kg/cm2 y 416 Kg/cm2, y la resistencia a la compresión de los diseños de concretos que usan el módulo de finura de la arena de 3.0 oscilan entre 359 Kg/cm2 y 448 Kg/cm2, concluyendo que a medida que el módulo de finura del agregado fino aumenta de 2.2 a 2.6 y 3.0 la resistencia a la compresión aumenta, así mismo que se obtuvo un ahorro en el costo.

CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICOS Y CONCEPTUAL

2.1 Marco teórico

2.1.1 Ensayo de agregados

2.1.1.1 Peso específico y absorción

El peso específico del agregado es la relación de la masa de un volumen unitario del agregado a una temperatura estable, y la absorción del agregado es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas, y se expresa como porcentaje. Estas propiedades se obtienen mediante los ensayos de peso específico y porcentaje de absorción que están detallados en las normas NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso” (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2020d) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en agregado grueso; y NTP 400.022 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino” (INACAL, 2020c) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en agregado fino.

El ensayo para el agregado grueso consiste en sumergir una muestra en agua del agregado grueso por 24 horas, después se retira y se seca la superficie de la muestra, para obtener una muestra saturada superficialmente seca, el peso de la muestra que se usa en el ensayo depende del tamaño máximo nominal (ver Tabla 1), la muestra pesada se sumerge en agua y se obtiene el peso de la muestra saturada en agua, luego la muestra se seca al horno por 24 horas, y se pesa para obtener el peso de la muestra seca. Finalmente usando los pesos obtenidos y las fórmulas expuestas en la NTP 400.021, se obtiene el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso (INACAL, 2020d).

Tabla 1

Peso mínimo para el ensayo de peso específico

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Nota: Adaptado de Peso mínimo de la muestra de ensayo [Tabla] (p. 5), por INACAL, 2020d.

El ensayo para el agregado fino consiste en sumergir una muestra en agua del agregado fino por 24 horas, después se retira y se deja secar en una superficie, hasta que la muestra este saturada superficialmente seca; para ello deberá cumplir con una prueba que consiste en colocar un poco de la muestra en un molde cónico, golpear la superficie 25 veces, y sacar el molde, si se observa que el cono de la muestra se derrumba, entonces la muestra alcanzó el estado superficialmente seco. A continuación, se introduce en un frasco una muestra de 500 gramos de dicho material, y se trata de llenar de agua hasta la marca de 500 cm^3, después de agitar y dejar reposar un rato, se completa con la cantidad de agua para que esta llegue a dicha marca y se determina el peso total del agua introducida en dicho frasco, luego se procede a extraer la muestra usada del frasco sin perder los finos de esta y se seca al horno por 24 horas para obtener el peso de la muestra seca. Finalmente usando los valores obtenidos y las fórmulas expuestas en la NTP 400.022, se obtiene el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino (INACAL, 2020c).

2.1.1.2 Granulometría

La granulometría representa la distribución de los tamaños que presenta el agregado, y se obtiene mediante el ensayo de granulometría el cual está detallado en la norma NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global” (INACAL, 2021a) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en agregado grueso y agregado fino.

El ensayo consiste en secar al horno una muestra del agregado por 24 horas, después se pesa una cantidad de la muestra según el tipo de agregado (fino o grueso), siendo el peso mínimo de muestra usada 300 gramos para agregado fino, y dependiendo del tamaño máximo nominal (ver Tabla 2) el peso mínimo para el agregado grueso. Después se procede a separar la muestra a través de una serie de tamices graduados de mayor a menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas (INACAL, 2021a).

Tabla 2

Peso mínimo para el ensayo de granulometría

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Nota: Adaptado de Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global [Tabla] (p.5), por INACAL, 2021a.

2.1.1.3 Peso unitario suelto y compactado

El peso unitario suelto es el peso por unidad de volumen de un material seco que solo se encuentra compactado por el propio peso del material sin fuerza externa y

el peso unitario compactado es el peso por unidad de volumen de un material seco que fue compactado mediante una fuerza externa, y se obtienen mediante el ensayo de peso unitario suelto y compactado esta detallado en la norma NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado” (INACAL, 2020e) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en agregado grueso y agregado fino.

El ensayo consiste en primer lugar, extraer y preparar la muestra mediante la norma NTP 400.010, luego esta muestra es secada al horno por 24 horas y se coloca en un recipiente con un volumen definido designado por el tamaño máximo nominal del agregado (ver Tabla 3). La diferencia del ensayo de peso unitario suelto y compactado es la forma en cómo se vierte el agregado en el recipiente, ya que en el primero se vierte el agregado desde una altura hasta llenar el recipiente y se enraza; en el segundo se procede a compactar el agregado en el recipiente con 25 golpes de la barra compactadora, en 2 capas si el volumen es de 1/10 ft^3 y 3 capas si es de 1/3 ft^3, y después enrazándolo. Finalmente, el peso unitario suelto es el resultado de dividir el peso de la muestra suelta seca entre el volumen del recipiente, y el peso unitario compactado es el resultado de dividir el peso de la muestra seca compactada entre el volumen del recipiente (INACAL, 2020e).

Tabla 3

Volumen del recipiente para el ensayo de peso unitario

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA[A]	
mm	**Pulgadas**	**L (m^3)**	**p^3**
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0 (0.100)	3 1/2

Nota: Adaptado de Capacidad de la medida [Tabla] (p. 8), por INACAL, 2021d.

2.1.1.4 Contenido de Humedad

El contenido de humedad del agregado es la cantidad de agua que posee el agregado en condiciones ambientales, y se obtiene mediante el ensayo de contenido de humedad esta detallado en la norma NTP 339.185 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado” (INACAL, 2021f) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en agregado grueso y agregado fino.

El ensayo consiste en primer lugar, extraer y preparar la muestra mediante la norma NTP 400.010, luego pesar dicha muestra en estado ambiental y secar al horno por 24 horas, después pesar la muestra en estado seco. Finalmente usando los pesos obtenidos se procede a dividir la diferencia entre el peso de la muestra en estado ambiental y peso de la muestra seca al horno, entre el peso de la muestra en estado ambiental por 100% (INACAL, 2021f).

2.1.2 Diseño del concreto

2.1.2.1 Método del agregado global

El método del agregado global, es un método del diseño del concreto usado para hallar la proporción de arena y piedra requerida para el diseño, que generara la mayor resistencia. Para hallar dicha proporción se realiza el ensayo de peso unitario compactado del agregado global en diferentes proporciones de arena y piedra respecto a la masa total del agregado global que se genere, luego se escoge la proporción de arena y piedra que genere el mayor peso unitario compactado de los ensayos previos para usarlo en el diseño del concreto. Después se procede a escoger a elección el peso del cemento por metro cúbico y la relación agua-cemento (a/c) con la cual se regirá el diseño del concreto, finalmente con estos dos valores se halla la cantidad de agua por metro cúbico, y se obtienen todas las proporciones de los materiales que componen el concreto (Cachay, 1995).

2.1.3 Ensayo de concreto en estado fresco

2.1.3.1 Asentamiento

El ensayo de asentamiento del concreto esta detallado en la norma NTP 339.035 “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento

Portland" (INACAL, 2022) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado fresco.

El ensayo consiste en usar una muestra de concreto fresco, que se vierte en tres capas en el Cono de Abrams, instrumento metálico con dimensiones estándar en forma de tronco cónico (ver Anexo 5), cada capa se compacta con 25 golpes de la barra compactadora, después se enrasa y se retira el cono en dirección vertical y se procede medir el desplazamiento vertical del concreto entre la altura del molde y la del centro del concreto desplazado; la medida es en pulgadas (INACAL, 2022).

2.1.3.2 Peso unitario

El ensayo de peso unitario del concreto esta detallado en la norma NTP 339.046 "Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto" (INACAL, 2019) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado fresco.

El ensayo consiste en usar una muestra de concreto fresco, que se vierte en un balde de volumen fijo formando 3 capas y cada una compactándose con 25 golpes de la barra compactadora, después se enrasa y se pesa la muestra de concreto con el balde. Finalmente se calcula el peso unitario del concreto en estado fresco dividiendo el peso del concreto contenido en el recipiente entre el volumen de este (INACAL, 2019).

2.1.3.3 Contenido de aire

El ensayo de contenido de aire del concreto esta detallado en la norma NTP 339.081 "Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión" (INACAL, 2017b) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado fresco.

El ensayo consiste en usar una muestra de concreto fresco, que se vierte en la olla de Washington, formando 3 capas y cada una compactándose con 25 golpes de la barra compactadora, después se enrasa, limpian los bordes y se coloca la tapa. Se llena de agua por las válvulas que están en la tapa, y se cierran estas para comenzar a llenar de aire para mantener el recipiente totalmente lleno.

Finalmente, la cantidad de aire atrapada es leída por el manómetro, y la lectura es registrada como el porcentaje de aire del concreto en estado fresco (INACAL, 2017b).

2.1.3.4 Exudación

El ensayo de exudación del concreto esta detallado en la norma NTP 339.077 “Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo” (INACAL, 2020b) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado fresco.

El ensayo consiste en usar una muestra de concreto fresco, que se vierte en la olla sin llenarla hasta el borde, formando 3 capas y cada una compactándose con 25 golpes de la barra compactadora, después se enrasa, y se deja reposar, cubriendo el recipiente para evitar que se evapore el agua de exudación. Luego retirar con una pipeta el agua acumulada en la superficie del concreto, en intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos e intervalos de 30 minutos hasta que deje de exudar, y se registra el volumen exudado, y el peso de la muestra. Finalmente usando las fórmulas expuestas en la NTP 339.077, se obtiene el volumen de agua exudada por unidad de área de superficie y el agua de exudación acumulada, expresada en porcentaje (INACAL, 2020b).

2.1.3.5 Tiempo de fragua

El ensayo de tiempo de fragua del concreto esta detallado en la norma NTP 339.082 “Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración” (INACAL, 2017c) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado fresco.

El ensayo consiste en usar una muestra de concreto fresco y tamizarla por el tamiz N°04 para obtener solo el mortero de la mezcla, luego se procede a verter en un recipiente formando una capa y compactándola con 30 golpes de la barra compactadora, luego se almacena la muestra y a intervalos regulares de tiempo se mide la resistencia a la penetración del mortero usando agujas normalizadas hasta que la resistencia sea mayor a 4000 lb/in^2. Finalmente se genera una curva de resistencia a la penetración versus el tiempo transcurrido, y se determina el tiempo de fragua inicial y final (INACAL, 2017c).

2.1.4 Ensayo de concreto en estado endurecido

2.1.4.1 Resistencia a la compresión

El ensayo de peso unitario del concreto esta detallado en la norma NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas” (INACAL, 2021d) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado endurecido.

El ensayo consiste en usar una probeta de concreto y aplicarle una carga de compresión axial a una velocidad constante hasta que esta falle. La resistencia a la compresión es calculada por la división entre la carga máxima alcanzada durante el ensayo y el área transversal del espécimen, multiplicado por un factor de corrección (ver Tabla 4) que depende de la relación longitud-diámetro del espécimen (INACAL, 2021d).

Tabla 4

Factor de corrección para el ensayo de resistencia a la compresión

L/D[A]	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
[A]Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				

NOTA 13: Los factores de corrección dependen de varias condiciones como son: humedad, nivel de resistencia, y módulo de elasticidad. Los valores promedio están indicados en la tabla. Estos factores de corrección se aplican a concretos de baja densidad que pesan entre 1600 kg/m^3 y 1920 kg/m^3 y a concreto de densidad normal. Ellos son aplicables a concretos secos o humedecidos al tiempo de carga y para concretos con resistencia nominal de 14 MPa a 42 MPa. Para mayores resistencias que 42 MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los listados anteriormente.

Nota: Adaptado de Relación longitud a diámetro del espécimen [Tabla] (p. 14 y 15), por INACAL, 2021d.

2.1.4.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

El ensayo de peso unitario del concreto esta detallado en la norma NTP 339.084 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica” (INACAL, 2017a) que explica el procedimiento para realizar el ensayo en concreto en estado endurecido.

El ensayo consiste en usar una probeta de concreto y aplicarle una carga de compresión diametral a una velocidad constante hasta que esta falle. La

resistencia a la tracción indirecta es calculada por el doble de la máxima carga alcanzada durante el ensayo dividido entre la longitud por el diámetro y π (INACAL, 2017a).

2.1.5 Control de calidad de la resistencia a la compresión del concreto

El control de calidad de la resistencia a la compresión del concreto, se rige mediante la norma ACI 214R-11 “Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto” (American Concrete Institute [ACI], 2017), en la cual toma en consideración como parámetros estadísticos a la desviación estándar y el coeficiente de variación de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión (INACAL, 2021d), los límites se muestran en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5

Estándares de control del concreto con f´c ≤ 356.90 Kg/cm^2

Variación general					
Clase de operación	Desviación estándar de diferentes estándares de control, MPa (lb./pulg.^{2})				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos generales de construcción	Por debajo de 400 (por debajo de 2.8)	400 a 500 (2.8 a 3.4)	500 a 600 (3.4 a 4.1)	600 a 700 (4.1 a 4.8)	Por encima de 700 (por encima de 4.8)
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 200 (por debajo de 1.4)	200 a 250 (1.4 a 1.7)	250 a 300 (1.7 a 2.1)	300 a 350 (2.1 a 2.4)	Por encima de 350 (por encima de 2.4)
Variación dentro de la tanda					
Clase de operación	Coeficiente de variación de diferentes estándares de control, %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos de control en obra	Por debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	Por encima de 6.0
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	Por encima de 5.0

Nota: Adaptado de Estándares de control del concreto para f´c ≤ 35 MPa (5000 lb/in^2) [Tabla], (p. 12), por ACI, 2017

Tabla 6

Estándares de control del concreto con f´c ≥ 356.90 Kg/cm^2

Variación general					
Clase de operación	Coeficiente de variación de diferentes estándares de control, %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos generales de construcción	Por debajo de 7.0	7.0 a 9.0	9.0 a 11.0	11.0 a 14.0	Por encima de 14.0
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 3.5	3.5 a 4.5	4.5 a 5.0	5.0 a 7.0	Por encima de 7.0
Variación dentro de la tanda					
Clase de operación	Coeficiente de variación de diferentes estándares de control, %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos de control en obra	Por debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	Por encima de 6.0
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	Por encima de 5.0

Nota: Adaptado de Estándares de control para f´c ≥ 35 MPa (5000 lb/in²) [Tabla] (p. 12), por ACI, 2017

2.1.6 Metodología de la investigación

2.1.6.1 Método científico

El método científico según Alvarado y Morán (2010) presenta una serie de etapas para el proceso de investigación: Planteamiento del problema (definir el objeto de estudio, sus alcances y limitaciones), marco teórico (investigación bibliográfica que sustenta la investigación), formulación de hipótesis y variables (respuesta tentativa al problema), comprobación de hipótesis (aplicación de técnicas de investigación bibliográfica y de campo), y análisis e información de resultados (análisis de la información recopilada mediante procesos estadísticos e interpretación de resultados para elaborar la conclusión).

2.1.6.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es una estrategia para obtener la información requerida, que se usará para alcanzar el objetivo de estudio y contestar las interrogantes planteadas en la investigación. Pueden ser de dos grandes tipos: experimentales (donde existe un control en las variables) y no experimentales (donde las variables no son controladas) (Alvarado y Morán, 2010).

2.1.6.3 Prueba de hipótesis

Se define como hipótesis estadística “una aseveración o conjetura respecto a una o más poblaciones” Myers et al. (2012). Por lo cual la hipótesis es una afirmación que puede ser o no verdadera y por temas de practicidad se escoge de manera aleatoria solo una parte de la población definida.

Para la prueba de hipótesis es necesario plantear una primera hipótesis (hipótesis nula [H0]), la cual se desea probar; y una segunda hipótesis que es el complemento lógico de la hipótesis nula (hipótesis alternativa [H1]). Por lo general la hipótesis alternativa (H1) representa la pregunta que se responderá o la teoría que se probará. Por lo cual, se puede obtener hasta 2 diferentes conclusiones, rechazar H0 (a favor de H1), o no rechazar H0 (debido a evidencia insuficiente en los datos) (Myers et al., 2012).

2.1.6.4 Tipo de errores en el contraste de hipótesis

Al realizar la prueba de hipótesis sobre una parte de la población, no se puede asegurar que las conclusiones que hemos afirmado no sean erróneas, por ello estas tienen una probabilidad de presentar un error. El error presente en el contraste puede ser de tipo I (El rechazo de la hipótesis nula cuando es verdadera) o de tipo II (No rechazar la hipótesis nula cuando es falsa). Al probar cualquier hipótesis estadística, se pueden generar 4 posibles situaciones (ver Tabla 7). La probabilidad de cometer error de tipo I, es llamado nivel de significancia “α”, y el error de tipo II es llamado “β” (Myers et al., 2012).

Tabla 7
Tabla de posibles situaciones al probar una hipótesis

	H_0 es verdadera	H_0 es falsa
No rechazar H_0	Decisión correcta	Error tipo II
Rechazar H_0	Error tipo I	Decisión correcta

Nota: Adaptado de Situaciones posibles al probar una hipótesis estadística [Tabla] (p. 323), por Myers et al, 2012, Pearson.

2.1.6.5 Prueba de hipótesis sobre dos medias, respecto a dos muestras

Al realizar la prueba de hipótesis primero se tiene que definir el nivel de significancia que tendrá para controlar el riesgo máximo de cometer el error de

tipo I, por una convención de estándares se usa generalmente el valor de α=0.05 o 0.01, pero este valor depende de la elección del investigador y el grado de significancia que le quiera brindar a su investigación. A continuación, se procede a definir de manera matemática la hipótesis nula y alternativa, que contendrán las dos medias y muestras diferentes. Después se tiene que hallar el estadístico t usando las fórmulas presentes en la Tabla 8; y el valor crítico, hallado mediante la Tabla de distribución t-student (ver Anexo 2) que considera el valor de "α" y el grado de libertad estadístico que depende de la muestra analizada. Finalmente, el estadístico t se compara con el valor crítico como se muestra en la región critica (ver Tabla 8) y esto es usado para rechazar o no la hipótesis nula (Myers et al., 2012).

Tabla 8

Fórmula aplicada para hallar el estadístico t y la región crítica

H_0	Valor del estadístico de prueba	H_1	Región crítica
$\mu_1 - \mu_2 = d_0$	$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_0}{s_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$; $v = n_1 + n_2 - 2$, $\sigma_1 = \sigma_2$ pero desconocidas $s_p^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}$	$\mu_1 - \mu_2 < d_0$ $\mu_1 - \mu_2 > d_0$ $\mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$t < -t_\alpha$ $t > t_\alpha$ $t < -t_{\alpha/2}$ o $t > t_{\alpha/2}$

Nota: Adaptado de Pruebas relacionadas con medias [Tabla] (p. 323), por Myers et al, 2012, Pearson.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Materiales usados para el concreto

Aditivos: La norma NTP 339.047 lo define como "el producto químico que, añadido en pequeña cantidad al concreto, permite mejorar ciertas propiedades, cualidades deseadas, tanto para el concreto, en su estado fresco como endurecido", por ejemplo: aditivo acelerador de resistencias tempranas o fragua, aditivo retardante de fragua, aditivo incorporador de aire, aditivo reductor de agua, aditivo plastificante. (INACAL, 2021c).

Agregados: La norma NTP 400.037 define al agregado fino como "el agregado proveniente de la degradación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado (3/8")" y al agregado grueso como "el agregado retenido en el tamiz normalizado

(No. 4) proveniente de la degradación natural o artificial de la roca" (INACAL, 2021e).

Agua potable: La norma ACI 318-14 define que "el agua empleada en el mezclado del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el concreto o el refuerzo" (ACI, 2018). La norma NTP 339.088 permite que se use el agua potable como agua de mezcla y solo se permitirá el agua no potable o combinada cuando esta cumpla los requisitos mínimos presentes en esta norma (densidad combinada, ppm de cloruro, sulfatos, álcalis y solidos totales por masa) (INACAL, 2021b).

Cemento Portland: La norma NTP 339.047 lo define como "Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda" (INACAL, 2021c).

2.2.2 Términos usados en los ensayos de agregados y concreto

Concreto de resistencia normal o convencional

Según la norma ACI 211.4R-08 es aquel concreto que tiene una resistencia a la compresión especifica menor a 6000 PSI o 421.84 Kg/cm^2 (ACI, 2008).

Concreto de alta resistencia

Según la norma ACI 211.4R-08 es aquel concreto que tiene una resistencia a la compresión especifica mayor a 6000 PSI o 421.84 Kg/cm^2 (ACI, 2008).

Huso granulométrico: Según la norma NTP 400.037, los husos granulométricos representan los requisitos granulométricos del agregado grueso. Cada huso se limita por un máximo y un mínimo del porcentaje de agregado que pasa por cada tamiz normalizado (INACAL, 2021e).

Módulo de finura: Según la norma NTP 339.047 lo define como "el factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por

100", (INACAL, 2021c). Siendo los tamices usados: Nº 100, Nº 50, Nº 30, Nº 16, Nº 8, Nº 4, 3/8", 3/4", 1 1/2", y mayores incrementando en la relación 2 a 1.

Tamaño máximo nominal: Según la norma NTP 400.011 lo define como "el tamaño que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido" (INACAL, 2020a).

Tiempo de fragua inicial: Según la norma NTP. 339.082, es el tiempo en el cual el mortero proveniente del tamizado del concreto, tiene una resistencia a la penetración igual a 500 PSI o 3.5 MPa (INACAL, 2017c).

Tiempo de fragua final

Según la norma NTP. 339.082, es el tiempo en el cual el mortero proveniente del tamizado del concreto, tiene una resistencia a la penetración igual a 4000 PSI o 27.6 MPa (INACAL, 2017c).

Trabajabilidad: La norma NTP 339.047 lo define como "la propiedad del concreto, mortero, grout o revoques frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado" (INACAL, 2021c).

2.2.3 Términos estadísticos

Coeficiente de variación: La norma ACI 116R-00 lo define como "desviación estándar expresada como un porcentaje del promedio." (ACI, 2000).

Desviación estándar: La norma ACI 116R-00 lo define como "desviación cuadrática media de los valores individuales con respecto a su promedio" (ACI, 2000).

Distribución T-Student: Según Rodo (2019), "La distribución t de Student o distribución t es un modelo teórico utilizado para aproximar el momento de primer orden de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño y se desconoce la desviación típica".

CAPÍTULO III: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

La presente tesis considera un programa experimental con el uso de diferentes tipos de agregados gruesos de diferentes tamaños máximos nominales provenientes de la cantera Jicamarca de UNICON ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, departamento de Lima; y un único tipo de agregado fino proveniente de la Cantera Trapiche ubicada en el distrito de Comas, departamento de Lima. Para ello se utilizó las normas técnicas peruanas para obtener las propiedades físicas de los agregados usados y las evidencias se muestran en el Anexo 4.

3.1 Agregado fino

En este apartado se hallarán las propiedades físicas del agregado fino según las normas NTP.

3.1.1 Peso Específico y porcentaje de absorción

Según la NTP 400.022 (INACAL, 2020c), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observan en las siguientes tablas (ver Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9

Valores del laboratorio para el agregado fino

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	VALOR OBTENIDO
Peso del agua	W	315.60 g
Peso de la arena seca al horno	A	496.70 g
Volumen del balón	V	500.00 ml

Tabla 10

PE y porcentaje de absorción del agregado fino

CARACTERÍSTICAS	FORMULA	RESULTADO OBTENIDO	
Peso específico de masa	A/(V-W)	2.694	g/cm^3
Peso específico de masa superficialmente seco	500/(V-W)	2.711	g/cm^3
Peso específico aparente	A/((V-W)-(500-A))	2.743	g/cm^3
Porcentaje de absorción	(500-A)x100/A	0.664	%

3.1.2 Granulometría

Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observan en la siguiente tabla (ver Tabla 11) y figura (ver Figura 1).

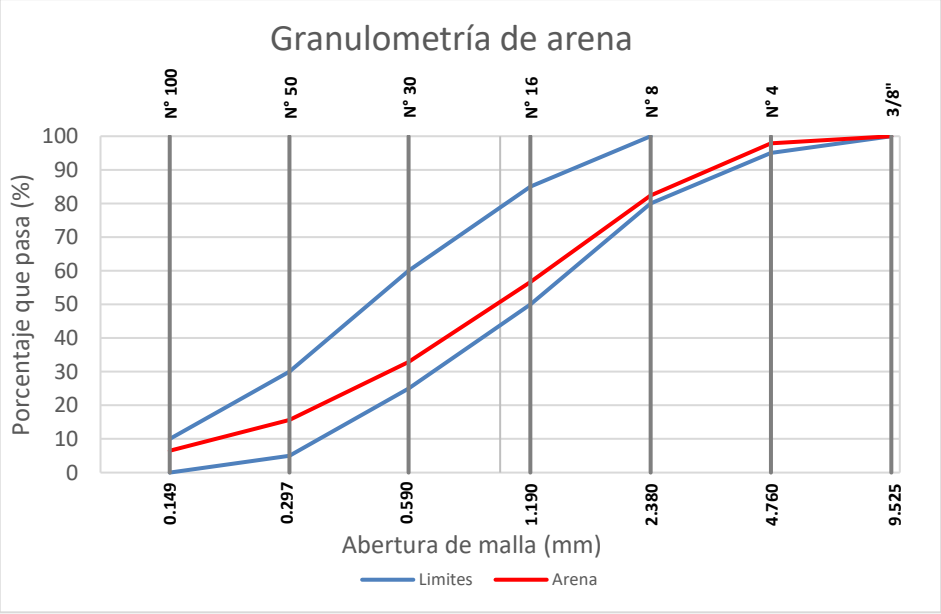
Tabla 11

Granulometría del agregado fino

Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/8"	-	-	-	-
N° 4	12.9	2.15	2.15	97.85
N° 8	92.8	15.47	17.62	82.38
N° 16	154	25.67	43.28	56.72
N° 30	143.1	23.85	67.13	32.87
N° 50	103.1	17.18	84.32	15.68
N° 100	55.1	9.18	93.50	6.50
FONDO	39	6.50	100.00	0.00
TOTAL	600	100		

Figura 1

Granulometría del agregado fino



Nota: Los límites son extraídos de “Análisis granulométrico del agregado fino” [Tabla] (p.9), por INACAL 2021e.

Según los valores obtenidos en la Tabla 11 se puede obtener como módulo de finura 3.08.

3.1.3 Peso Unitario Suelto y Compactado

Según la NTP 400.017 (INACAL, 2020e), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 12).

Tabla 12

PUS y PUC del agregado fino

CARACTERISTICA	UNIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	6.35	6.62
Peso del recipiente	Kg	1.57	1.57
Peso de la muestra	Kg	4.78	5.04
Volumen del recipiente	m^3	0.0028	0.0028
Peso Unitario	Kg/m^3	1688.04	1780.22

3.1.4 Contenido de Humedad

El contenido de humedad de la arena puede variar en el tiempo, por ello se tiene que calcular antes de realizar cada uno de los diferentes diseños respectivos a los tamaños máximos nominales del agregado grueso (TMN 1”, TMN 3/4", TMN 1/2”, TMN 3/8”). Por lo siguiente, según la NTP 339.185 (INACAL, 2021f), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 13).

Tabla 13

Contenido de humedad del agregado fino para los diferentes TMN

CARACTERISTICA	UNIDAD	TMN 1"	TMN 3/4"	TMN 1/2"	TMN 3/8"
Peso de la muestra en estado ambiental	g	500.00	1000.10	1000.10	1000.10
Peso de muestra seca al horno	g	494.50	990.40	990.40	990.40
Peso del agua perdida	g	5.50	9.70	9.70	9.70
Contenido de humedad	%	1.11	0.98	0.98	0.98

3.2 Agregado grueso

Para la presente tesis se procedió a usar 4 diferentes tipos de agregados gruesos con tamaños máximos nominales de 1", 3/4", 1/2", y 3/8"

3.2.1 Agregado grueso de TMN 1"

En este apartado se hallarán las propiedades físicas del agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1" (ver Figura 2) según las normas NTP.

Figura 2

Agregado grueso (piedra) de TMN 1" usada para ensayos

3.2.1.1 Peso Específico y porcentaje de absorción

Según la NTP 400.021 (INACAL, 2020d), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 14 y Tabla 15).

Tabla 14

Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 1"

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	VALOR OBTENIDO
Peso de la muestra secada al horno	A	3961.70 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	4000.40 g
Peso de la muestra saturada en agua	C	2586.10 g

Tabla 15

PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 1”

CARACTERÍSTICAS	FORMULA	RESULTADO OBTENIDO	
Peso específico de masa	A/(B-C)	2.801	g/cm^3
Peso específico de masa superficialmente seco	B/(B-C)	2.829	g/cm^3
Peso específico aparente	A/(A-C)	2.880	g/cm^3
Porcentaje de absorción	(B-A)x100/A	0.977	%

3.2.1.2 Granulometría

Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 16) y figura (ver Figura 3).

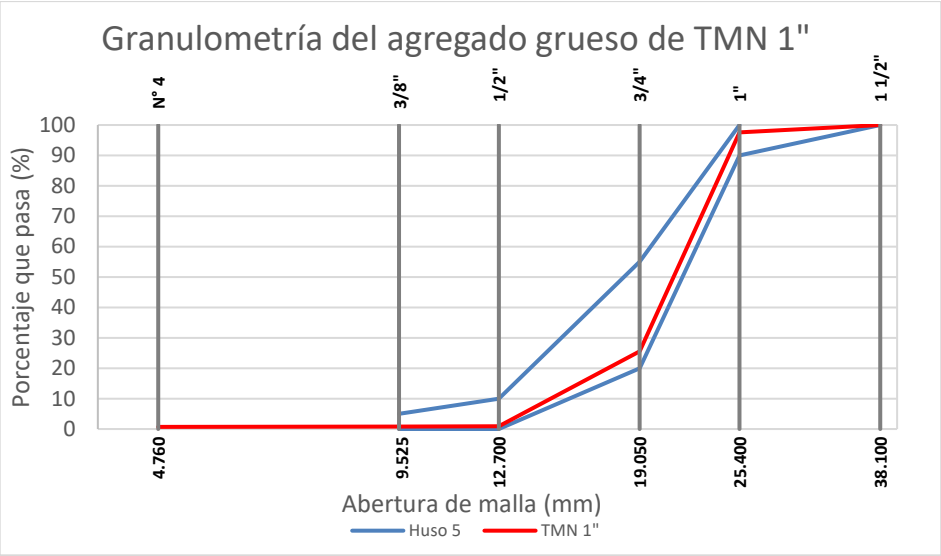
Tabla 16

Granulometría del agregado grueso de TMN 1”

Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1 1/2"	-	-	-	-
1"	240	2.40	2.40	97.60
3/4"	7210	72.10	74.50	25.50
1/2"	2460	24.60	99.10	0.90
3/8"	10	0.10	99.20	0.80
N° 4	10	0.10	99.30	0.70
FONDO	70	0.70	100.00	0.00
TOTAL	10000	100		

Figura 3

Granulometría del agregado grueso de TMN de 1”



Nota: El Huso 5 esta extraído de “Requisitos granulométricos del agregado grueso” [Tabla] (p.8), por INACAL 2021e.

Según los valores obtenidos en la Tabla 16 se puede obtener como módulo de finura 7.73

3.2.1.3 Peso Unitario Suelto y Compactado

Según la NTP 400.017 (INACAL, 2020e), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 17).

Tabla 17

PUS y PUC del agregado grueso de TMN 1”

CARACTERISTICA	UNIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	18.68	19.79
Peso del recipiente	Kg	4.34	4.34
Peso de la muestra	Kg	14.34	15.45
Volumen del recipiente	m^3	0.0094	0.009
Peso Unitario	Kg/m^3	1519.24	1636.83

3.2.1.4 Contenido de Humedad

Según la NTP 339.185 (INACAL, 2021f), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 18).

Tabla 18

Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1”

CONTENIDO DE HUMEDAD	UNIDAD	TMN 1"
Peso de la muestra en estado ambiental	g	2001.30
Peso de muestra seca al horno	g	1991.70
Peso del agua perdida	g	9.60
Contenido de humedad	%	0.48

3.2.2 Agregado grueso de TMN 3/4”

En este apartado se hallarán las propiedades físicas del agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4” (ver Figura 4) según las normas NTP.

Figura 4

Agregado grueso (piedra) de TMN 3/4” usada para ensayos

3.2.2.1 Peso Específico y porcentaje de absorción

Según la NTP 400.021 (INACAL, 2020d), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observan en las siguientes tablas (ver Tabla 19 y Tabla 20).

Tabla 19

Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 3/4”

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	VALOR OBTENIDO
Peso de la muestra secada al horno	A	2961.30 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	3000.20 g
Peso de la muestra saturada en agua	C	1917.50 g

Tabla 20

PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 3/4”

CARACTERÍSTICAS	FORMULA	RESULTADO OBTENIDO	
Peso específico de masa	A/(B-C)	2.735	g/cm^3
Peso específico de masa superficialmente seco	B/(B-C)	2.771	g/cm^3
Peso específico aparente	A/(A-C)	2.837	g/cm^3
Porcentaje de absorción	(B-A)x100/A	1.314	%

3.2.2.2 Granulometría

Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 21) y figura (ver Figura 5).

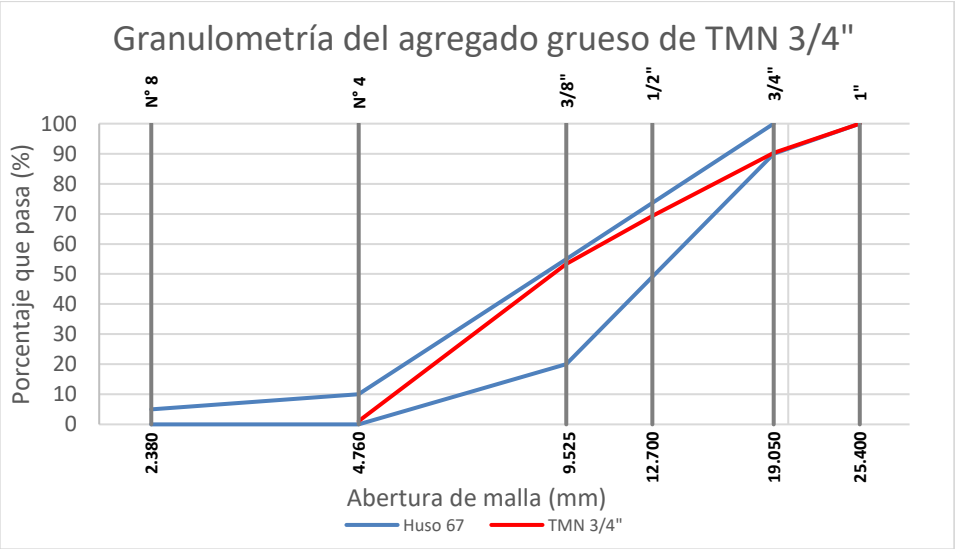
Tabla 21

Granulometría del agregado grueso de TMN 3/4”

Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	-	-	-	-
3/4"	485	9.70	9.70	90.30
1/2"	1050	21.00	30.70	69.30
3/8"	800	16.00	46.70	53.30
N° 4	2610	52.20	98.90	1.10
FONDO	55	1.10	100.00	0.00
TOTAL	5000	100		

Figura 5

Granulometría del agregado grueso de TMN de 3/4”



Nota: El huso 67 esta extraído de “Requisitos granulométricos del agregado grueso” [Tabla] (p.8), por INACAL 2021e.

Según los valores obtenidos en la Tabla 21 se puede obtener como módulo de finura 6.55.

3.2.2.3 Peso Unitario Suelto y Compactado

Según la NTP 400.017 (INACAL, 2020e), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 22).

Tabla 22

PUS y PUC del agregado grueso de TMN 3/4”

CARACTERISTICA	UNIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	18.70	19.87
Peso del recipiente	Kg	4.34	4.34
Peso de la muestra	Kg	14.36	15.53
Volumen del recipiente	m^3	0.0094	0.0094
Peso Unitario	Kg/m^3	1521.36	1645.31

3.2.2.4 Contenido de Humedad

Según la NTP 339.185 (INACAL, 2021f), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 23).

Tabla 23

Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 3/4”

CONTENIDO DE HUMEDAD	UNIDAD	TMN 3/4"
Peso de la muestra en estado ambiental	g	2000.00
Peso de muestra seca al horno	g	1990.60
Peso del agua perdida	g	9.40
Contenido de humedad	%	0.47

3.2.3 Agregado grueso de TMN 1/2”

En este apartado se hallarán las propiedades físicas del agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1/2” (ver Figura 6) según las normas NTP.

Figura 6

Agregado grueso (piedra) de TMN 1/2” usada para ensayos

3.2.3.1 Peso Específico y porcentaje de absorción

Según la NTP 400.021 (INACAL, 2020d), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observan en las siguientes tablas (ver Tabla 24 y Tabla 25).

Tabla 24

Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 1/2”

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	VALOR OBTENIDO
Peso de la muestra secada al horno	A	1972.40 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	2000.10 g
Peso de la muestra saturada en agua	C	1276.6 g

Tabla 25

PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 1/2”

CARACTERÍSTICAS	FORMULA	RESULTADO OBTENIDO	
Peso específico de masa	A/(B-C)	2.726	g/cm^3
Peso específico de masa superficialmente seco	B/(B-C)	2.764	g/cm^3
Peso específico aparente	A/(A-C)	2.835	g/cm^3
Porcentaje de absorción	(B-A)x100/A	1.404	%

3.2.3.2 Granulometría

Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 26) y figura (ver Figura 7).

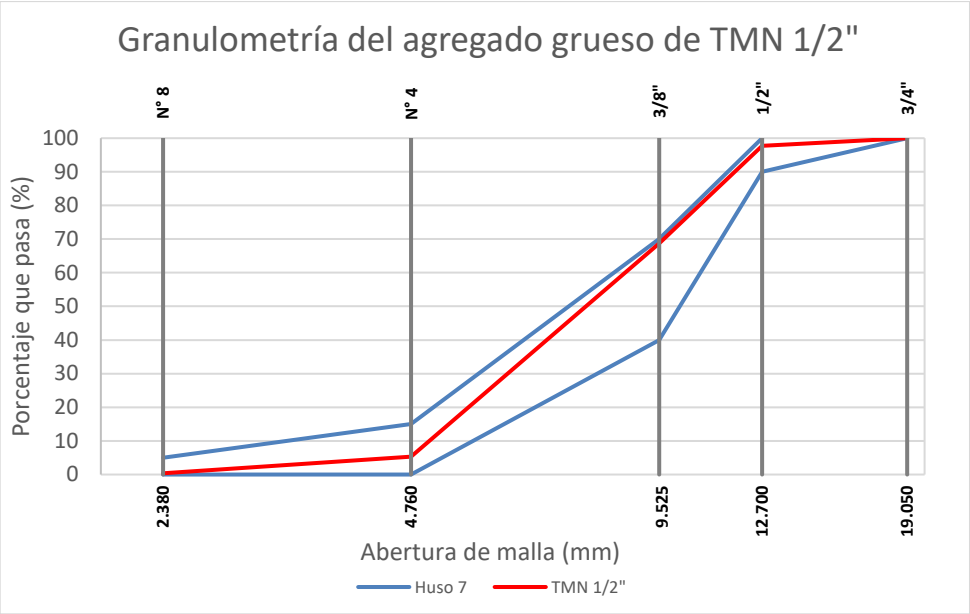
Tabla 26

Granulometría del agregado grueso de TMN 1/2”

Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/4"	-	-	-	-
1/2"	45.4	2.27	2.27	97.73
3/8"	580.1	29.01	31.28	68.73
N° 4	1268.2	63.41	94.69	5.31
N° 8	98.8	4.94	99.63	0.37
FONDO	7.5	0.38	100.00	0.00
TOTAL	2000	100		

Figura 7

Granulometría del agregado grueso de TMN de 1/2”



Nota: El Huso 7 esta extraído de “Requisitos granulométricos del agregado grueso” [Tabla] (p.8), por INACAL 2021e.

Según los valores obtenidos en la Tabla 26 se puede obtener como módulo de finura 6.26.

3.2.3.3 Peso Unitario Suelto y Compactado

Según la NTP 400.017 (INACAL, 2020e), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 27).

Tabla 27

PUS y PUC del agregado grueso de TMN 1/2”

CARACTERISTICA	UNIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	5.8154	6.1179
Peso del recipiente	Kg	1.5740	1.5740
Peso de la muestra	Kg	4.2414	4.5439
Volumen del recipiente	m^3	0.0028	0.0028
Peso Unitario	Kg/m^3	1497.84	1604.67

3.2.3.4 Contenido de Humedad

Según la NTP 339.185 (INACAL, 2021f), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 28).

Tabla 28

Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1/2”

CONTENIDO DE HUMEDAD	UNIDAD	TMN 1/2"
Peso de la muestra en estado ambiental	g	2000.00
Peso de muestra seca al horno	g	1990.30
Peso del agua perdida	g	9.70
Contenido de humedad	%	0.49

3.2.4 Agregado grueso de TMN 3/8”

En este apartado se hallarán las propiedades físicas del agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/8” (ver Figura 8) según las normas NTP.

Figura 8

Piedra de TMN 3/8” usada para ensayos

3.2.4.1 Peso Específico y porcentaje de absorción

Según la NTP 400.021 (INACAL, 2020d), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observan en las siguientes tablas (ver Tabla 29 y Tabla 30).

Tabla 29

Valores del laboratorio para el agregado grueso de TMN 3/8”

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO	VALOR OBTENIDO
Peso de la muestra secada al horno	A	1975.70 g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	B	2000.00 g
Peso de la muestra saturada en agua	C	1277.90 g

Tabla 30

PE y porcentaje de absorción del agregado grueso de TMN 3/8”

CARACTERÍSTICAS	FORMULA	RESULTADO OBTENIDO	
Peso específico de masa	A/(B-C)	2.736	g/cm^3
Peso específico de masa superficialmente seco	B/(B-C)	2.770	g/cm^3
Peso específico aparente	A/(A-C)	2.831	g/cm^3
Porcentaje de absorción	(B-A)x100/A	1.230	%

3.2.4.2 Granulometría

Según la NTP 400.012 (INACAL, 2021a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 31) y figura (ver Figura 9).

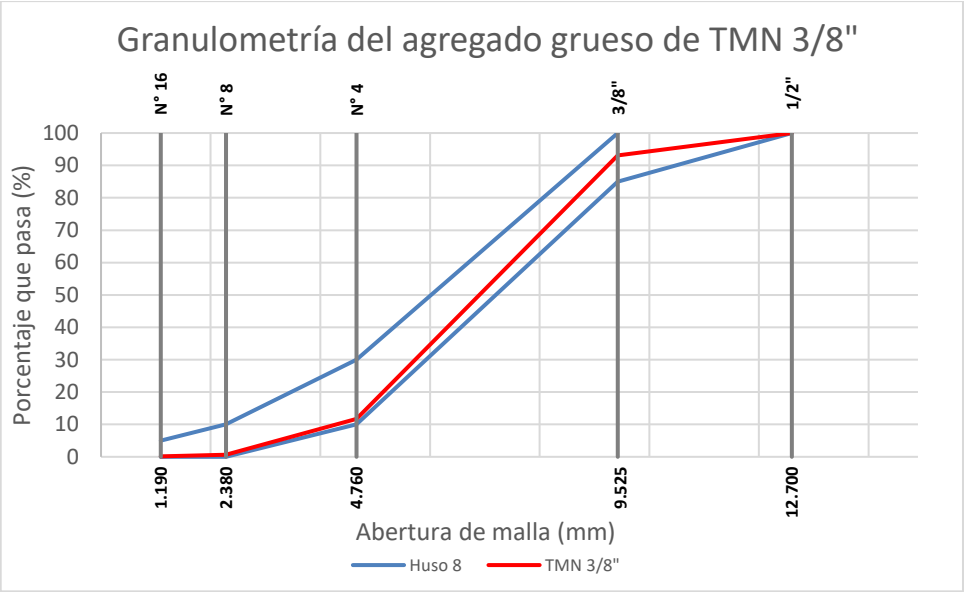
Tabla 31

Granulometría del agregado grueso de TMN 3/8”

Tamiz	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1/2"	-	-	-	-
3/8"	69.0	6.90	6.90	93.10
N° 4	814.6	81.44	88.33	11.67
N° 8	110.3	11.03	99.36	0.64
N° 16	5.0	0.50	99.86	0.14
FONDO	1.4	0.14	100.00	0.00
TOTAL	1000.3	100		

Figura 9

Granulometría del agregado grueso de TMN de 3/8”



Nota: El Huso 5 esta extraído de “Requisitos granulométricos del agregado grueso” [Tabla] (p.8), por INACAL 2021e.

Según los valores obtenidos en la Tabla 31 se puede obtener como módulo de finura 5.94.

3.2.4.3 Peso Unitario Suelto y Compactado

Según la NTP 400.017 (INACAL, 2020e), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 32).

Tabla 32

PUS y PUC del agregado grueso de TMN 3/8”

CARACTERISTICA	UNIDAD	PESO UNITARIO SUELTO	PESO UNITARIO COMPACTADO
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	5.7858	6.0537
Peso del recipiente	Kg	1.5740	1.5740
Peso de la muestra	Kg	4.2118	4.4797
Volumen del recipiente	m^3	0.0028	0.0028
Peso Unitario	Kg/m^3	1487.39	1581.99

3.2.4.4 Contenido de Humedad

Según la NTP 339.185 (INACAL, 2021f), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en la siguiente tabla (ver Tabla 33).

Tabla 33

Contenido de humedad del agregado grueso de TMN 1/2”

CONTENIDO DE HUMEDAD	UNIDAD	TMN 1/2"
Peso de la muestra en estado ambiental	g	2000.00
Peso de muestra seca al horno	g	1990.30
Peso del agua perdida	g	9.70
Contenido de humedad	%	0.49

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA MEZCLA

El diseño de mezcla de concreto se realizó mediante el método del agregado global (Cachay, 1995), considerando 4 diferentes tipos de agregados grueso con tamaños máximos nominales de (1", 3/4", 1/2" y 3/8"), arena fina, cemento portland tipo 1 de marca "SOL, agua proveniente del LEM-UNI, y un aditivo. Para cada tipo de agregado se hizo un diseño con 3 relaciones agua y cemento (a/c 0.20, a/c 0.25, a/c 0.30), siendo un total de 12 diseños de concreto diferentes.

Al ser diseños con relaciones a/c bajas, se usó un aditivo polifuncional que actúa como reductor de agua y superplastificante de alto rango "Neoplast 8500HP" (ver anexo 3), en dosificaciones adecuadas para que el concreto presente una buena trabajabilidad, que se representa con un asentamiento entre 5" y 7", y como consideraciones generales los valores usados en el diseño del peso específico del cemento es 3.15, del agua es 1.00, y del aditivo es 1.095.

4.1 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 1"

El diseño de concreto usa las propiedades físicas de los agregados expuestas en las Tablas 2, 5, 7 y 10, que corresponden al agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1" y del agregado fino. El código usado para este concreto es "CA" y para diferenciarlo entre las diferentes relaciones agua y cemento se usan los códigos "CA-0.20", "CA-0.25" y "CA-0.30".

Considerando a estos 3 diseños como el concreto patrón para cada relación a/c diferente, primero se aplica el método del agregado global para hallar las proporciones de arena y piedra adecuadas para el diseño.

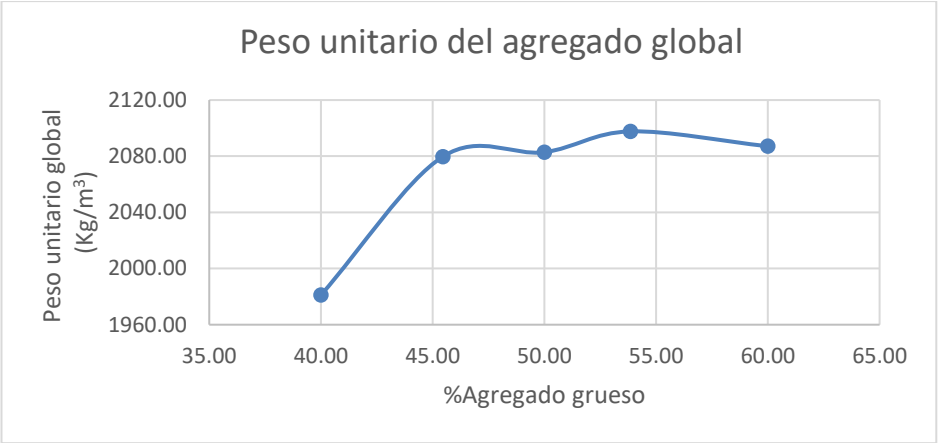
Tabla 34

Método del agregado global, porcentaje de arena y piedra

% Agregado Fino	% Agregado Grueso	Peso de la muestra (Kg)	Peso unitario global (Kg/m^3)
60.00	40.00	18.70	1981.15
54.55	45.45	19.63	2079.68
50.00	50.00	19.66	2082.86
46.15	53.85	19.80	2097.69
40.00	60.00	19.70	2087.10

Figura 10

Peso unitario del agregado global



Según el método del agregado global (ver Tabla 34 y Figura 10), se obtuvo 46.15% de arena y 53.85% de piedra, la cual es la relación que produce el mayor peso unitario del agregado global. Para contrastar que se obtenga la mayor resistencia a la compresión, se realizaran 3 diseños y se escogerá la proporción que genere la mayor resistencia.

Partiendo de la relación que brinda mayor peso unitario, se toman 2 relaciones a elección, siendo las siguientes (46.15% de arena y 53.85% de piedra; 45% de arena y 55% de piedra; y 44% de arena y 56% de piedra). Luego se hacen 3 diseños de concreto, en los cuales para asegurar que los concreto lleguen a una alta resistencia con una relación a/c 0.2, se utilizó 600 Kg de cemento por metro cúbico, y después de ensayos preliminares se optó por usar un 3% del aditivo Neoplast 8500HP, ya que es esta dosificación permite una buena trabajabilidad; y las respectivas proporciones de arena y piedra. De estos 3 diseños se hacen probetas de concreto y se ensayan a los 7 días, obteniendo los resultados de la siguiente tabla (ver Tabla 35).

Tabla 35

Relación de arena y piedra en concretos ensayados a los 7 días

% Arena	%Piedra	Resistencia a la compresión Promedio (Kg/cm^2)
46.15	53.85	620.48
44.00	56.00	626.30
42.00	58.00	624.18

Finalmente, la relación óptima de arena y piedra que se usará para el diseño final del concreto es de 44% de arena y 56% de piedra, además al ser el concreto patrón, esta misma proporción se repetirá en los 12 diferentes diseños de concreto. Otras consideraciones al momento de realizar el diseño del concreto fueron que para diferenciar cada relación a/c, se usaron diferentes cantidades de cemento por metro cúbico, siendo para las relaciones a/c 0.20 el uso de 600 Kg, para las relaciones a/c 0.25 el uso de 550 Kg, y para relaciones a/c 0.30 e uso de 500 Kg

4.1.1 Diseño del concreto CA-0.20

Para el diseño del concreto CA-0.20 se usará 600 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 1.5% (ACI, 2008), y un 3.0% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 36 y Tabla 37).

Tabla 36

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	120.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	780.00
Piedra	Kg	1032.00
Aditivo	Kg	18.00

Tabla 37

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	122.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	789.00
Piedra	Kg	1037.00
Aditivo	Kg	18.00

4.1.2 Diseño del concreto CA-0.25

Para el diseño del concreto CA-0.25 se usará 550 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un

porcentaje de vacíos del 1.5% (ACI, 2008), y un 1.95% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 38 y Tabla 39).

Tabla 38

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	137.50
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	786.00
Piedra	Kg	1040.00
Aditivo	Kg	10.73

Tabla 39

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	139.00
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	795.00
Piedra	Kg	1045.00
Aditivo	Kg	10.73

4.1.3 Diseño del concreto CA-0.30

Para el diseño del concreto CA-0.30 se usará 500 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 1.5% (ACI, 2008), y un 1.25% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 40 y Tabla 41).

Tabla 40

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CA-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	150.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	795.00
Piedra	Kg	1052.00
Aditivo	Kg	6.25

Tabla 41

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	152.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	804.00
Piedra	Kg	1057.00
Aditivo	Kg	6.25

4.2 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 3/4”

El diseño de concreto usa las propiedades físicas de los agregados expuestas en las tablas 2, 5, 12 y 15, que corresponden al agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4” y del agregado fino. El código usado para este concreto es “CB” y para diferenciarlo entre las diferentes relaciones agua y cemento se usan los códigos “CB-0.20”, “CB-0.25” y “CB-0.30”.

4.2.1 Diseño del concreto CB-0.20

Para el diseño del concreto CB-0.20 se usará 600 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 2.0% (ACI, 2008), y un 3.7% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 42 y Tabla 43).

Tabla 42

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	120.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	769.00
Piedra	Kg	994.00
Aditivo	Kg	22.20

Tabla 43

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CB-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	126.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	777.00
Piedra	Kg	999.00
Aditivo	Kg	22.20

4.2.2 Diseño del concreto CB-0.25

Para el diseño del concreto CB-0.25 se usará 550 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 2.0% (ACI, 2008), y un 2.35% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 44 y Tabla 45).

Tabla 44

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	137.50
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	778.00
Piedra	Kg	1005.00
Aditivo	Kg	12.93

Tabla 45

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CB-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	144.00
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	785.00
Piedra	Kg	1010.00
Aditivo	Kg	12.93

4.2.3 Diseño del concreto CB-0.30

Para el diseño del concreto CB-0.30 se usará 500 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un

porcentaje de vacíos del 2.0% (ACI, 2008), y un 1.7% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 46 y Tabla 47).

Tabla 46

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CB-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	150.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	786.00
Piedra	Kg	1016.00
Aditivo	Kg	8.50

Tabla 47

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	156.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	794.00
Piedra	Kg	1021.00
Aditivo	Kg	8.50

4.3 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 1/2”

El diseño de concreto usa las propiedades físicas de los agregados expuestas en las tablas 2, 5, 17 y 20, que corresponden al agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1/2” y del agregado fino. El código usado para este concreto es “CC” y para diferenciarlo entre las diferentes relaciones agua y cemento se usan los códigos “CC-0.20”, “CC-0.25” y “CC-0.30”.

4.3.1 Diseño del concreto CC-0.20

Para el diseño del concreto CC-0.20 se usará 600 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 2.5% (ACI, 2008), y un 3.55% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 48 y Tabla 49).

Tabla 48

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	120.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	765.00
Piedra	Kg	985.00
Aditivo	Kg	21.30

Tabla 49

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	127.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	772.00
Piedra	Kg	990.00
Aditivo	Kg	21.30

4.3.2 Diseño del concreto CC-0.25

Para el diseño del concreto CC-0.25 se usará 550 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 2.5% (ACI, 2008), y un 2.3% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 50 y Tabla 51).

Tabla 50

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	137.50
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	772.00
Piedra	Kg	994.00
Aditivo	Kg	12.65

Tabla 51

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	144.00
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	780.00
Piedra	Kg	999.00
Aditivo	Kg	12.65

4.3.3 Diseño del concreto CC-0.30

Para el diseño del concreto CC-0.30 se usará 500 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 2.5% (ACI, 2008), y un 1.65% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 52 y Tabla 53).

Tabla 52

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CC-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	150.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	781.00
Piedra	Kg	1006.00
Aditivo	Kg	8.25

Tabla 53

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CC-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	157.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	788.00
Piedra	Kg	1011.00
Aditivo	Kg	8.25

4.4 Diseño del concreto con agregado grueso de TMN 3/8”

El diseño de concreto usa las propiedades físicas de los agregados expuestas en las Tablas 2, 5, 22 y 25, que corresponden al agregado grueso con tamaño

máximo nominal de 3/8" y del agregado fino. El código usado para este concreto es "CD" y para diferenciarlo entre las diferentes relaciones agua y cemento se usan los códigos "CD-0.20", "CD-0.25" y "CD-0.30".

4.4.1 Diseño del concreto CD-0.20

Para el diseño del concreto CD-0.20 se usará 600 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 3.0% (ACI, 2008), y un 4.0% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 54 y Tabla 55).

Tabla 54

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	120.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	756.00
Piedra	Kg	977.00
Aditivo	Kg	24.00

Tabla 55

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CD-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	125.00
Cemento	Kg	600.00
Arena	Kg	763.00
Piedra	Kg	982.00
Aditivo	Kg	24.00

4.4.2 Diseño del concreto CD-0.25

Para el diseño del concreto CD-0.25 se usará 550 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 3.0% (ACI, 2008), y un 2.615% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 56 y Tabla 57).

Tabla 56

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	137.50
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	764.00
Piedra	Kg	988.00
Aditivo	Kg	14.38

Tabla 57

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CD-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	142.00
Cemento	Kg	550.00
Arena	Kg	772.00
Piedra	Kg	993.00
Aditivo	Kg	14.38

4.4.3 Diseño del concreto CD-0.30

Para el diseño del concreto CD-0.30 se usará 500 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, la relación de agregados es de 44% de arena y 56% de piedra, un porcentaje de vacíos del 3.0% (ACI, 2008), y un 2.0% del aditivo Neoplast 8500HP respecto al peso del cemento (ver Tabla 58 y Tabla 59).

Tabla 58

Peso de los materiales secos para 1 m^3 de concreto CD-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	150.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	773.00
Piedra	Kg	999.00
Aditivo	Kg	10.00

Tabla 59

Pesos en condiciones ambientales para 1 m^3 de concreto CA-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 m^3 de concreto
Agua	l	155.00
Cemento	Kg	500.00
Arena	Kg	780.00
Piedra	Kg	1004.00
Aditivo	Kg	10.00

4.5 Dosificación usada en el laboratorio

Para realizar el mezclado del concreto dentro del laboratorio se usó el trompo mediano (ver figura 11), por ello cada tanda de concreto usado es de 0.025 m^3 que equivale a 25 litros, y la dosificación de los materiales a condiciones ambientales por diseños se muestran en las Tablas desde la 60 hasta la 71.

Figura 11

Trompo de 40L perteneciente al LEM

Tabla 60

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.04
Cemento	Kg	15.00
Arena	Kg	19.72
Piedra	Kg	25.93
Aditivo	g	450.0

Tabla 61

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-025

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.48
Cemento	Kg	13.75
Arena	Kg	19.87
Piedra	Kg	26.13
Aditivo	g	268.1

Tabla 62

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CA-030

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.79
Cemento	Kg	12.50
Arena	Kg	20.09
Piedra	Kg	26.42
Aditivo	g	156.3

Tabla 63

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-020

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.15
Cemento	Kg	15.00
Arena	Kg	19.43
Piedra	Kg	24.98
Aditivo	g	555.0

Tabla 64

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-0.25

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.59
Cemento	Kg	13.75
Arena	Kg	19.63
Piedra	Kg	25.24
Aditivo	g	323.2

Tabla 65

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CB-0.30

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.90
Cemento	Kg	12.50
Arena	Kg	19.85
Piedra	Kg	25.53
Aditivo	g	212.5

Tabla 66

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.20

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.17
Cemento	Kg	15.00
Arena	Kg	19.30
Piedra	Kg	24.74
Aditivo	g	532.5

Tabla 67

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.25

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.60
Cemento	Kg	13.75
Arena	Kg	19.49
Piedra	Kg	24.98
Aditivo	g	316.3

Tabla 68

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CC-0.30

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.92
Cemento	Kg	12.50
Arena	Kg	19.71
Piedra	Kg	25.26
Aditivo	g	206.3

Tabla 69

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.20

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.12
Cemento	Kg	15.00
Arena	Kg	19.08
Piedra	Kg	24.54
Aditivo	g	600.0

Tabla 70

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.25

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.56
Cemento	Kg	13.75
Arena	Kg	19.29
Piedra	Kg	24.82
Aditivo	g	359.6

Tabla 71

Dosificación por tanda de 0.025 m^3 de concreto CD-0.30

Característica	Unidad	Cantidad para 1 tanda de concreto
Agua	l	3.87
Cemento	Kg	12.50
Arena	Kg	19.51
Piedra	Kg	25.10
Aditivo	g	250.0

CAPÍTULO V: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto se hallaron para los 12 diseños diferentes del concreto, mediante realización de un programa de ensayos experimentales en concordancia con las NTP aplicables ya mencionadas en Capítulo II; las evidencias se muestran en el Anexo 5.

5.1 Concreto en estado fresco

5.1.1 Asentamiento

Según la NTP 339.035 (INACAL, 2022), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 72 a Tabla 75).

Tabla 72

Asentamiento de los concretos CA

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CA	5"	6 3/4"	6 1/8"

Tabla 73

Asentamiento de los concretos CB

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CB	7"	7"	5 1/8"

Tabla 74

Asentamiento de los concretos CC

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CC	5"	6 7/8"	6 3/4"

Tabla 75

Asentamiento de los concretos CD

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CD	6 3/4"	6"	5 3/8"

5.1.2 Peso Unitario

Según la guía de la NTP 339.046 (INACAL, 2019), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 76 a Tabla 79).

Tabla 76

Peso unitario de los concretos CA

CONCRETO	UNIDAD	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CA	Kg/m^3	2433.53	2526.76	2492.86

Tabla 77

Peso unitario de los concretos CB

CONCRETO	UNIDAD	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CB	Kg/m^3	2464.26	2449.42	2357.25

Tabla 78

Peso unitario de los concretos CC

CONCRETO	UNIDAD	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CC	Kg/m^3	2437.77	2427.18	2359.37

Tabla 79

Peso unitario de los concretos CD

CONCRETO	UNIDAD	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CD	Kg/m^3	2434.59	2438.83	2345.60

5.1.3 Contenido de aire

Según la NTP 339.081 (INACAL, 2017b), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 80 a Tabla 82).

Tabla 80

Contenido de aire de los concretos CA

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CA	3.3%	0.6%	0.9%

Tabla 81

Contenido de aire de los concretos CB

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CB	3.5%	2%	1.1%

Tabla 82

Contenido de aire de los concretos CC

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CC	3.7%	2.5%	1.3%

Tabla 83

Contenido de aire de los concretos CD

CONCRETO	a/c 0.20	a/c 0.25	a/c 0.30
CD	3.9%	3.7%	2.9%

5.1.4 Exudación

Según la NTP 339.077 (INACAL, 2020b), se realizaron los procedimientos para hallar el porcentaje de exudación, y al realizarlo para los 12 diferentes tipos de concretos (CA, CB, CC, y CD), en cada caso no exudo agua en la superficie del concreto, por ello la exudación para los 12 diferentes tipos de concreto es del 0% como se observa en la Figura 12.

Figura 12

Ensayo de exudación del concreto CC-0.30

Nota: Al realizar el proceso de extracción del agua exudada, no se obtuvo agua en la superficie del concreto.

5.1.5 Tiempo de fragua

Según la guía de la NTP 339.082 (INACAL, 2017c), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados.

5.1.5.1 Tiempo de fragua de concreto CA-0.20

Para el caso del concreto CA-0.20, la fragua sucede después de las 12 horas (ver Figura 13), por ello se realizaron 2 ensayos de tiempo de fragua, siendo el primero, día 1, donde se evidencia que la fragua no ocurrió antes de las 12 horas (ver Tabla

84), y el día 2, donde se evidencia que la fragua ocurrió después de las 12 horas (ver Tabla 85).

Tabla 84

Tiempo de fragua CA-0.20 día 1

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
9:19:00	0	-	-	-
12:46:00	207	1	80	80
13:46:00	267	1/2	64	128
15:22:00	363	1/2	80	160
16:25:00	426	1/4	50	200
17:25:00	486	1/4	52	208
18:20:00	541	1/4	52	208
19:15:00	596	1/4	54	216

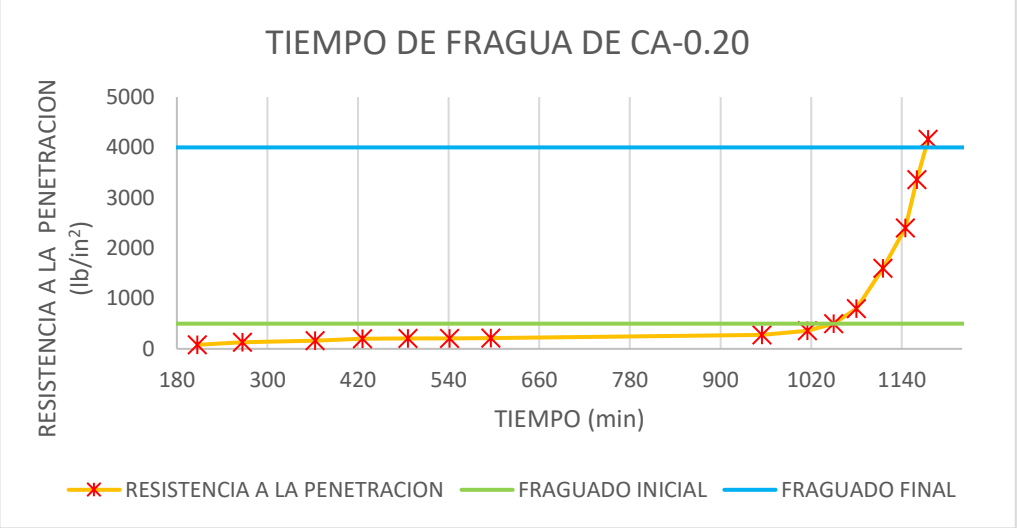
Tabla 85

Tiempo de fragua CA-0.20 día 2

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
16:05:00	0	-	-	-
8:00:00	955	1/4	70	280
9:00:00	1015	1/4	90	360
9:35:00	1050	1/10	50	500
10:05:00	1080	1/20	40	800
10:40:00	1115	1/20	80	1600
11:10:00	1145	1/40	60	2400
11:25:00	1160	1/40	84	3360
11:40:00	1175	1/40	104	4160

Figura 13

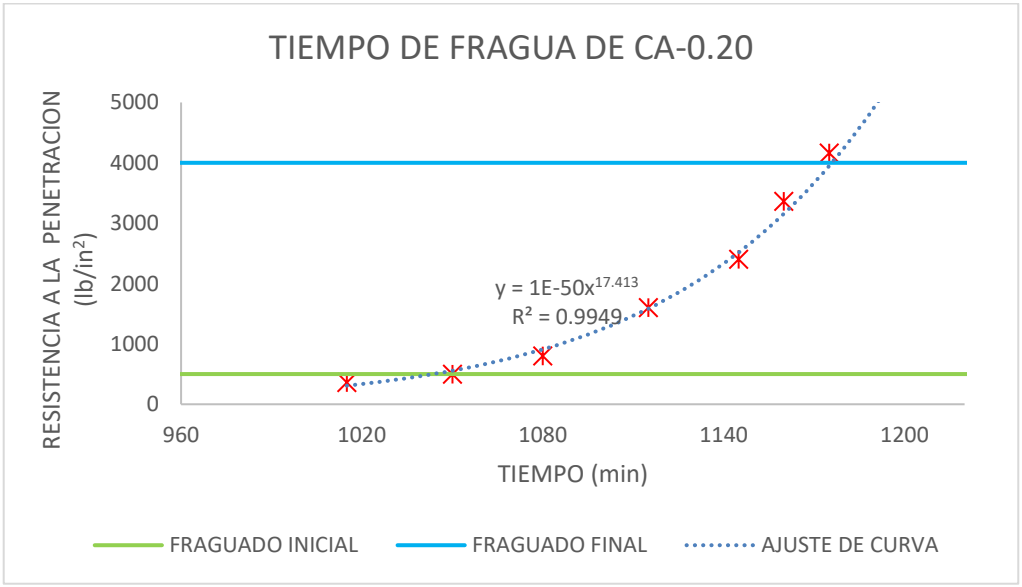
Tiempo de fragua CA-0.20



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 14), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 1063 minutos el fraguado inicial, y a los 1198 minutos el fraguado final.

Figura 14

Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.20



5.1.5.2 Tiempo de fragua de concreto CA-0.25

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CA-0.25 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 86) y figura (ver Figura 15).

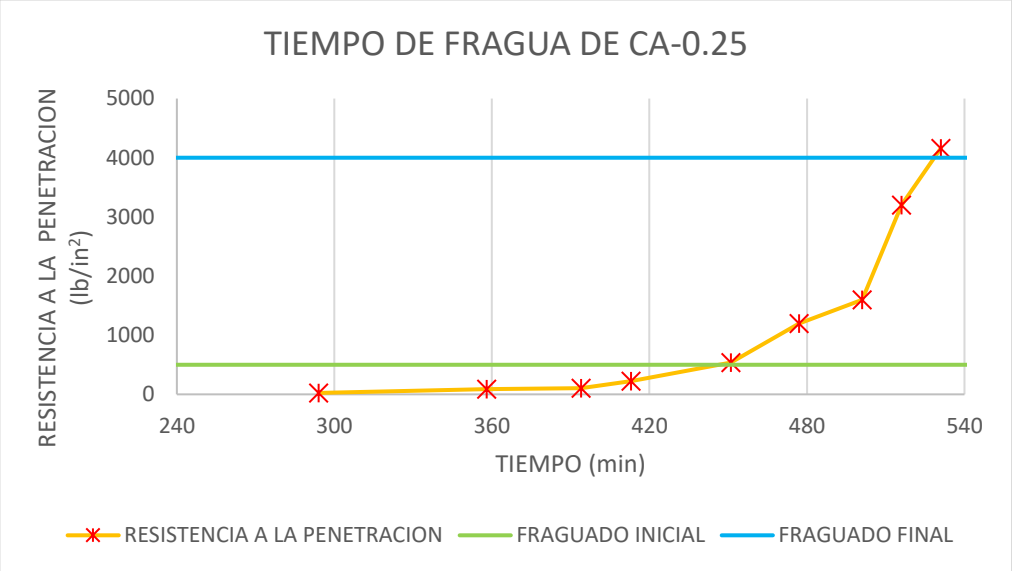
Tabla 86

Tiempo de fragua CA-0.25

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:39:00	0	-	-	-
13:33:00	294	1	24	24
14:37:00	358	1/2	44	88
15:13:00	394	1/4	26	104
15:32:00	413	1/4	56	224
16:10:00	451	1/10	54	540
16:36:00	477	1/20	60	1200
17:00:00	501	1/40	40	1600
17:15:00	516	1/40	80	3200
17:30:00	531	1/40	104	4160

Figura 15

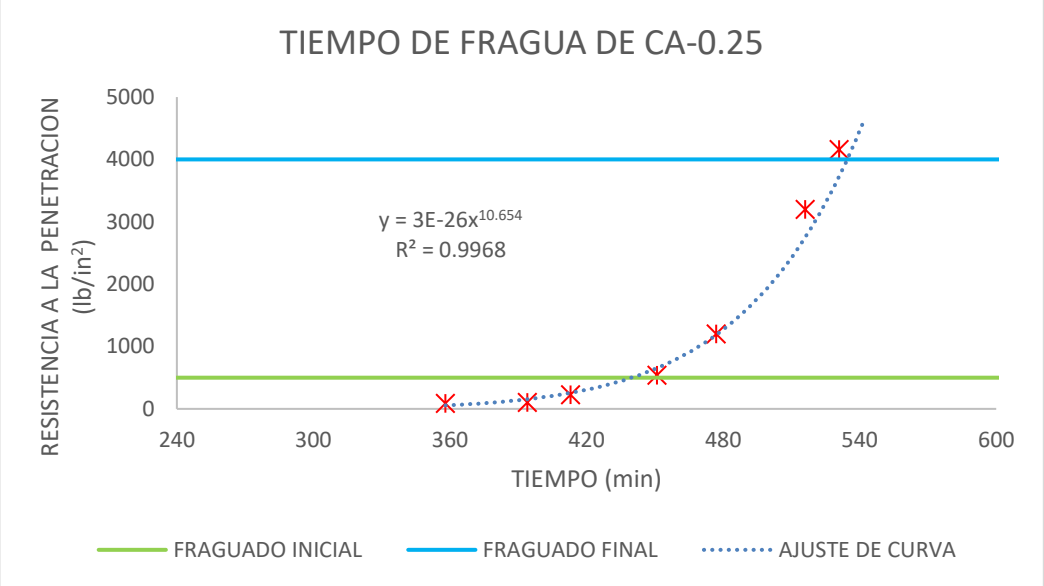
Tiempo de fragua CA-0.25



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 16), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 446 minutos el fraguado inicial, y a los 542 minutos el fraguado final.

Figura 16

Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.25



5.1.5.3 Tiempo de fragua de concreto CA-0.30

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CA-0.30 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 87) y figura (ver Figura 17).

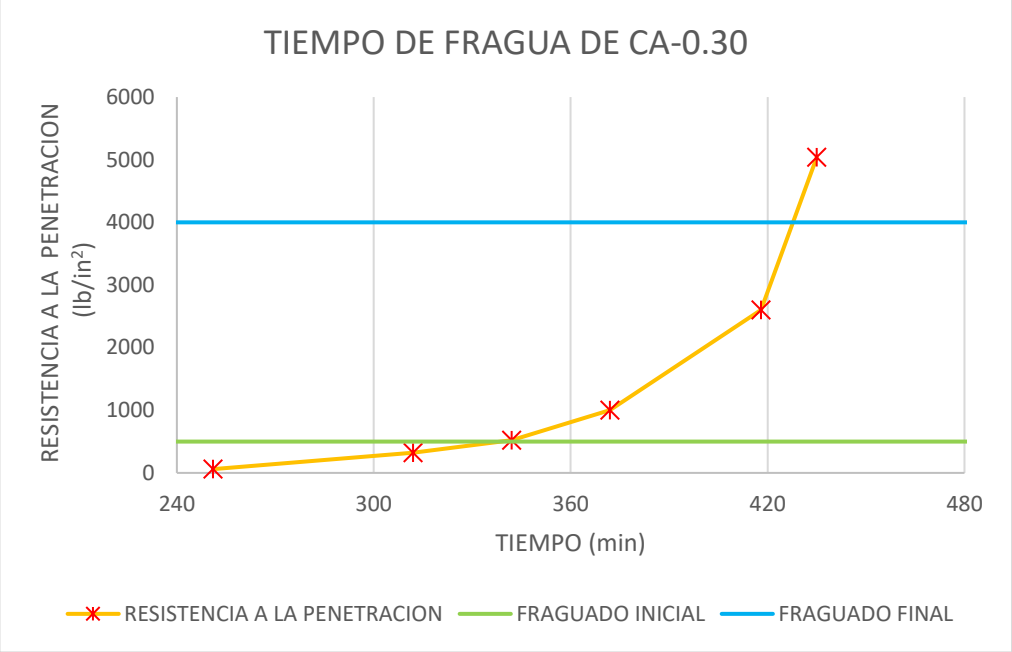
Tabla 87

Tiempo de fragua CA-0.30

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:14:00	0	-	-	-
12:25:00	251	1	60	60
13:26:00	312	1/2	162	324
13:56:00	342	1/4	130	520
14:26:00	372	1/10	100	1000
15:12:00	418	1/20	130	2600
15:29:00	435	1/40	126	5040

Figura 17

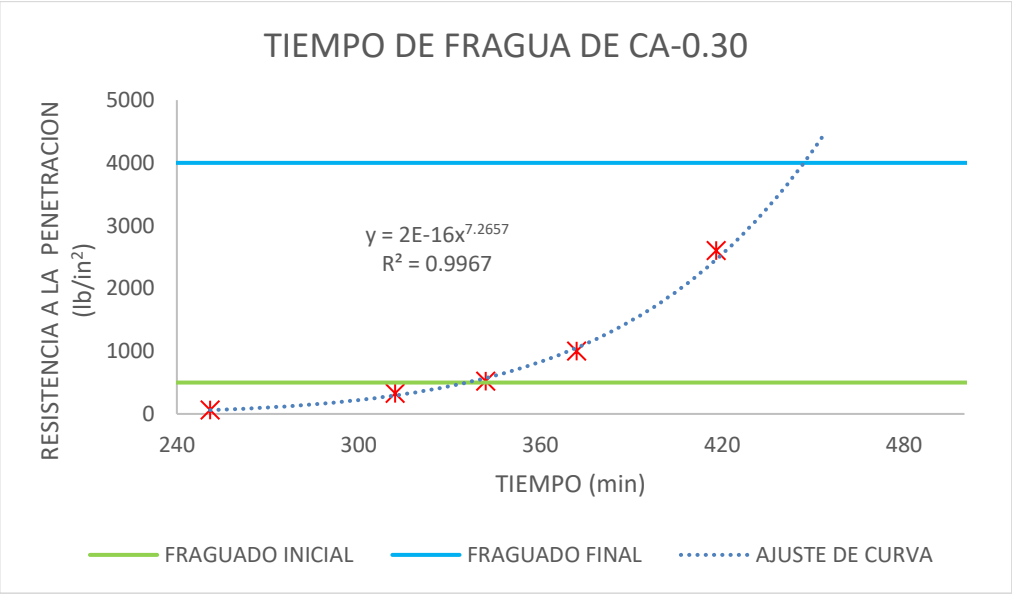
Tiempo de fragua CA-0.30



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 18), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 341 minutos el fraguado inicial, y a los 453 minutos el fraguado final.

Figura 18

Ajustando la curva del tiempo de fragua CA-0.30



5.1.5.4 Tiempo de fragua de concreto CB-0.20

Para el caso del concreto CB-0.20, la fragua sucede después de las 12 horas (ver figura 19), por ello se realizaron 2 ensayos de tiempo de fragua, siendo el primero, día 1, donde se evidencia que la fragua no ocurrió antes de las 12 horas (ver Tabla 88), y el día 2, donde se evidencia que la fragua ocurrió después de las 12 horas (ver Tabla 89).

Tabla 88

Tiempo de fragua CB-0.20 día 1

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
7:54:00	0	-	-	-
13:03:00	309	1	88	88
14:34:00	400	1/2	62	124
15:34:00	460	1/4	40	160
16:40:00	526	1/4	42	168
17:33:00	579	1/4	50	200
18:30:00	636	1/4	52	208
19:20:00	686	1/4	60	240

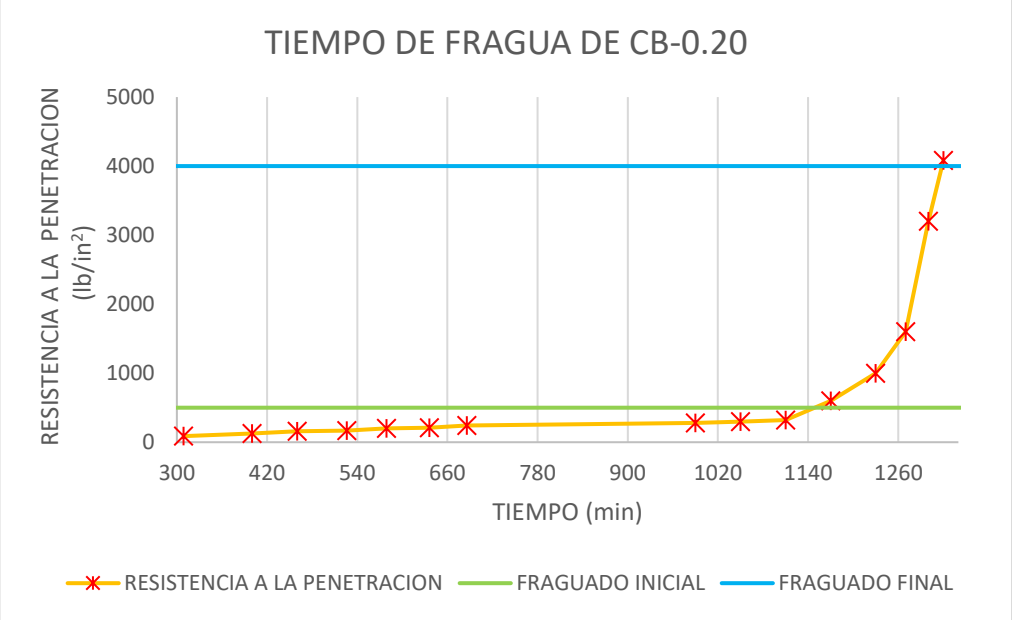
Tabla 89

Tiempo de fragua CB-0.20 día 2

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
15:30:00	0	-	-	-
8:00:00	990	1/4	70	280
9:00:00	1050	1/4	74	296
10:00:00	1110	1/4	80	320
11:00:00	1170	1/10	60	600
12:00:00	1230	1/20	50	1000
12:40:00	1270	1/40	40	1600
13:10:00	1300	1/40	80	3200
13:30:00	1320	1/40	102	4080

Figura 19

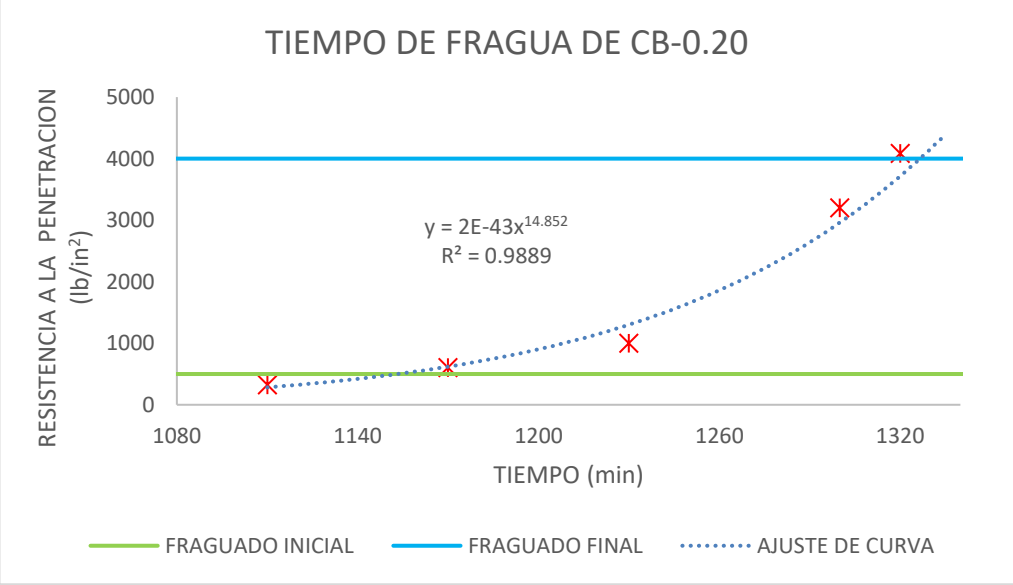
Tiempo de fragua CB-0.20



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 20), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura resultando a los 1139 minutos el fraguado inicial, y a los 1311 minutos el fraguado final.

Figura 20

Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.20



5.1.5.5 Tiempo de fragua de concreto CB-0.25

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CB-0.25 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 90) y figura (ver Figura 21).

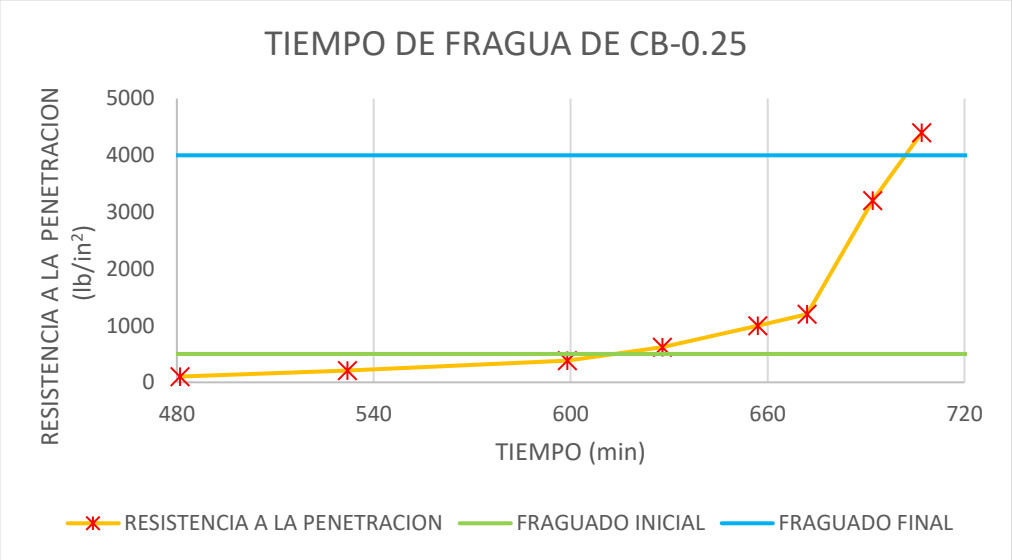
Tabla 90

Tiempo de fragua CB-0.25

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:03:00	0	-	-	-
16:04:00	481	1	102	102
16:55:00	532	1/2	104	208
18:02:00	599	1/4	96	384
18:31:00	628	1/10	62	620
19:00:00	657	1/20	50	1000
19:15:00	672	1/40	30	1200
19:35:00	692	1/40	80	3200
19:50:00	707	1/40	110	4400

Figura 21

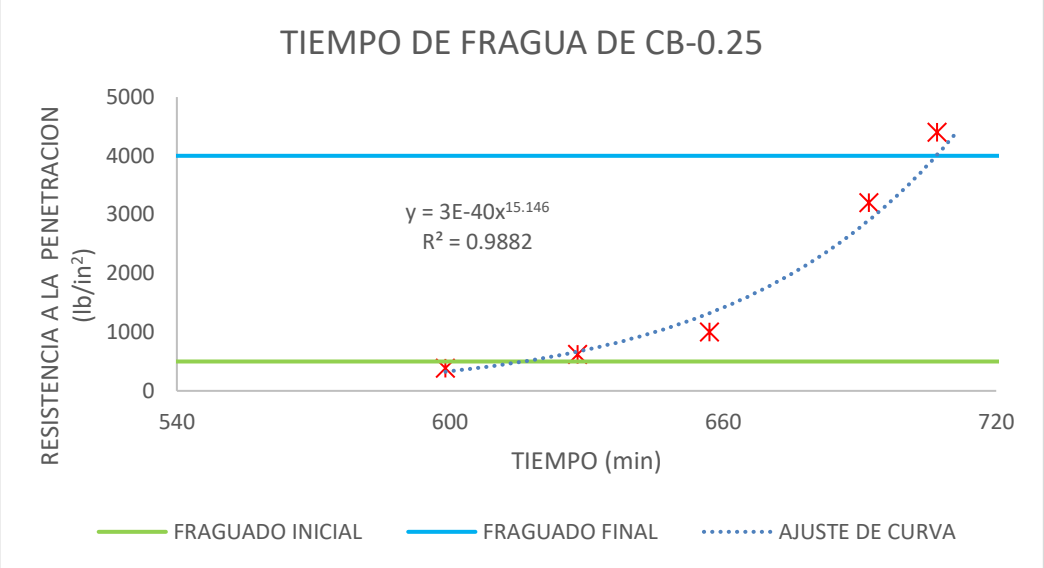
Tiempo de fragua CB-0.25



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 22), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 613 minutos el fraguado inicial, y a los 704 minutos el fraguado final.

Figura 22

Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.25



5.1.5.6 Tiempo de fragua de concreto CB-0.30

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CB-0.30 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 91) y figura (ver Figura 23).

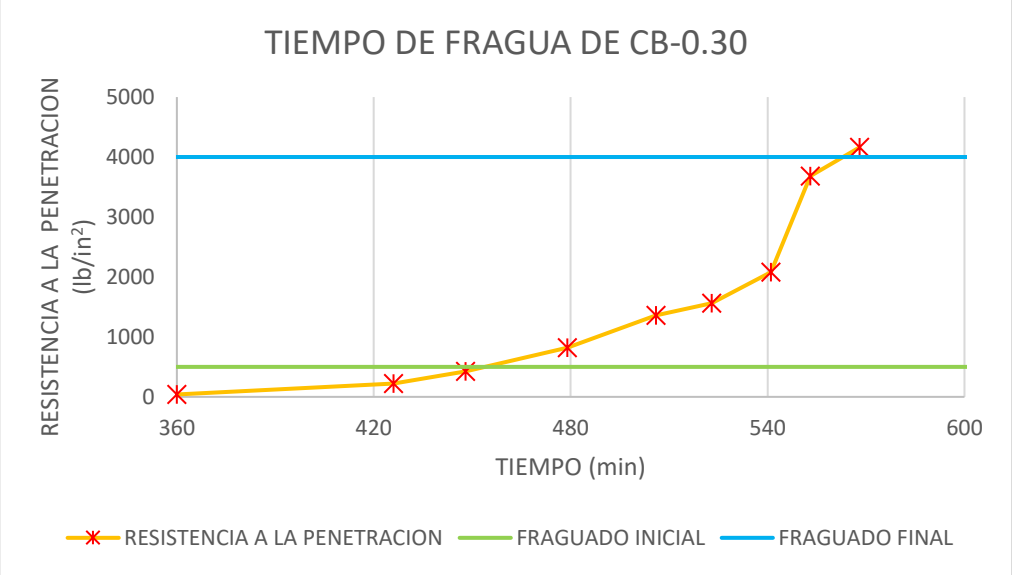
Tabla 91

Tiempo de fragua CB-0.30

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
9:32:00	0	-	-	-
15:32:00	360	1	40	40
16:38:00	426	1/2	112	224
17:00:00	448	1/4	106	424
17:31:00	479	1/10	82	820
17:58:00	506	1/20	68	1360
18:15:00	523	1/20	78	1560
18:33:00	541	1/40	52	2080
18:45:00	553	1/40	92	3680
19:00:00	568	1/40	104	4160

Figura 23

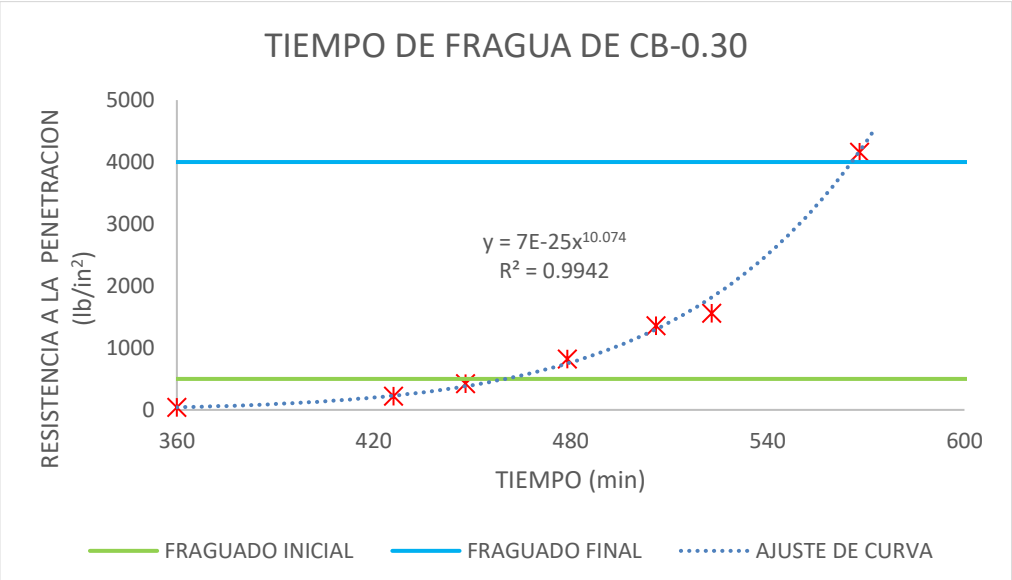
Tiempo de fragua CB-0.30



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 24), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 463 minutos el fraguado inicial, y a los 569 minutos el fraguado final.

Figura 24

Ajustando la curva del tiempo de fragua CB-0.30



5.1.5.7 Tiempo de fragua de concreto CC-0.20

Para el caso del concreto CC-0.20, la fragua sucede después de las 12 horas (ver figura 25), por ello se realizaron 2 ensayos de tiempo de fragua, siendo el primero, día 1, donde se evidencia que la fragua no ocurrió antes de las 12 horas (ver Tabla 92), y el día 2, donde se evidencia que la fragua ocurrió después de las 12 horas (ver Tabla 93).

Tabla 92

Tiempo de fragua CC-0.20 día 1

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:28:00	0	-	-	-
12:40:00	252	1	70	70
13:41:00	313	1/2	42	84
14:41:00	373	1/2	50	100
15:43:00	435	1/4	30	120
17:05:00	517	1/4	50	200
18:12:00	584	1/4	54	216

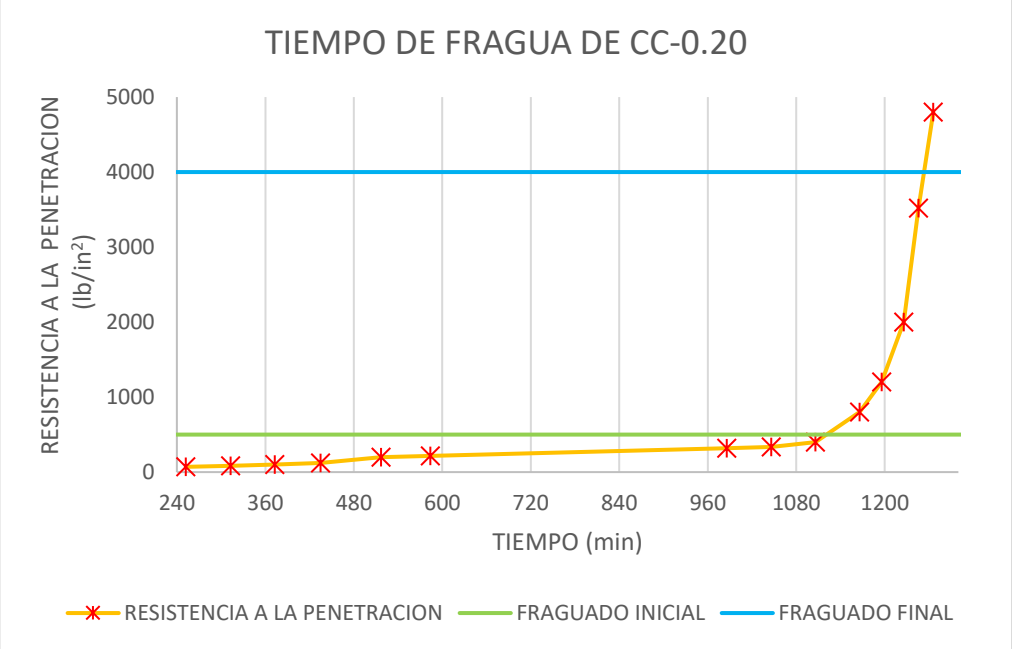
Tabla 93

Tiempo de fragua CC-0.20 día 2

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
15:34:00	0	-	-	-
8:00:00	986	1/4	80	320
9:00:00	1046	1/4	84	336
10:00:00	1106	1/4	100	400
11:00:00	1166	1/10	80	800
11:30:00	1196	1/20	60	1200
12:00:00	1226	1/40	50	2000
12:20:00	1246	1/40	88	3520
12:40:00	1266	1/40	120	4800

Figura 25

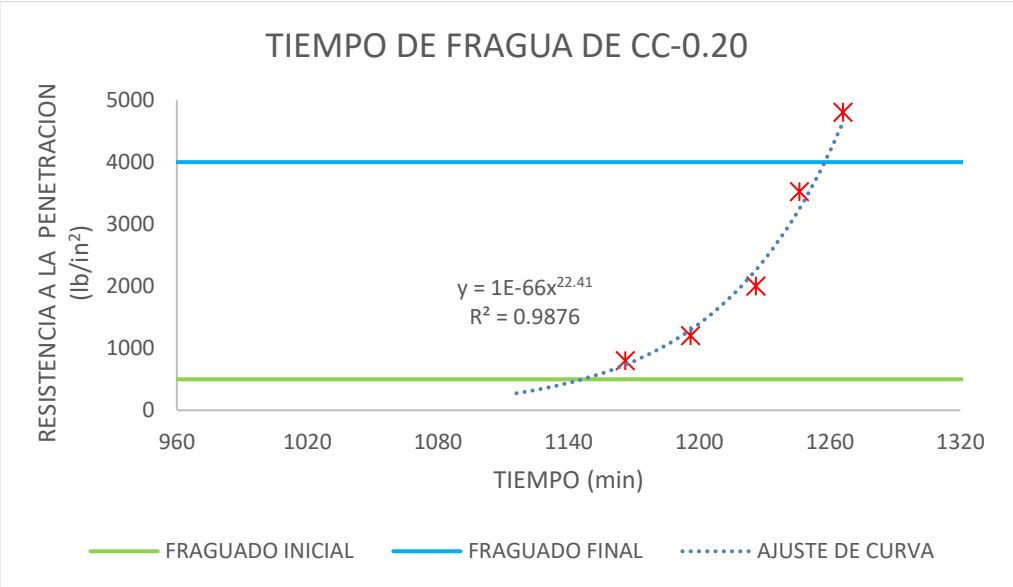
Tiempo de fragua CC-0.20



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 26), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 1163 minutos el fraguado inicial, y a los 1276 minutos el fraguado final.

Figura 26

Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.20



5.1.5.8 Tiempo de fragua de concreto CC-0.25

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CC-0.25 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 94) y figura (ver Figura 27).

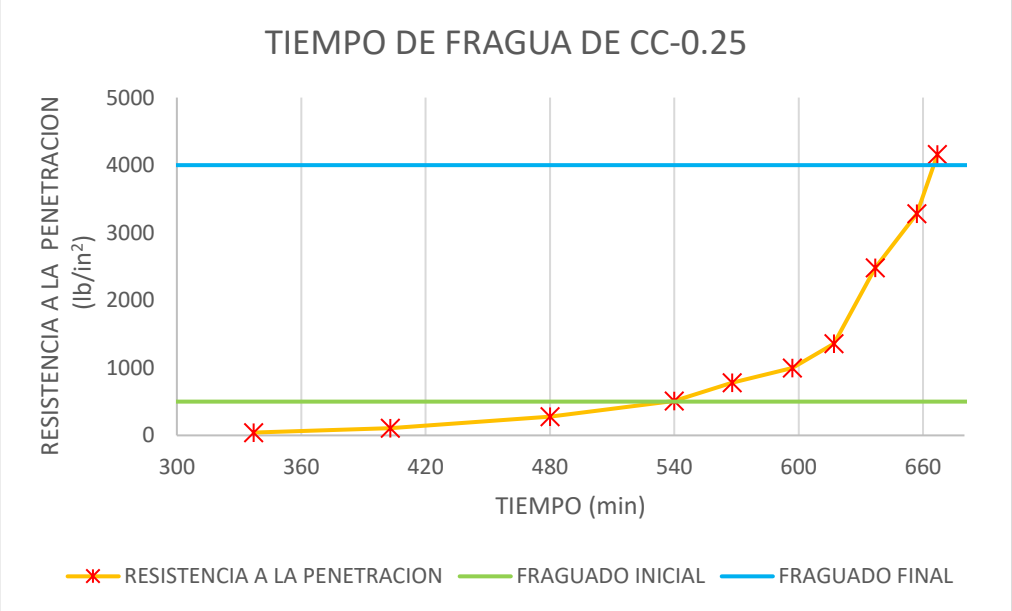
Tabla 94

Tiempo de fragua CC-0.25

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:03:00	0	-	-	-
13:40:00	337	1	42	42
14:46:00	403	1	106	106
16:03:00	480	1/2	140	280
17:03:00	540	1/4	128	512
17:31:00	568	1/10	78	780
18:00:00	597	1/20	50	1000
18:20:00	617	1/20	68	1360
18:40:00	637	1/40	62	2480
19:00:00	657	1/40	82	3280
19:10:00	667	1/40	104	4160

Figura 27

Tiempo de fragua CC-0.25

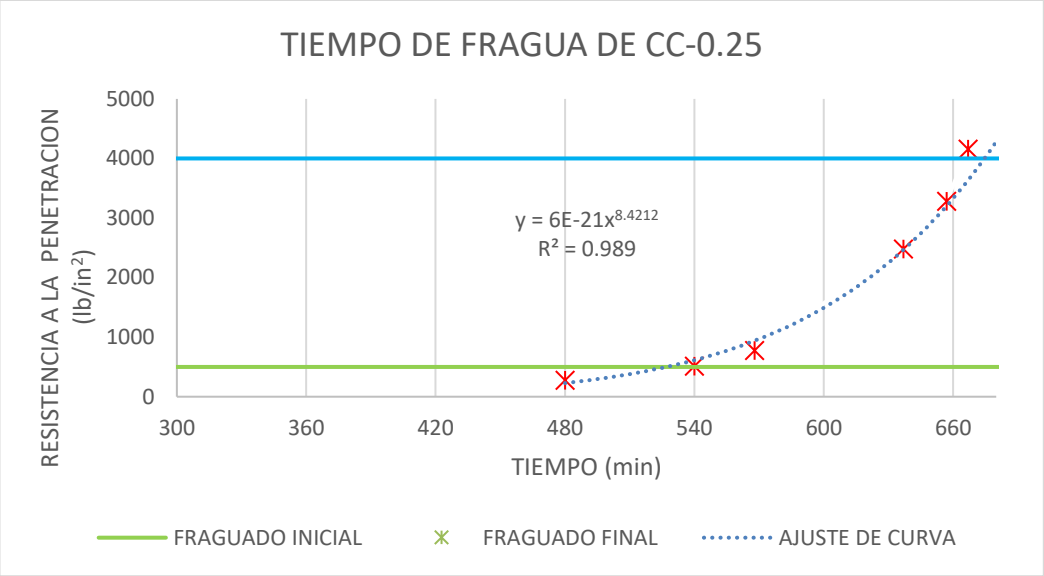


Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 28), por ello se usará la ecuación

presente en la siguiente figura, resultando a los 527 minutos el fraguado inicial, y a los 675 minutos el fraguado final.

Figura 28

Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.25



5.1.5.9 Tiempo de fragua de concreto CC-0.30

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CC-0.30 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 95) y figura (ver Figura 29).

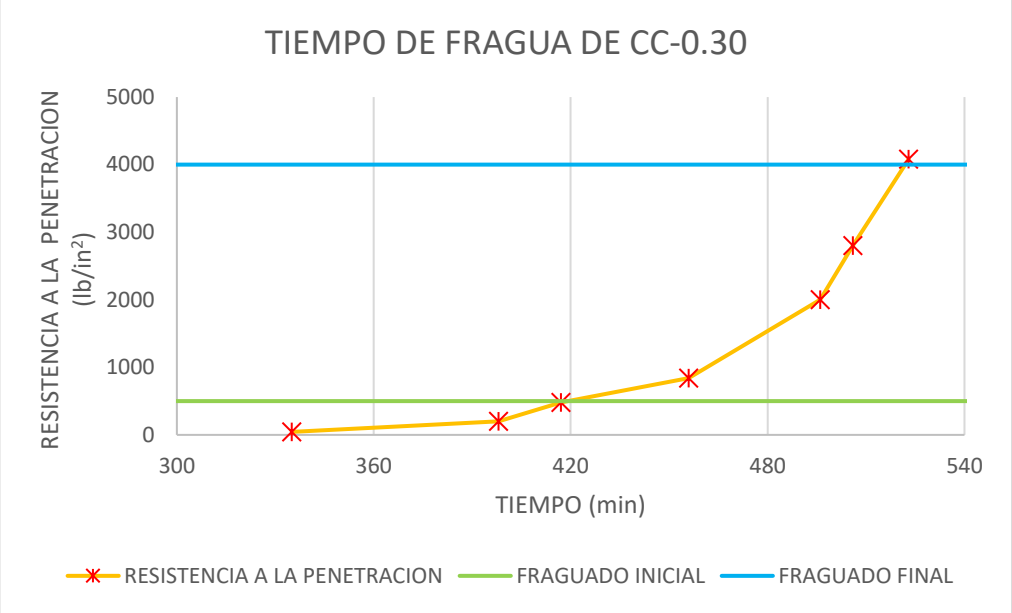
Tabla 95

Tiempo de fragua CC-0.30

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:04:00	0	-	-	-
13:39:00	335	1	44	44
14:42:00	398	1/2	100	200
15:01:00	417	1/4	120	480
15:40:00	456	1/10	84	840
16:20:00	496	1/20	100	2000
16:30:00	506	1/40	70	2800
16:47:00	523	1/40	102	4080

Figura 29

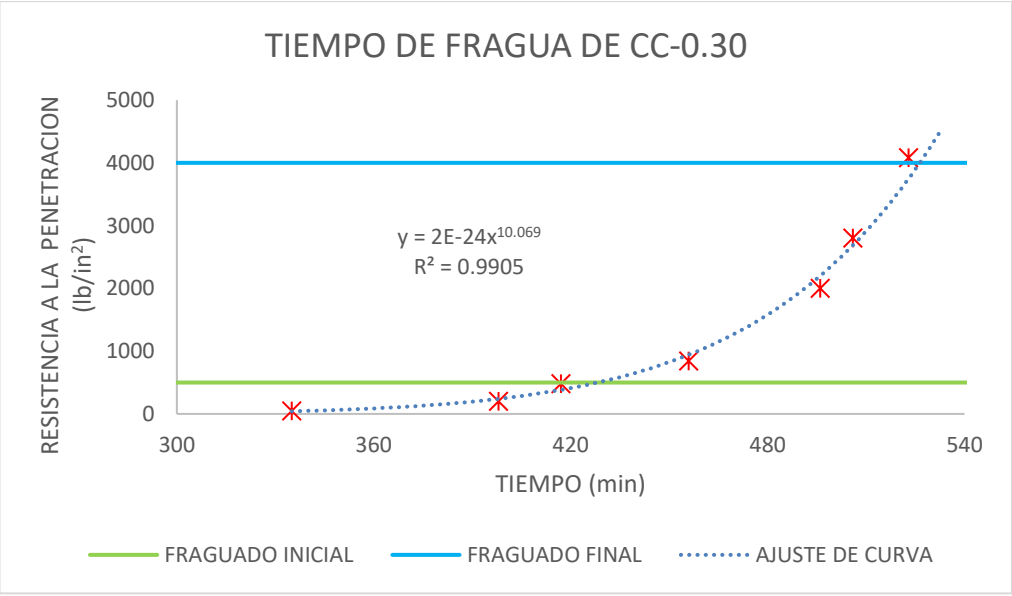
Tiempo de fragua CC-0.30



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 30), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 341 minutos el fraguado inicial, y a los 453 minutos el fraguado final.

Figura 30

Ajustando la curva del tiempo de fragua CC-0.30



5.1.5.10 Tiempo de fragua de concreto CD-0.20

Para el caso del concreto CD-20, la fragua sucede después de las 12 horas (ver figura 31), por ello se realizaron 2 ensayos de tiempo de fragua, siendo el primero, día 1, donde se evidencia que la fragua no ocurrió antes de las 12 horas (ver Tabla 96), y el día 2, donde se evidencia que la fragua ocurrió después de las 12 horas (ver Tabla 97).

Tabla 96

Tiempo de fragua CD-0.20 día 1

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:24:00	0	-	-	-
13:41:00	317	1	30	30
14:47:00	383	1	50	50
16:04:00	460	1/2	40	80
17:05:00	521	1/2	60	120
17:32:00	548	1/4	50	200
18:01:00	577	1/4	50	200

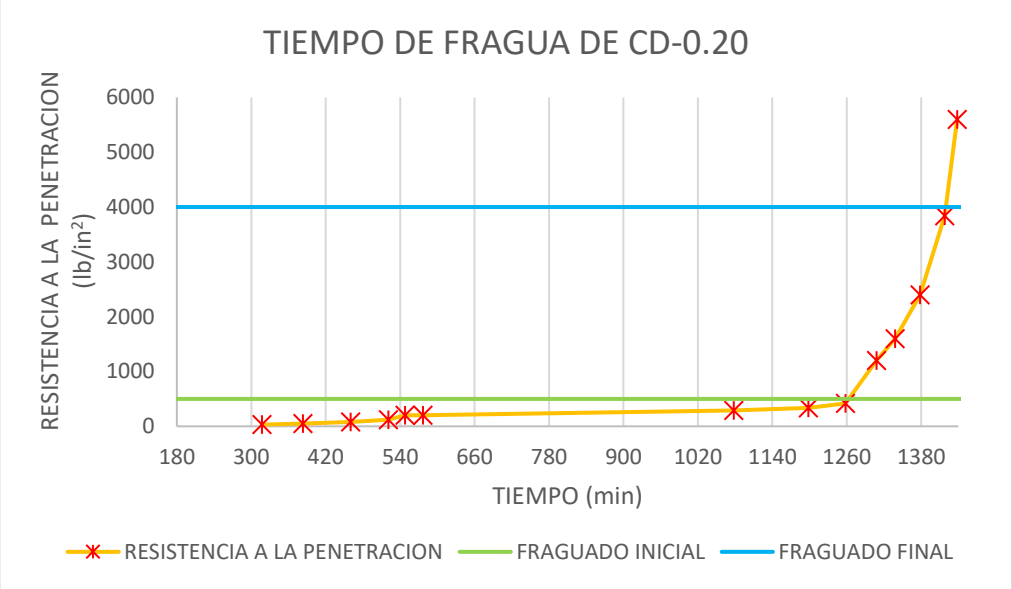
Tabla 97

Tiempo de fragua CD-0.20 día 2

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
15:02:00	0	-	-	-
9:00:00	1078	1/4	72	288
11:00:00	1198	1/4	84	336
12:00:00	1258	1/4	104	416
12:50:00	1308	1/10	120	1200
13:20:00	1338	1/20	80	1600
14:00:00	1378	1/40	60	2400
14:40:00	1418	1/40	96	3840
15:00:00	1438	1/40	140	5600

Figura 31

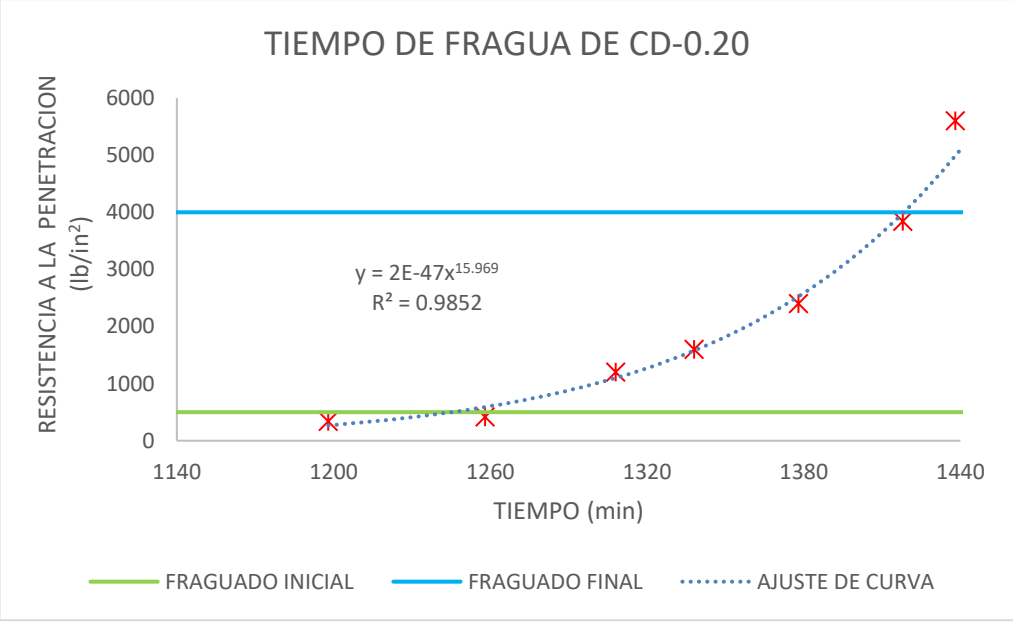
Tiempo de fragua CD-0.20



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 32), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 1240 minutos el fraguado inicial, y a los 1412 minutos el fraguado final.

Figura 32

Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.20



5.1.5.11 Tiempo de fragua de concreto CD-0.25

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CD-0.25 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 98) y figura (ver Figura 33).

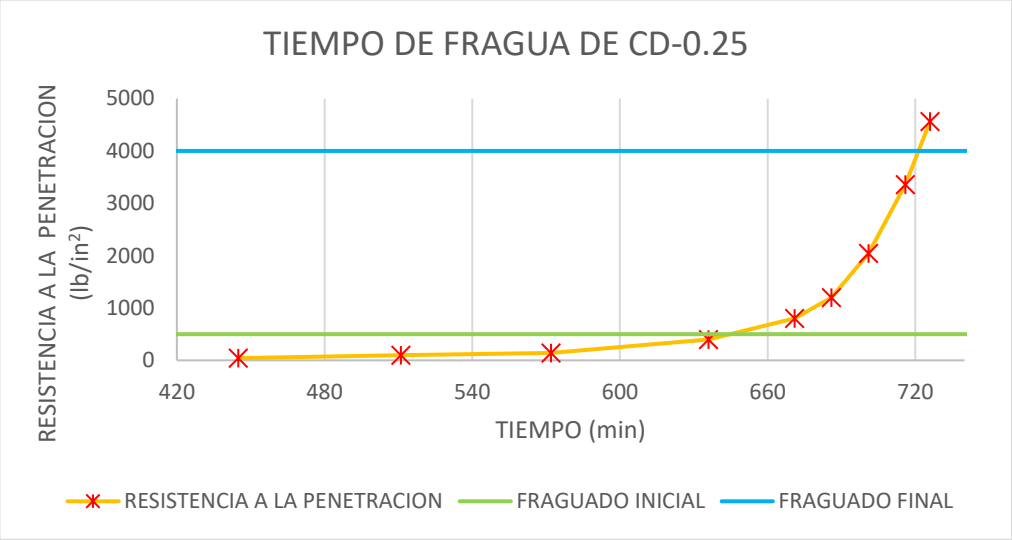
Tabla 98

Tiempo de fragua CD-0.25

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:04:00	0	-	-	-
15:29:00	445	1	42	42
16:35:00	511	1/2	50	100
17:36:00	572	1/4	36	144
18:40:00	636	1/10	40	400
19:15:00	671	1/20	40	800
19:30:00	686	1/20	60	1200
19:45:00	701	1/20	102	2040
20:00:00	716	1/40	84	3360
20:10:00	726	1/40	114	4560

Figura 33

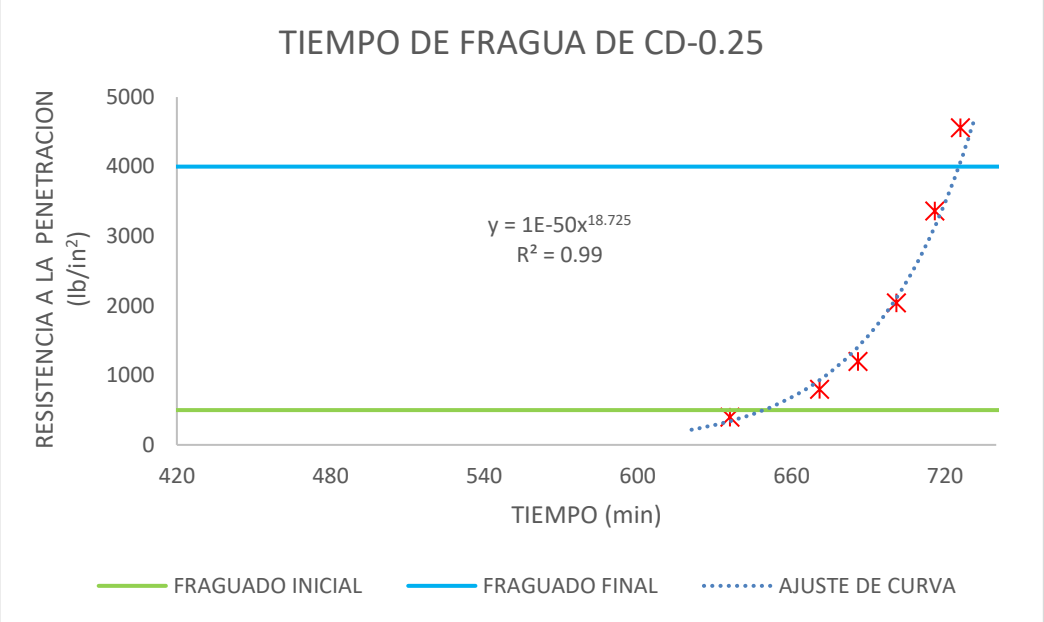
Tiempo de fragua CD-0.25



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 34), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 652 minutos el fraguado inicial, y a los 729 minutos el fraguado final.

Figura 34

Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.25



5.1.5.12 Tiempo de fragua de concreto CD-0.30

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el tiempo de fragua del concreto CD-0.30 se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 99) y figura (ver Figura 35).

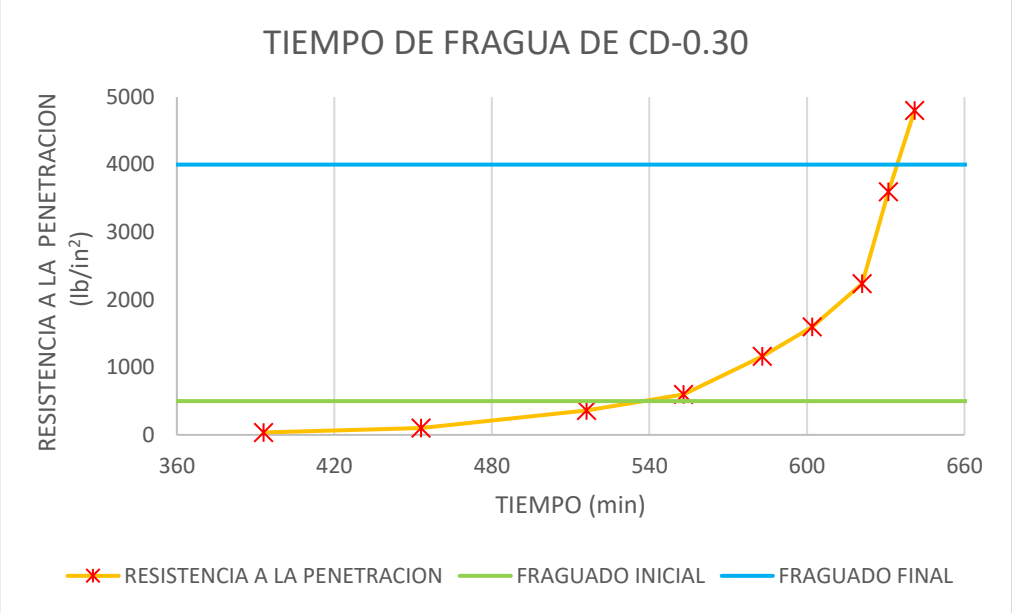
Tabla 99

Tiempo de fragua CD-0.30

HORA	TIEMPO (min)	AGUJA (in^2)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA (lb/in^2)
8:19:00	0	-	-	-
14:52:00	393	1	36	36
15:52:00	453	1/2	50	100
16:55:00	516	1/4	90	360
17:32:00	553	1/10	60	600
18:02:00	583	1/20	58	1160
18:21:00	602	1/20	80	1600
18:40:00	621	1/40	56	2240
18:50:00	631	1/40	90	3600
19:00:00	641	1/40	120	4800

Figura 35

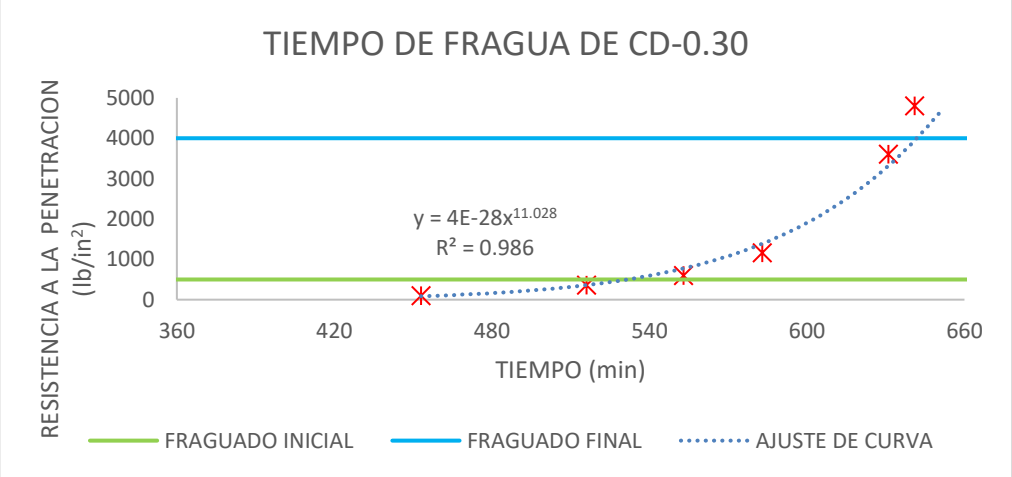
Tiempo de fragua CD-0.30



Luego de retirar los resultados atípicos, el coeficiente de correlación del análisis de regresión "R^2" es mayor a 0.98 (ver Figura 36), por ello se usará la ecuación presente en la siguiente figura, resultando a los 536 minutos el fraguado inicial, y a los 647 minutos el fraguado final.

Figura 36

Ajustando la curva del tiempo de fragua CD-0.30



5.2 Concreto en estado endurecido

5.2.1 Resistencia a la compresión

Según la NTP 339.034 (INACAL, 2021d), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 100 a Tabla 135).

5.2.1.1 Resistencia a la compresión de los concreto CA

Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: CA1, CA2 y CA3 para los 7 días; CA4, CA5 y CA6 para 14 días; y CA7, CA8 y CA9 para los 28 días.

Tabla 100

Dimensiones de las probetas CA-0.20 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CA1	10.090	10.100	10.095	80.039	20.50	20.70	20.60
CA2	10.090	10.095	10.093	80.000	20.90	20.90	20.90
CA3	10.070	9.940	10.005	78.618	20.80	20.90	20.85
CA4	10.005	10.070	10.038	79.130	20.60	20.60	20.60
CA5	10.095	10.090	10.093	80.000	20.80	21.00	20.90
CA6	10.090	10.350	10.220	82.034	20.70	20.80	20.75
CA7	10.070	10.110	10.090	79.960	21.00	20.70	20.85
CA8	10.035	10.025	10.030	79.012	20.90	21.00	20.95
CA9	10.095	10.050	10.073	79.683	21.00	20.80	20.90

Tabla 101

Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.20

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (kg/cm^2)
CA1	50046.00	625.27	2.04	1.00	625.27
CA2	49500.00	618.75	2.07	1.00	618.75
CA3	49697.00	632.13	2.08	1.00	632.13
CA4	54545.00	689.31	2.05	1.00	689.31
CA5	52719.00	658.99	2.07	1.00	658.99
CA6	59594.00	726.46	2.03	1.00	726.46
CA7	54969.00	687.46	2.07	1.00	687.46
CA8	59030.00	747.10	2.09	1.00	747.10
CA9	58299.00	731.64	2.07	1.00	731.64

Tabla 102

Resistencia promedio de las probetas CA-0.20

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	625.38
14	691.59
28	722.07

Figura 37

Resistencia a la compresión de CA-0.20

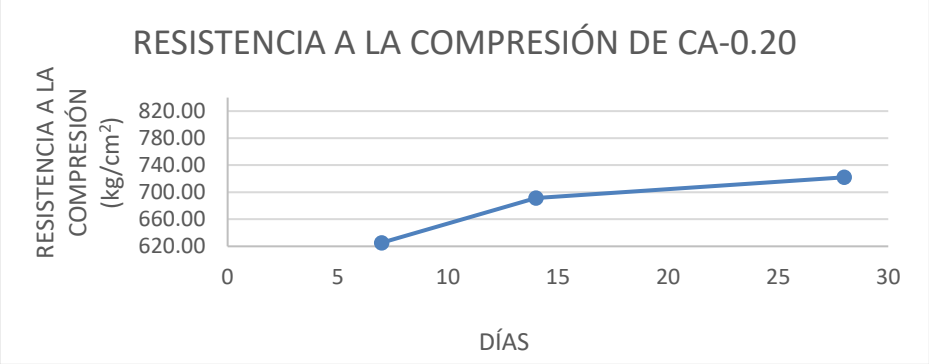


Tabla 103

Dimensiones de las probetas CA-0.25 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CA1	10.030	10.050	10.040	79.169	20.50	20.70	20.60
CA2	10.060	10.005	10.033	79.051	20.60	20.80	20.70
CA3	10.055	10.000	10.028	78.972	20.50	20.30	20.40
CA4	10.000	9.980	9.990	78.383	20.70	20.60	20.65
CA5	9.970	10.050	10.010	78.697	20.60	20.90	20.75
CA6	9.990	10.020	10.005	78.618	20.50	20.70	20.60
CA7	10.030	10.005	10.018	78.815	20.60	20.50	20.55
CA8	10.020	10.020	10.020	78.854	20.80	20.60	20.70
CA9	10.060	10.080	10.070	79.643	20.50	20.40	20.45

Tabla 104

Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.25

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CA1	51476.00	650.20	2.05	1.00	650.20
CA2	51040.00	645.66	2.06	1.00	645.66
CA3	51133.00	647.48	2.03	1.00	647.48
CA4	53140.00	677.95	2.07	1.00	677.95
CA5	53814.00	683.81	2.07	1.00	683.81
CA6	56285.00	715.93	2.06	1.00	715.93
CA7	55692.70	706.63	2.05	1.00	706.63
CA8	57337.90	727.14	2.07	1.00	727.14
CA9	56091.30	704.28	2.03	1.00	704.28

Tabla 105

Resistencia promedio de las probetas CA-0.25

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	647.78
14	692.56
28	712.68

Figura 38

Resistencia a la compresión de CA-0.25

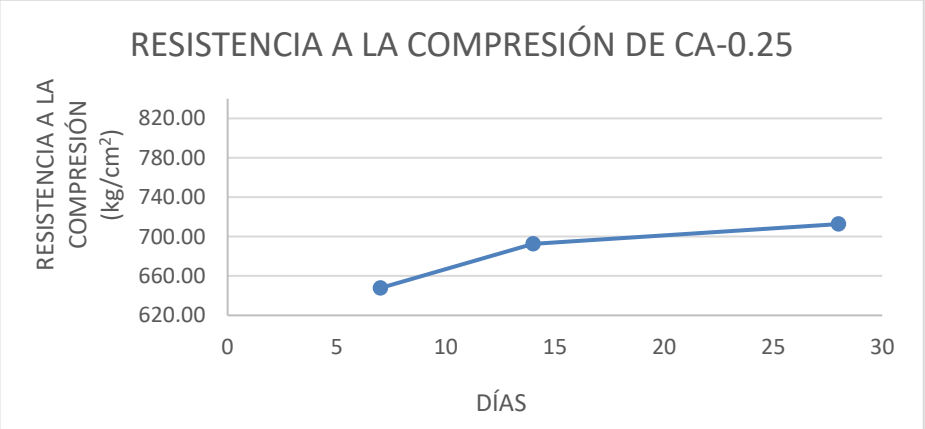


Tabla 106

Dimensiones de las probetas CA-0.30 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CA1	10.090	10.075	10.083	79.841	20.60	20.50	20.55
CA2	10.080	10.090	10.085	79.881	20.70	20.80	20.75
CA3	10.100	10.075	10.088	79.920	20.50	20.80	20.65
CA4	10.035	10.010	10.023	78.894	20.60	20.60	20.60
CA5	9.995	10.020	10.008	78.658	20.80	20.60	20.70
CA6	10.005	10.040	10.023	78.894	20.80	20.60	20.70
CA7	10.010	10.020	10.015	78.776	20.60	20.40	20.50
CA8	10.050	10.025	10.038	79.130	20.90	20.80	20.85
CA9	10.040	10.035	10.038	79.130	20.60	20.60	20.60

Tabla 107

Resistencia a la compresión de las probetas CA-0.30

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CA1	49910.00	625.12	2.04	1.00	625.12
CA2	50126.00	627.51	2.06	1.00	627.51
CA3	51509.00	644.50	2.05	1.00	644.50
CA4	50007.00	633.85	2.06	1.00	633.85
CA5	52511.00	667.59	2.07	1.00	667.59
CA6	51263.00	649.77	2.07	1.00	649.77
CA7	56034.00	711.31	2.05	1.00	711.31
CA8	56044.00	708.25	2.08	1.00	708.25
CA9	55940.00	706.94	2.05	1.00	706.94

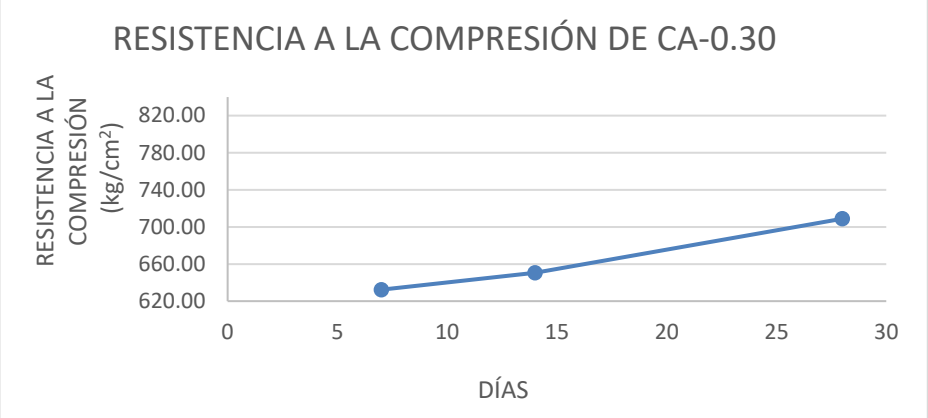
Tabla 108

Resistencia promedio de las probetas CA-0.30

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	632.38
14	650.41
28	708.83

Figura 39

Resistencia a la compresión de CA-0.30



5.2.1.2 Resistencia a la compresión de los concreto CB

Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: CB1, CB2 y CB3 para los 7 días; CB4, CB5 y CB6 para 14 días; y CB7, CB8 y CB9 para los 28 días

Tabla 109

Dimensiones de las probetas CB-0.20 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CB1	10.090	10.070	10.080	79.801	20.40	20.50	20.45
CB2	10.040	10.060	10.050	79.327	20.60	20.50	20.55
CB3	10.050	10.060	10.055	79.406	20.50	20.50	20.50
CB4	10.040	10.040	10.040	79.169	20.80	20.70	20.75
CB5	9.970	9.970	9.970	78.069	20.50	20.60	20.55
CB6	10.000	10.000	10.000	78.540	20.40	20.60	20.50
CB7	9.980	9.990	9.985	78.304	20.30	20.40	20.35
CB8	10.000	10.010	10.005	78.618	20.60	20.60	20.60
CB9	10.025	10.060	10.043	79.209	20.50	20.50	20.50

Tabla 110

Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.20

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CB1	51741.00	648.37	2.03	1.00	648.37
CB2	56466.00	711.81	2.04	1.00	711.81
CB3	53490.00	673.63	2.04	1.00	673.63
CB4	61432.00	775.96	2.07	1.00	775.96
CB5	60262.00	771.90	2.06	1.00	771.90
CB6	58395.00	743.51	2.05	1.00	743.51
CB7	63218.00	807.34	2.04	1.00	807.34
CB8	65194.00	829.25	2.06	1.00	829.25
CB9	60937.00	769.32	2.04	1.00	769.32

Tabla 111

Resistencia promedio de las probetas CB-0.20

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	677.94
14	763.79
28	801.97

Figura 40

Resistencia a la compresión de CB-0.20

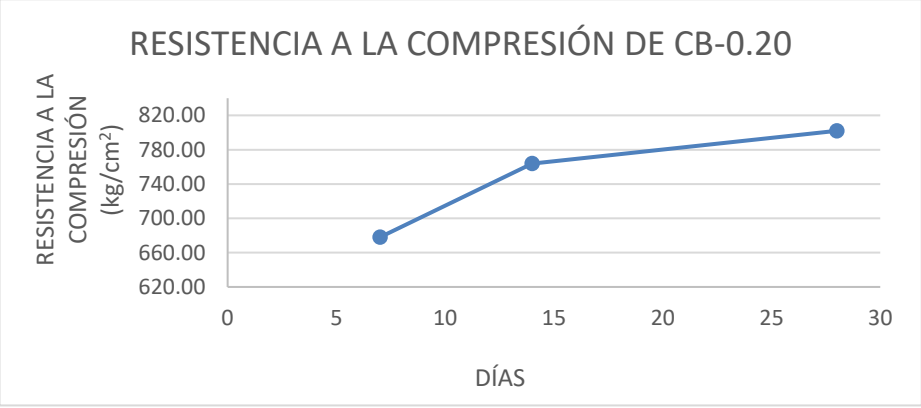


Tabla 112

Dimensiones de las probetas CB-0.25 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CB1	9.980	10.030	10.005	78.618	20.40	20.50	20.45
CB2	10.050	10.080	10.065	79.564	20.60	20.80	20.70
CB3	10.050	10.750	10.400	84.949	20.60	20.80	20.70
CB4	9.970	9.970	9.970	78.069	20.30	20.50	20.40
CB5	9.960	10.000	9.980	78.226	20.30	20.30	20.30
CB6	9.980	9.970	9.975	78.148	20.40	20.30	20.35
CB7	9.980	10.000	9.990	78.383	20.40	20.50	20.45
CB8	10.000	9.970	9.985	78.304	20.70	20.60	20.65
CB9	10.020	10.000	10.010	78.697	20.20	20.50	20.35

Tabla 113

Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.25

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CB1	53111.00	675.55	2.04	1.00	675.55
CB2	55786.00	701.14	2.06	1.00	701.14
CB3	56560.00	665.81	1.99	1.00	665.81
CB4	57067.00	730.98	2.05	1.00	730.98
CB5	55595.00	710.70	2.03	1.00	710.70
CB6	53938.00	690.21	2.04	1.00	690.21
CB7	58561.00	747.12	2.05	1.00	747.12
CB8	58960.00	752.96	2.07	1.00	752.96
CB9	59101.00	750.99	2.03	1.00	750.99

Tabla 114

Resistencia promedio de las probetas CB-0.25

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	680.84
14	710.63
28	750.36

Figura 41

Resistencia a la compresión de CB-0.25

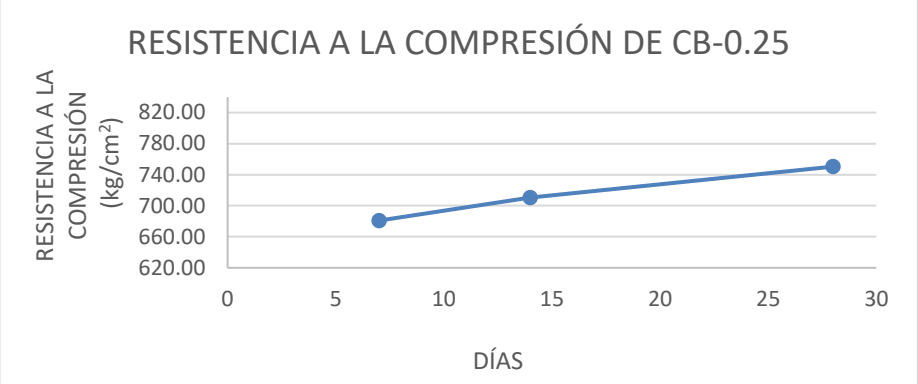


Tabla 115

Dimensiones de las probetas CB-0.30 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CB1	10.020	10.030	10.025	78.933	20.40	20.60	20.50
CB2	10.050	10.040	10.045	79.248	20.40	20.50	20.45
CB3	10.000	10.010	10.005	78.618	20.50	20.50	20.50
CB4	9.990	10.000	9.995	78.461	20.60	20.70	20.65
CB5	9.990	10.040	10.015	78.776	20.80	20.60	20.70
CB6	9.980	9.970	9.975	78.148	20.70	20.80	20.75
CB7	9.970	9.980	9.975	78.148	20.40	20.30	20.35
CB8	10.030	10.020	10.025	78.933	20.40	20.80	20.60
CB9	10.040	10.020	10.030	79.012	20.40	20.60	20.50

Tabla 116

Resistencia a la compresión de las probetas CB-0.30

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CB1	51529.00	652.82	2.04	1.00	652.82
CB2	53920.00	680.39	2.04	1.00	680.39
CB3	49297.00	627.04	2.05	1.00	627.04
CB4	56124.00	715.31	2.07	1.00	715.31
CB5	52305.00	663.97	2.07	1.00	663.97
CB6	53357.00	682.77	2.08	1.00	682.77
CB7	55994.00	716.52	2.04	1.00	716.52
CB8	58362.00	739.39	2.05	1.00	739.39
CB9	60398.00	764.42	2.04	1.00	764.42

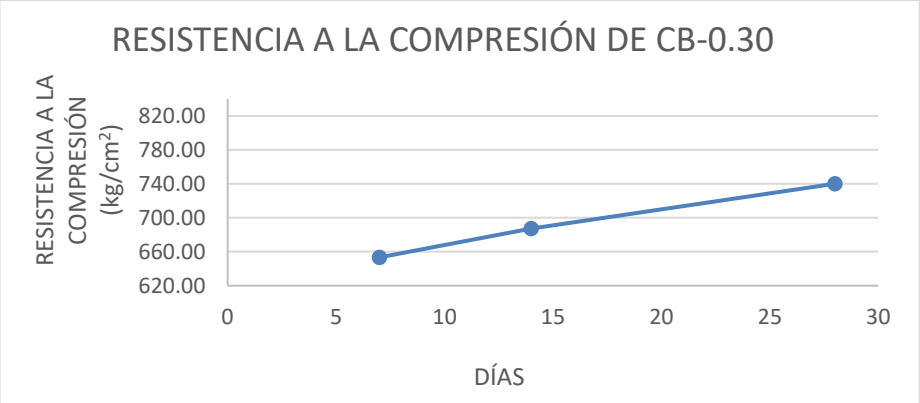
Tabla 117

Resistencia promedio de las probetas CB-0.30

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	653.42
14	687.35
28	740.11

Figura 42

Resistencia a la compresión de CB-0.30



5.2.1.3 Resistencia a la compresión de los concreto CC

Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: CC1, CC2 y CC3 para los 7 días; CC4, CC5 y CC6 para 14 días; y CC7, CC8 y CC9 para los 28 días

Tabla 118

Dimensiones de las probetas CC-0.20 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CC1	10.050	10.010	10.030	79.012	20.40	20.40	20.40
CC2	10.025	10.060	10.043	79.209	20.50	20.50	20.50
CC3	10.065	10.050	10.058	79.446	20.40	20.30	20.35
CC4	10.020	10.000	10.010	78.697	20.40	20.50	20.45
CC5	10.010	10.030	10.020	78.854	20.40	20.60	20.50
CC6	10.030	10.005	10.018	78.815	20.60	20.60	20.60
CC7	9.960	10.020	9.990	78.383	20.30	20.40	20.35
CC8	9.995	9.940	9.968	78.030	20.50	20.60	20.55
CC9	10.010	10.020	10.015	78.776	20.50	20.70	20.60

Tabla 119

Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.20

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CC1	55779.00	705.96	2.03	1.00	705.96
CC2	57599.00	727.18	2.04	1.00	727.18
CC3	61447.00	773.45	2.02	1.00	773.45
CC4	60948.30	774.47	2.04	1.00	774.47
CC5	60789.30	770.91	2.05	1.00	770.91
CC6	59965.60	760.84	2.06	1.00	760.84
CC7	60495.00	771.79	2.04	1.00	771.79
CC8	64391.00	825.21	2.06	1.00	825.21
CC9	65513.00	831.64	2.06	1.00	831.64

Tabla 120

Resistencia promedio de las probetas CC-0.20

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	735.53
14	768.74
28	809.55

Figura 43

Resistencia a la compresión de CC-0.20

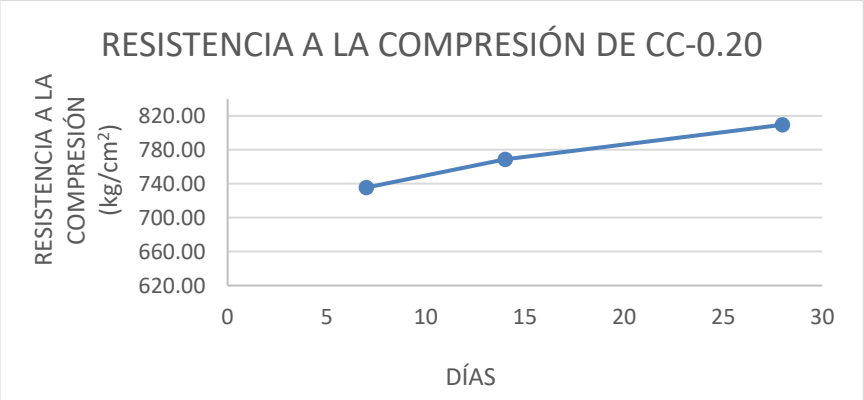


Tabla 121

Dimensiones de las probetas CC-0.25 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CC1	10.020	10.000	10.010	78.697	20.70	20.80	20.75
CC2	10.040	10.020	10.030	79.012	20.20	20.40	20.30
CC3	10.030	10.010	10.020	78.854	20.40	20.40	20.40
CC4	9.997	9.997	9.997	78.493	20.40	20.50	20.45
CC5	10.025	10.040	10.033	79.051	20.50	20.60	20.55
CC6	10.035	10.000	10.018	78.815	20.50	20.40	20.45
CC7	10.060	10.040	10.050	79.327	20.60	20.70	20.65
CC8	10.000	10.040	10.020	78.854	20.60	20.60	20.60
CC9	10.000	10.050	10.025	78.933	20.50	20.20	20.35

Tabla 122

Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.25

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CC1	58256.30	740.26	2.07	1.00	740.26
CC2	56504.40	715.14	2.02	1.00	715.14
CC3	57532.50	729.61	2.04	1.00	729.61
CC4	60666.00	772.89	2.05	1.00	772.89
CC5	61713.00	780.67	2.05	1.00	780.67
CC6	57560.00	730.32	2.04	1.00	730.32
CC7	65794.40	829.41	2.05	1.00	829.41
CC8	63687.40	807.66	2.06	1.00	807.66
CC9	66774.30	845.96	2.03	1.00	845.96

Tabla 123

Resistencia promedio de las probetas CC-0.25

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	728.34
14	761.29
28	827.68

Figura 44

Resistencia a la compresión de CC-0.25

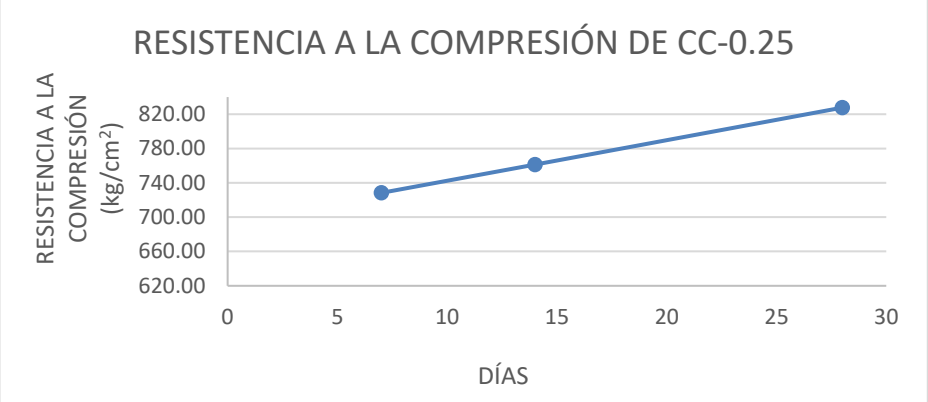


Tabla 124

Dimensiones de las probetas CC-0.30 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CC1	10.040	10.000	10.020	78.854	20.20	20.40	20.30
CC2	10.050	10.000	10.025	78.933	20.40	20.40	20.40
CC3	10.050	10.050	10.050	79.327	20.50	20.60	20.55
CC4	10.040	10.030	10.035	79.091	20.70	20.50	20.60
CC5	10.000	9.965	9.983	78.265	20.60	20.50	20.55
CC6	10.030	10.020	10.025	78.933	20.60	20.60	20.60
CC7	10.095	10.080	10.088	79.920	20.70	20.60	20.65
CC8	10.010	10.040	10.025	78.933	20.50	20.50	20.50
CC9	10.080	10.050	10.065	79.564	20.40	20.60	20.50

Tabla 125

Resistencia a la compresión de las probetas CC-0.30

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CC1	50631.00	642.08	2.03	1.00	642.08
CC2	54602.00	691.75	2.03	1.00	691.75
CC3	55849.00	704.03	2.04	1.00	704.03
CC4	58921.10	744.98	2.05	1.00	744.98
CC5	57644.30	736.53	2.06	1.00	736.53
CC6	60728.20	769.36	2.05	1.00	769.36
CC7	62823.00	786.07	2.05	1.00	786.07
CC8	58931.90	746.61	2.04	1.00	746.61
CC9	61069.10	767.55	2.04	1.00	767.55

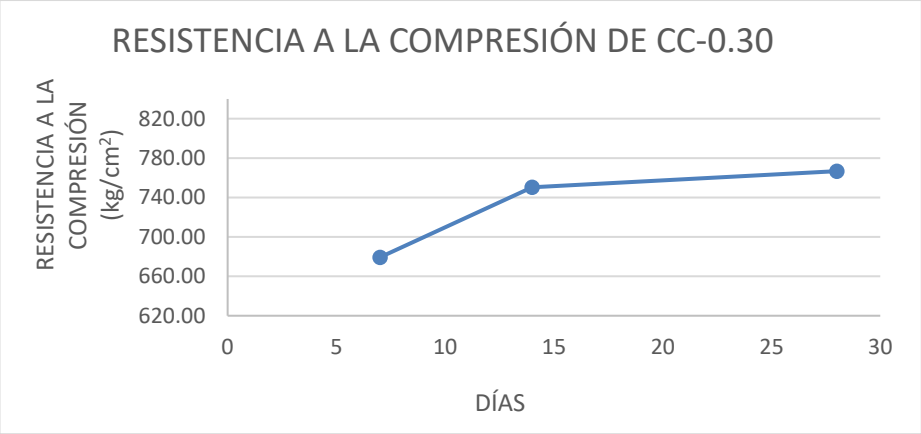
Tabla 126

Resistencia promedio de las probetas CC-0.30

Días	F'C promedio (Kg/cm^2)
7	679.29
14	750.29
28	766.74

Figura 45

Resistencia a la compresión de CC-0.30



5.2.1.4 Resistencia a la compresión de los concreto CD

Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: CD1, CD2 y CD3 para los 7 días; CD4, CD5 y CD6 para 14 días; y CD7, CD8 y CD9 para los 28 días

Tabla 127

Dimensiones de las probetas CD-0.20 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CD1	10.060	10.035	10.048	79.288	20.60	20.70	20.65
CD2	10.080	10.060	10.070	79.643	20.50	20.50	20.50
CD3	10.010	10.050	10.030	79.012	20.50	20.50	20.50
CD4	10.070	10.090	10.080	79.801	20.50	20.60	20.55
CD5	10.080	10.075	10.078	79.762	20.50	20.50	20.50
CD6	10.030	10.010	10.020	78.854	20.00	20.10	20.05
CD7	10.060	10.040	10.050	79.327	20.20	20.20	20.20
CD8	10.050	10.050	10.050	79.327	20.10	20.20	20.15
CD9	10.070	10.050	10.060	79.485	20.20	20.20	20.20

Tabla 128

Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.20

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CD1	55121.00	695.20	2.06	1.00	695.20
CD2	58520.00	734.78	2.04	1.00	734.78
CD3	58231.00	736.99	2.04	1.00	736.99
CD4	59368.00	743.95	2.04	1.00	743.95
CD5	61943.00	776.60	2.03	1.00	776.60
CD6	55917.00	709.12	2.00	1.00	709.12
CD7	62330.00	785.73	2.01	1.00	785.73
CD8	59360.00	748.29	2.000	1.00	748.29
CD9	62777.00	789.80	2.01	1.00	789.80

Tabla 129

Resistencia promedio de las probetas CD-0.20

Días	F'c promedio (Kg/cm^2)
7	722.32
14	743.22
28	774.61

Figura 46

Resistencia a la compresión de CD-0.20

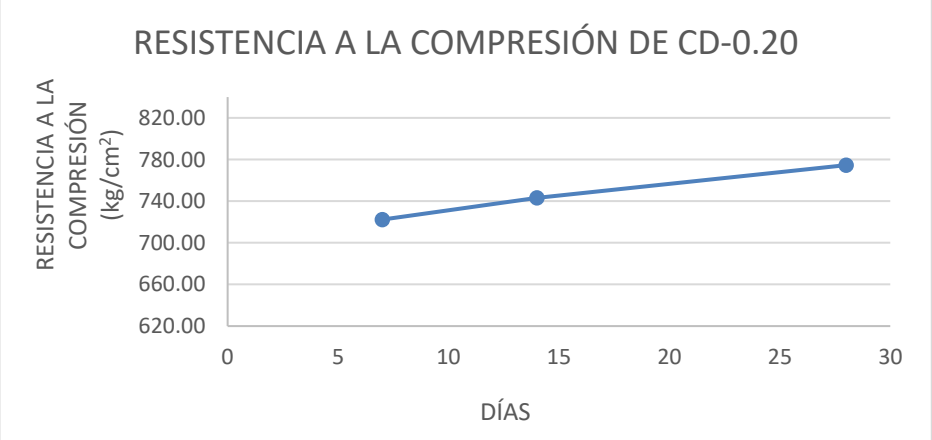


Tabla 130

Dimensiones de las probetas CD-0.25 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CD1	10.020	10.040	10.030	79.012	20.50	20.60	20.55
CD2	10.010	10.020	10.015	78.776	20.60	20.50	20.55
CD3	10.000	10.040	10.020	78.854	20.40	20.50	20.45
CD4	10.000	10.020	10.010	78.697	20.30	20.50	20.40
CD5	10.055	10.030	10.043	79.209	20.60	20.50	20.55
CD6	9.990	9.995	9.993	78.422	20.40	20.40	20.40
CD7	10.020	10.030	10.025	78.933	20.80	20.60	20.70
CD8	10.025	10.060	10.043	79.209	20.40	20.50	20.45
CD9	9.970	10.010	9.990	78.383	20.50	20.30	20.40

Tabla 131

Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.25

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CD1	52151.00	660.04	2.05	1.00	660.04
CD2	51534.00	654.19	2.05	1.00	654.19
CD3	54001.00	684.82	2.04	1.00	684.82
CD4	54369.00	690.87	2.04	1.00	690.87
CD5	57852.00	730.37	2.05	1.00	730.37
CD6	53574.00	683.15	2.04	1.00	683.15
CD7	60820.00	770.53	2.06	1.00	770.53
CD8	61993.00	782.65	2.04	1.00	782.65
CD9	60040.00	765.98	2.04	1.00	765.98

Tabla 132

Resistencia promedio de las probetas CD-0.25

Días	F'c promedio (Kg/cm^2)
7	666.35
14	701.46
28	773.05

Figura 47

Resistencia a la compresión de CD-0.25

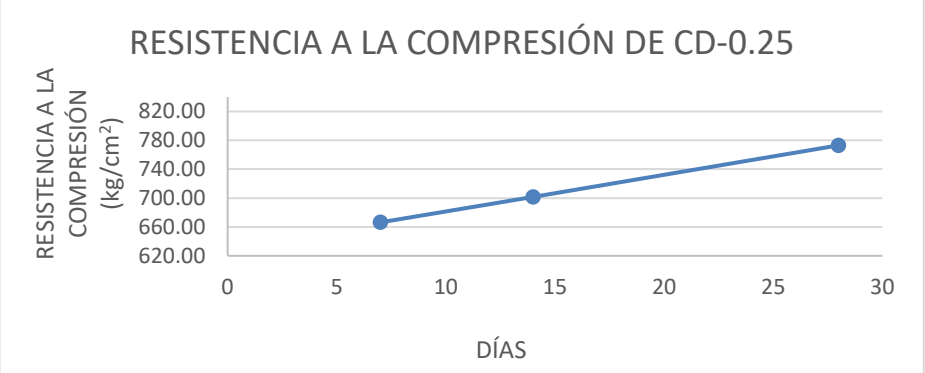


Tabla 133

Dimensiones de las probetas CD-0.30 para compresión

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
CD1	9.950	9.975	9.963	77.952	20.40	20.60	20.50
CD2	9.995	10.010	10.003	78.579	20.50	20.60	20.55
CD3	10.020	10.010	10.015	78.776	20.50	20.40	20.45
CD4	9.990	10.000	9.995	78.461	20.40	20.60	20.50
CD5	10.030	10.010	10.020	78.854	20.50	20.60	20.55
CD6	10.025	10.050	10.038	79.130	20.60	20.50	20.55
CD7	10.060	10.025	10.043	79.209	20.50	20.50	20.50
CD8	10.050	10.075	10.063	79.525	20.40	20.60	20.50
CD9	10.030	10.040	10.035	79.091	20.70	20.50	20.60

Tabla 134

Resistencia a la compresión de las probetas CD-0.30

Código	Fuerza (Kg)	F'C (Kg/cm^2)	L/D	Factor L/D	F'C corregido (Kg/cm^2)
CD1	51889.00	665.65	2.06	1.00	665.65
CD2	52245.00	664.87	2.05	1.00	664.87
CD3	50455.00	640.49	2.04	1.00	640.49
CD4	53221.00	678.31	2.05	1.00	678.31
CD5	52782.00	669.36	2.05	1.00	669.36
CD6	52799.00	667.24	2.05	1.00	667.24
CD7	57488.00	725.78	2.04	1.00	725.78
CD8	58899.00	740.64	2.04	1.00	740.64
CD9	60105.00	759.95	2.05	1.00	759.95

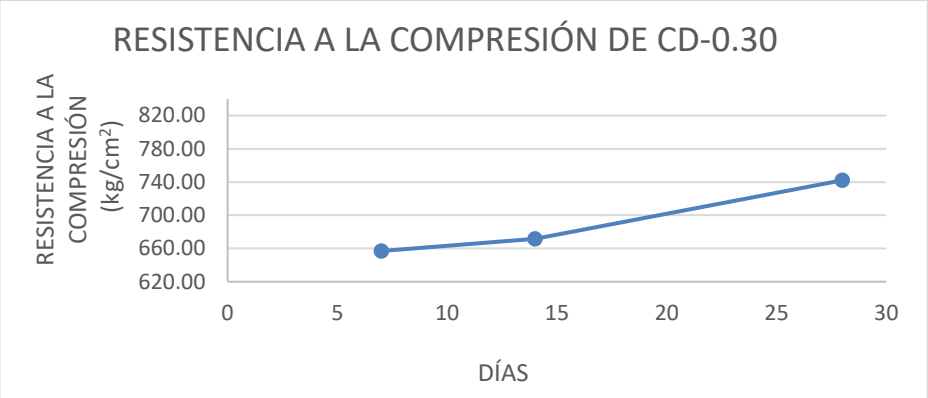
Tabla 135

Resistencia promedio de las probetas CD-0.30

Días	F'c promedio (Kg/cm^2)
7	657.01
14	671.64
28	742.12

Figura 48

Resistencia a la compresión de CD-0.30



5.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Según la NTP 339.084 (INACAL, 2017a), se obtuvieron los siguientes valores en el laboratorio, y aplicando la misma norma técnica sus respectivos resultados como se observa en las siguientes tablas (ver Tabla 136 a Tabla 171).

5.2.2.1 Resistencia a la tracción de los concreto CA

Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: TA1, TA2 y TA3 para los 7 días; TA4, TA5 y TA6 para 14 días; y TA7, TA8 y TA9 para los 28 días.

Tabla 136

Dimensiones de las probetas CA-0.20 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TA1	10.075	10.055	10.065	79.564	20.30	20.30	20.30
TA2	10.100	10.100	10.100	80.118	20.50	20.40	20.45
TA3	10.095	10.080	10.088	79.920	20.60	20.70	20.65
TA4	10.090	10.080	10.085	79.881	20.60	20.40	20.50
TA5	10.010	10.070	10.040	79.169	20.80	20.70	20.75
TA6	10.060	9.970	10.015	78.776	20.80	20.60	20.70
TA7	10.080	10.050	10.065	79.564	20.70	20.40	20.55
TA8	10.010	10.075	10.043	79.209	20.60	20.50	20.55
TA9	10.050	10.060	10.055	79.406	20.40	20.30	20.35

Tabla 137

Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.20

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TA1	16719.00	52.09
TA2	16552.00	51.02
TA3	18946.00	57.90
TA4	19581.00	60.30
TA5	21452.00	65.55
TA6	20582.00	63.20
TA7	25102.00	77.26
TA8	23048.00	71.10
TA9	20625.00	64.17

Tabla 138

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.20

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	53.67
14	62.92
28	70.84

Figura 49

Resistencia a la tracción de CA-0.20

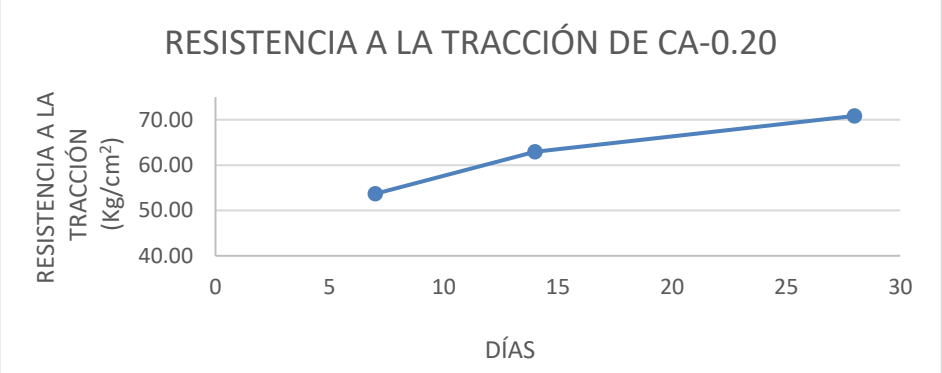


Tabla 139

Dimensiones de las probetas CA-0.25 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TA1	10.050	10.080	10.065	79.564	20.40	20.30	20.35
TA2	9.990	9.990	9.990	78.383	20.60	20.70	20.65
TA3	10.010	10.050	10.030	79.012	20.50	20.30	20.40
TA4	10.020	10.000	10.010	78.697	20.50	20.60	20.55
TA5	10.000	9.990	9.995	78.461	20.50	20.90	20.70
TA6	10.010	10.060	10.035	79.091	20.20	20.50	20.35
TA7	10.080	10.600	10.340	83.971	20.70	20.90	20.80
TA8	10.000	10.030	10.015	78.776	20.50	20.70	20.60
TA9	10.080	10.120	10.100	80.118	20.70	20.70	20.70

Tabla 140

Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.25

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TA1	17279.00	53.71
TA2	19173.00	59.17
TA3	19640.00	61.11
TA4	20947.00	64.83
TA5	21440.00	65.97
TA6	20217.00	63.03
TA7	22459.00	66.48
TA8	22594.00	69.72
TA9	23467.00	71.46

Tabla 141

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.25

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	57.99
14	64.61
28	69.22

Figura 50

Resistencia a la tracción de CA-0.25

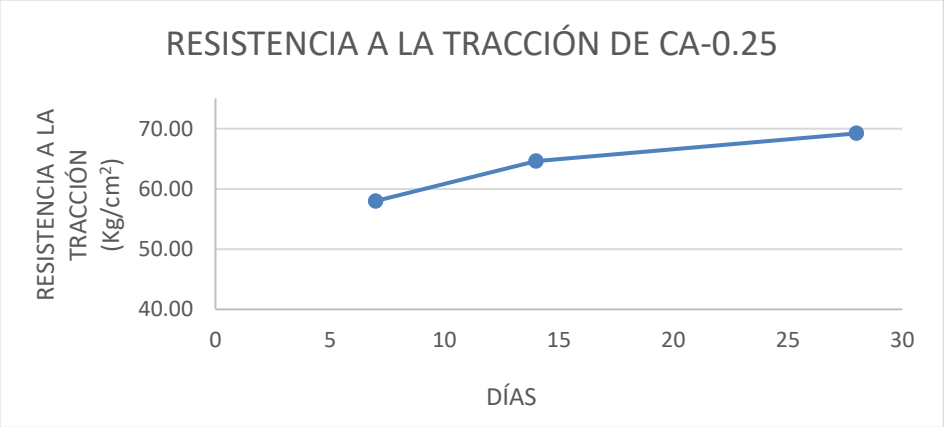


Tabla 142

Dimensiones de las probetas CA-0.30 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TA1	10.240	10.280	10.260	82.677	20.20	20.20	20.20
TA2	10.270	10.230	10.250	82.516	20.50	20.70	20.60
TA3	9.990	10.120	10.055	79.406	20.40	20.20	20.30
TA4	10.050	10.010	10.030	79.012	20.40	20.40	20.40
TA5	9.940	9.990	9.965	77.991	20.70	20.60	20.65
TA6	10.005	10.000	10.003	78.579	20.30	20.50	20.40
TA7	10.130	10.140	10.135	80.675	20.50	20.60	20.55
TA8	10.080	10.100	10.090	79.960	20.60	20.70	20.65
TA9	10.050	10.090	10.070	79.643	20.90	20.60	20.75

Tabla 143

Resistencia a la tracción de las probetas CA-0.30

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TA1	19259.00	59.16
TA2	17760.00	53.55
TA3	18321.00	57.14
TA4	20703.00	64.41
TA5	19426.00	60.10
TA6	19817.00	61.83
TA7	21199.00	64.80
TA8	21589.00	65.96
TA9	20853.00	63.53

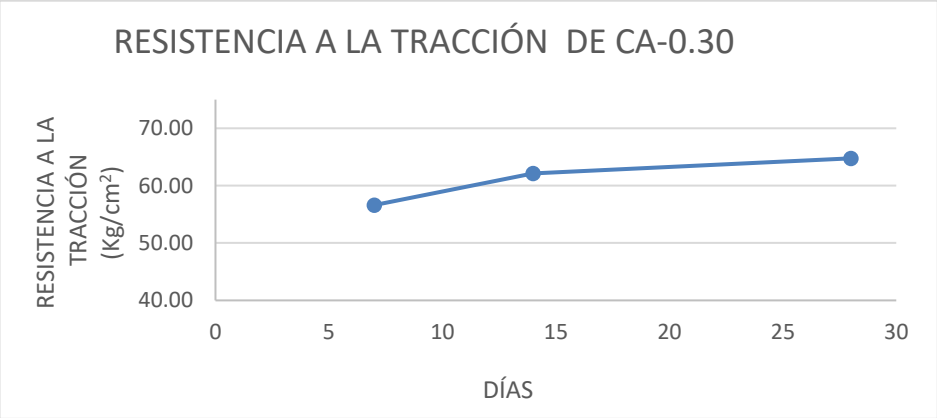
Tabla 144

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CA-0.30

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	56.62
14	62.11
28	64.76

Figura 51

Resistencia a la tracción de CA-0.30



5.2.2.2 Resistencia a la tracción de los concreto CB

Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los

siguientes códigos: TB1, TB2 y TB3 para los 7 días; TB4, TB5 y TB6 para 14 días; y TB7, TB8 y TB9 para los 28 días

Tabla 145

Dimensiones de las probetas CB-0.20 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TB1	9.930	9.950	9.940	77.600	20.60	20.70	20.65
TB2	10.050	10.000	10.025	78.933	20.40	20.50	20.45
TB3	9.960	9.980	9.970	78.069	20.40	20.60	20.50
TB4	10.025	10.030	10.028	78.972	20.50	20.50	20.50
TB5	10.090	10.090	10.090	79.960	20.70	20.80	20.75
TB6	10.050	10.060	10.055	79.406	20.70	20.60	20.65
TB7	10.020	10.010	10.015	78.776	20.70	20.60	20.65
TB8	10.025	10.050	10.038	79.130	20.80	20.70	20.75
TB9	10.030	10.040	10.035	79.091	20.50	20.40	20.45

Tabla 146

Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.20

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TB1	13873.00	43.03
TB2	14871.00	46.18
TB3	15065.00	46.92
TB4	15977.00	49.48
TB5	16455.00	50.03
TB6	15374.00	47.14
TB7	16015.00	49.30
TB8	17331.00	52.97
TB9	16313.00	50.61

Tabla 147

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.20

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	45.38
14	48.88
28	50.96

Figura 52

Resistencia a la tracción de CB-0.20

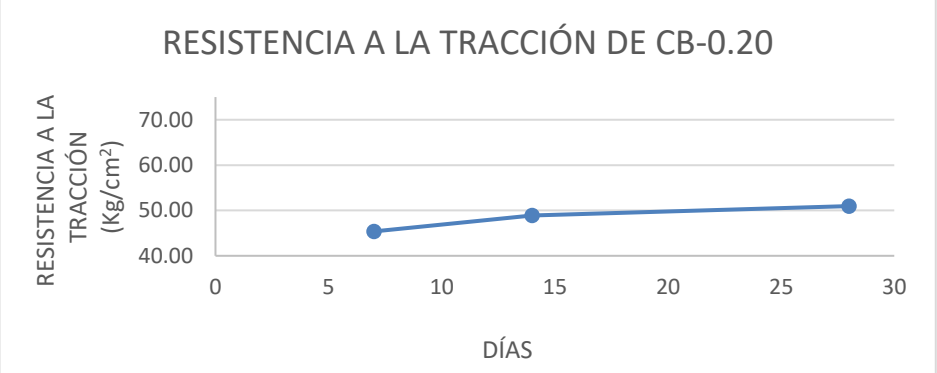


Tabla 148

Dimensiones de las probetas CB-0.25 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TB1	9.980	10.000	9.990	78.383	20.40	20.50	20.45
TB2	10.000	9.970	9.985	78.304	20.70	20.60	20.65
TB3	10.020	10.000	10.010	78.697	20.20	20.50	20.35
TB4	10.000	10.010	10.005	78.618	20.30	20.30	20.30
TB5	9.970	9.990	9.980	78.226	20.40	20.30	20.35
TB6	9.970	9.980	9.975	78.148	20.20	20.50	20.35
TB7	10.010	10.030	10.020	78.854	20.40	20.40	20.40
TB8	10.050	10.040	10.045	79.248	20.50	20.50	20.50
TB9	10.030	10.050	10.040	79.169	20.70	20.70	20.70

Tabla 149

Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.25

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TA1	17391.00	54.19
TA2	16081.00	49.65
TA3	15200.00	47.50
TA4	17218.00	53.97
TA5	16752.00	52.51
TA6	15970.00	50.09
TA7	19673.00	61.27
TA8	18172.00	56.18
TA9	18183.00	55.70

Tabla 150

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.25

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	50.45
14	52.19
28	57.72

Figura 53

Resistencia a la tracción de CB-0.25

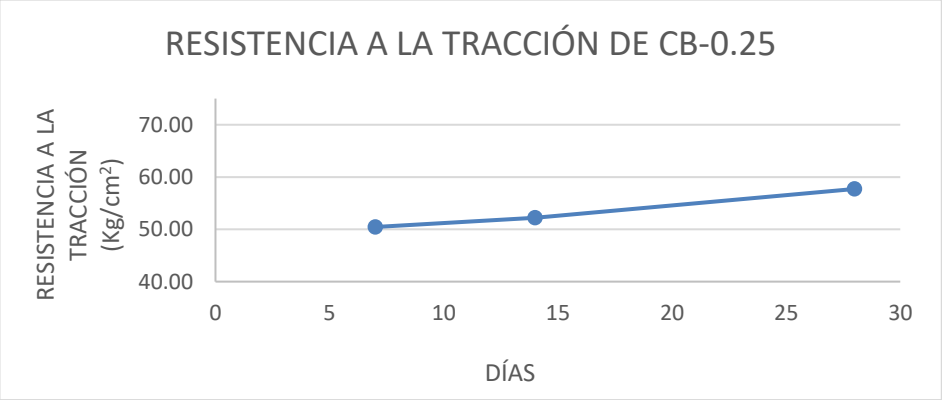


Tabla 151

Dimensiones de las probetas CB-0.30 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TB1	10.045	10.055	10.050	79.327	20.50	20.70	20.60
TB2	10.050	10.090	10.070	79.643	20.80	20.80	20.80
TB3	9.970	10.000	9.985	78.304	20.50	20.40	20.45
TB4	9.970	9.960	9.965	77.991	20.60	20.60	20.60
TB5	10.030	10.050	10.040	79.169	20.90	20.80	20.85
TB6	9.940	9.980	9.960	77.913	20.40	20.60	20.50
TB7	9.990	10.000	9.995	78.461	20.60	20.70	20.65
TB8	9.990	10.040	10.015	78.776	20.80	20.60	20.70
TB9	9.980	9.970	9.975	78.148	20.70	20.80	20.75

Tabla 152

Resistencia a la tracción de las probetas CB-0.30

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TB1	12596.00	38.73
TB2	12646.00	38.44
TB3	13758.00	42.89
TB4	14865.00	46.10
TB5	14784.00	44.96
TB6	12870.00	40.13
TB7	16610.00	51.23
TB8	16991.00	52.18
TB9	17282.00	53.15

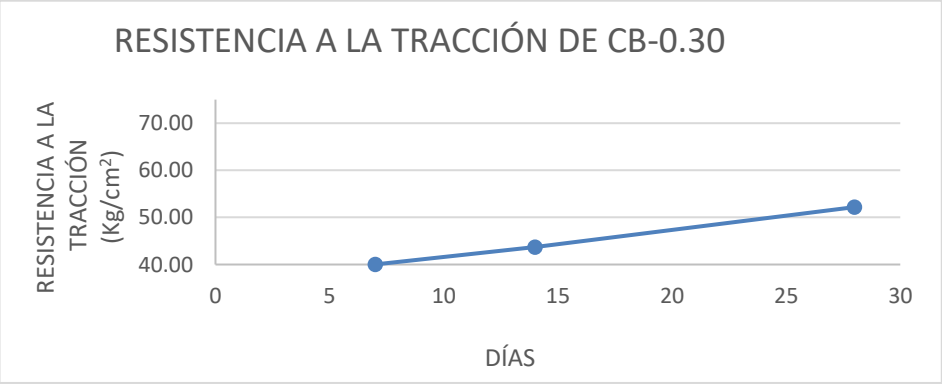
Tabla 153

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CB-0.30

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	40.02
14	43.73
28	52.19

Figura 54

Resistencia a la tracción de CB-0.30



5.2.2.3 Resistencia a la tracción de los concreto CC

Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: TC1, TC2 y TC3 para los 7 días; TC4, TC5 y TC6 para 14 días; y TC7, TC8 y TC9 para los 28 días

Tabla 154

Dimensiones de las probetas CC-0.20 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TC1	10.040	10.055	10.048	79.288	20.60	20.50	20.55
TC2	10.040	10.020	10.030	79.012	20.40	20.50	20.45
TC3	10.070	10.090	10.080	79.801	20.50	20.40	20.45
TC4	10.020	10.030	10.025	78.933	20.40	20.60	20.50
TC5	10.030	10.030	10.030	79.012	20.50	20.60	20.55
TC6	10.000	9.980	9.990	78.383	20.50	20.50	20.50
TC7	10.040	10.020	10.030	79.012	20.30	20.50	20.40
TC8	10.000	9.980	9.990	78.383	20.60	20.50	20.55
TC9	10.060	10.010	10.035	79.091	20.40	20.50	20.45

Tabla 155

Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.20

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TC1	15050.00	46.40
TC2	14543.00	45.14
TC3	15350.00	47.41
TC4	15582.00	48.27
TC5	16947.00	52.34
TC6	17712.00	55.06
TC7	19871.00	61.83
TC8	20036.00	62.13
TC9	19238.00	59.68

Tabla 156

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.20

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	46.32
14	51.89
28	61.21

Figura 55

Resistencia a la tracción de CC-0.20

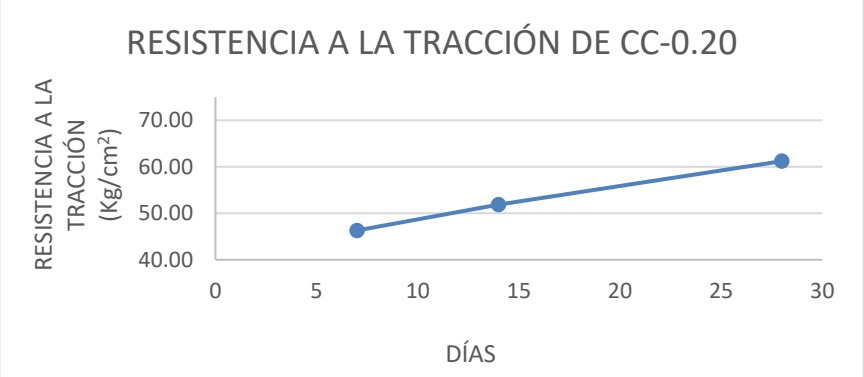


Tabla 157

Dimensiones de las probetas CC-0.25 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TC1	9.990	10.000	9.995	78.461	20.50	20.50	20.50
TC2	10.000	10.000	10.000	78.540	20.70	20.50	20.60
TC3	9.980	9.970	9.975	78.148	20.60	20.70	20.65
TC4	10.040	10.060	10.050	79.327	20.70	20.80	20.75
TC5	9.995	10.040	10.018	78.815	20.20	20.40	20.30
TC6	10.005	10.005	10.005	78.618	20.40	20.40	20.40
TC7	9.980	9.990	9.985	78.304	20.50	20.60	20.55
TC8	9.970	9.980	9.975	78.148	20.50	20.60	20.55
TC9	10.000	10.050	10.025	78.933	20.60	20.50	20.55

Tabla 158

Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.25

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TC1	18194.00	56.53
TC2	18501.00	57.18
TC3	18852.00	58.26
TC4	19789.10	60.41
TC5	19120.50	59.86
TC6	19816.40	61.81
TC7	21230.00	65.87
TC8	20067.00	62.32
TC9	20918.00	64.64

Tabla 159

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.25

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	57.32
14	60.69
28	64.28

Figura 56

Resistencia a la tracción de CC-0.25

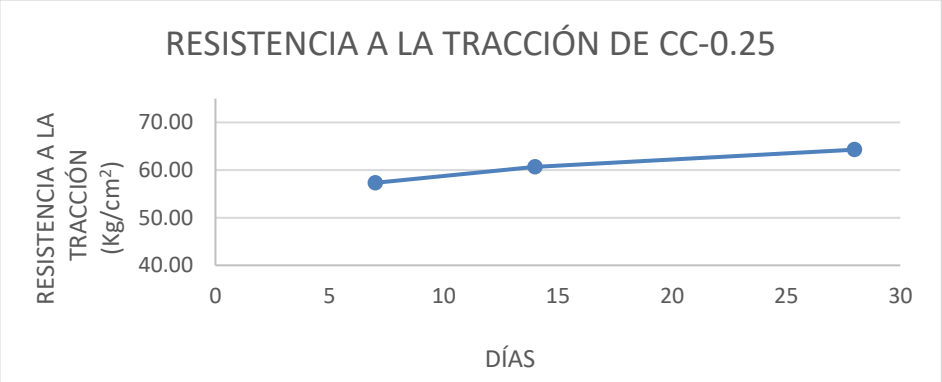


Tabla 160

Dimensiones de las probetas CC-0.30 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TC1	10.030	10.070	10.050	79.327	20.40	20.40	20.40
TC2	10.080	10.075	10.078	79.762	20.60	20.60	20.60
TC3	10.030	10.050	10.040	79.169	20.50	20.60	20.55
TC4	10.065	10.080	10.073	79.683	20.60	20.70	20.65
TC5	10.020	10.020	10.020	78.854	20.40	20.40	20.40
TC6	10.060	10.075	10.068	79.604	20.60	20.50	20.55
TC7	10.000	9.980	9.990	78.383	20.60	20.50	20.55
TC8	10.050	10.040	10.045	79.248	20.40	20.40	20.40
TC9	10.000	9.970	9.985	78.304	20.40	20.40	20.40

Tabla 161

Resistencia a la tracción de las probetas CC-0.30

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TC1	16687.00	51.82
TC2	16184.00	49.63
TC3	15619.00	48.19
TC4	17251.00	52.80
TC5	16888.00	52.60
TC6	17127.00	52.70
TC7	17645.00	54.72
TC8	18963.00	58.91
TC9	17765.00	55.52

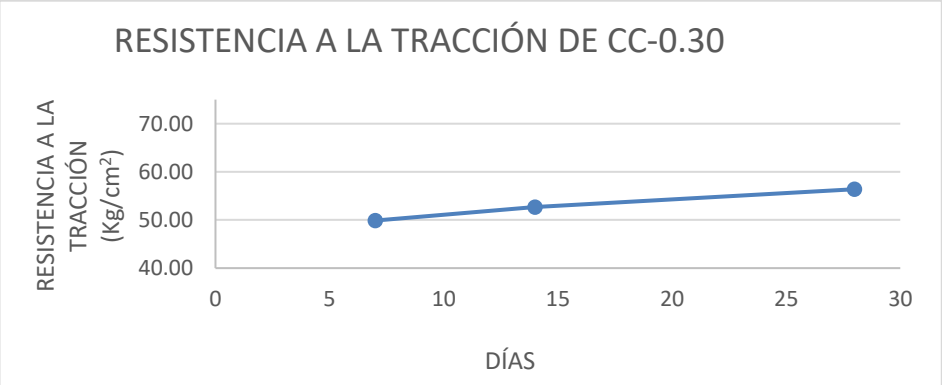
Tabla 162

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CC-0.30

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	49.88
14	52.70
28	56.38

Figura 57

Resistencia a la tracción de CC-0.30



5.2.2.4 Resistencia a la tracción de los concreto CD

Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad, realizando la rotura de 3 probetas cada día con los siguientes códigos: TD1, TD2 y TD3 para los 7 días; TD4, TD5 y TD6 para 14 días; y TD7, TD8 y TD9 para los 28 días

Tabla 163

Dimensiones de las probetas CD-0.20 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TD1	10.040	10.055	10.048	79.288	20.80	20.90	20.85
TD2	10.060	10.095	10.078	79.762	20.60	20.60	20.60
TD3	10.070	10.060	10.065	79.564	20.90	20.90	20.90
TD4	10.075	10.050	10.063	79.525	20.90	20.70	20.80
TD5	10.070	10.050	10.060	79.485	20.50	20.50	20.50
TD6	10.000	10.020	10.010	78.697	20.60	20.70	20.65
TD7	10.030	10.070	10.050	79.327	20.40	20.40	20.40
TD8	9.980	10.000	9.990	78.383	20.30	20.60	20.45
TD9	10.070	10.090	10.080	79.801	20.50	20.80	20.65

Tabla 164

Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.20

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TD1	14689.00	44.64
TD2	14238.00	43.66
TD3	15214.00	46.04
TD4	16527.00	50.27
TD5	16149.00	49.85
TD6	17299.00	53.28
TD7	17326.00	53.80
TD8	18069.00	56.31
TD9	17824.00	54.51

Tabla 165

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.20

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	44.78
14	51.13
28	54.87

Figura 58

Resistencia a la tracción de CD-0.20

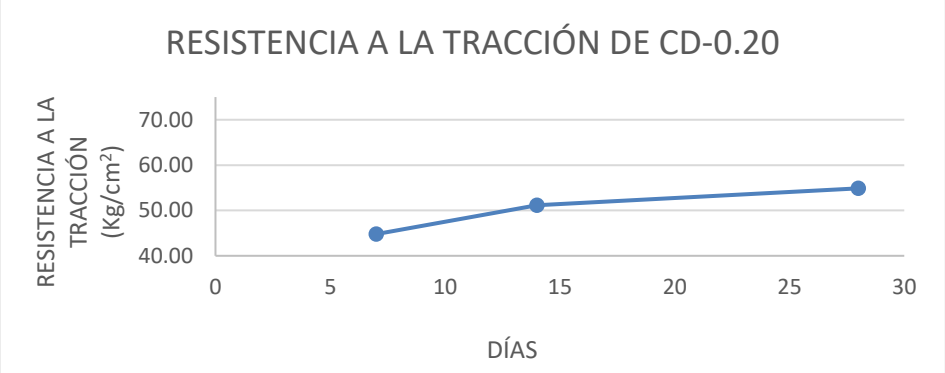


Tabla 166

Dimensiones de las probetas CD-0.25 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TD1	10.045	10.040	10.043	79.209	20.40	20.30	20.35
TD2	10.040	10.050	10.045	79.248	20.70	20.60	20.65
TD3	10.070	10.050	10.060	79.485	20.50	20.60	20.55
TD4	10.060	10.090	10.075	79.722	20.50	20.50	20.50
TD5	10.065	10.030	10.048	79.288	20.40	20.40	20.40
TD6	10.000	10.040	10.020	78.854	20.40	20.40	20.40
TD7	10.030	10.050	10.040	79.169	20.70	20.50	20.60
TD8	10.050	10.060	10.055	79.406	20.50	20.40	20.45
TD9	10.060	10.080	10.070	79.643	20.50	20.60	20.55

Tabla 167

Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.25

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TD1	16881.00	52.59
TD2	16960.00	52.05
TD3	16006.00	49.29
TD4	17588.00	54.21
TD5	17431.00	54.14
TD6	17470.00	54.41
TD7	19416.00	59.76
TD8	17020.00	52.69
TD9	18156.00	55.85

Tabla 168

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.25

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	51.31
14	54.25
28	56.10

Figura 59

Resistencia a la tracción de CD-0.25

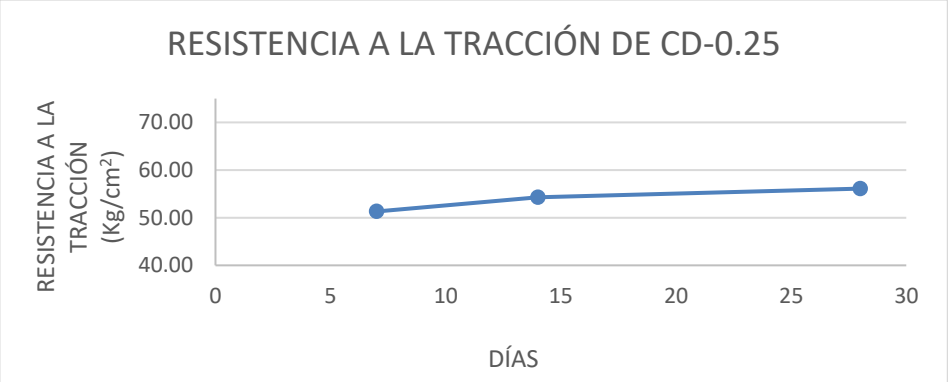


Tabla 169

Dimensiones de las probetas CD-0.30 para tracción

Código	d1 (cm)	d2 (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área (cm^2)	h1 (cm)	h2 (cm)	Altura promedio (cm)
TD1	10.060	10.070	10.065	79.564	20.80	20.70	20.75
TD2	10.075	10.075	10.075	79.722	20.40	20.50	20.45
TD3	10.060	10.070	10.065	79.564	20.50	20.60	20.55
TD4	10.025	10.000	10.013	78.736	20.40	20.50	20.45
TD5	10.045	10.050	10.048	79.288	20.60	20.50	20.55
TD6	10.010	10.030	10.020	78.854	20.40	20.40	20.40
TD7	10.040	10.075	10.058	79.446	20.50	20.60	20.55
TD8	10.000	9.990	9.995	78.461	20.50	20.60	20.55
TD9	10.050	10.050	10.050	79.327	20.50	20.50	20.50

Tabla 170

Resistencia a la tracción de las probetas CD-0.30

Código	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm^2)
TD1	14395.00	43.88
TD2	15220.00	47.03
TD3	14223.00	43.78
TD4	16556.00	51.48
TD5	16199.00	49.95
TD6	16513.00	51.43
TD7	17111.00	52.71
TD8	16586.00	51.41
TD9	17161.00	53.03

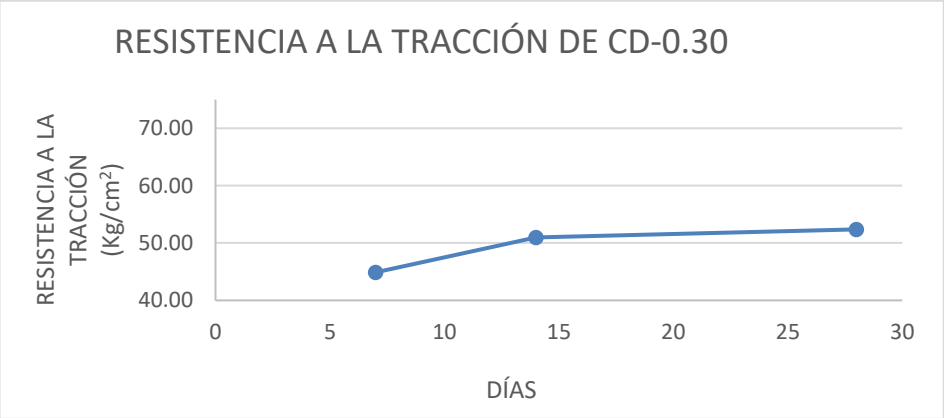
Tabla 171

Resistencia a la tracción promedio de las probetas CD-0.30

Días	Resistencia promedio (Kg/cm^2)
7	44.89
14	50.95
28	52.38

Figura 60

Resistencia a la tracción de CD-0.30



CAPÍTULO VI: RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se presentan los resultados finales obtenidos de los ensayos realizados en el Laboratorio para las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, así como del concreto en estado fresco y endurecido.

6.1 Propiedades físicas de los agregados

Los resultados de las propiedades físicas de los agregados provienen del Capítulo III de la presente investigación y se desarrollan en las Tablas 172 y la Tabla 173 y desde la Figura 61 hasta la Figura 65.

Tabla 172

Resumen de las propiedades físicas del agregado fino

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ARENA
PESO ESPECIFICO	Kg/m^3	2693.60
ABSORCION	%	0.664
MODULO DE FINURA		3.08
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m^3	1688.04
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m^3	1780.22

Tabla 173

Resumen de las propiedades físicas de los agregados gruesos

CARACTERISTICAS	UNIDAD	PIEDRA DE TMN 1"	PIEDRA DE TMN 3/4"	PIEDRA DE TMN 1/2"	PIEDRA DE TMN 3/8"
PESO ESPECIFICO	Kg/m^3	2801.17	2735.11	2726.19	2736.05
ABSORCION	%	0.977	1.314	1.404	1.230
MODULO DE FINURA		7.73	6.55	6.26	5.94
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m^3	1519.24	1521.36	1497.84	1487.39
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m^3	1636.83	1645.31	1604.67	1581.99

Figura 61

Peso específico de los agregados gruesos

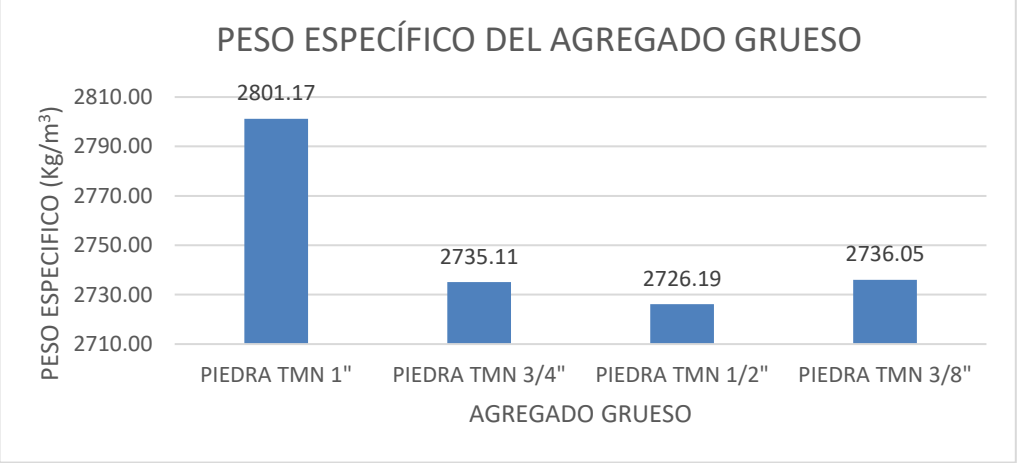


Figura 62

Porcentaje de absorción de los agregados gruesos

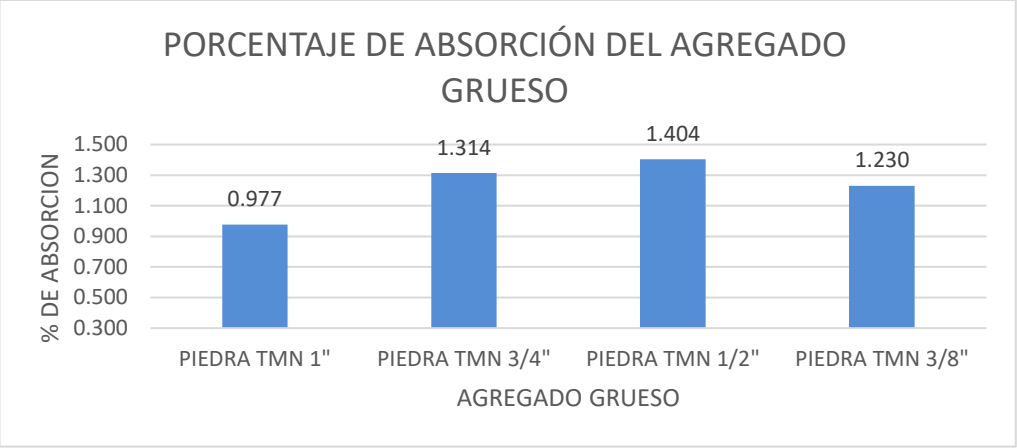


Figura 63

Módulo de finura de los agregados gruesos

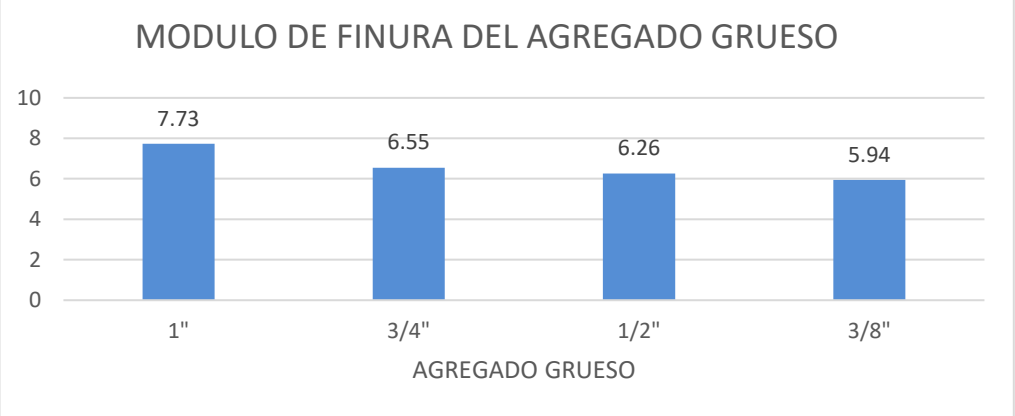


Figura 64

Peso unitario suelto de los agregados gruesos

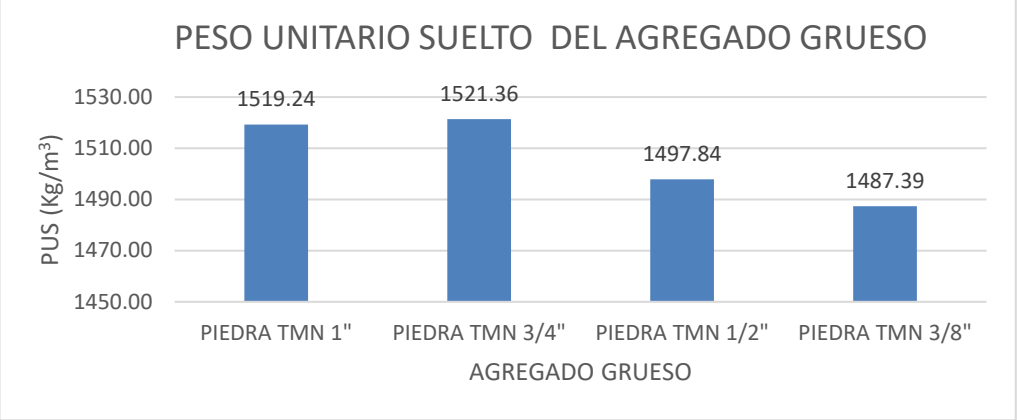
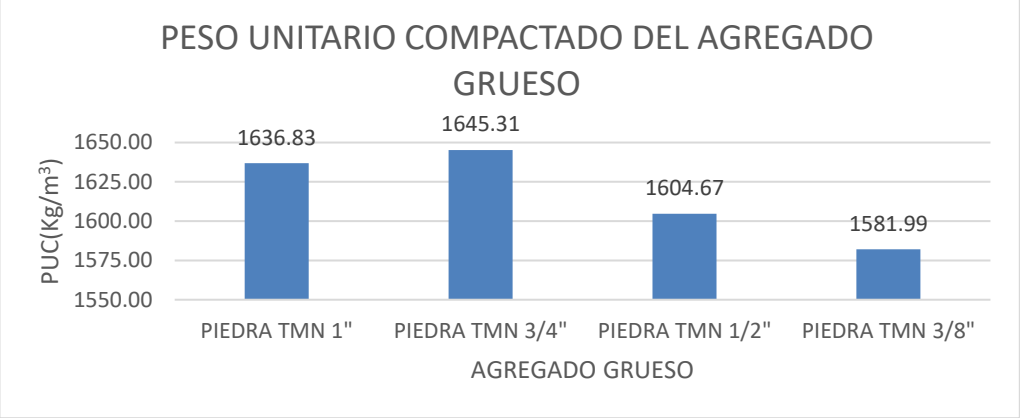


Figura 65

Peso unitario compactado de los agregados gruesos



6.2 Propiedades físicas del concreto en estado fresco

Los resultados de las propiedades físicas del concreto en estado fresco vienen del Capítulo V de la presente investigación y se desarrollan desde la Tabla 174 hasta la Tabla 177, posteriormente se realiza el comparativo entre los concretos que tienen la misma relación a/c.

Tabla 174

Propiedades físicas del concreto CA en estado fresco

CARACTERISTICA	UNIDAD	CA-0.20	CA-0.25	CA-0.30
ASENTAMIENTO	in	5.0	6 3/4	6 1/8
CONTENIDO DE AIRE	%	3.3	0.6	0.9
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2433.53	2526.76	2492.86
EXUDACION	%	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	1063	446	341
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	1198	542	453

Tabla 175

Propiedades físicas del concreto CB en estado fresco

CARACTERISTICA	UNIDAD	CB-0.20	CB-0.25	CB-0.30
ASENTAMIENTO	in	7.0	7.0	5 1/8
CONTENIDO DE AIRE	%	3.5	2	1.1
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2464.26	2449.42	2357.25
EXUDACION	%	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	1139	613	463
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	1311	704	569

Tabla 176

Propiedades físicas del concreto CC en estado fresco

CARACTERISTICA	UNIDAD	CC-0.20	CC-0.25	CC-0.30
ASENTAMIENTO	in	5.0	6 7/8	6 3/4
CONTENIDO DE AIRE	%	3.7	2.5	1.3
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2437.77	2427.18	2359.37
EXUDACION	%	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	1163	527	419
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	1276	675	515

Tabla 177

Propiedades físicas del concreto CD en estado fresco

CARACTERISTICA	UNIDAD	CD-0.20	CD-0.25	CD-0.30
ASENTAMIENTO	in	6 3/4	6.0	5 3/8
CONTENIDO DE AIRE	%	3.9	3.7	2.9
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2434.59	2438.83	2345.60
EXUDACION	%	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	1240	652	536
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	1412	729	647

6.2.1 Concreto con relación a/c 0.20

Tabla 178

Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.20

CARACTERISTICA	UNIDAD	CA	CB	CC	CD
ASENTAMIENTO	in	5.0	7.0	5.0	6 3/4
CONTENIDO DE AIRE	%	3.3	3.5	3.7	3.9
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2433.53	2464.26	2437.77	2434.59
EXUDACION	%	0	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	1063	1139	1163	1240
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	1198	1311	1276	1412

Figura 66

Asentamiento del concreto con relación a/c 0.20

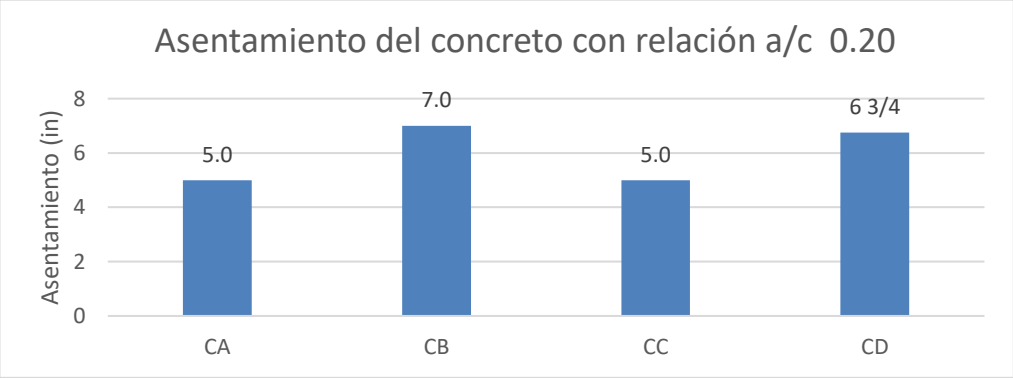


Figura 67

Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.20

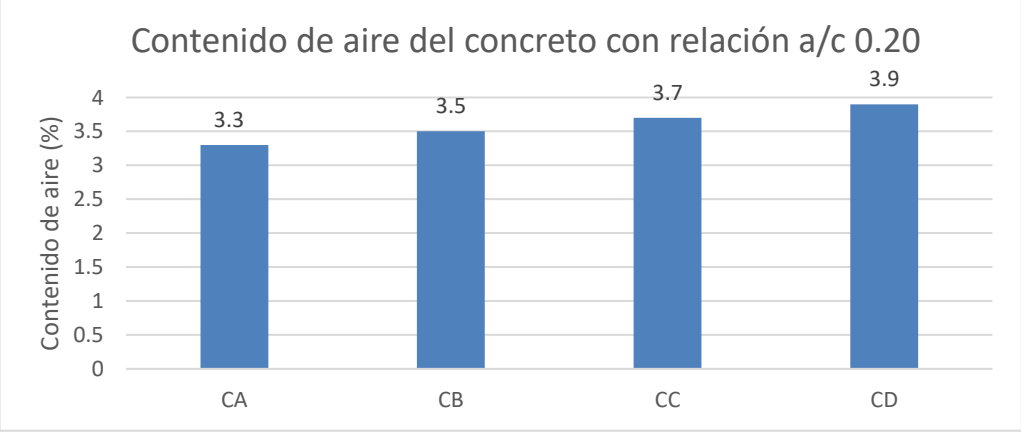


Figura 68

Peso unitario del concreto con relación a/c 0.20

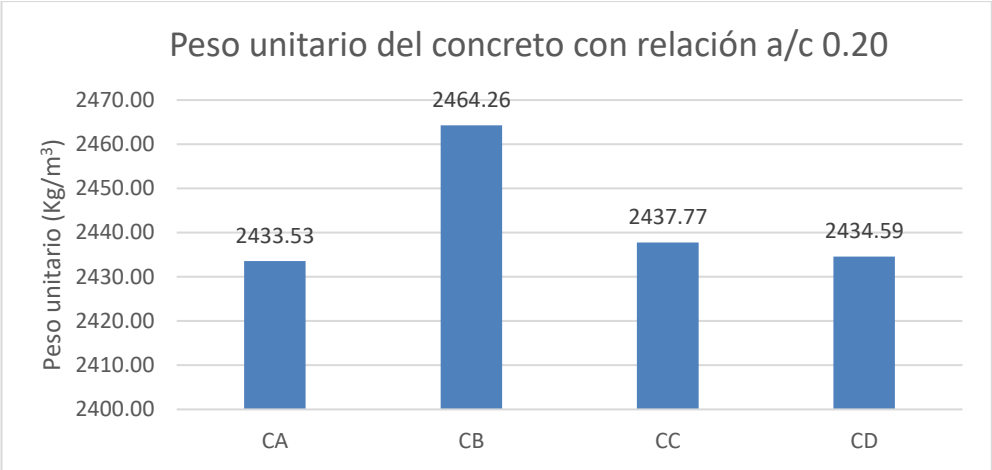
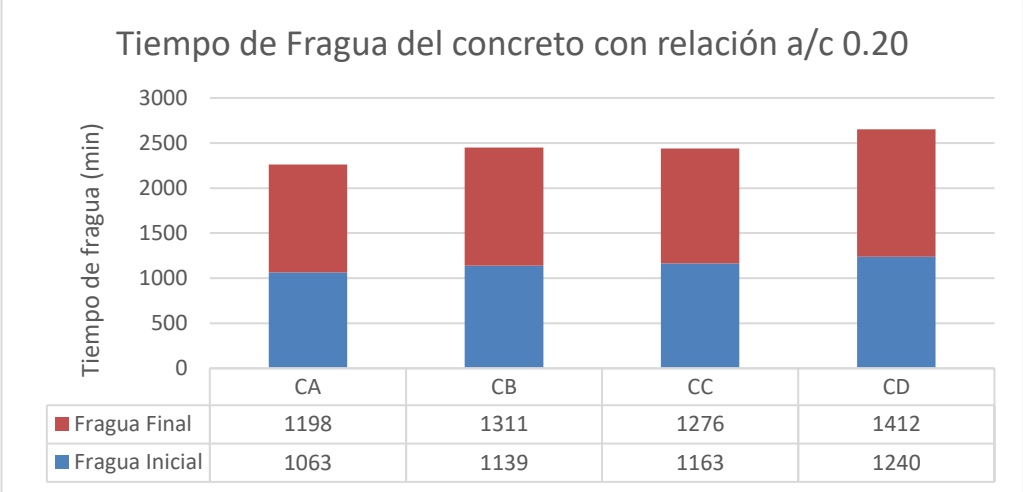


Figura 69

Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.20



6.2.2 Concreto con relación a/c 0.25

Tabla 179

Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.25

CARACTERISTICA	UNIDAD	CA	CB	CC	CD
ASENTAMIENTO	in	6 3/4	7.0	6 7/8	6.0
CONTENIDO DE AIRE	%	0.6	2	2.5	3.7
PESO UNITARIO	Kg/m³	2526.76	2449.42	2427.18	2438.83
EXUDACION	%	0	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	446	613	527	652
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	542	704	675	729

Figura 70

Asentamiento del concreto con relación a/c 0.25

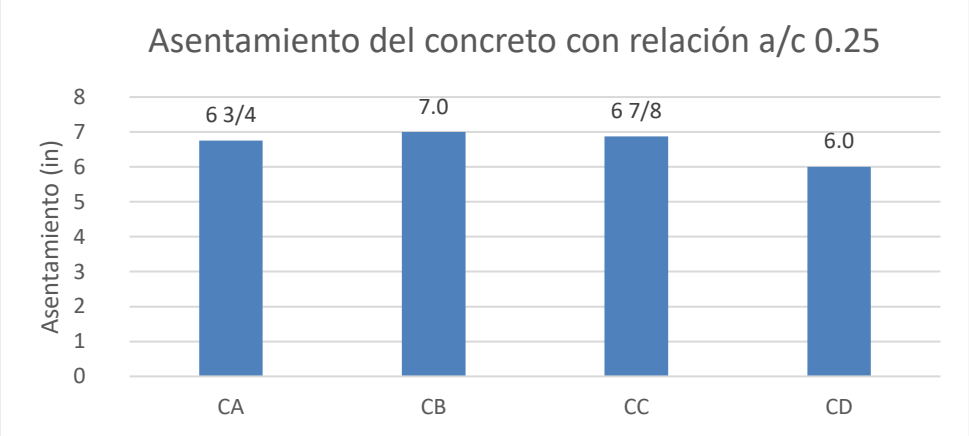


Figura 71

Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.25

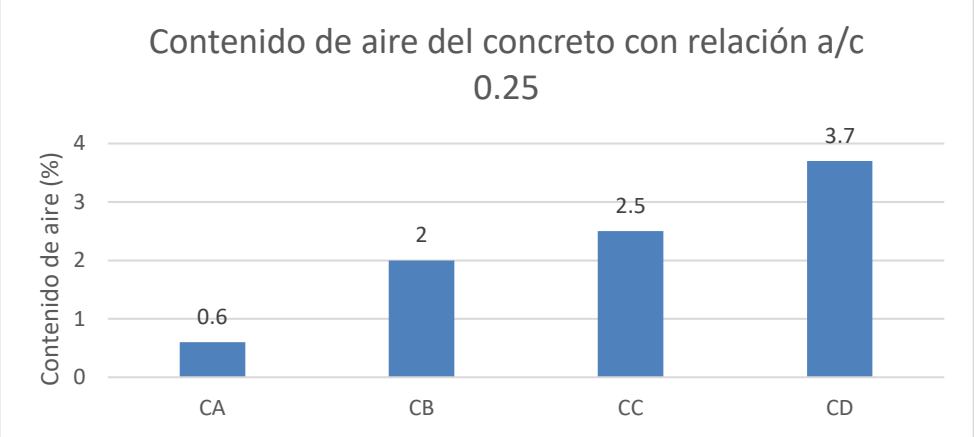


Figura 72

Peso unitario del concreto con relación a/c 0.25

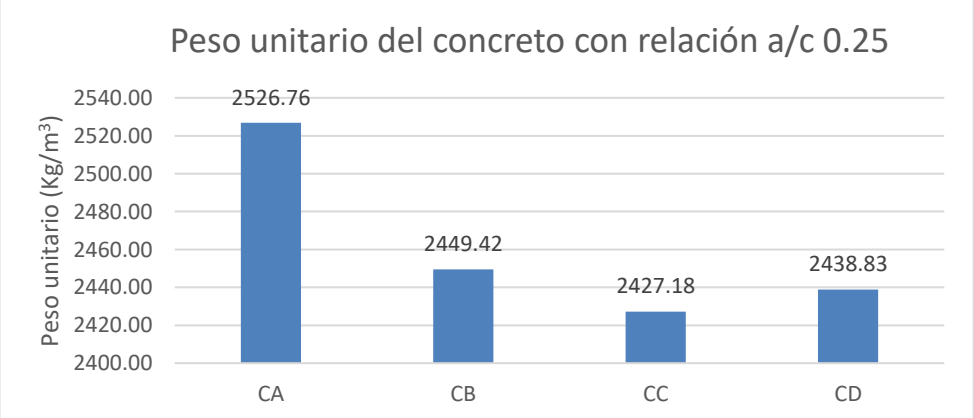
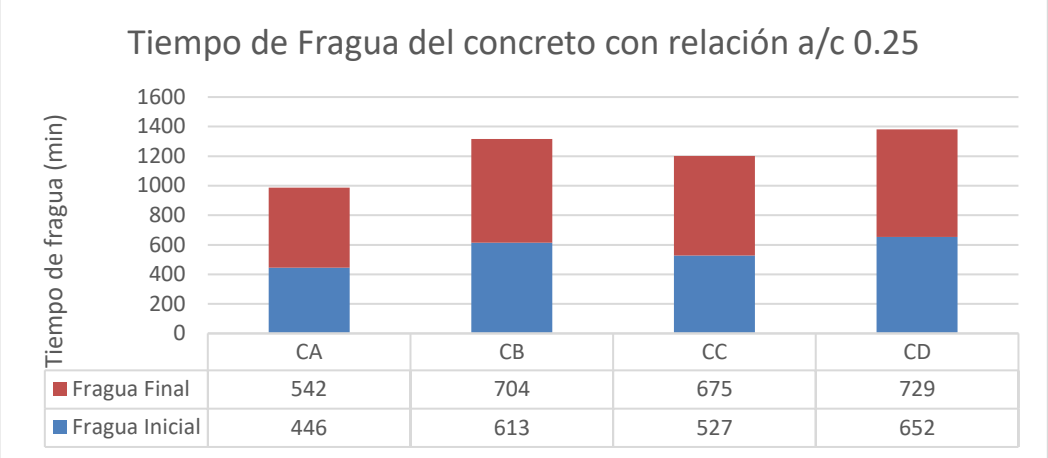


Figura 73

Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.25



6.2.3 Concreto con relación a/c 0.30

Tabla 180

Propiedades físicas del concreto con relación a/c 0.30

CARACTERISTICA	UNIDAD	CA	CB	CC	CD
ASENTAMIENTO	in	6 1/8	5 1/8	6 3/4	5 3/8
CONTENIDO DE AIRE	%	0.9	1.1	1.3	2.9
PESO UNITARIO	Kg/m^3	2492.86	2357.25	2359.37	2345.60
EXUDACION	%	0	0	0	0
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	min	341	463	419	536
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	min	453	569	515	647

Figura 74

Asentamiento del concreto con relación a/c 0.30

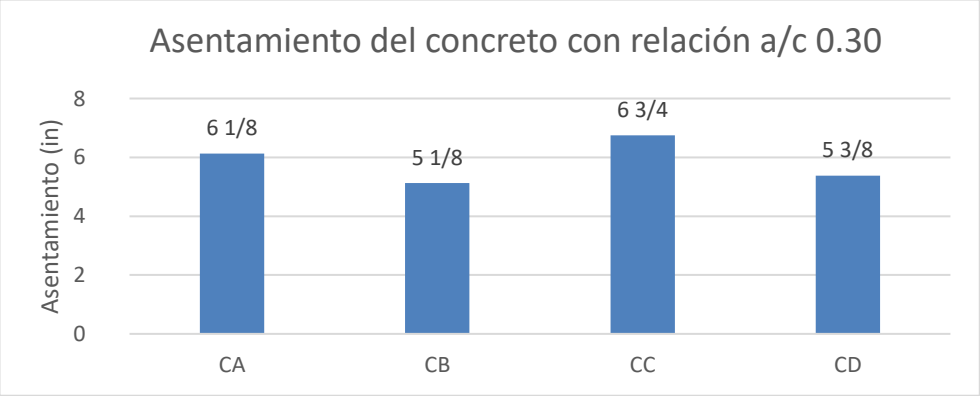


Figura 75

Contenido de aire del concreto con relación a/c 0.30

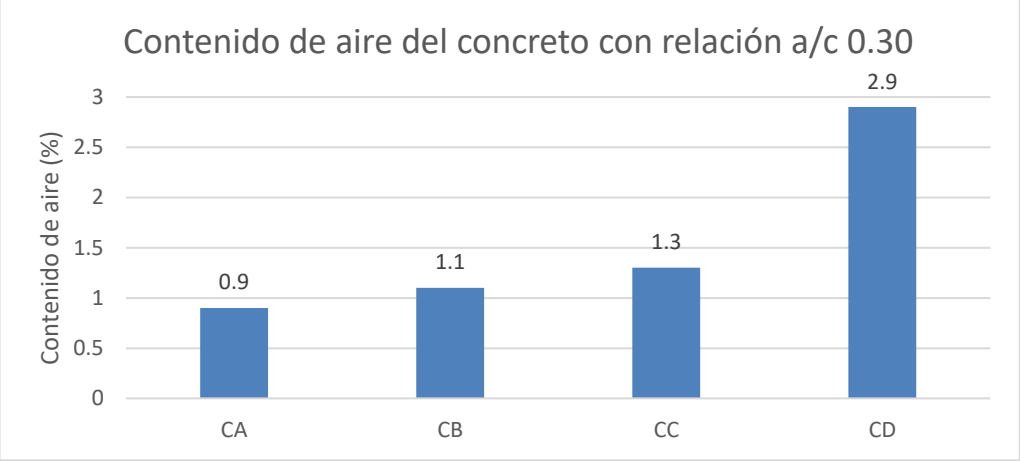


Figura 76

Peso unitario del concreto con relación a/c 0.30

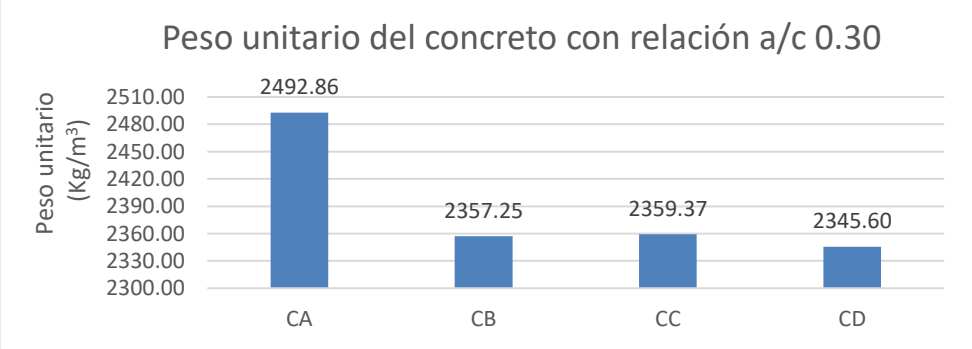
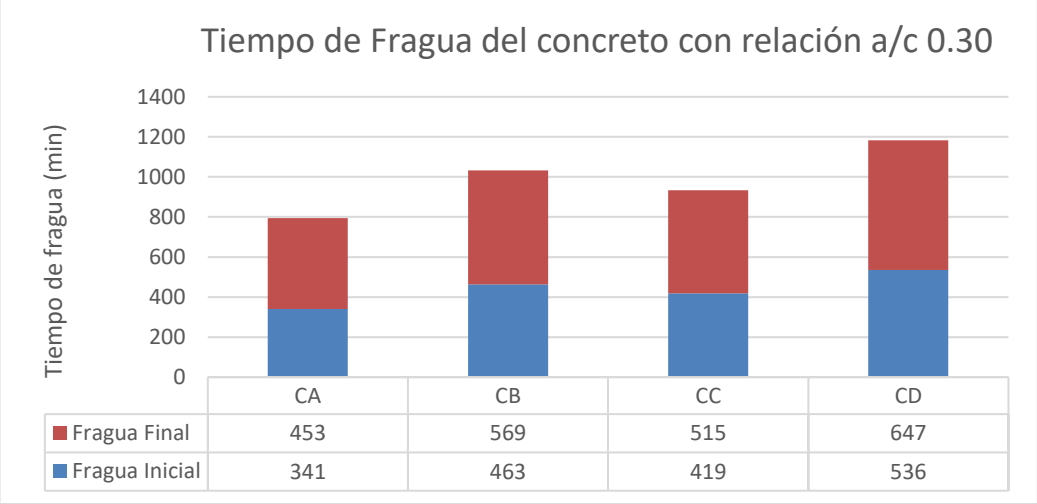


Figura 77

Tiempo de fraguado del concreto con relación a/c 0.30



6.3 Propiedades mecánicas del concreto

Los resultados de las propiedades mecánicas del concreto vienen del Capítulo V de la presente investigación y se desarrollan desde la Tabla 181 hasta la Tabla 188; posteriormente se realiza el comparativo entre los concretos que tienen la misma relación a/c.

Tabla 181

Resistencia a la compresión del concreto CA

EDADES	UNIDADES	CA-0.20	CA-0.25	CA-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	625.38	647.78	632.38
14 DÍAS	Kg/cm^2	691.59	692.56	650.41
28 DÍAS	Kg/cm^2	722.07	712.68	708.83

Tabla 182

Resistencia a la tracción del concreto CA

EDADES	UNIDADES	CA-0.20	CA-0.25	CA-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	53.67	57.99	56.62
14 DÍAS	Kg/cm^2	62.92	64.61	62.11
28 DÍAS	Kg/cm^2	70.84	69.22	64.76

Tabla 183

Resistencia a la compresión del concreto CB

EDADES	UNIDADES	CB-0.20	CB-0.25	CB-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	677.94	680.84	653.42
14 DÍAS	Kg/cm^2	763.79	710.63	687.35
28 DÍAS	Kg/cm^2	801.97	750.36	740.11

Tabla 184

Resistencia a la tracción del concreto CB

EDADES	UNIDADES	CB-0.20	CB-0.25	CB-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	45.38	50.45	40.02
14 DÍAS	Kg/cm^2	48.88	52.19	43.73
28 DÍAS	Kg/cm^2	50.96	57.72	52.19

Tabla 185

Resistencia a la compresión del concreto CC

EDADES	UNIDADES	CC-0.20	CC-0.25	CC-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	735.53	728.34	679.29
14 DÍAS	Kg/cm^2	768.74	761.29	750.29
28 DÍAS	Kg/cm^2	809.55	827.68	766.74

Tabla 186

Resistencia a la tracción del concreto CC

EDADES	UNIDADES	CC-0.20	CC-0.25	CC-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	46.32	57.32	49.88
14 DÍAS	Kg/cm^2	51.89	60.69	52.70
28 DÍAS	Kg/cm^2	61.21	64.28	56.38

Tabla 187

Resistencia a la compresión del concreto CD

EDADES	UNIDADES	CD-0.20	CD-0.25	CD-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	722.32	666.35	657.01
14 DÍAS	Kg/cm^2	743.22	701.46	671.64
28 DÍAS	Kg/cm^2	774.61	773.05	742.12

Tabla 188

Resistencia a la tracción del concreto CD

EDADES	UNIDADES	CD-0.20	CD-0.25	CD-0.30
7 DÍAS	Kg/cm^2	44.78	51.31	44.89
14 DÍAS	Kg/cm^2	51.13	54.25	50.95
28 DÍAS	Kg/cm^2	54.87	56.10	52.38

6.3.1 Concreto con relación a/c 0.20

Tabla 189

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.20

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm^2	625.38	677.94	735.53	722.32
14 DÍAS	Kg/cm^2	691.59	763.79	768.74	743.22
28 DÍAS	Kg/cm^2	722.07	801.97	809.55	774.61

Figura 78

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.20

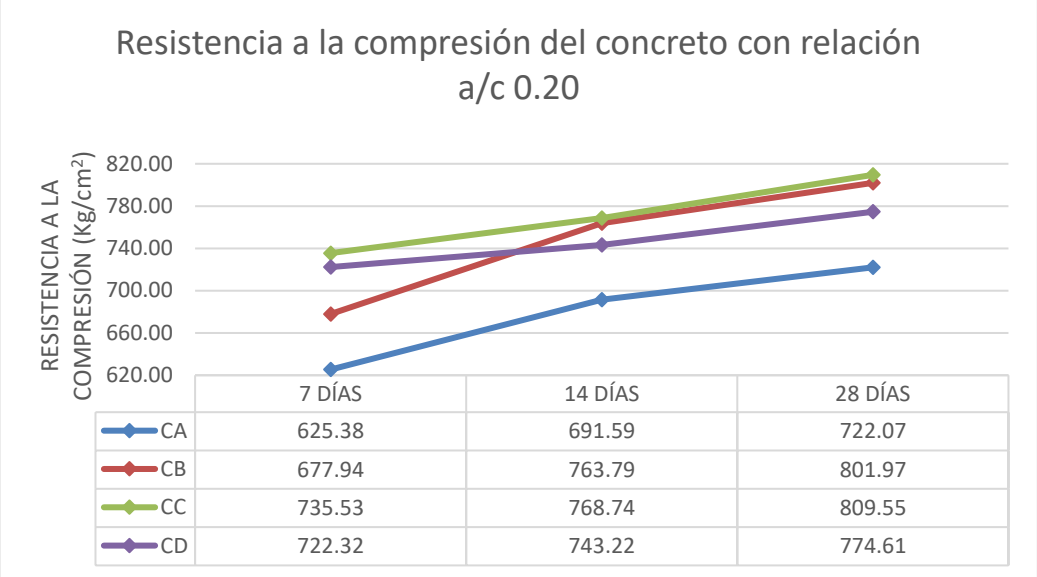


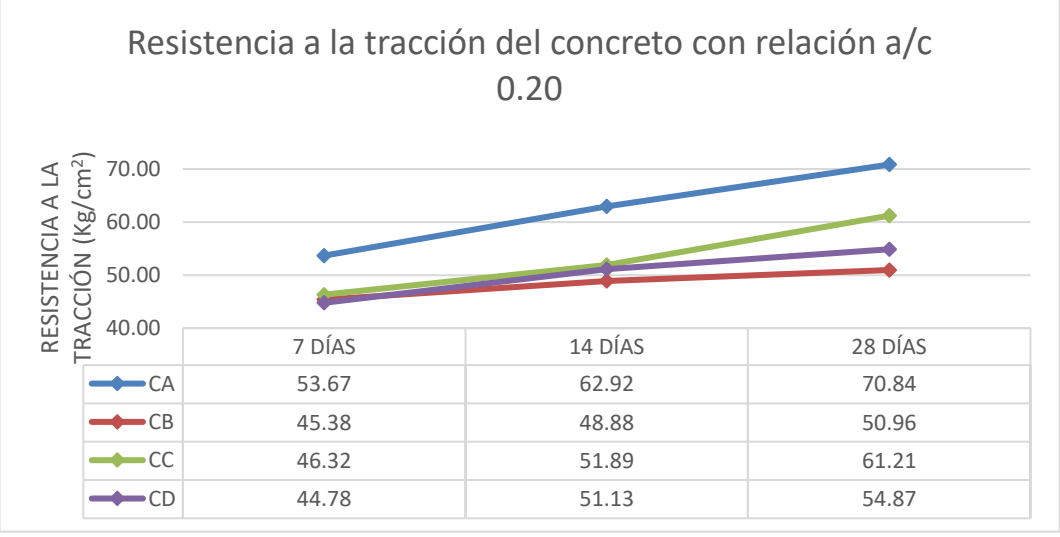
Tabla 190

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.20

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm²	53.67	45.38	46.32	44.78
14 DÍAS	Kg/cm²	62.92	48.88	51.89	51.13
28 DÍAS	Kg/cm²	70.84	50.96	61.21	54.87

Figura 79

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.20



6.3.2 Concreto con relación a/c 0.25

Tabla 191

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.25

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm^2	647.78	680.84	728.34	666.35
14 DÍAS	Kg/cm^2	692.56	710.63	761.29	701.46
28 DÍAS	Kg/cm^2	712.68	750.36	827.68	773.05

Figura 80

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.25

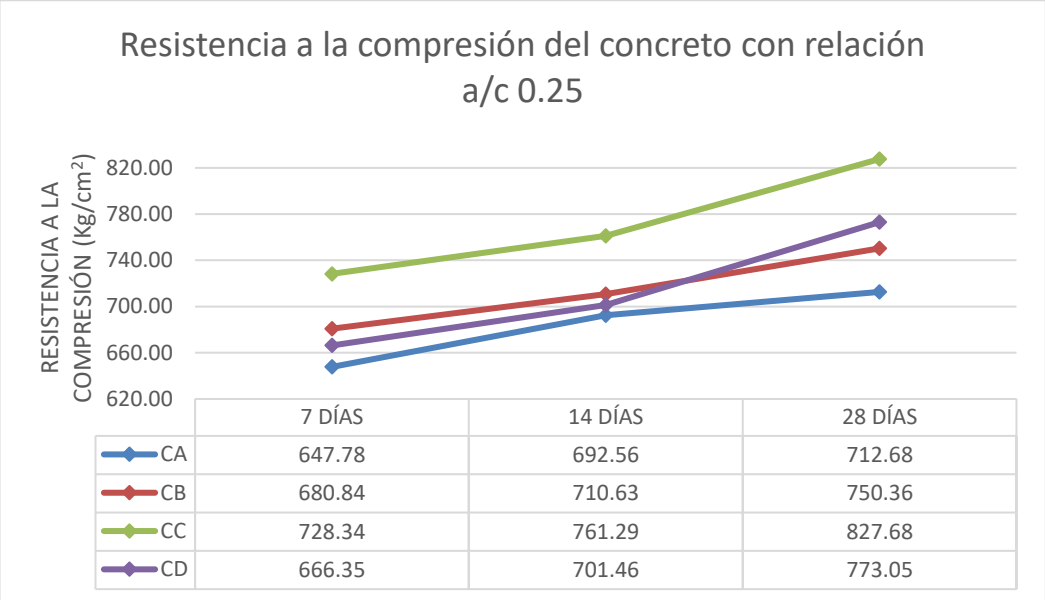


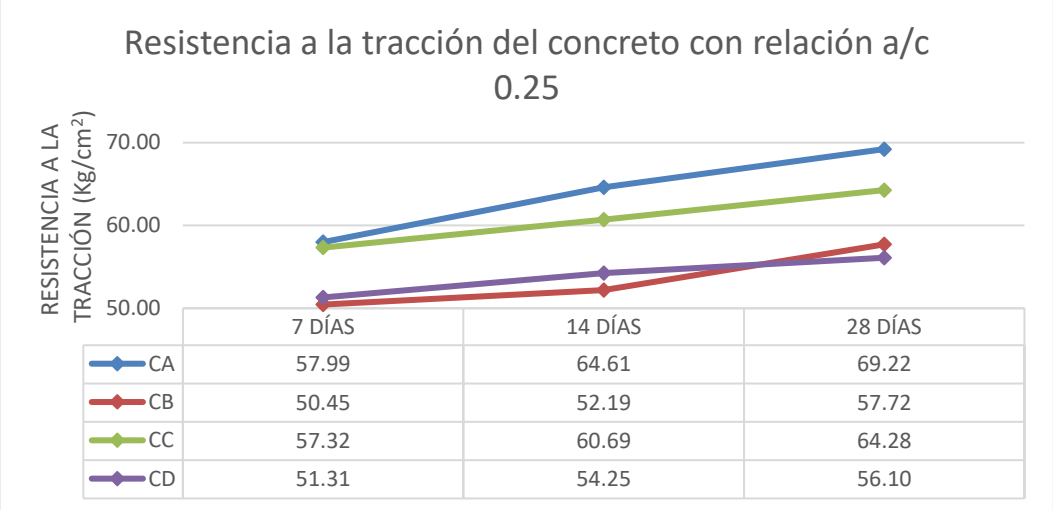
Tabla 192

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.25

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm^2	57.99	50.45	57.32	51.31
14 DÍAS	Kg/cm^2	64.61	52.19	60.69	54.25
28 DÍAS	Kg/cm^2	69.22	57.72	64.28	56.10

Figura 81

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.25



6.3.3 Concreto con relación a/c 0.30

Tabla 193

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.30

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm²	632.38	653.42	679.29	657.01
14 DÍAS	Kg/cm²	650.41	687.35	750.29	671.64
28 DÍAS	Kg/cm²	708.83	740.11	766.74	742.12

Figura 82

Resistencia a la compresión del concreto con relación a/c 0.30

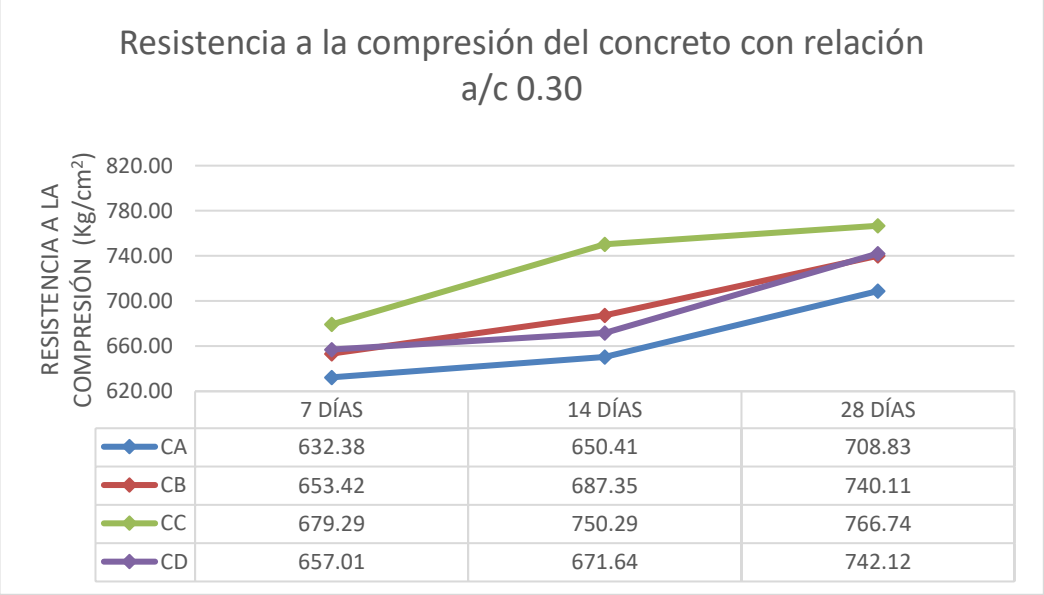


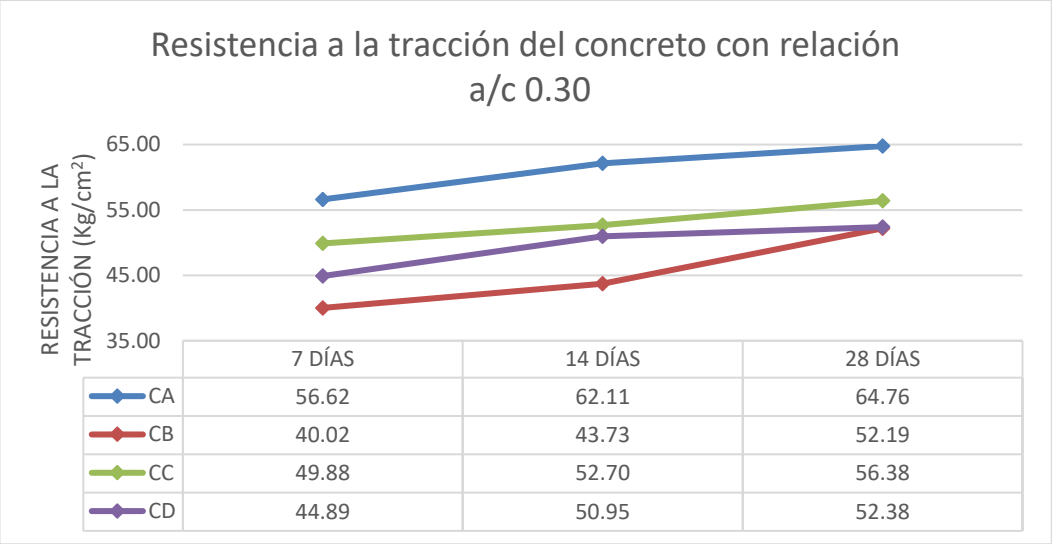
Tabla 194

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.30

EDADES	UNIDADES	CA	CB	CC	CD
7 DÍAS	Kg/cm^2	56.62	40.02	49.88	44.89
14 DÍAS	Kg/cm^2	62.11	43.73	52.70	50.95
28 DÍAS	Kg/cm^2	64.76	52.19	56.38	52.38

Figura 83

Resistencia a la tracción del concreto con relación a/c 0.30



CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla el análisis a los valores obtenidos de la resistencia a la compresión de los 12 diseños a diferentes edades, comenzando con un análisis comparativo entre muestras con la misma relación a/c donde se observa si la resistencia a la compresión aumento o disminuyo respecto a su tamaño máximo nominal y en qué porcentaje varia; también se verifica el control de calidad del concreto mediante el análisis estadístico, y se realiza la prueba de hipótesis donde se verifica la hipótesis planteada en esta investigación.

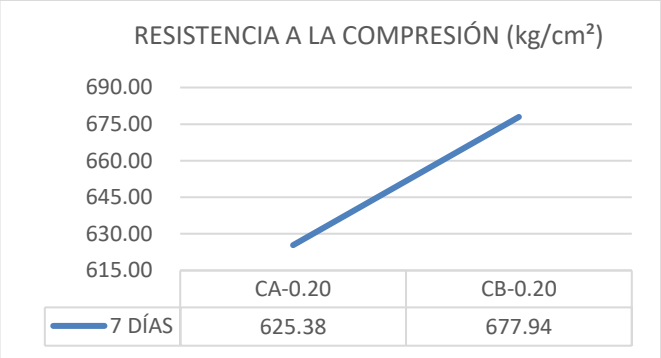
7.1 Resistencia a la compresión a 7 días

Los valores de la resistencia a la compresión a los 7 días vienen del Capítulo V de la presente investigación y se usaron para compararlos entre los concretos con la misma relación a/c.

7.1.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20

Figura 84

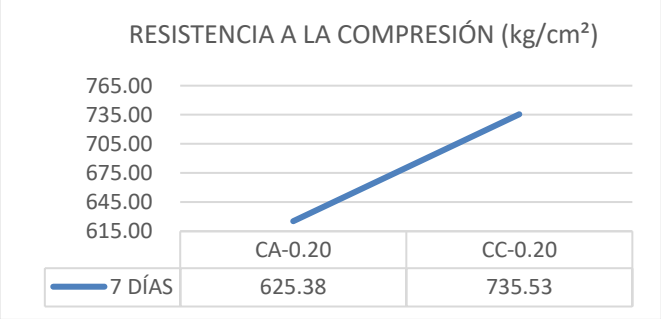
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 7 días



Según la Figura 84, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.20 a los 7 días, y el incremento de la resistencia del concreto CB-0.20 es del 8.40% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 85

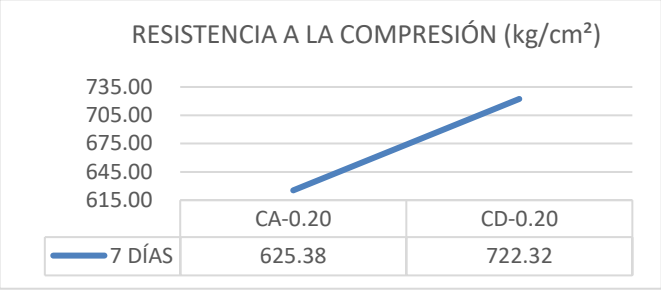
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 7 días



Según la Figura 85, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 7 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 17.61% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 86

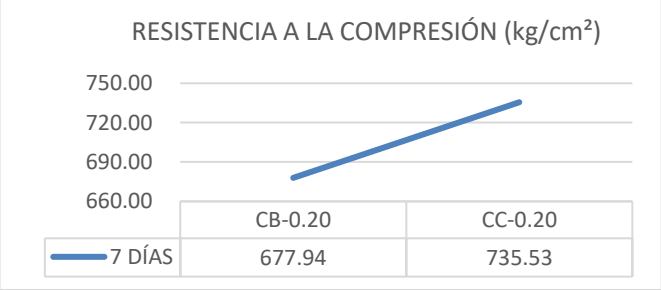
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 7 días



Según la Figura 86, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 7 días, y el incremento de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 15.50% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 87

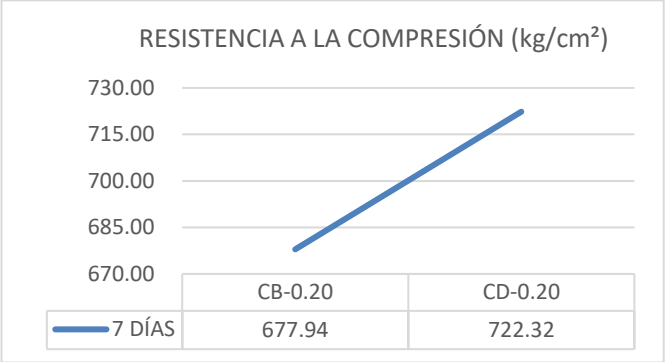
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 7 días



Según la Figura 87, la muestra de concreto CB-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 7 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 8.50% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 88

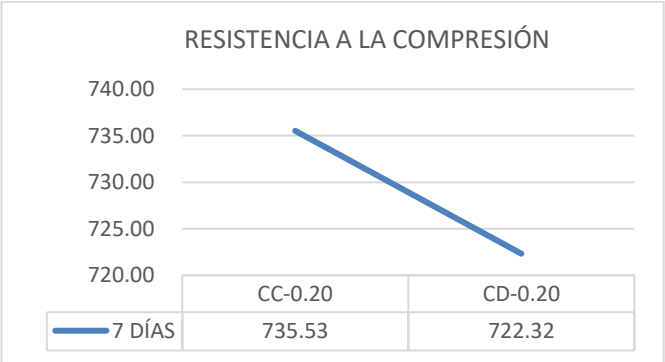
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 7 días



Según la Figura 88, la muestra de concreto CB-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 7 días, y el incremento de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 6.55% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 89

Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 7 días

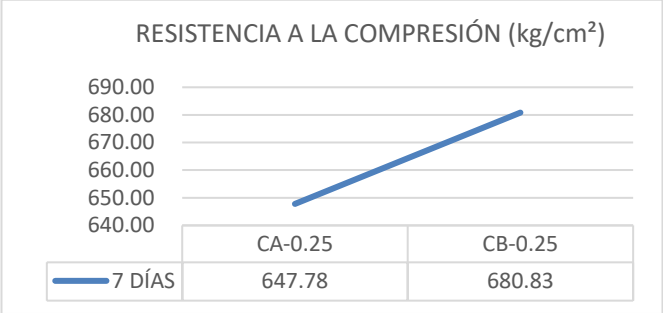


Según la Figura 89, La muestra de concreto CC-0.20 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 7 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 1.80% respecto de la probeta CC-0.20.

7.1.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25

Figura 90

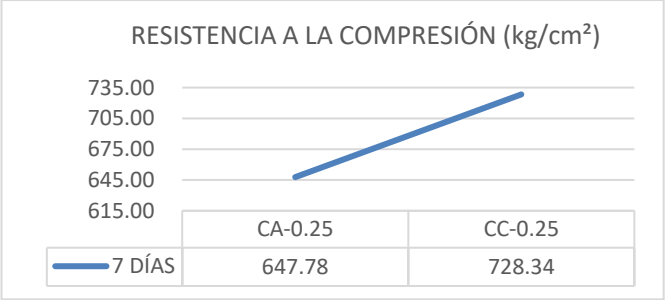
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 7 días



Según la Figura 90, La muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.25 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.25 es del 5.10% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 91

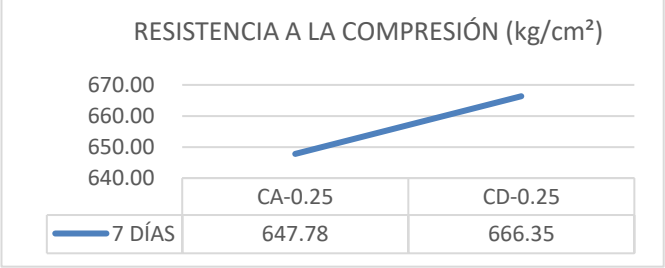
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 7 días



Según la Figura 91, La muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 12.44% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 92

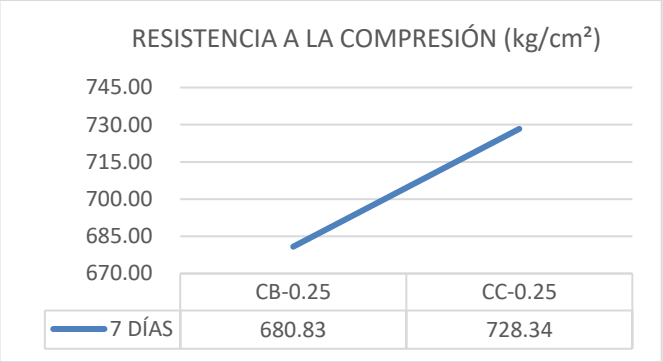
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 7 días



Según la Figura 92, La muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 2.87% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 93

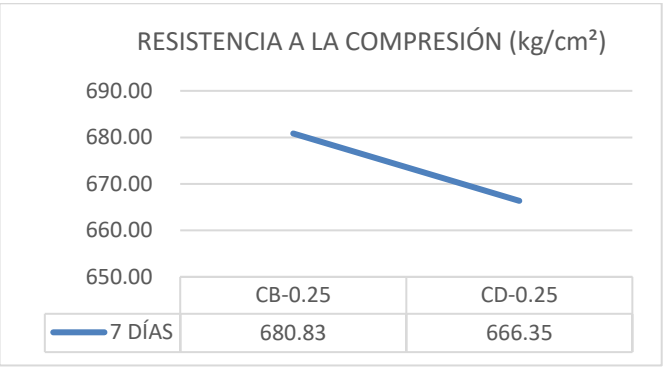
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 7 días



Según la Figura 93, la muestra de concreto CB-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 6.98% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 94

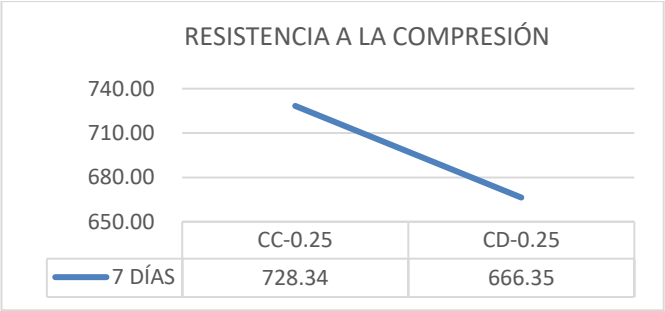
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 7 días



Según la Figura 94, la muestra de concreto CB-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 7 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 2.13% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 95

Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 7 días

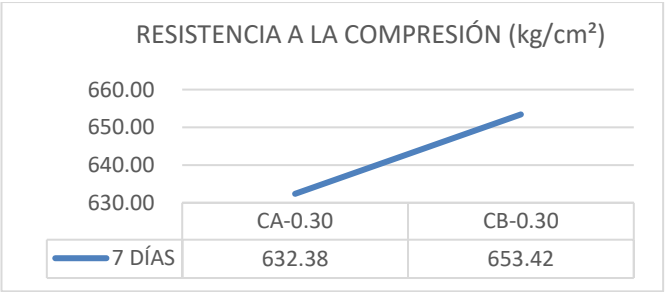


Según la Figura 95, La muestra de concreto CC-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 7 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 8.51% respecto de la probeta CC-0.25.

7.1.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30

Figura 96

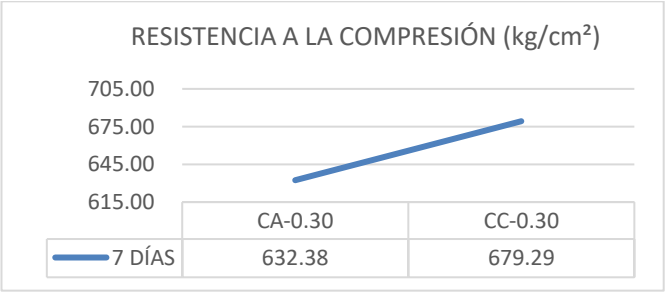
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 7 días



Según la Figura 96, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.30 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.30 es del 3.33% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 97

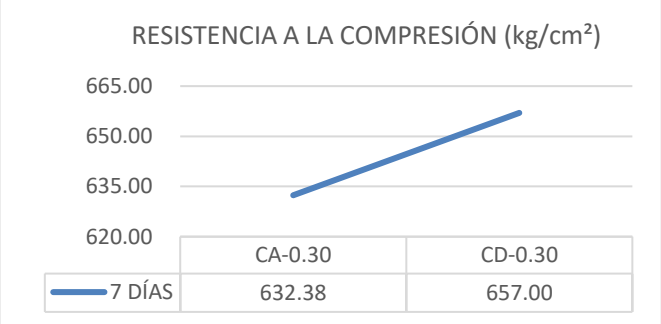
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 7 días



Según la Figura 97, La muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 7.42% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 98

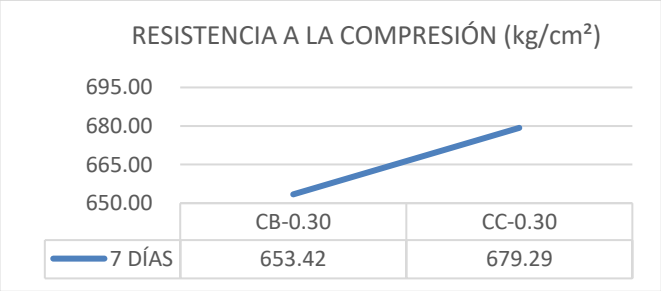
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 7 días



Según la Figura 98, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 3.89% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 99

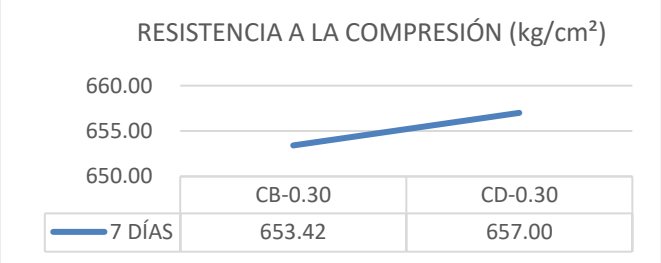
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 7 días



Según la Figura 99, la muestra de concreto CB-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 3.96% respecto de la probeta CB-0.30 a los 7 días.

Figura 100

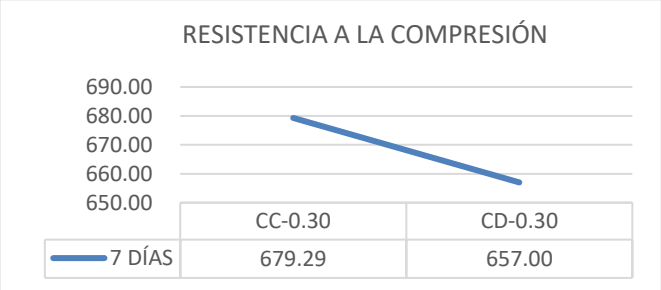
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 7 días



Según la Figura 100, la muestra de concreto CB-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 7 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 0.55% respecto de la probeta CB-0.30.

Figura 101

Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 7 días



Según la Figura 101, la muestra de concreto CC-0.30 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 7 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 3.28% respecto de la probeta CC-0.30.

7.1.4 Resumen de comparación de muestras a los 7 días

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.20 es de 625.38 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 735.53 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.25 es de 647.78 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 728.34 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.30 es de 632.38 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 679.29 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayada a los 7 días es de 625.38 Kg/cm^2 en la probeta CA-0.20, y la mayor resistencia a la compresión es de 735.53 Kg/cm^2 en la probeta CC-0.20.

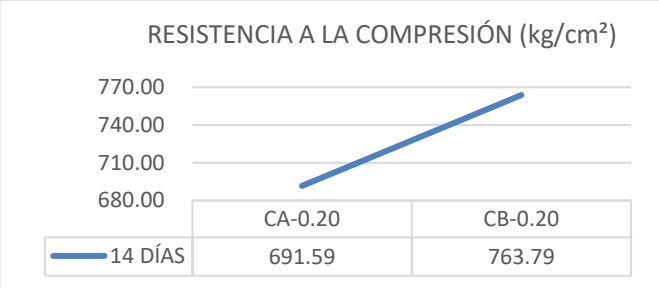
7.2 Resistencia a la compresión a 14 días

Los valores de la resistencia a la compresión a los 14 días vienen del Capítulo V de la presente investigación y se usaron para compararlos entre los concretos con la misma relación a/c.

7.2.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20

Figura 102

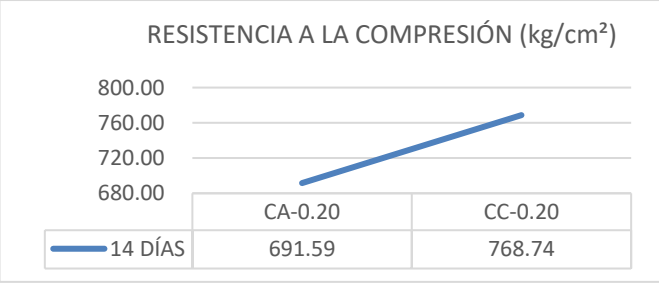
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 14 días



Según la Figura 102, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.20 a los 14 días, y el incremento de la resistencia del concreto CB-0.20 es del 10.44% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 103

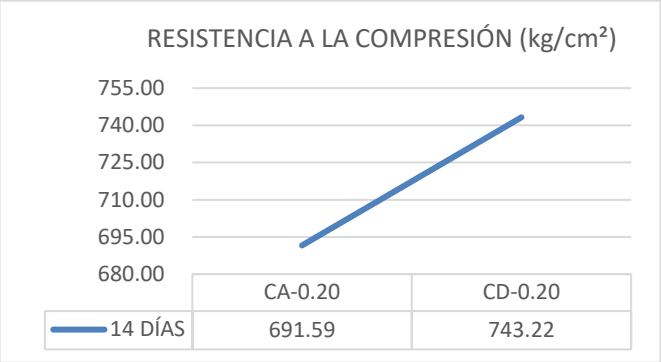
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 14 días



Según la Figura 103, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 14 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 11.16% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 104

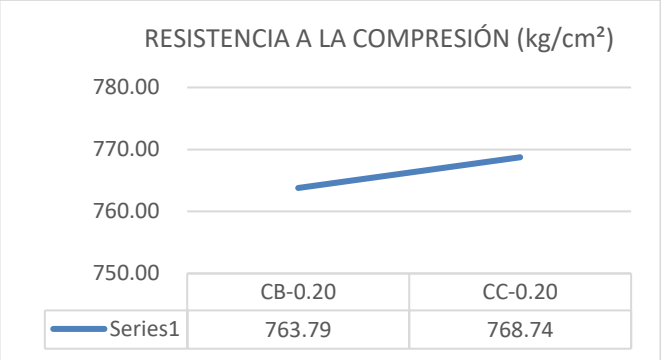
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 14 días



Según la Figura 104, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 14 días, y el incremento de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 7.47% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 105

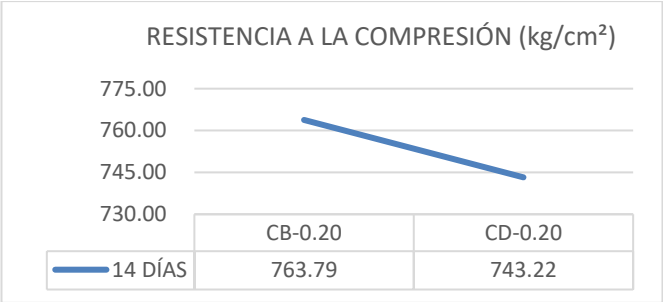
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 14 días



Según la Figura 105, la muestra de concreto CB-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 14 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 0.65% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 106

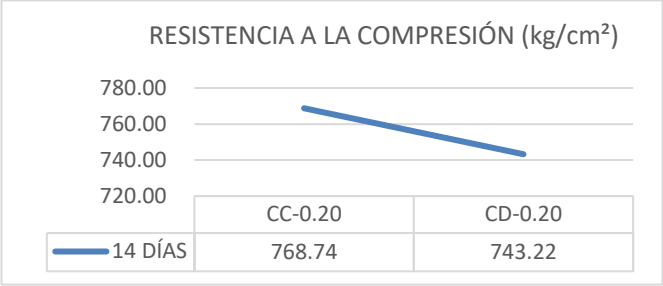
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 14 días



Según la Figura 106, la muestra de concreto CB-0.20 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 2.69% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 107

Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 14 días

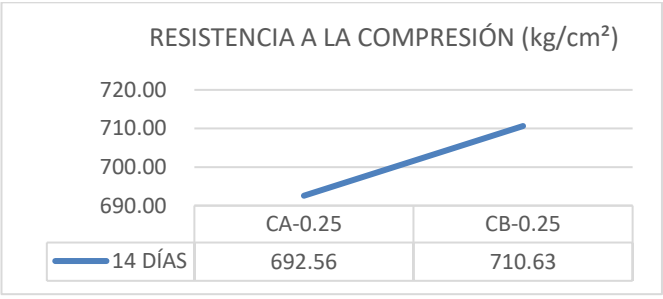


Según la Figura 107, la muestra de concreto CC-0.20 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 3.32% respecto de la probeta CC-0.20.

7.2.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25

Figura 108

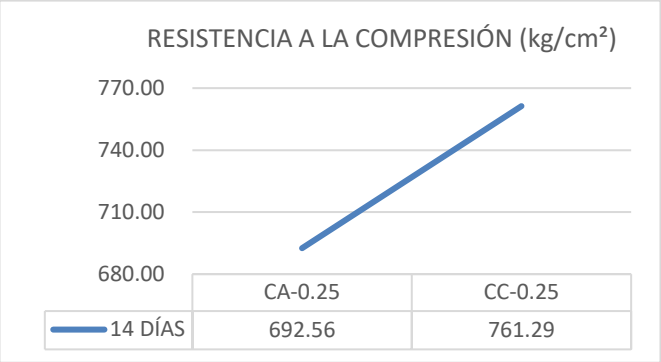
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 14 días



Según la Figura 108, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.25 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.25 es del 2.61% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 109

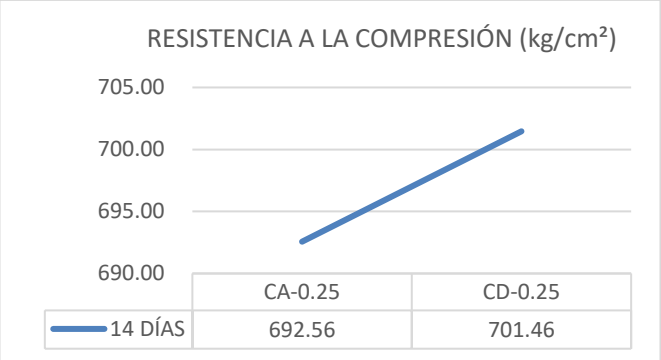
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 14 días



Según la Figura 109, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 9.92% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 110

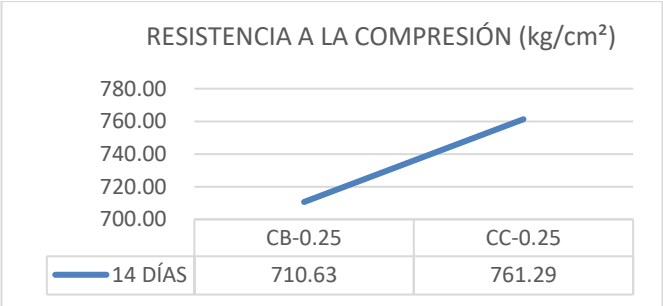
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 14 días



Según la Figura 110, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 1.29% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 111

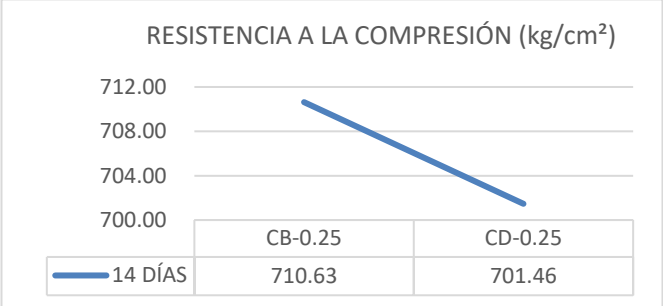
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 14 días



Según la Figura 111, la muestra de concreto CB-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 7.13% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 112

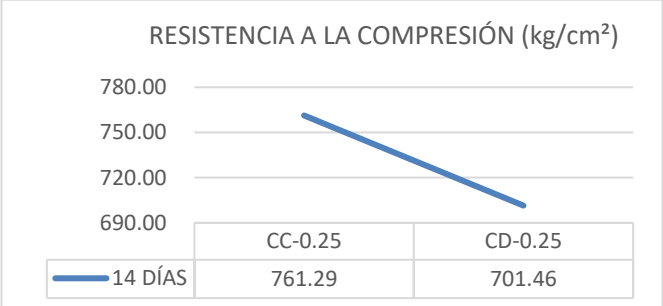
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 14 días



Según la Figura 112, la muestra de concreto CB-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 1.29% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 113

Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 14 días

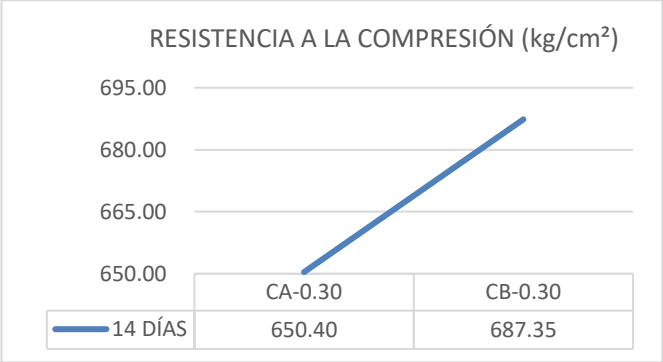


Según la Figura 113, la muestra de concreto CC-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 7.86% respecto de la probeta CC-0.25.

7.2.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30

Figura 114

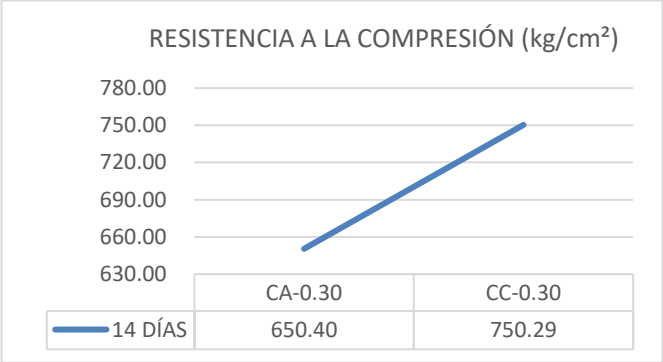
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 14 días



Según la Figura 114, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.30 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.30 es del 5.68% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 115

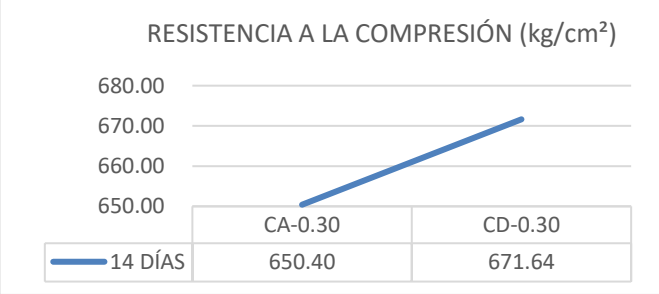
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 14 días



Según la Figura 115, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 15.36% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 116

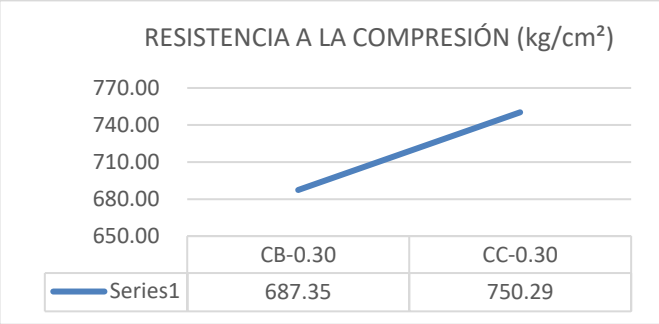
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 14 días



Según la Figura 116, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 3.26% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 117

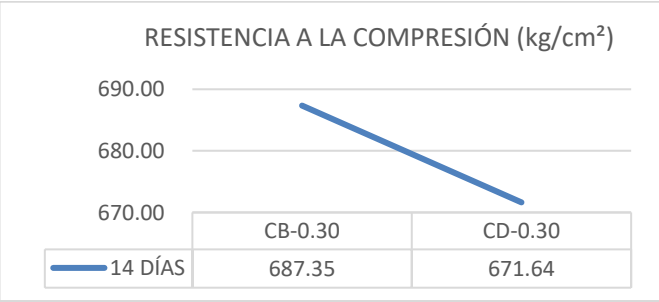
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 14 días



Según la Figura 117, la muestra de concreto CB-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 14 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 9.16% respecto de la probeta CB-0.30.

Figura 118

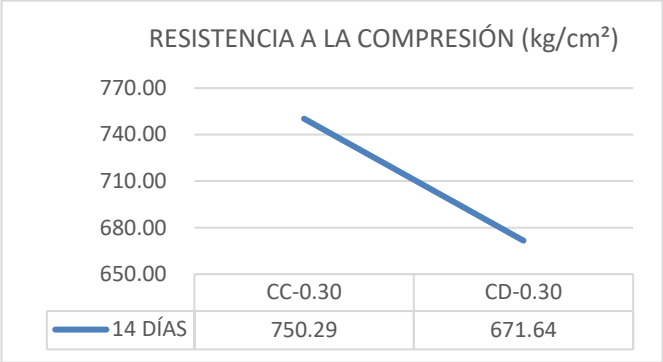
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 14 días



Según la Figura 118, la muestra de concreto CB-0.30 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 2.29% respecto de la probeta CB-0.30.

Figura 119

Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 14 días



Según la Figura 119, la muestra de concreto CC-0.30 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 14 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 10.48% respecto de la probeta CC-0.30.

7.2.4 Resumen de comparación de muestras a los 14 días

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.20 es de 691.59 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 768.74 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.25 es de 692.56 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 761.29 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.30 es de 650.41 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 750.29 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayada a los 14 días es de 650.41 Kg/cm^2 en la probeta CA-0.30, y la mayor resistencia a la compresión es de 768.74 Kg/cm^2 en la probeta CC-0.20.

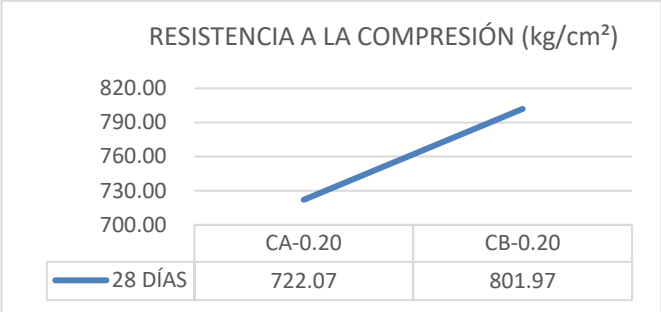
7.3 Resistencia a la compresión a 28 días

Los valores de la resistencia a la compresión a los 28 días vienen del Capítulo V de la presente investigación y se usaron para compararlos entre los concretos con la misma relación a/c.

7.3.1 Comparación de muestras con relación a/c 0.20

Figura 120

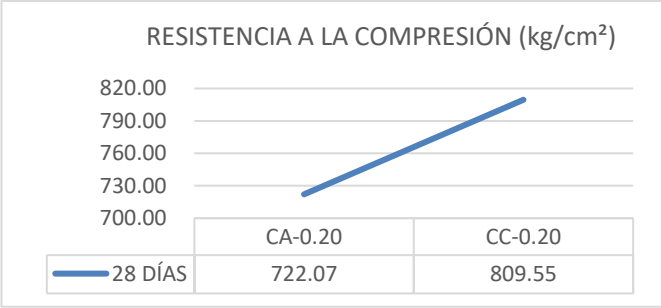
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CB-0.20 a los 28 días



Según la Figura 120, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.20 a los 28 días, y el incremento de la resistencia del concreto CB-0.20 es del 11.07% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 121

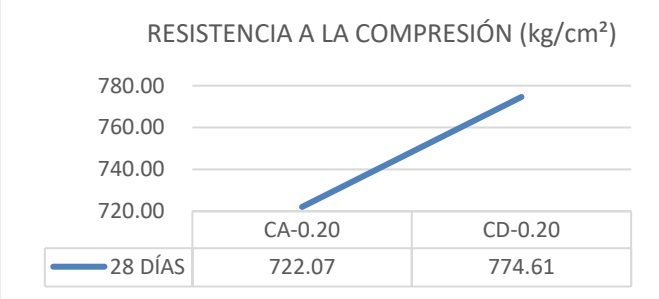
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CC-0.20 a los 28 días



Según la Figura 121, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 28 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 12.12% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 122

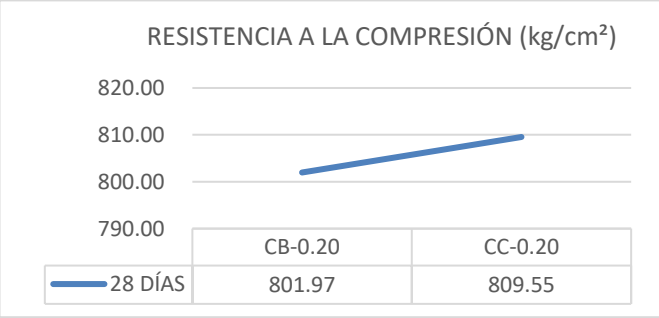
Comparativo de 2 muestras CA-0.20 y CD-0.20 a los 28 días



Según la Figura 122, la muestra de concreto CA-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 28 días, y el incremento de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 7.28% respecto de la probeta CA-0.20.

Figura 123

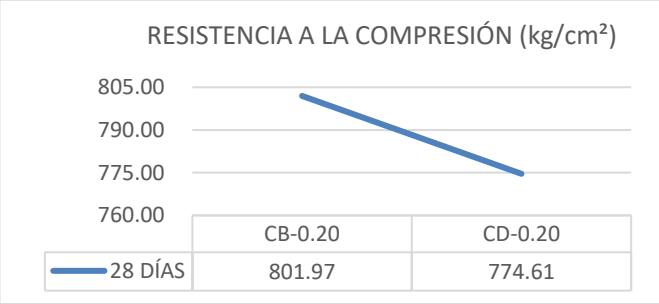
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CC-0.20 a los 28 días



Según la Figura 123, la muestra de concreto CB-0.20 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.20 a los 28 días, y el incremento de la resistencia del concreto CC-0.20 es del 0.94% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 124

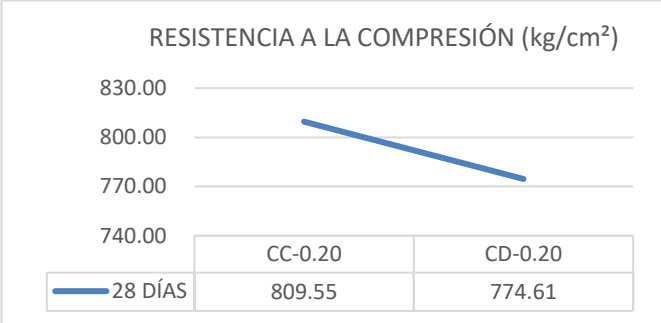
Comparativo de 2 muestras CB-0.20 y CD-0.20 a los 28 días



Según la Figura 124, la muestra de concreto CB-0.20 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 28 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 3.41% respecto de la probeta CB-0.20.

Figura 125

Comparativo de 2 muestras CC-0.20 y CD-0.20 a los 28 días

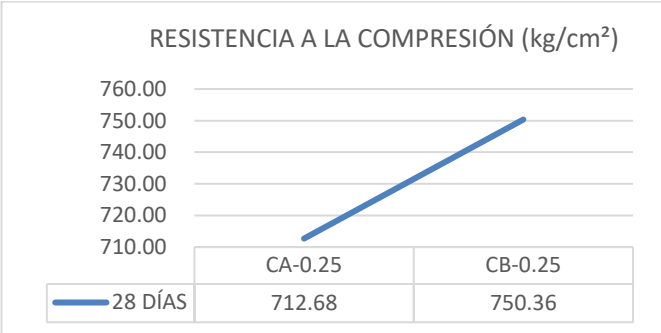


Según la Figura 125, la muestra de concreto CC-0.20 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.20 a los 28 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.20 es del 4.32% respecto de la probeta CC-0.20.

7.3.2 Comparación de muestras con relación a/c 0.25

Figura 126

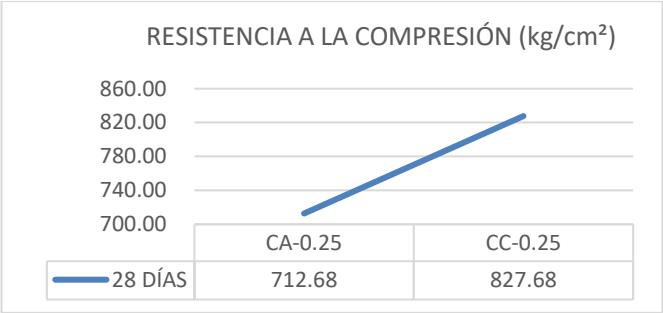
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CB-0.25 a los 28 días



Según la Figura 126, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.25 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.25 es del 5.29% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 127

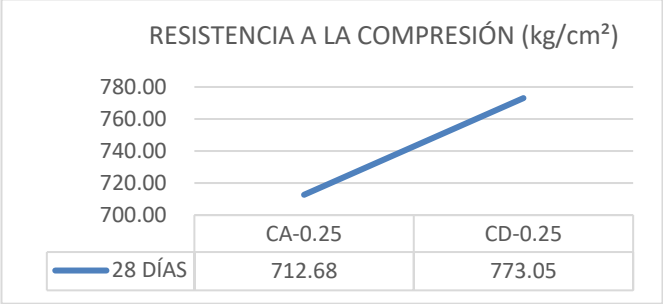
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CC-0.25 a los 28 días



Según la Figura 127, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 16.14% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 128

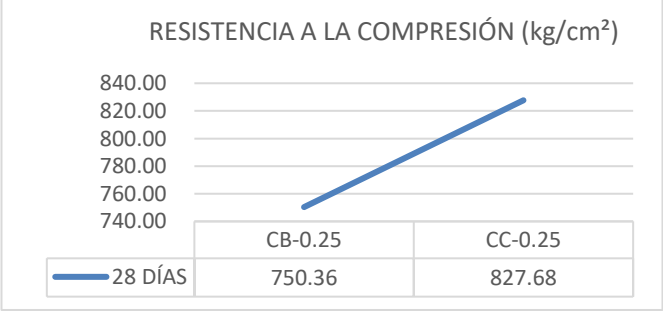
Comparativo de 2 muestras CA-0.25 y CD-0.25 a los 28 días



Según la Figura 128, la muestra de concreto CA-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 8.47% respecto de la probeta CA-0.25.

Figura 129

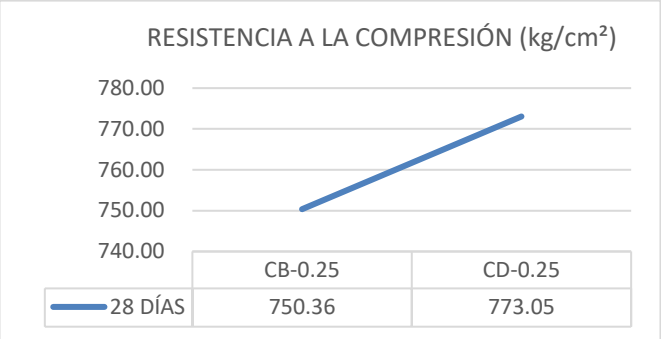
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CC-0.25 a los 28 días



Según la Figura 129, la muestra de concreto CB-0.25 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.25 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.25 es del 10.30% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 130

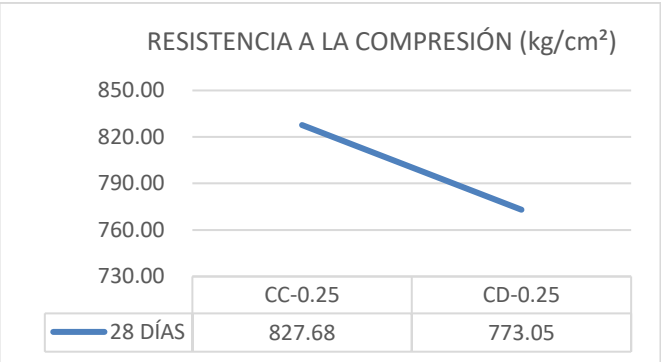
Comparativo de 2 muestras CB-0.25 y CD-0.25 a los 28 días



Según la Figura 130, la muestra de concreto CB-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 3.02% respecto de la probeta CB-0.25.

Figura 131

Comparativo de 2 muestras CC-0.25 y CD-0.25 a los 28 días

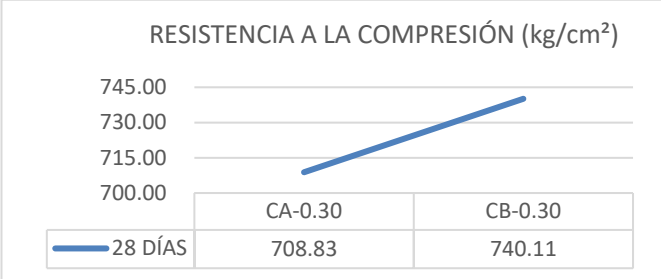


Según la Figura 131, la muestra de concreto CC-0.25 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.25 a los 28 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.25 es del 6.60% respecto de la probeta CC-0.25.

7.3.3 Comparación de muestras con relación a/c 0.30

Figura 132

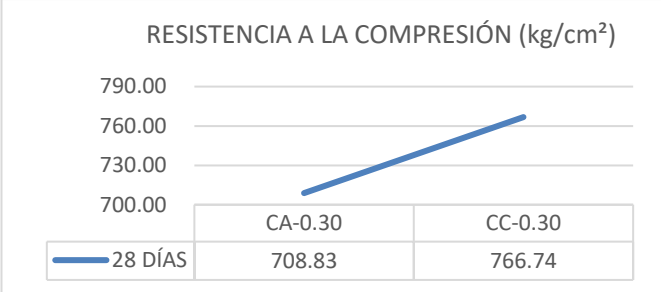
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CB-0.30 a los 28 días



Según la Figura 132, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CB-0.30 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CB-0.30 es del 4.41% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 133

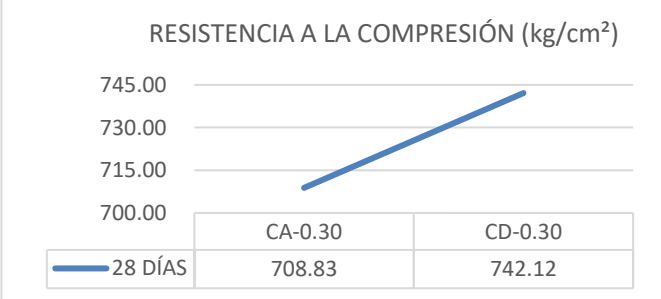
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CC-0.30 a los 28 días



Según la Figura 133, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 8.17% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 134

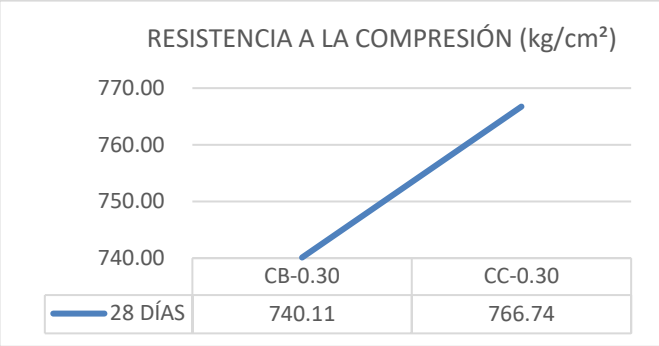
Comparativo de 2 muestras CA-0.30 y CD-0.30 a los 28 días



Según la Figura 134, la muestra de concreto CA-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 4.70% respecto de la probeta CA-0.30.

Figura 135

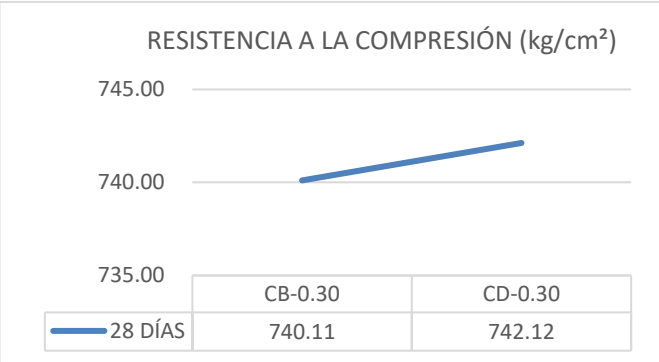
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CC-0.30 a los 28 días



Según la Figura 135, la muestra de concreto CB-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CC-0.30 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CC-0.30 es del 3.60% respecto de la probeta CB-0.30.

Figura 136

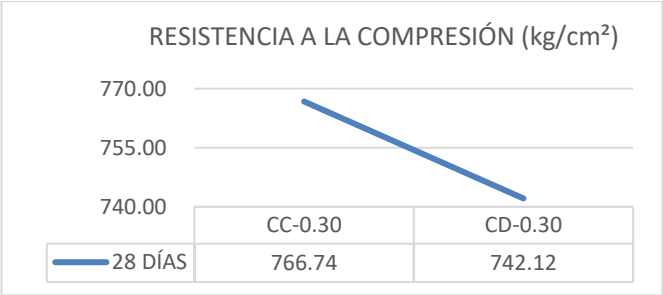
Comparativo de 2 muestras CB-0.30 y CD-0.30 a los 28 días



Según la Figura 136, la muestra de concreto CB-0.30 tiene menor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 28 días, y el aumento de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 0.27% respecto de la probeta CB-0.30.

Figura 137

Comparativo de 2 muestras CC-0.30 y CD-0.30 a los 28 días



Según la Figura 137, la muestra de concreto CC-0.30 tiene mayor resistencia a la compresión que la muestra de concreto CD-0.30 a los 28 días, y la disminución de la resistencia del concreto CD-0.30 es del 3.21% respecto de la probeta CC-0.30.

7.3.4 Resumen de comparación de muestras a los 28 días

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.20 es de 722.07 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 890.55 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.25 es de 712.68 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 827.36 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para la relación a/c 0.30 es de 708.834 Kg/cm^2 en la probeta CA, y la mayor resistencia a la compresión es de 766.74 Kg/cm^2 en la probeta CC.

La menor resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayada a los 28 días es de 708.83 Kg/cm^2 en la probeta CA-0.30, y la mayor resistencia a la compresión es de 827.68 Kg/cm^2 en la probeta CC-0.25.

7.4 Control de calidad del concreto

Según la Noma ACI 214 RS-11 (ACI, 2017), se usan como estándares de control la desviación estándar de la resistencia a la compresión para la variación general y el coeficiente de variación de la resistencia a la compresión para la variación dentro de la tanda.

7.4.1 Control de calidad del concreto CA

Tabla 195

Análisis estadístico del CA-0.20 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(X-Xprom)^2$
CA7	687.46	-34.61	1197.621
CA8	747.10	25.03	626.668
CA9	731.64	9.57	91.649
Xprom:	722.07	$\sum(X-Xprom)^2$:	1998.978

Para el control de calidad del concreto CA-0.20, se usarán los valores de la Tabla 195, dando como resultado:

σ = 30.95 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 4.29 (regular), ya que 4 < C.V. < 5

Tabla 196

Análisis estadístico del CA-0.25 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x-Xprom)^2$
CA7	706.63	-6.05	36.643
CA8	727.14	14.46	208.995
CA9	704.28	-8.40	70.616
Xprom:	712.68	$\sum(X-Xprom)^2$:	316.254

Para el control de calidad del concreto CA-0.25, se usarán los valores de la Tabla 196, dando como resultado:

σ = 12.57 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 1.76 (excelente), ya que C.V. < 2

Tabla 197

Análisis estadístico del CA-0.30 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x-Xprom)^2$
CA7	711.31	2.48	6.134
CA8	708.25	-0.58	0.340
CA9	706.94	-1.89	3.585
Xprom:	708.83	$\sum(X-Xprom)^2$:	10.059

Para el control de calidad del concreto CA-0.30, se usarán los valores de la Tabla 197, dando como resultado:

σ = 2.24 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 0.32 (excelente), ya que C.V. < 2

7.4.2 Control de calidad del concreto CB

Tabla 198

Análisis estadístico del CB-0.20 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	(X-Xprom)²
CB7	807.34	5.37	28.837
CB8	829.25	27.28	744.198
CB9	769.32	-32.65	1066.023
Xprom :	801.97	∑(X-Xprom)²:	1839.058

Para el control de calidad del concreto CB-0.20, se usarán los valores de la Tabla 198, dando como resultado:

σ = 30.32 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 3.78 (buena), ya que 3 < C.V. < 4

Tabla 199

Análisis estadístico del CB-0.25 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	(x-Xprom)²
CB7	747.12	-3.24	10.476
CB8	752.96	2.60	6.777
CB9	750.99	0.63	0.401
Xprom :	750.36	∑(X-Xprom)²:	17.654

Para el control de calidad del concreto CB-0.25, se usarán los valores de la Tabla 199, dando como resultado:

σ = 2.97 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 0.40 (excelente), ya que C.V. < 2

Tabla 200

Análisis estadístico del CB-0.30 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x\text{-}Xprom)^2$
CB7	716.52	-23.59	556.488
CB8	739.39	-0.72	0.518
CB9	764.42	24.31	590.976
Xprom :	740.11	$\sum(X\text{-}Xprom)^2$:	1147.983

Para el control de calidad del concreto CB-0.30, se usarán los valores de la Tabla 200, dando como resultado:

σ = 23.24 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V. = 3.24 (buena), ya que 3 < C.V. < 4

7.4.3 Control de calidad del concreto CC

Tabla 201

Análisis estadístico del CC-0.20 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(X\text{-}Xprom)^2$
CC7	771.79	-37.76	1425.566
CC8	825.21	15.66	245.340
CC9	831.64	22.09	488.115
Xprom :	809.55	$\sum(X\text{-}Xprom)^2$:	2159.021

Para el control de calidad del concreto CC-0.20, se usarán los valores de la Tabla 201, dando como resultado:

σ = 32.86 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 4.06 (regular), ya que 4 < C.V. < 5

Tabla 202

Análisis estadístico del CC-0.25 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x\text{-}Xprom)^2$
CC7	829.41	1.73	3.004
CC8	807.66	-20.02	400.667
CC9	845.96	18.28	334.280
Xprom :	827.68	$\sum(X\text{-}Xprom)^2$:	737.952

Para el control de calidad del concreto CC-0.25, se usarán los valores de la Tabla 202, dando como resultado:

σ = 19.21 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 2.32 (muy buena), ya que 2 < C.V. < 3

Tabla 203

Análisis estadístico del CC-0.30 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	(x-Xprom)²
CC7	786.07	19.33	373.520
CC8	746.61	-20.13	405.351
CC9	767.55	0.81	0.651
Xprom :	766.74	∑(X-Xprom)²:	779.522

Para el control de calidad del concreto CC-0.30, se usarán los valores de la Tabla 203, dando como resultado:

σ = 19.74 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V. = 2.57 (muy buena), ya que 2 < C.V. < 3

7.4.4 Control de calidad del concreto CD

Tabla 204

Análisis estadístico del CD-0.20 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	(X-Xprom)²
CD7	785.73	11.12	123.729
CD8	748.29	-26.32	692.567
CD9	789.80	15.19	230.837
Xprom :	774.61	∑(X-Xprom)²:	1047.133

Para el control de calidad del concreto CD-0.20, se usarán los valores de la Tabla 204, dando como resultado:

σ = 22.88 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 2.95 (muy buena), ya que 2 < C.V. < 3

Tabla 205

Análisis estadístico del CD-0.25 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x\text{-}Xprom)^2$
CD7	770.53	-2.52	6.367
CD8	782.65	9.60	92.096
CD9	765.98	-7.07	50.032
Xprom :	773.05	$\sum(X\text{-}Xprom)^2$:	148.495

Para el control de calidad del concreto CB-0.30, se usarán los valores de la Tabla 205, dando como resultado:

σ = 8.62 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 1.11 (excelente), ya que C.V. < 2

Tabla 206

Análisis estadístico del CD-0.30 ensayado a los 28 días

Código	X	X-Xprom	$(x\text{-}Xprom)^2$
CD7	725.78	-16.34	267.105
CD8	740.64	-1.48	2.200
CD9	759.95	17.83	317.790
Xprom :	742.12	$\sum(X\text{-}Xprom)^2$:	587.095

Para el control de calidad del concreto CB-0.30, se usarán los valores de la Tabla 206, dando como resultado:

σ = 17.13 Kg/cm^2 (excelente), ya que σ < 35.69 Kg/cm^2.

C.V = 2.31 (muy buena), ya que 2 < C.V. < 3

7.4.5 Resumen del Control de calidad del concreto

Tabla 207

Resumen del control de calidad de los concretos

Código	Variación general	Variación dentro de la tanda
CA-0.20	Excelente	Regular
CA-0.25	Excelente	Excelente
CA-0.30	Excelente	Excelente
CB-0.20	Excelente	Buena
CB-0.25	Excelente	Excelente
CB-0.30	Excelente	Buena
CC-0.20	Excelente	Regular
CC-0.25	Excelente	Muy buena
CC-0.30	Excelente	Muy buena
CD-0.20	Excelente	Muy buena
CD-0.25	Excelente	Excelente
CD-0.30	Excelente	Muy buena

7.5 Prueba de hipótesis

La presente tesis afirma como hipótesis que “la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generará una variación en la resistencia final a la compresión del concreto”. Por lo cual se compara la resistencia a la compresión del concreto patrón (CA) con los otros concretos (CB, CC, CD) que tengan su misma relación a/c, siendo necesario 9 pruebas de hipótesis para inferir si la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generará una variación en la resistencia final a la compresión del concreto.

7.5.1 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CB)

7.5.1.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CB-0.20

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.20 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CB-0.20; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.20.

Considerando un nivel de significancia $\alpha=0.05$ y con grado de libertad de “n1+n2-2 = 4”, se usa la tabla estadística de t-student (ver Anexo 2) y se obtiene “$t\alpha= 2.132$”.

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.20, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CB-0.20, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 208

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CB-0.20

Característica	CA-0.20	CB-0.20
TMN del agregado grueso	1"	3/4"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	726.51	804.98
Desviación estándar (σ)	31.61	31.02

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 208 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 31.32” y “t =3.069”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.20.

7.5.1.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CB-0.25

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.25 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CB-0.25; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.25.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de “n1+n2-2 = 4”, se usa la tabla estadística de t-student (ver Anexo 2) y se obtiene “tα= 2.132”.

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.25, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CB-0.25, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 209

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CB-0.25

Característica	CA-0.25	CB-0.25
TMN del agregado grueso	1"	3/4"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	715.54	753.36
Desviación estándar (σ)	13.68	3.57

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 209 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 10.00” y “t =4.634”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.25.

7.5.1.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CB-0.30

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.30 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CB-0.30; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.30.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de “n1+n2-2 = 4”, se usa la tabla estadística de t-student (ver Anexo 2) y se obtiene “tα= 2.132”.

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.30, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CB-0.30, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 210

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CB-0.30

Característica	CA-0.30	CB-0.30
TMN del agregado grueso	1"	3/4"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	712.24	742.67
Desviación estándar (σ)	2.25	24.03

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 210 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 17.07” y “t =2.184”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CB-0.30.

7.5.2 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CC)

7.5.2.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CC-0.20

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.20 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CC-0.20; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.20.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de “n1+n2-2 = 4”, se usa la tabla estadística de t-student (ver Anexo 2) y se obtiene “tα= 2.132”.

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.20, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CC-0.20, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 211

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CC-0.20

Característica	CA-0.20	CC-0.20
TMN del agregado grueso	1"	1/2"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	726.51	813.02
Desviación estándar (σ)	31.61	33.72

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 211 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 32.69” y “t =3.242”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.20.

7.5.2.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CC-0.25

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.25 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CC-0.25; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.25.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de "n1+n2-2 = 4", se usa la tabla estadística de t-student (ver anexo 2) y se obtiene "tα= 2.132".

Siendo "u1" la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.25, y "u2" la media de la resistencia a la compresión del concreto CC-0.25, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si "tα > t"; y se rechaza H0 si "tα < t".

Tabla 212

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CC-0.25

Característica	CA-0.25	CC-0.25
TMN del agregado grueso	1"	1/2"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	715.54	830.75
Desviación estándar (σ)	13.68	18.31

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 212 para hallar "Sp" y "t", se obtuvieron los siguientes resultados: "Sp = 16.16" y "t =8.732".

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.25.

7.5.2.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CC-0.30

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.30 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CC-0.30; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.30.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de "n1+n2-2 = 4", se usa la tabla estadística de t-student (ver Anexo 2) y se obtiene "tα= 2.132".

Siendo "u1" la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.30, y "u2" la media de la resistencia a la compresión del concreto CC-0.30, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si "tα > t"; y se rechaza H0 si "tα < t".

Tabla 213

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CC-0.30

Característica	CA-0.30	CC-0.30
TMN del agregado grueso	1"	1/2"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	712.24	769.40
Desviación estándar (σ)	2.25	20.12

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 213 para hallar "Sp" y "t", se obtuvieron los siguientes resultados: "Sp = 14.32" y "t = 4.891".

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CC-0.30.

7.5.3 Concreto patrón (CA) respecto al concreto experimental (CD)

7.5.3.1 Muestras de concreto CA-0.20 y CD-0.20

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.20 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CD-0.20; y la hipótesis alternativa

(H1) que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.20.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de "n1+n2-2 = 4", se usa la tabla estadística de t-student (ver anexo 2) y se obtiene "tα= 2.132".

Siendo "u1" la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.20, y "u2" la media de la resistencia a la compresión del concreto CD-0.20, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si "tα > t"; y se rechaza H0 si "tα < t".

Tabla 214

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.20 y CD-0.20

Característica	CA-0.20	CD-0.20
TMN del agregado grueso	1"	3/8"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	726.51	775.03
Desviación estándar (σ)	31.61	23.24

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 214 para hallar "Sp" y "t", se obtuvieron los siguientes resultados: "Sp = 27.75" y "t = 2.142".

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.20 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.20.

7.5.3.2 Muestras de concreto CA-0.25 y CD-0.25

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.25 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CD-0.25; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.25.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de "n1+n2-2 = 4", se usa la tabla estadística de t-student (ver anexo 2) y se obtiene "tα= 2.132".

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.25, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CD-0.25, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 215

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.25 y CD-0.25

Característica	CA-0.25	CD-0.25
TMN del agregado grueso	1"	3/8"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	775.94	742.87
Desviación estándar (σ)	8.49	36.83

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 215 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 11.38” y “t = 6.498”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.25 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.25.

7.5.3.3 Muestras de concreto CA-0.30 y CD-0.30

Se definen como hipótesis nula (H0) que el concreto CA-0.30 presenta mayor o igual resistencia a la compresión que el concreto CD-0.30; y la hipótesis alternativa (H1) que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.30.

Considerando un nivel de significancia α=0.05 y con grado de libertad de “n1+n2-2 = 4”, se usa la tabla estadística de t-student (ver anexo 2) y se obtiene “tα= 2.132”.

Siendo “u1” la media de la resistencia a la compresión del concreto CA-0.30, y “u2” la media de la resistencia a la compresión del concreto CD-0.30, se puede interpretar H0 como (u2 ≤ u1), y H1 como (u1 < u2). Aplicando la prueba de hipótesis se plantea lo siguiente: no se rechaza H0 si “tα > t”; y se rechaza H0 si “tα < t”.

Tabla 216

Parámetros del análisis estadístico de CA-0.30 y CD-0.30

Característica	CA-0.30	CD-0.30
TMN del agregado grueso	1"	3/8"
# muestras	3.00	3.00
Media (u)	712.24	744.70
Desviación estándar (σ)	2.25	17.51

Aplicando las fórmulas expuestas en la Tabla 8 y los parámetros de la Tabla 216 para hallar “Sp” y “t”, se obtuvieron los siguientes resultados: “Sp = 12.48” y “t = 3.185”.

Puesto tα < t, se rechaza la hipótesis H0 y se concluye que el concreto CA-0.30 presenta menor resistencia a la compresión que el concreto CD-0.30.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el laboratorio, los resultados después de realizar el análisis comparativo de las resistencias a la compresión en diferentes edades, el análisis estadístico para verificar la calidad de las muestras de concreto realizadas en el laboratorio, y la prueba de hipótesis para verificar el cumplimiento de la hipótesis planteada, se concluye que se cumplieron los objetivos generales y específicos que planteo la presente investigación. Por lo cual las conclusiones que se lograron a partir de lo anteriormente mencionado se dividen en: conclusiones generales, conclusiones específicas, y conclusiones provenientes del análisis estadístico

Las conclusiones relacionadas al objetivo general son las siguientes:

Usando la prueba de hipótesis, se infiere que la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generó una variación en la resistencia final a la compresión siendo esta mayor respecto al concreto patrón para cada relación a/c.

De los diseños de concreto con relaciones a/c 0.20 que usaron 600 Kg de cemento Portland Tipo I por metro cúbico, se observó que a menor TMN del agregado grueso respecto al patrón se aumenta la cantidad del aditivo superplastificante Neoplast 8500HP con una diferencia máxima de 1.0%.

De los diseños de concreto con relaciones a/c 0.25 que usaron 550 Kg de cemento Portland Tipo I por metro cúbico, se observó que a menor TMN del agregado grueso respecto al patrón se aumenta la cantidad del aditivo superplastificante Neoplast 8500HP con una diferencia máxima de 0.66%.

De los diseños de concreto con relaciones a/c 0.30 que usaron 500 Kg de cemento Portland Tipo I por metro cúbico, se observó que a menor TMN del agregado grueso respecto al patrón se aumenta la cantidad del aditivo superplastificante Neoplast 8500HP con una diferencia máxima de 0.75%.

Las conclusiones relacionadas al primer objetivo específico son:

El peso específico del agregado grueso varia y este disminuye respecto al agregado patrón de TMN de 1".

El porcentaje de absorción del agregado grueso varia y este aumenta respecto al agregado patrón de TMN de 1".

La granulometría del agregado grueso presenta una buena gradación y está dentro de los límites de cada huso granulométrico según la NTP.

El módulo de finura del agregado grueso varia y este disminuye respecto al agregado patrón de TMN de 1".

El peso unitario suelto y compactado del agregado grueso varia y este disminuye respecto al agregado patrón de TMN de 1"

Las conclusiones relacionadas al segundo objetivo específico son:

El asentamiento de todos los diseños de concreto de la presente tesis presenta una buena trabajabilidad ya que oscilan entre 5" y 7", y solo varían respecto al porcentaje de aditivo superplastificante usadas en estas mezclas.

El contenido de aire de los concretos con relación a/c 0.20 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.20; los concretos con relación a/c 0.25 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.25; y los concretos con relación a/c 0.30 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.30. Por lo cual la tendencia de la variación del contenido de aire para los CAR diseñados es de aumentar respecto al concreto patrón.

El peso unitario de los concretos con relación a/c 0.20 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.20; los concretos con relación a/c 0.25 varían y estos disminuyen respecto al concreto patrón CA-0.25; y los concretos con relación a/c 0.30 varían y estos disminuyen respecto al concreto patrón CA-0.30. Por lo cual la tendencia de la variación del peso unitario para los CAR diseñados

es de disminuir respecto al concreto patrón siendo el caso contrario para el que tiene una relación a/c 0.20.

El tiempo de fragua inicial y final de los concretos con relación a/c 0.20 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.20; los concretos con relación a/c 0.25 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.25; y los concretos con relación a/c 0.30 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.30. Por lo cual la tendencia de la variación del tiempo de fragua inicial y final para los CAR diseñados es de aumentar respecto al concreto patrón.

El tiempo fragua para los concretos con relación a/c 0.20 en la presente investigación tienen un inicio lento y que demoran como mínimo 17 horas para el inicio de un desarrollo típico de un fraguado normal.

Los CAR diseñados no presentan exudación alguna por lo cual para esta investigación no existe variación respecto al concreto patrón.

Las conclusiones relacionadas al tercer objetivo específico son:

La resistencia a la compresión de los concretos con relación a/c 0.20 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.20; los concretos con relación a/c 0.25 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.25; y los concretos con relación a/c 0.30 varían y estos aumentan respecto al concreto patrón CA-0.30. Por lo cual la tendencia de la variación de la resistencia a la compresión para los CAR diseñados es de aumentar respecto al concreto patrón.

La resistencia a la tracción de los concretos con relación a/c 0.20 varían y estos disminuyen respecto al concreto patrón CA-0.20; los concretos con relación a/c 0.25 varían y estos disminuyen respecto al concreto patrón CA-0.25; y los concretos con relación a/c 0.30 varían y estos disminuyen respecto al concreto patrón CA-0.30. Por lo cual la tendencia de la variación de la resistencia a la tracción para los CAR diseñados es de disminuir respecto al concreto patrón.

Las conclusiones relacionadas al cuarto objetivo específico son:

La resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c 0.20 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; para la relación a/c 0.25 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; y para la relación a/c 0.30 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños. Por lo cual tendencia de la mayor resistencia a la compresión a los 7 días para los CAR diseñados es de los diseños que usan el agregado de TMN de 1/2".

La resistencia a la compresión a los 14 días para la relación a/c 0.20 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; para la relación a/c 0.25 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; y para la relación a/c 0.30 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños. Por lo cual tendencia de la mayor resistencia a la compresión a los14 días para los CAR diseñados es de los diseños que usan el agregado de TMN de 1/2".

La resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c 0.20 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; para la relación a/c 0.25 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños; y para la relación a/c 0.30 es mayor cuando se usa el agregado de TMN de 1/2" para estos diseños. Por lo cual tendencia de la mayor resistencia a la compresión a los 28 días para los CAR diseñados es de los diseños que usan el agregado de TMN de 1/2".

Las conclusiones relacionadas al análisis estadístico son las siguientes:

Los resultados del análisis estadístico confirman que la calidad presente en la variación general de las muestras ensayadas de los 12 diseños diferentes de CAR son excelentes y la variación dentro de la tanda de las muestras ensayadas de los 12 diseños diferentes de CAR tienden a ser excelentes o muy buenas

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener cuidado al desencofrar las probetas cuando los diseños tengan una relación a/c 0.20, ya que los diseños mostrados en esta tesis con dicha relación a/c tienen un tiempo de fragua final que supera las 18 horas.

Se recomienda ser cuidadoso al realizar el ensayo de tiempo de fragua cuando los diseños tengan una relación a/c 0.20, ya que los diseños mostrados en esta tesis con dicha relación a/c tienen un tiempo de fragua inicial mayor de 12 horas.

Se recomienda utilizar piedra de tamaño máximo nominal de 1/2" en diseños de alta resistencia, ya que los diseños de concreto usados en la presente tesis que usaron este tamaño máximo nominal del agregado obtuvieron las resistencias a la compresión más altas respecto a los otros.

Se recomienda el uso del aditivo Neoplast 8500 HP en relación a/c menores a 0.30 ya que genera una buena trabajabilidad en esos tipos de concretos.

Se recomienda que el tiempo de mezcla en el trompo este entre 10 y 15 minutos cuando se usa el aditivo Neoplast 8500 HP para obtener un mejor desempeño del aditivo, ya que fue el rango de tiempo que se mezcló en el laboratorio al realizar las pruebas de concreto y los concretos finales.

Se recomienda como continuación de la investigación realizar el ensayo normalizado para hallar el módulo de elasticidad estático del concreto, usando los diseños y proporciones de la presente tesis, para ampliar las propiedades mecánicas del concreto estudiadas en la investigación.

Se recomienda como continuación de la investigación realizar el ensayo normalizado para la determinación la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo, usando los diseños y proporciones de la presente tesis, para ampliar las propiedades mecánicas del concreto estudiadas en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, J. (2001). *Estudios del concreto de mediana a alta resistencia, variando el tamaño máximo del agregado grueso del tipo angular con CPT I* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Alvarado, D. y Morán, D. (2010). *Métodos de investigación*. Pearson. https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/moran-y-alvarado-metodos-de-investigacion-1ra.pdf

American Concrete Institute (2000). *Terminología del Cemento y del Concreto* (ACI 116R-00). https://www.academia.edu/15260910/ACI_116

American Concrete Institute (2008). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials* (ACI 211.4R-08). https://civillabs.kashanu.ac.ir/file/download/page/1619603689-211.4r-08.pdf

American Concrete Institute (2017). *Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto* (ACI 214RS-11). https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/214RS-11_preview.pdf

American Concrete Institute (2018). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14) y Comentario (ACI 318SUSR-14) (Versión en español y en unidades usuales en USA)* [ACI 318SUS-14]

Cachay, R. (1995). *Diseño de mezclas - método de agregado global y módulo de finura, para concretos de mediana a alta resistencia* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Chiluisa, J. (2014) Hormigones de alta resistencia (f'c = 50MPa) utilizando agregados del sector de Pifo y cemento armaduro especial-Lafarge [Tesis de Grado]. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

https://www.dspace.uce.edu.ec/flip/?pdf=https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/715dac33-90fc-436e-87c0-dd7c9ec0a154/content

Instituto Nacional de Calidad. (2017a). *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).

Instituto Nacional de Calidad. (2017b). *Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión* (NTP 339.080).

Instituto Nacional de Calidad. (2017c). *Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración* (NTP 339.082).

Instituto Nacional de Calidad. (2019). *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto* (NTP 339.046).

Instituto Nacional de Calidad. (2020a). *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos* (NTP 400.011).

Instituto Nacional de Calidad. (2020b). *Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo* (NTP 339.077).

Instituto Nacional de Calidad. (2020c). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino* (NTP 400.022).

Instituto Nacional de Calidad. (2020d). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso* (NTP 400.021).

Instituto Nacional de Calidad. (2020e). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado* (NTP 400.017).

Instituto Nacional de Calidad. (2021a). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (NTP 400.012).

Instituto Nacional De Calidad. (2021b). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos* (NTP 339.088).

Instituto Nacional de Calidad. (2021c). *Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados* (NTP 339.047).

Instituto Nacional de Calidad. (2021d). *Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo* (NTP 339.034).

Instituto Nacional de Calidad. (2021e). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto* (NTP 400.037).

Instituto Nacional de Calidad. (2021f). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* (NTP 339.185).

Instituto Nacional de Calidad. (2022). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland* (NTP 339.035).

Morales, D. (2017). *Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del rio Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para F'c=250 Kg/cm^2* [Tesis de Grado] Universidad Nacional de Cajamarca. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Myers, H., Myers, L., Walpole, E. y Ye K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* (9na Ed.). Pearson. https://bibliotecavirtualaserena.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/libro_probabilidad-y-estadistica-para-ingenerc3ada-y-ciencias-ronald-e-walpole-mayers.pdf

Rodo P. (05 de noviembre de 2019). *Distribución t de Student. Economipedia.com*. https://economipedia.com/definiciones/distribucion-t-de-student.html

Tejada, M. (2016). *Influencia de la microsílice y el aditivo superplastificante en el concreto de alta resistencia* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Vargas, D. (2004). *Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el tamaño del agregado grueso de tipo canto rodado de río, usando aditivo superplastificante de fraguado normal* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Zabalaga, J. (2007). Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el módulo de finura del agregado fino utilizando cemento portland tipo I [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia..... 194

Anexo 2: Distribución t- Student 196

Anexo 3: Especificaciones técnicas del aditivo Neoplast 8500 HP..... 198

Anexo 4: Fotografías de ensayos en agregados 201

Anexo 5: Fotografías de ensayos en concreto fresco y endurecido 205

Anexo 6: Certificado de ensayos..... 212

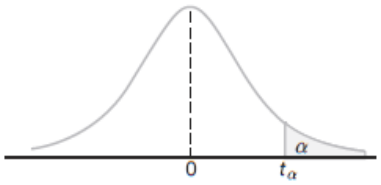
ANEXO 1:
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS: EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA

Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variables**	**Dimensiones**	**Metodología**
¿Cómo influye la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso en las propiedades del concreto de alta resistencia?	Determinar el efecto que genera la variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso en las propiedades del concreto de alta resistencia.	La variación del tamaño máximo nominal del agregado grueso generará una variación en la resistencia final a la compresión del concreto.	**INDEPENDIENTES** -Tamaño máximo nominal del agregado grueso -Relación A/C	-Tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1", 3/4", 1/2" y 3/8" -Relación A/C 0.20; 0.25; 0.30	• **TIPO DE INVESTIGACION Experimental** • **METODO Investigación cuantitativa** • **DISEÑO Investigación experimental** • **POBLACION Concreto de alta resistencia que usa agregado grueso de TMN de 1", 3/4", 1/2" y 3/8",** • **MUESTRA 216 probetas de 10x20cm**
Problema Específico	**Objetivo Específico**	**Hipótesis Específicas**	**DEPENDIENTES** -Concreto de alta resistencia		
1. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso de 1", 3/4", 1/2" y 3/8" en las propiedades físicas del agregado?	Evaluar las propiedades físicas del agregado grueso con tamaños máximos nominales de 1", 3/4", 1/2" y 3/8"	Las propiedades físicas del agregado grueso variaran dependiendo del tamaño máximo nominal usado		- Peso específico - Porcentaje de absorción - Granulometría - Peso unitario suelto y compactado - Contenido de humedad	
2. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso en las propiedades físicas del concreto de alta resistencia en su estado fresco?	Evaluar las propiedades físicas del concreto de alta resistencia en su estado fresco.	Las propiedades físicas del concreto de alta resistencia variaran dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado grueso y de la relación A/C		• Asentamiento • Peso Unitario • Contenido de aire • Exudación • Tiempo de fragua	
3. ¿Cómo influye la selección del TMN del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en su estado endurecido?	Evaluar las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en su estado endurecido.	Las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia variaran dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado grueso y de la relación A/C		• Resistencia a la compresión • Resistencia a la tracción por compresión diametral	
4. ¿Cómo variara la resistencia a la compresión de las muestras de concreto de alta resistencia en el tiempo?	Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días.	La resistencia a la compresión aumentara con la edad		• Evaluación de la resistencia a la compresión	

ANEXO 2:
DISTRIBUCIÓN T- STUDENT

Tabla A.4 Valores críticos de la distribución t



	α						
ν	**0.40**	**0.30**	**0.20**	**0.15**	**0.10**	**0.05**	**0.025**
1	0.325	0.727	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706
2	0.289	0.617	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303
3	0.277	0.584	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182
4	0.271	0.569	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776
5	0.267	0.559	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571
6	0.265	0.553	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447
7	0.263	0.549	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365
8	0.262	0.546	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306
9	0.261	0.543	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262
10	0.260	0.542	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228
11	0.260	0.540	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201
12	0.259	0.539	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179
13	0.259	0.538	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160
14	0.258	0.537	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145
15	0.258	0.536	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131
16	0.258	0.535	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120
17	0.257	0.534	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110
18	0.257	0.534	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101
19	0.257	0.533	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093
20	0.257	0.533	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086
21	0.257	0.532	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080
22	0.256	0.532	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074
23	0.256	0.532	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069
24	0.256	0.531	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064
25	0.256	0.531	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060
26	0.256	0.531	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056
27	0.256	0.531	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052
28	0.256	0.530	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048
29	0.256	0.530	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045
30	0.256	0.530	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042
40	0.255	0.529	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021
60	0.254	0.527	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000
120	0.254	0.526	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980
∞	0.253	0.524	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960

ANEXO 3:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ADITIVO NEOPLAST 8500 HP

QSI®
CONOCEMOS SOLUCIONAMOS

EUCLID CHEMICAL

NEOPLAST 8500 HP®

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

SUPERPLASTIFICANTES DE ALTO DESEMPEÑO PARA CONCRETO

Descripción:

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos

Aplicaciones principales:

- Concreto autocompactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

Características / Beneficios:

- Produce concreto fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido

Normas / especificaciones:

NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494, Tipo F. (*).
(*) NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

Información técnica:

Densidad : 1.10 kg/L
Color : Ámbar oscuro
Apariencia : Liquido

Direcciones para su uso:

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.
Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo, característica del cemento y el diseño de mezcla elegido

Dosificación:

El NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2– 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

QSI Perú S.A.
Telf.: +51-1 710 4000
contacto@qsi.pe

Hoja Técnica / MKT
Versión 02-QSI
Junio 2021

QSI®
CONOCEMOS SOLUCIONAMOS

EUCLID CHEMICAL

SUPERPLASTIFICANTES DE ALTO DESEMPEÑO PARA CONCRETO

Presentación:

- Tanques 1100 kg
- Cilindro 180 kg
- Baldes 20 kg

Precauciones / restricciones:

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No es compatible con los aditivos base naftalenos.
- Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
- El producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar freso y seco

Manejo y almacenamiento:

NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.
Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

QSI Perú S.A.
Telf.: +51-1 710 4000
contacto@qsi.pe

Hoja Técnica / MKT
Versión 02-QSI
Junio 2021

ANEXO 4:

FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS EN AGREGADOS

- PESO ESPECIFICO (PIEDRA – ARENA)
- GRANULOMETRIA (PIEDRA – ARENA)
- PESO UNITARIO (PIEDRA – ARENA)
- CONTENIDO DE HUMEDAD (PIEDRA – ARENA)
- METODO DEL AGREGADO GLOBAL

- Ensayo de Peso Específico de Piedra

1-Peso de la muestra SSS

2-Peso de la muestra sumergida

- Peso Específico de Arena

3-Prueba del tronco cónico

4-Muestra SSS

5-Peso de la muestra sumergida

6-Peso de la muestra seca

- Ensayo de granulometría de los agregados

7-Tamizado de piedra

8-Tamizado de arena

- Ensayo de Peso Unitario de los agregados

9-Peso unitario suelto y compactado de piedra

10-Peso unitario suelto y compactado de arena

- Ensayo de contenido de humedad de los agregados

11-Muestra en estado natural de piedra

12-Muestra en estado natural de arena

- Método del agregado global

13-Combinación de la arena y piedra

ANEXO 5:

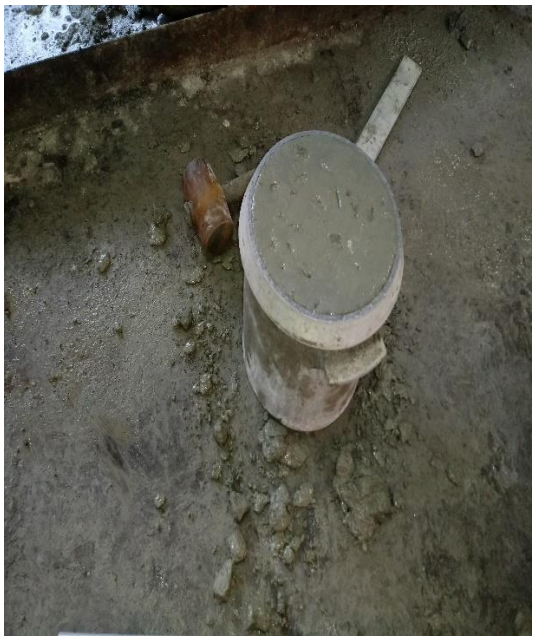
FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO

- ASENTAMIENTO DEL CONCRETO
- PESO UNITARIO DEL CONCRETO
- CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO
- EXUDACION DEL CONCRETO
- TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO
- RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO
- RESISTENCIA A LA TRACCION DEL CONCRETO

- Ensayos en estado fresco

1-Asentamiento entre 4 a 6 pulgadas

2-Ensayo de peso unitario



3-Ensayo de contenido de aire en olla de Washington

4-Ensayo de exudación

5-Penetrometro

6-Ensayo de tiempo de fragua

- Ensayos en estado endurecido

Muestras ensayadas a la compresión a los 28 días

7-CA9-0.20

8-CA9-0.25

9-CA9-0.30

10-CB7-0.20

11-CB7-0.25

12-CB8-0.30

13-CC9-0.20

14-CC8-0.25

15-CC8-0.30

16-CD7-0.20

17-CD8-0.25

18-CD9-0.30

Muestras ensayadas a la tracción a los 28 días

19-TA8-0.20

20-TA8-0.25

21-TA9-0.30

22-TB7-0.20

23-TB8-0.25

24-TB7-0.30

25-TC9-0.20

26-TC9-0.25

27-TC9-0.30

28-TD7-0.20

29-TD9-0.25

30-TD7-0.30

ANEXO 6:
CERTIFICADO DE ENSAYOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

CONSTANCIA

EL JEFE DEL LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDA NACIONAL DE INGENIERÍA, deja constancia que:

El Sr. **IAN JOSUE PALOMINO JIMENEZ,** egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, identificado con DNI N° 74611593, realizó ensayos en el Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales en el marco del desarrollo de la tesis titulada: ***"EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO EN CONCRETOS DE ALTA RESITENCIA"***, asesorado por el Ing. Rafael Cachay Huamán

Se le brindó las facilidades del caso para la realización de dicho ensayos desde el 27 de julio hasta el 10 de diciembre del 2021.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Lima, 28 de junio del 2023

Ing. Oscar Miranda Hospinal
Jefe (e) del Laboratorio
de Ensayo de Materiales

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú / Telefax: (511) 481-9845
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4020

ABET Engineering Accreditation Commission