

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS

**“ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DEL CONCRETO
RECICLADO FRESCO Y ENDURECIDO, CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL Y TOTAL DEL AGREGADO GRUESO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
FRED GABRIEL MEZA ICHPAS**

**ASESOR
Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN**

**LIMA – PERÚ
2019**

© 2019, 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.”**

gabrielmezaichpas@gmail.com.

995879921

DEDICATORIA

A mí entrañable familia por su amor
y apoyo incondicional.

A mí querida UNI que acoge
a todos cuanto van hacia ella.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por haberme impulsado a forjarme un futuro distinto.

Un agradecimiento a mi asesor de Tesis, Ing. Rafael Cachay Huamán por su constante orientación.

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

A mi querida alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería.

A todos aquellos que me impulsaron a continuar y finalizar.

PRÓLOGO

El intenso proceso de urbanización de las ciudades ha llevado al crecimiento de la construcción y demolición, esto significa que si bien la ciudad tiende a generar un mayor orden en su interior, lo hace a costa de un mayor desorden en las zonas externas de donde se surte de los materiales y a las cuales expulsa sus residuos.

La urbanización a su vez ha generado una creciente demanda de agregados para la mezcla de concreto en el área urbana de Lima, plantea la búsqueda de nuevas alternativas para suplir dicha necesidad. Es así que el agregado reciclado de concreto se plantea como alternativa con la finalidad de emplearlo en elementos constructivos no estructurales donde el diseño cumpla las exigencias de las especificaciones técnicas.

Dada su importancia, la presente tesis va dirigida a los ingenieros, constructores y público en general que deseen actualizar sus conocimientos y técnicas constructivas en mejora del país.

Ing. Rafael Cachay Huaman
Asesor

INDICE	
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE CUADROS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS.....	14
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. OBJETIVOS.....	17
CAPITULO II: FUNDAMENTO TEORICO.....	18
2.1. INTRODUCCIÓN.....	18
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO RECICLADO.....	18
2.2.1. Mortero Adherido.....	18
2.2.2. Densidad.....	18
2.2.3. Absorción.....	19
2.2.4. Granulometría.....	19
2.2.5. Contaminantes e Impurezas.....	20
2.3. DISEÑO DE CONCRETO RECICLADO.....	20
2.3.1. Contenido de Agua.....	21
2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO FRESCO.....	21
2.4.1. Consistencia.....	21
2.4.2. Densidad.....	22
2.4.3. Exudación.....	22
2.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO ENDURECIDO.....	22
2.5.1. Resistencia a Compresión y Flexión.....	22
2.6. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.....	23
2.6.1. Peso Unitario Norma NTP 339.049.....	23
2.6.2. Consistencia NTP 339-035.....	24
2.6.3. Tiempo de Fraguado NTP 339.082.....	25
2.6.4. Contenido de Aire NTP 339.083.....	26

2.7.	ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO	27
2.8.1.	Resistencia a la Compresión NTP 339-049.....	27
2.8.2.	Resistencia a la Flexión NTP 339.078.....	28
CAPITULO III: CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE CONCRETO		29
3.1.	AGUA	29
3.2.	CEMENTO	30
3.3.	AGREGADOS	32
3.3.1.	PROCEDIMIENTO PARA RECICLAR EL AGREGADO GRUESO ..	32
3.3.2.	Agregado Fino NORMA NTP 400.011.....	33
3.3.3.	Agregado Grueso NORMA NTP 400.011	37
3.3.4.	Agregado Global.....	42
CAPITULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS		45
4.1.	PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA.....	45
4.2.	INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO.....	45
4.3.	PROCEDIMIENTO DE DOSIFICACIÓN.....	46
4.4.	CALCULO DEL AGUA PATRÓN.....	49
4.5.	PROPORCIÓN ÓPTIMA DE ARENA Y PIEDRA PATRÓN	52
4.5.1.	Arena y Piedra Patrón del agregado Natural	52
4.5.2.	Arena y Piedra Patrón del agregado Reciclado.....	55
4.6.	DISEÑO RESULTANTE DEL CONCRETO PATRÓN Y EL CONCRETO RECICLADO.	58
4.6.1.	Diseño resultante para el concreto patrón para las relaciones a/c: 0.60, 0.65, 0.70.....	58
4.6.2.	Diseño Resultante para el concreto Reciclado para las relaciones a/c: 0.60, 0.65, 0.70, CON 20%,50%, 100%.	59
CAPITULO V: RESULTADO DE LOS ENSAYOS		61
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	61
5.2.	RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO... 61	
5.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	63

5.3.1.	Peso Unitario	63
5.3.2.	Consistencia	66
5.3.3.	Tiempo de Fraguado.....	68
5.3.4.	Contenido de Aire	71
5.4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO .	73
5.4.1.	Resistencia a la Compresión.....	73
5.4.2.	Resistencia a la Flexión	79
	CAPITULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS	83
6.1.	AGREGADOS	83
6.1.1.	Agregado Fino	83
6.1.2.	Agregado Grueso.....	83
6.2.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	84
6.2.1.	Consistencia	84
6.2.2.	Peso Unitario	85
6.2.3.	Tiempo de Fraguado.....	86
6.2.4.	Contenido de Aire	88
6.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	89
6.3.1.	Resistencia a la Compresión.....	89
6.3.2.	Resistencia a la Flexión	92
	CAPITULO VII: ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS	93
7.1.	INTRODUCCIÓN	93
7.2.	PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE AGREGADO RECICLADO	93
7.2.1.	Localización del Proyecto	93
7.2.2.	Tipo de Planta Semi-industrial	94
7.2.3.	Costos	94
7.2.4.	Flujo de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento	96
7.2.5.	Parámetros de Evaluación Económica (VAN y TIR)	97
7.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO	99

7.4. CUADROS Y GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE COSTOS	100
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	138
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	141

RESUMEN

En esta investigación, se presenta el desempeño del concreto elaborado con agregado proveniente de probetas de concreto, la trituración de las probetas fue realizada de manera manual hasta convertirlos en agregado grueso de concreto en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.

Los factores a tomar en consideración para la investigación fueron: las propiedades del agregado reciclado, el porcentaje de sustitución del agregado convencional por agregado reciclado en el diseño de concreto, el tipo de granulometría utilizada en el diseño de concreto, la pre saturación del agregado reciclado previo a la mezcla de concreto, la consistencia del concreto fresco, la resistencia a compresión y flexión

Para verificar la resistencia del concreto reciclado, se realizó diseños de mezcla con agregado natural y agregado reciclado con distintos porcentajes de sustitución para posteriormente realizar pruebas sobre el concreto endurecido, ensayos a compresión y flexión, los resultados experimentales mostraron que el comportamiento del concreto con agregado reciclado son similares al del concreto con agregado natural hasta un cierto porcentaje de sustitución más allá de lo cual los resultados varían considerablemente, lo que indica que puede ser utilizado como un concreto no estructural.

El análisis de los resultados más relevantes muestra un incremento de hasta 1000% de absorción del agregado reciclado sobre el agregado natural.

Las pérdidas de resistencia a la compresión cuando la sustitución es del 20% del agregado, están entre 1% y 5%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% las pérdidas de resistencia están entre el 1% y 15% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y 25%.

Las variaciones de resistencia a la flexión cuando la sustitución es del 20% del agregado reciclado se incrementan entre 1% - 9%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% la resistencia disminuye entre el 1% - 8% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% la resistencia a la flexión disminuye entre el 5% y 15%.

ABSTRACT

In this investigation, the performance of concrete made with aggregate from concrete specimens is presented. The crushing of the specimens was carried out manually until they were converted into coarse concrete aggregate in the UNI Materials Testing Laboratory.

The factors to be taken into consideration for the investigation were: the properties of the recycled aggregate, the substitution percentage of the conventional aggregate by recycled aggregate in the concrete design, the type of granulometry used in the concrete design, the pre saturation of the recycled aggregate prior to concrete mixing, the consistency of fresh concrete, the resistance to compression and bending.

To verify the resistance of the recycled concrete, mix designs were made with natural aggregate and recycled aggregate with different substitution percentages for later tests on hardened concrete, compression and bending tests, the experimental results showed that the concrete behavior with aggregate Recycling is similar to that of concrete with natural aggregate up to a certain percentage of substitution beyond which the results vary considerably, indicating that it can be used as a non-structural concrete.

The analysis of the most relevant results shows an increase of up to 1000% of absorption of the recycled aggregate over the natural aggregate.

Losses of compressive strength when the substitution is 20% of the aggregate, are between 1% and 5%, when the substitution percentage increases to 50% the resistance losses are between 1% and 15% and when the percentage of substitution reaches 100% the resistance losses oscillate between 1% and 25%.

The variations of flexural strength when the substitution is 20% of the recycled aggregate increase between 1% - 9%, when the percentage of substitution increases to 50% the resistance decreases between 1% - 8% and when the percentage of Replacement reaches 100% the resistance to bending decreases between 5% and 15%.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2. 1: Coeficiente de Corrección “r”.....	20
Cuadro 3. 1: Requisitos de la Calidad del Agua.....	29
Cuadro 3. 2: Características físicas del cemento portland Sol - Tipo I.....	31
Cuadro 3. 3: Peso Unitario Suelto del agregado fino.....	33
Cuadro 3. 4: Peso Unitario Compactado del agregado fino.....	34
Cuadro 3. 5: Peso Específico del agregado fino	34
Cuadro 3. 6: Contenido de Humedad del agregado fino	35
Cuadro 3. 7: Granulometría del Agregado Fino.....	36
Cuadro 3. 8: Resumen de Propiedades Físicas del agregado Fino.....	36
Cuadro 3. 9: Peso Unitario Suelto del agregado grueso natural y reciclado con 20%, 50%, y 100% de sustitución.....	37
Cuadro 3. 10: Peso Unitario Compactado del agregado grueso natural y reciclado con 20%, 50%, y 100% de Sustitución.....	38
Cuadro 3. 11: Peso Específico del agregado grueso natural y reciclado.....	39
Cuadro 3. 12: Absorción del agregado grueso natural y reciclado	39
Cuadro 3. 13: Contenido de Humedad del agregado grueso natural y reciclado	39
Cuadro 3. 14: Granulometría del Agregado Grueso Natural.....	40
Cuadro 3. 15: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado	41
Cuadro 3. 16: Resumen de Propiedades Físicas y Mecánicas del agregado Grueso Natural y Reciclado	42
Cuadro 3. 17: Resultados del ensayo de máxima compacidad para el agregado global.....	42
Cuadro 3. 18: Resultados del ensayo de máxima compacidad para el agregado global.....	43
Cuadro 4. 1: Volumen de agua (L/m ³)	47
Cuadro 4. 2: Contenido de aire atrapado	47
Cuadro 4. 3: Calculo del volumen unitario del agregado	47
Cuadro 4. 4: Diseño del concreto a/c= 0.60, volumen de agua=195 L	49
Cuadro 4. 5: Agua Patrón a/c= 0.60, volumen de agua = 205 L.....	50
Cuadro 4. 6: Agua Patrón a/c= 0.65, volumen de agua = 199 L.....	50
Cuadro 4. 7: Agua Patrón a/c= 0.70, volumen de agua = 194 L.....	50
Cuadro 4. 8: Agua Patrón a/c= 0.60 – 100%, volumen de agua = 218 L.....	51
Cuadro 4. 9: Agua Patrón a/c= 0.65 – 100%, volumen de agua = 209 L.....	51
Cuadro 4. 10: Agua Patrón a/c= 0.70 – 100%, volumen de agua = 203 L.....	51
Cuadro 4. 11: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.60.....	52

Cuadro 4. 12: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.65$	53
Cuadro 4. 13: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.70$	54
Cuadro 4. 14: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.60$, 100% reciclado	55
Cuadro 4. 15: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.65$, 100% reciclado	56
Cuadro 4. 16: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.70$, 100% reciclado	57
Cuadro 4. 17: Diseño Final del concreto patrón para 1 m ³ , $a/c= 0.60$	59
Cuadro 4. 18: Diseño Final del concreto patrón para 1 m ³ , $a/c= 0.65$	59
Cuadro 4. 19: Diseño Final del concreto patrón para 1 m ³ , $a/c= 0.70$	59
Cuadro 4. 20: Diseño del concreto reciclado $a/c= 0.60$, $a/c= 0.65$, $a/c= 0.70$	60
Cuadro 5. 1: Propiedades Físicas del Agregado Natural.....	62
Cuadro 5. 2: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 20%.....	62
Cuadro 5. 3: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 50%.....	63
Cuadro 5. 4: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 100%.....	63
Cuadro 5. 5: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m ³), $a/c=0.60$	64
Cuadro 5. 6: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m ³), $a/c= 0.65$	64
Cuadro 5. 7: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m ³), $a/c= 0.70$	65
Cuadro 5. 8: Asentamientos (Pulg) del Concreto para $a/c= 0.60$	66
Cuadro 5. 9: Asentamientos (Pulg) del Concreto para $a/c= 0.65$	67
Cuadro 5. 10: Asentamientos (Pulg) del Concreto para $a/c= 0.70$	67
Cuadro 5. 11: Tiempo de Fraguado Inicial y Final del Concreto para $a/c= 0.60$	68
Cuadro 5. 12: Tiempo de Fraguado del Concreto para $a/c= 0.65$	69
Cuadro 5. 13: Tiempo de Fraguado del Concreto para $a/c= 0.70$	70
Cuadro 5. 14: Contenido de Aire (%) del Concreto para $a/c= 0.60$	71
Cuadro 5. 15: Contenido de Aire (%) del Concreto para $a/c= 0.65$	72
Cuadro 5. 16: Contenido de Aire (%) del Concreto para $a/c= 0.70$	72
Cuadro 5. 17: Resistencia a la compresión del concreto, $a/c= 0.60$ para 20%, 50% y 100% agregado reciclado	73
Cuadro 5. 18: Resistencia a la compresión del concreto, $a/c= 0.65$ para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.	75
Cuadro 5. 19: Resistencia a la compresión del concreto, $a/c= 0.70$ para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.	77
Cuadro 5. 20: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, $A/C = 0.60$	79
Cuadro 5. 21: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, $A/C = 0.65$	80

Cuadro 5. 22: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.70.....	81
Cuadro 5. 23: Comparativo de la Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.60, 0.65, 0.70.	81
Cuadro 6. 1: Comparativo de las propiedades del agregado grueso natural con el agregado grueso reciclado.....	83
Cuadro 6. 2: Porcentaje de variación del asentamiento respecto al Concreto patrón (%).....	84
Cuadro 6. 3: Porcentaje de variación del Peso Unitario respecto al Concreto patrón (%), para a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	85
Cuadro 6. 4: Porcentaje de variación del Tiempo de Fraguado Inicial respecto al concreto patrón (%) a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	87
Cuadro 6. 5: Porcentaje de variación del Tiempo de Fraguado Final respecto al Concreto patrón (%) a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	87
Cuadro 6. 6: Porcentaje de Variación del Contenido de aire con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	88
Cuadro 6. 7: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.60.	89
Cuadro 6. 8: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.65.	90
Cuadro 6. 9: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.70.	91
Cuadro 6. 10: Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión a los 28 días con respecto al concreto patrón	92
Cuadro 7. 1: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.60 para los porcentajes de sustitución.	100
Cuadro 7. 2: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.65 para los porcentajes de sustitución.	101
Cuadro 7. 3: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.65 para los porcentajes de sustitución.	102
Cuadro 7. 4: Comparativo de costos con respecto al concreto patrón para la relación de a/c= 0.65	102
Cuadro 7. 5: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.70 para los porcentajes de sustitución.	103
Cuadro 7. 6: Comparativo de costos con respecto al concreto patrón para la relación de a/c= 0.70	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Relación entre el tamaño máximo del agregado reciclado y su absorción..... 19

Figura 2. 2: Esquema de volumen de agua disponible en la mezcla con agregado reciclado no saturado..... 21

Figura 3. 1: Ensayo de Máximo compacidad para el agregado global 43

Figura 3. 2: Ensayo de Máximo compacidad para el agregado global con el agregado grueso reciclado al 100%..... 44

Figura 4. 1: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.60$ 52

Figura 4. 2: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días $a/c=0.60$ 53

Figura 4. 3: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.65$ 53

Figura 4. 4: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, $a/c=0.65$ 54

Figura 4. 5: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.70$ 54

Figura 4. 6: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, $a/c=0.70$ 55

Figura 4. 7: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.60$, 100% 55

Figura 4. 8: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días $a/c=0.60$, 100%..... 56

Figura 4. 9: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.65$, 100% 56

Figura 4. 10: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, $a/c=0.65$, 100%..... 57

Figura 4. 11: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.70$, 100% ... 57

Figura 4. 12: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, $a/c=0.70$ 58

Figura 5. 1: Pesos Unitarios VS. $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 64

Figura 5. 2: Pesos Unitarios VS. $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 65

Figura 5. 3: Pesos Unitarios VS. $a/c=0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 65

Figura 5. 4: Asentamiento VS. $a/c =0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 66

Figura 5. 5: Asentamiento VS. $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 67

Figura 5. 6: Asentamiento VS. $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 68

Figura 5. 7: Tiempo de Fraguado Inicial VS. $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 68

Figura 5. 8: Tiempo de Fraguado Final VS. $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 69

Figura 5. 9: Tiempo de Fraguado Inicial VS. $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 69

Figura 5. 10: Tiempo de Fraguado Final VS. $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 70

Figura 5. 11: Tiempo de Fraguado Inicial VS. $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 70

Figura 5. 12: Tiempo de Fraguado Final VS. $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 71

Figura 5. 13: Contenido de Aire VS. $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 71

Figura 5. 14: Contenido de Aire VS. $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 72

Figura 5. 15: Contenido de Aire VS. $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 73

Figura 5. 16: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 74

Figura 5. 17: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 74

Figura 5. 18: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, $a/c = 0.60$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 75

Figura 5. 19: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 76

Figura 5. 20: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 76

Figura 5. 21: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, $a/c = 0.65$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 77

Figura 5. 22: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado. 78

Figura 5. 23: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, $a/c = 0.70$, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado 78

Figura 5. 24: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.	79
Figura 5. 25: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.	80
Figura 5. 26: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.65, para 20%, 50 y 100% agregado reciclado.....	80
Figura 5. 27: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado	81
Figura 5. 28: Comparativo de la Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.60, 0.65, 0.70 para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.....	82
Figura 6. 1: Porcentaje de Variación del Asentamiento respecto al concreto patrón	85
Figura 6. 2: Variación del Peso Unitario respecto al concreto patrón, para a/c= 0.60, 0.65, 0.70.....	86
Figura 6. 3: Variación del Tiempo de Fraguado Inicial con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	87
Figura 6. 4: Variación del Tiempo de Fraguado Final con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.	88
Figura 6. 5: Variación del Contenido de Aire con respecto al concreto Patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.....	89
Figura 6. 6: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.60.....	90
Figura 6. 7: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.65.....	90
Figura 6. 8: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.70.....	91
Figura 6. 9: Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión a los 28 días con respecto al concreto patrón.....	92
Figura 7. 1: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los n porcentajes de sustitución del agregado reciclado.....	101
Figura 7. 2: Comparativo de Costos del Concreto Reciclado con respecto al Concreto patrón para la relación a/c=0.60.	101
Figura 7. 3: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los porcentajes de sustitución del agregado reciclado.....	102
Figura 7. 4: Porcentaje de Disminución de Costos con respecto al concreto patrón para la relación a/c=0.65.....	103

Figura 7. 5: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los porcentajes de sustitución del agregado reciclado..... 103

Figura 7. 6: Porcentaje de Disminución de Costos con respecto al concreto patrón para la relación $a/c=0.70$ 104

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

%:	Porcentaje.
σ :	Desviación estándar.
".	Pulgadas
π :	pi

SIGLA

a/c:	Relación agua/cemento en peso.
ACI:	American Concrete Institute.
ASOCEM:	Asociación de productores de cemento.
ASTM:	American Society for Testing and Materials
cm.:	Centímetros.
cm ² :	Centímetros cuadrados.
Cv:	Coefficiente de variación.
D:	Diámetro.
F'c:	Resistencia a la compresión.
hr.:	hora
Kg.:	Kilogramo.
Kg/cm ² :	Kilogramo por centímetro cuadrado.
Kg/m ³ :	Kilogramo por metro cubico.
Lb/pulg ² :	Libra por pulgada cuadrada
L:	Longitud.
LEM:	Laboratorio de Ensayo de Materiales.
m ³ :	metro cubico.
min.:	minutos
mm.:	milímetros.
NTP:	Norma Técnica Peruana
PU:	Peso Unitario.
P.U.C.:	Peso Unitario Compactado.
Pulg ² :	Pulgadas cuadradas.
S/.:	Nuevos soles.
seg.:	segundos
t:	tiempo
T.F.I.:	Tiempo de fragua inicial
T.F.F.:	Tiempo de fragua final.

Ton:	Toneladas.
UNI:	Universidad Nacional de Ingeniería
Wm:	Peso de la mezcla
°C:	Grados centígrados.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción ha tenido que hacer diversas modificaciones en la forma en que extraen los materiales no renovables, fabrican los productos de construcción, diseñan la infraestructura y desechan los residuos. Una de sus problemáticas es la extracción masiva de recursos no renovables, esto se debe a que la misma actividad de construcción demanda materias primas para la fabricación de los productos usados en la infraestructura. Una demanda que ha sido constante a través del tiempo, colaborando de manera inconsciente en la degradación paulatina del medio ambiente y en el progresivo deterioro del entorno en el que se desarrollan las diversas actividades humanas. La extracción constante de material no renovable no es la única problemática del sector, el mismo contiene un problema ambiental debido a la actividad de demolición, esto se debe a que los residuos de construcción son depositados en vertederos provocando un considerable impacto ambiental.

La generación de Residuos de Construcción y Demolición está ligada a la actividad constructiva, pero en general el mayor volumen se genera debido a la demolición de edificaciones que cumplen su vida útil o quedaron obsoletas.

La mayor parte de estos residuos se deposita en vertederos, con frecuencia incontrolados, provocando un considerable impacto debido al gran espacio ocupado y al escaso control ambiental de los terrenos en que se depositan. Debido al gran volumen generado hace que su gestión, valorización y reciclaje cobren un mayor interés. Dichos residuos incorporan fundamentalmente concreto, ladrillos, materiales cerámicos, plástico, piedras, tierra y otros materiales provenientes de la construcción y las demoliciones.

El reciclaje de escombros de construcción se encuentra muy desarrollado en Europa como es el caso de Holanda, Bélgica y Dinamarca donde se alcanzan porcentajes de reciclado por encima del 75% del total de escombros. En Gran Bretaña y Austria es alrededor del 40% del total de escombros (Navarro, 2014, p.69).

Todo lo concerniente referente al reciclado de residuos y demolición de la construcción se encuentra establecido en el **Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición (Decreto Supremo N°019-2016-Vivienda)**.

Este Reglamento tiene por objeto regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por las actividades, procesos de construcción y demolición, a fin de minimizar posibles impactos al ambiente y prevenir riesgos ambientales. Así es fundamental promover criterios de dosificación, particularidades del proceso de fabricación, o los posibles efectos que puedan aparecer en el comportamiento estructural del concreto resultante.

1.1. OBJETIVOS

El presente estudio tiene por objetivo profundizar en los estudios incipientes del concreto reciclado en el Departamento de Construcción de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El estudio se centrara en la influencia que puede ejercer diferentes porcentajes de sustitución utilizados, para reemplazar los agregados gruesos convencionales por los agregados gruesos reciclados, sobre las propiedades del concreto reciclado, para lo cual se plantea la dosificación, fabricación y ensayos del concreto reciclado, para analizar los distintos parámetros tanto del agregado reciclado como del concreto reciclado resultante.

CAPITULO II: FUNDAMENTO TEORICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El agregado reciclado deriva del concreto, cuya composición es heterogénea (cemento, agua, agregados, aditivos y adiciones). Las diferencias en la composición pueden ser notables en función, principalmente, de la proporción de mortero presente en el residuo.

Si la sustitución del agregado grueso es menor o igual al 20%, las propiedades mecánicas permanecen prácticamente constantes. Cuando se empleen porcentajes mayores de sustitución los efectos sobre las mismas puede representar una limitación en distintos casos (ACHE, 2006, p. 18, párr. 4).

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO RECICLADO

2.2.1. Mortero Adherido

El agregado grueso reciclado posee una cierta cantidad de mortero adherido, que lo diferencia de los agregados naturales. Este mortero es el causante de las diferencias que existen entre las propiedades de un agregado natural y un agregado reciclado dichas diferencias son: menor densidad, mayor absorción, susceptibilidad a las heladas, reacción álcali-árido y ataque de sulfatos.

2.2.2. Densidad

La densidad del agregado reciclado es inferior a la del agregado natural, debido a la pasta de cemento que queda adherida a la piedra chancada. Un valor promedio de la densidad varía entre los 2100 – 2400 kg/m³ tal, todo esto en concordancia con la densidad promedio del concreto del que provienen de densidad 2300 kg/m³.

El principal aspecto que influye en la densidad del agregado reciclado es: La Calidad del concreto original: los concretos de baja relación a/c (y por lo tanto de elevada resistencia), suelen dar lugar a agregados reciclados de mayor calidad, y por lo tanto con mayor densidad (Laserna, 2015, p.8).

2.2.3. Absorción

La absorción es una de las propiedades físicas del agregado reciclado que presenta una mayor diferencia con respecto al agregado natural, debido a la elevada absorción de la pasta que queda adherida a él.

Los agregados naturales presentan una absorción entre 0% - 4% pero en los agregados reciclados la absorción varía entre 4 % - 13% en general el valor de absorción es superior al 5% (ACHE, 2006, p. 37, párr. 2).

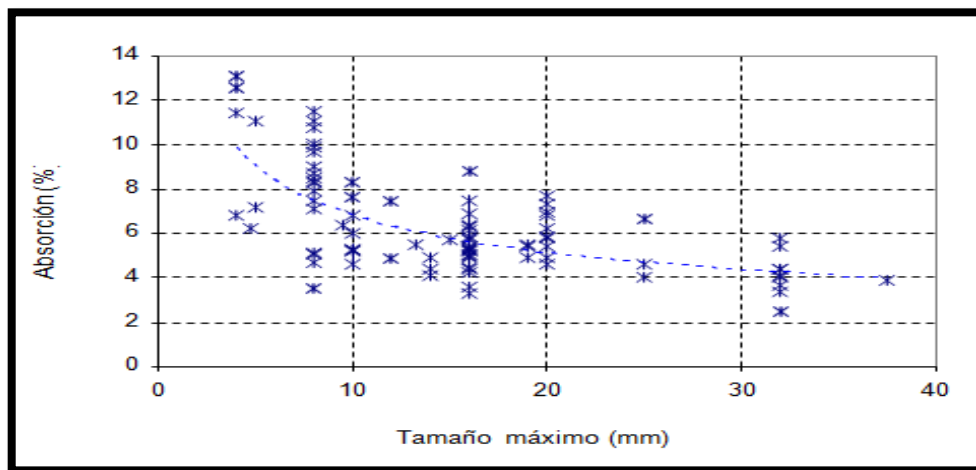


Figura 2. 1: Relación entre el tamaño máximo del agregado reciclado y su absorción
Fuente: "Norma N.11", Asociación Científico Técnico del Hormigón Estructural (ACHE), 2006

2.2.4. Granulometría

La granulometría de los agregados reciclados varía según el proceso de trituración que se realice, pudiéndose seleccionar mediante pequeños ajustes en la apertura de las machacadoras.

El porcentaje de árido grueso que se obtiene suele variar entre 70% y 90% del agregado total producido. Este porcentaje depende además del tamaño máximo del agregado grueso reciclado producido y de la composición del concreto original. La fracción gruesa posee una curva granulométrica adecuada, que se puede englobar dentro de los husos granulométricos que recomiendan algunas normas internacionales para el empleo de agregado grueso en concreto estructural (ASTM) (ACHE, 2006, p. 31).

2.2.5. Contaminantes e Impurezas

La presencia de impurezas y contaminantes en los agregados reciclados perjudican notablemente las propiedades del concreto fabricado con ellos. Entre los contaminantes del agregado reciclado son: tierra, madera, vidrio, asfalto, materia orgánica, ladrillos, etc.

Uno de los mayores perjuicios que provocan sobre el concreto es la caída de su resistencia a compresión. Cuando los elementos contaminantes son restos arcillosos o de cales la disminución en la resistencia es mayor que si el agregado reciclado incorpora restos de asfalto o pinturas (ACHE, 2006, p. 48).

2.3. DISEÑO DE CONCRETO RECICLADO

El diseño de concreto reciclado tiene por finalidad hallar la proporción óptima de cemento, agua, agregado y aditivo si fuese necesario, por lo cual el método de diseño es similar al concreto convencional.

Criterios de dosificación en el concreto con agregado reciclado:

- Es necesaria una serie de pruebas previas para saber la cantidad de agua a utilizar, así como la relación de a/c para obtener la resistencia requerida, la proporción del agregado fino y grueso para alcanzar la cohesión del concreto fresco.
- En el diseño de concreto con agregado reciclado se debe considerar un coeficiente de corrección para alcanzar una resistencia requerida, dicho coeficiente dependerá de la calidad del agregado reciclado y de la resistencia de concreto requerido. A las formulas establecidas por los distintos métodos se aplica un factor de corrección, debiéndose dosificar el concreto con agregado reciclado a la resistencia requerida dividida por un factor "r" (ACHE, 2006, p. 66).

Cuadro 2. 1: Coeficiente de Corrección "r".

coeficientes de corrección "r" según porcentajes de sustitución	
% agregado reciclado	r
0 %	1.0
20 %	1.0 – 0.9
100 %	0.9 – 0.8

Fuente: "Norma N.11", Asociación Científico Técnico del Hormigón Estructural (ACHE), 200

2.3.1. Contenido de Agua

La cantidad de agua necesaria para la dosificación de concreto con agregados reciclados es mayor que la que se precisa en un concreto convencional debido a la presencia de mortero adherido que tiene una alta absorción en comparación al agregado natural, en consecuencia la disponibilidad de agua para la mezcla se reduce debido a la mayor absorción (Laserna, 2015, p. 15).

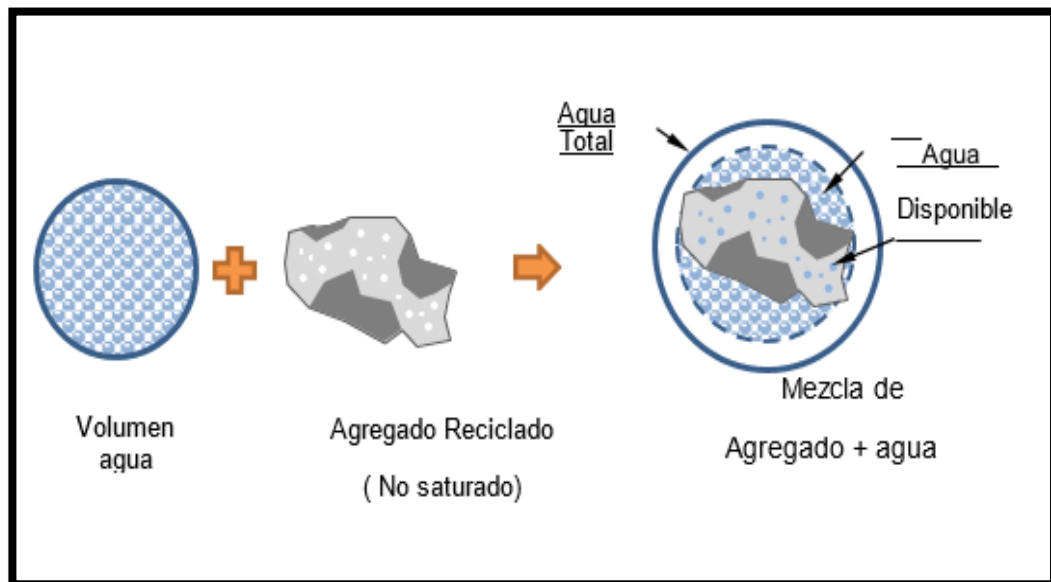


Figura 2. 2: Esquema de volumen de agua disponible en la mezcla con agregado reciclado no saturado.

Fuente: "Avances en el Comportamiento del Hormigón Reciclado: Fabricación, Propiedades Mecánicas y simulación Numérica", Laserna A. Santiago, 2015.

2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO FRESCO

2.4.1. Consistencia

La fabricación de concreto con agregados reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un concreto convencional. Al presentar los agregados reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los áridos durante el proceso de amasado del concreto será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado. Además, la pérdida de trabajabilidad es más rápida, ya que después del amasado el agregado continúa absorbiendo agua (ACHE, 2006, p. 69)

2.4.2. Densidad

La densidad del concreto fresco fabricado con agregado reciclado es inferior a la del concreto normal, debido a la menor densidad que presenta el agregado reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa. Los valores de la densidad oscilan entre 2130 y 2400 kg/m³.

2.4.3. Exudación

Si el agregado reciclado que se emplea en la fabricación de concreto se utiliza previamente saturado la exudación será similar la del concreto convencional. Si, por el contrario, el agregado reciclado se utiliza seco, la exudación del concreto fabricado con agregado reciclado presentará valores muy por debajo de los correspondientes al concreto de control. Debido a la elevada absorción del agregado reciclado el concreto retiene mayor cantidad de agua (ACHE, 2006, p. 70).

2.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO ENDURECIDO

2.5.1. Resistencia a Compresión y Flexión

La resistencia a compresión y flexión en los concretos fabricados con agregado reciclado disminuye con respecto a los convencionales, manteniendo en ambos la misma relación agua-cemento, siendo dicha disminución más significativa cuanto mayor sea el porcentaje de agregado grueso sustituido. Las causas más influyentes en este aspecto son:

1. La cantidad de mortero adherido a la matriz rocosa que hace que el agregado reciclado tenga una menor resistencia mecánica que el agregado natural.
2. El aumento de zonas débiles en la masa de concreto endurecido al utilizar agregados reciclados, ya que a la superficie de contacto entre el agregado natural y el mortero adherido que lleva se suma la superficie de contacto, más débil aún, existente entre los agregados reciclados y el mortero nuevo.

2.6. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

Se describe las principales propiedades del concreto en estado fresco en base a la NTP que establece los límites para las propiedades del concreto en estado fresco.

2.6.1. Peso Unitario Norma NTP 339.049

El peso unitario es el peso varillado, expresado en kilos por metro cúbico, de una muestra representativa del concreto.

El peso unitario del concreto empleado en construcciones usualmente varía de 2,300 á 2,400 kg/m³, dependiendo entre otros factores de la naturaleza y tamaño máximo del agregado.

Método de ensayo del peso unitario:

De acuerdo a la Norma ASTM C - 138 y la NPT 339.046, el ensayo consiste en la determinación del peso del concreto por unidad de volumen.

El molde a usar será metálico de un volumen de:

- ½ pie³ para agregados hasta de 2"
- 1 pie³ para agregados de más de 2"

Procedimiento de ensayo:

- Se humedecieron todos aquellos equipos e instrumentos que fueron utilizados en el ensayo (balde metálico 1/2 pie³, la mezcladora, la carretilla, el badilejo, la varilla compactadora), a fin de no quitar agua a la mezcla.
- Se llenó la mezcla de concreto en el balde metálico de 1/2 pie³ en tres capas de igual volumen.
- Cada capa fue compactada con una barra recta de acero liso, de 5/8" de diámetro con una longitud aproximada de 60 cm y terminada en punta semiesférica, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente, siendo la última capa enrasada, eliminándose el material sobrante.
- Después de compactar cada capa se golpeó ligeramente las caras del baldes 10 a 15 veces con un martillo de goma para eliminar las burbujas de aire que se pudieran haber formado.
- Se pesó el material.

- A partir del peso del material compactado y el volumen del balde metálico de 1/2 pie 3 se calculó el peso unitario compactado.

2.6.2. Consistencia NTP 339-035

Es la propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, es decir cuando más húmeda sea la mezcla, mayor será la facilidad con que fluya durante su colocación.

Método de ensayo Cono de Abrams.

El procedimiento para la determinación de la consistencia del concreto fresco por el método de medición del asentamiento con el cono de Abrams fue el siguiente:

- Se humedecieron todos aquellos equipos e instrumentos que fueron utilizados en el ensayo {molde tronco-cónico, -la -mezcladora, la carretilla, el badilejo, la varilla compactadora), a fin de no quitar agua a la mezcla.
- El molde tronco-cónico, el cual presenta una base inferior de diámetro de 20 cm, una base superior de diámetro de 10 cm y una altura de 30 cm, se colocó sobre una superficie plana no absorbente, para posteriormente llenarlo en tres capas, de forma que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde, teniéndose en cuenta que durante el llenado de las capas se mantiene inmóvil el molde pisando firmemente sus aletas laterales.
- Cada capa fue compactada con una barra recta de acero liso, de 5/8" de diámetro con una longitud aproximada de 60 cm y terminada en punta semiesférica (previamente remojada), mediante 25 golpes distribuidos uniformemente en forma espiral, teniéndose en cuenta que la barra penetre ligeramente la capa inmediata inferior.
- La última capa se llenó por exceso de material y se procedió a la compactación, procediéndose luego al enrasado de la parte superior del molde con la barra compactadora.
- Se levantó el molde en forma vertical de manera cuidadosa, para luego medir el asentamiento (slump) determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro del material desplazado.

2.6.3. Tiempo de Fraguado NTP 339.082.

Las reacciones que se generan entre el cemento y el agua son la causa principal del fraguado del concreto. El tiempo de fraguado inicial y final nos indica la velocidad de solidificación de la mezcla de concreto fresco entre el cemento y el agua. La determinación del tiempo de fraguado inicial y final está determinado arbitrariamente mediante el ensayo de método de resistencia a penetración (NTP 339.082).

El fraguado inicial se produce cuando la resistencia a la penetración alcanza un valor de 500 lb/pulg. El fraguado final se da cuando se llega a un valor de 4000 lb/pulg.

El procedimiento para la determinación del tiempo de fraguado del concreto fresco es el siguiente:

- Se humedecieron todos aquellos equipos e instrumentos que fueron utilizados en el ensayo (4 moldes cilíndricos, la mezcladora, la carretilla, el badilejo, la varilla compactadora), a fin de no quitar agua a la mezcla.
- Se registró el tiempo en el que se inicia el contacto entre el agua y el cemento.
- Se tamizó el concreto fresco por la malla N° 4 y luego se mezcló el mortero a mano.
- Se colocó el mortero en los moldes cilíndricos, de diámetro 17.7 cm y altura 17.7 cm, en una sola capa y con la parte semiesférica de la varilla compactadora se compactó uniformemente el mortero una vez por cada 650 mm² del área superficial, para dichos moldes correspondían 38 golpes en cada uno. Se completó la compactación golpeando los lados del contenedor para eliminar el aire y nivelar la superficie.
- Según el estado de endurecimiento del mortero se colocó la primera aguja (N° 1), para luego insertarla en el aparato de penetración y ponerlo en contacto con la superficie del mortero, antes de realizar la penetración se retiró el agua producto de la exudación.
- Se aplicó gradualmente una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre en el mortero a una profundidad de 25 mm hasta la marca en la aguja en un tiempo aproximado de 10 segundos.

- Se registró la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo.
- Se tuvo en consideración para posteriores ensayos de penetración evitar las zonas alteradas por penetraciones anteriores, para esto la distancia entre la aguja y una penetración anterior debe ser al menos 2 diámetros de la aguja que se está utilizando y en ningún caso menos de 15 mm. Además la distancia entre la aguja y la pared del molde debe ser al menos 25 mm.
- Para cada ensayo de fraguado se realizó por lo menos 6 penetraciones con seis agujas de distintos diámetros y los intervalos de tiempo entre ellas fueron tales que suministraron puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para obtener una curva satisfactoria de resistencia a la penetración versus tiempo transcurrido.
- Se continuo el ensayo hasta que la resistencia a la penetración supere los 27.6 MPa (4,000 Lb/pulg²).

2.6.4. Contenido de Aire NTP 339.083

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

A partir de la determinación del peso unitario del concreto fresco se procedió a calcular el contenido de aire del concreto de la siguiente manera:

$$\% \text{ Contenido de aire} = \frac{(P.U.C.F - P.U.D)}{P.U.C.F}$$

Donde:

P.U.C.F.: Peso unitario del concreto fresco.

P.U.D.: Peso unitario del concreto fresco del diseño.

2.7. ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

La propiedad de resistencia está considerada como una de las más importantes características del concreto, pero también otras tales como la durabilidad y resistencia al desgaste, la preponderancia de uno o de otra dependerá de los requerimientos establecidos.

Los ensayos del concreto endurecido son una medida de evaluar la resistencia, la uniformidad del concreto, así como el grado de control de calidad del concreto.

2.8.1. Resistencia a la Compresión NTP 339-049

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso.

En cuanto a la influencia del porcentaje de agregado reciclado en la resistencia del concreto es muy notable. En los estudios consultados, en los que se sustituye únicamente el agregado grueso las pérdidas de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución no supera el 30%. Cuando el porcentaje sustituido es del 50% la resistencia varía en pérdidas de hasta el 16%. Cuando dicho porcentaje aumenta al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y el 23%.

❖ Determinación de la Resistencia a Compresión del Concreto con Agregado Natural y Reciclado (NTP 339.034) fue el siguiente:

- Se retiraron las probetas cilíndricas de la poza de curado a los 28 días de fabricado el concreto.
- Se midió el diámetro y la altura de cada probeta cilíndrica a ensayar con una aproximación de 0.1 mm con un vernier o pie de rey.
- Se colocó la probeta sobre el bloque inferior de apoyo de la máquina de compresión y se centró.

- Se aplicó una carga en forma continua y constante, la velocidad de carga estuvo en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s, hasta que falle la probeta por el esfuerzo de compresión.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia a la compresión (kg/cm²).

P: Carga máxima de rotura en kilogramos (kg).

A: Área de la superficie de contacto (cm²).

2.8.2. Resistencia a la Flexión NTP 339.078

La resistencia del concreto por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

La prueba de flexión se realizara mediante los siguientes pasos:

- Las pruebas de flexión de las vigas curadas se realizarán tan pronto sean retirados de la zona de curado.
- Al colocar la viga gírela de su lado con respecto a su posición moldeada luego alinearla y centrarla en los bloques de soporte. Centrar el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada.
- Cargue la muestra de forma continua y sin golpes. La carga se aplicará a una tasa constante hasta el punto de ruptura.
- Aplicar la carga a una velocidad que aumenta constantemente el extremo tensión de la fibra entre 125 y 175 psi / min (0.86 y 1.21) MPa / min) hasta que se produce la ruptura.
- Si la fractura se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la longitud del tramo, calcule el módulo de ruptura de la siguiente manera:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

R = módulo de ruptura, psi o MPa,

P = carga máxima aplicada indicada por la máquina de prueba, lbf, o N,

L = longitud del tramo, pulgadas o mm,

b = ancho promedio de la muestra, pulgadas o mm, en la fractura.

d = profundidad promedio de la muestra, pulg. o mm, en la fractura.

CAPITULO III: CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE CONCRETO

3.1. AGUA

El agua constituye un elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, La calidad del agua que se emplea tanto para elaborar y curar el concreto es considerada un aspecto importante, debido a que influye de manera significativa en el comportamiento y propiedades del concreto por ello debe cumplir ciertos requisitos para la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales con la presencia de ciertas sustancias que pueden dañar el concreto

El agua de mezcla tiene como funciones:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad de la mezcla.
- Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

La norma Nacional Itintec 339.088 establece los requisitos del agua de mezcla y de curado del concreto.

Cuadro 3. 1: Requisitos de la Calidad del Agua.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE	
Sólidos en suspensión	5000	Max p.p.m
Materia Orgánica	3	Max p.p.m
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	Max p.p.m
Sulfato (Ión SO ₄)	600	Max p.p.m
Cloruros (Ión Cl)	1000	Max p.p.m
pH	5 a 8	-----
Fierro (ión Fe)	1	p.p.m

Fuente: "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú", Pasquel C., Enrique, 1998.

El criterio que establece la Norma Itintec 339.088 y el Comité ACI – 318 para evaluar determinada agua para el uso en la mezcla de concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C- 109 usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. De dicha comparación se establece que si la resistencia del concreto prueba

respecto al patrón no es inferior al 90% dentro de los 7 y 28 días se considera como agua apta para uso en concreto.

Para el curado se utilizara la misma agua que se utilizó para el concreto, en el curado las exigencias son menores para el agua, ya que el tiempo en contacto con el concreto es poco y su incidencia es poca en la hidratación del concreto.

3.2. CEMENTO

El cemento es un compuesto artificial resultado de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas. Luego de la calcinación llevada a temperatura elevadas de aproximadamente 1500°C, esta calcinación da paso a la formación de bolas nodulizadas duras conocidas como Clinker o escoria. Posteriormente se combina el Clinker con un retardador hasta convertirlo en un polvo finísimo, conocido como cemento Portland.

a) Características del cemento Portland tipo I

El cemento portland tipo I es un cemento común que presenta las siguientes características:

- Producto obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Por su buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- Este cemento es de color gris verdusco.

Usos y Aplicaciones

- Para construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiera características especiales o no se especifique otro tipo de cemento.
- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
- Mortero para asentado de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características del clinker

- Silicato tricálcico (C3S): mínimo 52 % - máximo 60%.
- Silicato bicálcico (C2S): mínimo 10%- máximo 25%.
- C3S + C2S: mínimo 69%.
- Cal libre: máximo 1.30%.
- Residuo insoluble: máximo 0.70%.
- Por su composición química le confiere al cemento un desarrollo alto en las resistencias iniciales.

Especificaciones técnicas

- Norma técnica: ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009.
- Marca comercial: SOL.
- Presentación: bolsas de 42.5 Kg.

Cuadro 3. 2: Características físicas del cemento portland Sol - Tipo I.

CARACTERÍSTICA FÍSICA	TIPO 1- SOL	REQUISITO ASTM C-150 NTP 334.002
Peso específico en gr/cm ³	3.15	
Fineza Malta 1 00 en %	0.04	
Fineza Malta 200 en %	4.14	
S. Específica Blaine en cm ² /gr	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire en %	9.99	Máximo 12
Expansión autoclave en %	0.18	Máximo 0.8
Fraguado inicial Vicat hr. min	1.49	Mínimo 0.45
Fraguado final Vicat hr: min-	3.29	Máximo 6.15
F'c a 3 Días en kg/cm	254	124(12.4MPa)
F'c a 7 Días en kg/cm	301	193(19.3MPa)
F'c a 28 Días en kg/cm	357	276(27.6MPa)
Calor de hidratación 7 días en cal/gr	70.6	
Calor de hidratación 28 días en cal/gr	84.3	

Fuente: Información proporcionada por el fabricante.

3.3. AGREGADOS

Los agregados son el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, los cuales debido a sus características y propiedades influyen considerablemente en todas las propiedades del concreto.

Los agregados constituyen alrededor del 65% del volumen total de una mezcla de concreto, afectan la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, también influyen sobre la resistencia, durabilidad, propiedades elásticas.

Los agregados se clasifican en:

- Agregado Fino
- Agregado Grueso

3.3.1. PROCEDIMIENTO PARA RECICLAR EL AGREGADO GRUESO

La materia prima fue extraída del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNIFIC, donde se realizan los ensayos a las probetas de concreto.

a. Descripción de la Muestra

Los cilindros escogidos son los normados por las especificaciones ASTM C-31, que indica que la probeta estándar para la resistencia a compresión del concreto es un cilindro de 6 pulgadas de diámetro 12 pulgadas de altura, además, fueron ensayados a 7 Y 28 días, con resistencias variables entre 210 y 315 kg/cm², las probetas tomadas por muestra fueron de vaciados zapatas, columnas, vigas.etc

b. Fabricación del Agregado Reciclado

El agregado reciclado es procedente de la trituración de las probetas de concreto ensayados a compresión.

El equipo a utilizar es una comba de 10 libras para romper las probetas de forma manual y de allí llevar los residuos a un tamaño de partícula que pasara el tamiz de abertura 1 pulgada, para posteriormente ser clasificado por su tamaño de uso.

c. Método de Trituración

El proceso de trituración semejante a la trituración de una roca, consiste inicialmente en la reducción de tamaño de la probeta original, mediante una trituración manual para fines de esta investigación, se pasa el material por los

diferentes tamices hasta llegar al tamaño requerido por los usos y por las especificaciones usadas en los agregados naturales. Para el tamizado se usó el Tamiz 1" hasta el otro tamiz de $\frac{3}{8}$ ".

3.3.2. Agregado Fino NORMA NTP 400.011

Se define como agregado fino, a aquel material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas y que pasa el tamiz NTP 9,51 mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 75 um (malla N° 200). El agregado puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.

Propiedades Físicas del Agregado Fino:

1. Peso Unitario

Es el peso que generalmente alcanza a llenar un recipiente de determinado volumen unitario, se expresa en Kg/m³. También se le denomina "Peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos.

Se definen dos tipos de pesos unitarios, el suelto y el compactado.

- **Peso Unitario Suelto. NORMA NTP 400.017**

Corresponde al estado en el cual las partículas se acomodan dentro de un recipiente solamente por la acción de la gravedad, es decir en forma de caída libre.

Cuadro 3. 3: Peso Unitario Suelto del agregado fino

P.U.S Agregado Fino	E1	E2	E3	Unidades
P.U.S	1659.59	1658.18	1658.71	Kg/ m ³
P.U.S Promedio	1658.83			Kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario Compactado. NORMA NTP 400.017**

Es aquel que se obtiene cuando la masa de agregado es apisonada con una varilla normalizada dentro de un recipiente.

El ensayo consiste en llenar el recipiente en tres capas. Cada una de estas capas estará apisonada con 25 golpes de una varilla lisa de 2 pies de longitud

y de \varnothing 5/8" con punta roma, finalmente se empareja la superficie del agregado con esta varilla, así el peso del agregado dentro del recipiente representara el peso unitario del agregado con cierto grado de compactación.

Cuadro 3. 4: Peso Unitario Compactado del agregado fino

P.U.C Agregado Fino	E1	E2	E3	Unidades
P.U.S	1748.76	1749.47	1748.59	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1748.94			Kg/ m3

Fuente: Elaboración propia

2. Peso Específico NORMA NTP 400.022

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto a los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles. Cabe resaltar que el peso específico de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

- PESO ESPECIFICO DE MASA:** Es la relación entre el peso de masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales de la material).
- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA:** Es la relación entre el peso agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.
- PESO ESPECIFICO APARENTE:** es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

Cuadro 3. 5: Peso Específico del agregado fino

Peso Específico A.F	Agregado Fino	Und.
P.E	2.58	Kg/ m3

Fuente: Elaboración propia

3. Porcentaje de Absorción. NORMA NTP 400.022

La absorción es la capacidad que tienen los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, generados por la capilaridad. El aporte de agua en el concreto hace variar las propiedades como la resistencia y la trabajabilidad.

El porcentaje de Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa en porcentaje del peso.

El porcentaje de absorción del agregado fino está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca (condición de equilibrio).

4. Contenido de Humedad NTP 400.016- ASTM C- 566

Es la cantidad de agua existente en una muestra de agregado en estado natural, se expresa en porcentaje y su valor resulta de la relación del peso del agua que contiene la muestra entre el peso de la muestra secada al horno.

Cuadro 3. 6: Contenido de Humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.48%
---------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia

5. Análisis Granulométrico NORMA NTP 400.012 ASTM C-136/C-33

Con este ensayo se busca la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50, y 100, están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadradas; la granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua.

El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra.

Los análisis granulométricos realizados al agregado fino, se encuentran en los anexos, así como los requisitos granulométricos de este agregado, según la Norma ASTM C-33.

Peso: 500g

Uso: ASTM Tipo C

Cuadro 3. 7: Granulometría del Agregado Fino

Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret.Pasa Acu.
2"				
1 1/2"				100
1"				100
3/4"				100
1/2"				100
3/8"	0	0	0	100
1/4"	0	0	0	100
Nº 4	27.3	5.46	5.46	94.54
Nº 8	85.9	17.18	22.64	77.36
Nº 16	128.4	25.68	48.32	51.68
Nº 30	121.7	24.34	72.66	27.34
Nº 50	76.3	15.26	87.92	12.08
Nº 100	36.6	7.32	95.24	4.76
FONDO	23.8	4.76	100	0
TOTAL	500	100		

Fuente: Elaboración propia

6. Módulo de Finura. NORMA NTP 400.012

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. El Módulo de Finura es obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices según la norma vigente: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 8, Nº16, Nº 30, Nº 50 y Nº 100, luego esta suma se divide por 100.

Para la presente tesis calculamos el Modulo de Finura del Agregado Fino (valores tomados de la tabla Nº 2)

$$MF = \frac{5.46 + 22.64 + 48.32 + 72.66 + 87.92 + 95.24}{100} = 3.32$$

Cuadro 3. 8: Resumen de Propiedades Físicas del agregado Fino

PROPIEDAD	Und	Agr. Fino
Peso unitario Suelto	kg/m ³	1659
Peso unitario Compactado	kg/m ³	1749
Peso específico	kg/m ³	2576
Módulo de fineza		3.32
% Humedad		2.48
% Absorción		0.40

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Agregado Grueso NORMA NTP 400.011

Se define como agregado grueso, al retenido en el tamiz 4.76 mm(N°4) (NTP) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida; debe estar conformado por partículas limpias cuyos fragmentos tengan perfiles preferentemente angulares o semiangulares, duros, compactos, resistentes y de textura preferente rugosa, libres de escamas, polvo, limos materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas

Propiedades Físicas del Agregado Grueso:

1. Peso Unitario

Es el peso que generalmente alcanza a llenar un recipiente de determinado volumen unitario, se expresa en Kg/m³. También se le denomina "Peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos.

Se definen dos tipos de pesos unitarios, el suelto y el compactado.

- **Peso Unitario Suelto. NORMA NTP 400.017**

Corresponde al estado en el cual las partículas se acomodan dentro de un recipiente solamente por la acción de la gravedad, es decir en forma de caída libre.

Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado grueso al recipiente hasta llenarlo. Luego se nivela la superficie del recipiente con una varilla lisa; no se debe ejercer presión sobre el agregado.

Cuadro 3. 9: Peso Unitario Suelto del agregado grueso natural y reciclado con 20%, 50%, y 100% de sustitución.

P.U.S Agregado Grueso	Agregado Natural	Agregado Reciclado al 20%	Agregado Reciclado al 50%	Agregado Reciclado al 100%	Und.
P.U.S Promedio	1433.04	1374.53	1285.88	1138.73	Kg/ m ³

Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario Compactado. NORMA NTP 400.017**

Es aquel que se obtiene cuando la masa de agregado es apisonada con una varilla normalizada dentro de un recipiente.

El ensayo consiste en llenar el recipiente en tres capas. Cada una de estas capas estará apisonada con 25 golpes de una varilla lisa de 2 pies de longitud y de \varnothing 5/8" con punta roma, finalmente se empareja la superficie del agregado con esta varilla, así el peso del agregado dentro del recipiente representara el peso unitario del agregado con cierto grado de compactación.

Cuadro 3. 10: Peso Unitario Compactado del agregado grueso natural y reciclado con 20%, 50%, y 100% de Sustitución.

P.U.C Agregado Grueso	Agregado Natural	Agregado Reciclado al 20%	Agregado Reciclado al 50%	Agregado Reciclado al 100%	Und.
P.U.C Promedio	1566.92	1512.54	1430.96	1295.00	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

2. **Peso Específico NORMA NTP 400.022**

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto a los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles. Cabe resaltar que el peso específico de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

A continuación se darán las siguientes definiciones:

- a) **PESO ESPECIFICO DE MASA:** Es la relación entre el peso de masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales de la material).
- b) **PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA:** Es la relación entre el peso agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.
- c) **PESO ESPECIFICO APARENTE:** es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

Cuadro 3. 11: Peso Específico del agregado grueso natural y reciclado

Peso Específico A.G	Agregado Natural	Agregado Reciclado al 20%	Agregado Reciclado al 50%	Agregado Reciclado al 100%	Und.
P.E Promedio	2.61	2.52	2.39	2.19	Kg/ m3

Fuente: Elaboración propia

3. Porcentaje de Absorción. NORMA NTP 400.022

La absorción es la capacidad que tienen los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, generados por la capilaridad. El aporte de agua en el concreto hace variar las propiedades como la resistencia y la trabajabilidad.

El porcentaje de Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa en porcentaje del peso.

Cuadro 3. 12: Absorción del agregado grueso natural y reciclado

Absorción del Agregado Grueso	Agregado Natural	Agregado Reciclado al 20%	Agregado Reciclado al 50%	Agregado Reciclado al 100%
Absorción	0.63	1.88	3.82	7.21

Fuente: Elaboración propia

4. Contenido de Humedad NTP 400.016- ASTM C- 566

Es la cantidad de agua existente en una muestra de agregado en estado natural, se expresa en porcentaje y su valor resulta de la relación del peso del agua que contiene la muestra entre el peso de la muestra secada al horno.

Cuadro 3. 13: Contenido de Humedad del agregado grueso natural y reciclado

CONTENIDO DE HUMEDAD A.G	Agregado Natural	Agregado Reciclado al 20%	Agregado Reciclado al 50%	Agregado Reciclado al 100%
C.H	0.27%	0.27%	0.25%	0.26%

Fuente: Elaboración propia

5. Análisis Granulométrico NORMA NTP 400.012 ASTM C-136/C-33

El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra.

Granulometría es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños de una muestra de agregado, en este caso del agregado grueso.

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos de tamaños aproximadamente similares, según la abertura de los tamices utilizados.

Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados gruesos son las de: 4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8". Están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadrículadas; La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

Los análisis granulométricos realizados al agregado grueso, se encuentran en los anexos, así como los requisitos granulométricos de este agregado, según la Norma ASTM C-33.

Peso: 10000g

Uso: ASTM C-33

Cuadro 3. 14: Granulometría del Agregado Grueso Natural

Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret.Pasa Acu.
2"				
1 1/2"	0	0	0	100
1"	578.4	5.784	5.784	94.216
3/4"	3613.3	36.133	41.917	58.083
1/2"	3709.1	37.091	79.008	20.992
3/8"	1668.1	16.681	95.689	4.311
Nº 4	428.5	4.285	99.974	0.026
FONDO	2.6	0.026	100	0
Total	10000	100		

Fuente: Elaboración propia

Peso: 10000g

Uso: ASTM C-33

Cuadro 3. 15: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado

Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret.Pasa Acu.
2"				
1 1/2"	0	0	0	100
1"	1377.4	13.774	13.774	86.226
3/4"	3186.2	31.862	45.636	54.364
1/2"	2949.4	29.494	75.13	24.87
3/8"	2215.1	22.151	97.281	2.719
Nº 4	176.7	1.767	99.048	0.952
FONDO	95.2	0.952	100	0
Total	10000	100		

Fuente: Elaboración propia

6. Módulo de Finura. NORMA NTP 400.012

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. El Módulo de Finura es obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices según la norma vigente 1 1/2", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 8, Nº16, Nº 30, Nº 50 y Nº 100, luego esta suma se divide por 100.

Para la presente tesis se calcula el Modulo de Finura del Agregado Grueso Natural (valores tomados del Cuadro 3.15)

$$MF = \frac{41.91 + 95.68 + 99.97 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.37$$

Para la presente tesis calculamos el Modulo de Finura del Agregado Grueso Natural Reciclado (valores tomados del Cuadro 3.16)

$$MF = \frac{45.63 + 97.28 + 99.04 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 7.41$$

7. Resistencia a la Degradación de Agregados NORMA NTP 400.019

El ensayo de Abrasión mediante la máquina de los ángeles del agregado grueso natural y reciclado presentan los siguientes valores:

Agregado Natural =13 %.

Agregado Reciclado = 35%.

El porcentaje de perdida es más considerable en el agregado reciclado pero ambos son inferiores al límite máximo permitido del 50%, de acuerdo al

procedimiento indicado en la norma NTP 400.019, por ende el agregado reciclado cumple el requerimiento exigido por la norma.

Cuadro 3. 16: Resumen de Propiedades Físicas y Mecánicas del agregado Grueso Natural y Reciclado

PERFIL DEL AGREGADO GRUESO	GRUESO NATURAL	GRUESO RECICLADO 20%	GRUESO RECICLADO 50%	GRUESO RECICLADO	Und
Peso unitario Suelto	1433.04	1374.53	1285.88	1138.73	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1566.92	1512.54	1430.96	1295.00	kg/m ³
Peso específico	2610.00	2520.00	2386.30	2190.00	kg/m ³
Módulo de fineza	7.37	7.38	7.39	7.41	
TMN	1.0	1.0	1.0	1.0	Pulg
% Humedad	0.27	0.27	0.25	0.26	
% Absorción	0.63	1.88	3.82	7.21	
Abrasión	13			35	%

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Agregado Global.

El agregado global se obtiene mediante la combinación del agregado fino y grueso en porcentajes adecuados con la finalidad de obtener un concreto con mejores características (resistencia y durabilidad). El parámetro que definirá la mejor combinación de los agregados será el Máximo Peso Unitario Compactado, para ello se realizan diferentes mezclas de arena y piedra variando en +/- 5% respectivamente.

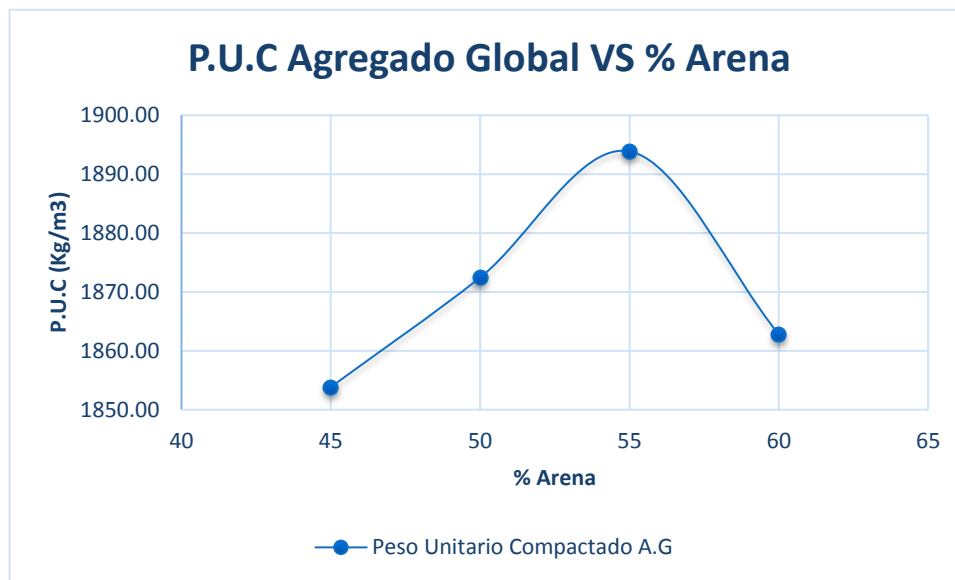
a) Proporción de Arena y Piedra para el agregado grueso (piedra) convencional
El Cuadro N° 3.18 y el Gráfico N° 3.1 muestran que al emplear la proporción de Arena (54%) y Piedra (46%), se obtiene el máximo P.U.C.

Cuadro 3. 17: Resultados del ensayo de máxima compacidad para el agregado global

ARENA (%)	PIEDRA (%)	P.U.C (Kg/m ³)
45	55	1853.84
50	50	1872.44
55	45	1893.86
60	40	1862.79

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 1: Ensayo de Máximo compacidad para el agregado global
Fuente: Elaboración propia



b) Proporción de Arena y Agregado Grueso para el agregado grueso reciclado al 100%

El Cuadro N° 3.20 y el Gráfico N° 3.20 muestran que al emplear la proporción de Arena (52%) y Agregado Grueso Reciclado (48%), se obtiene el máximo P.U.C. cuando el agregado reciclado grueso es al 100%.

Cuadro 3. 18: Resultados del ensayo de máxima compacidad para el agregado global

ARENA (%)	Agregado Grueso Reciclado (%)	P.U.C (Kg/m3)
40	60	1513.41
45	55	1529.25
50	50	1547.51
55	45	1521.03

Fuente: Elaboración propia

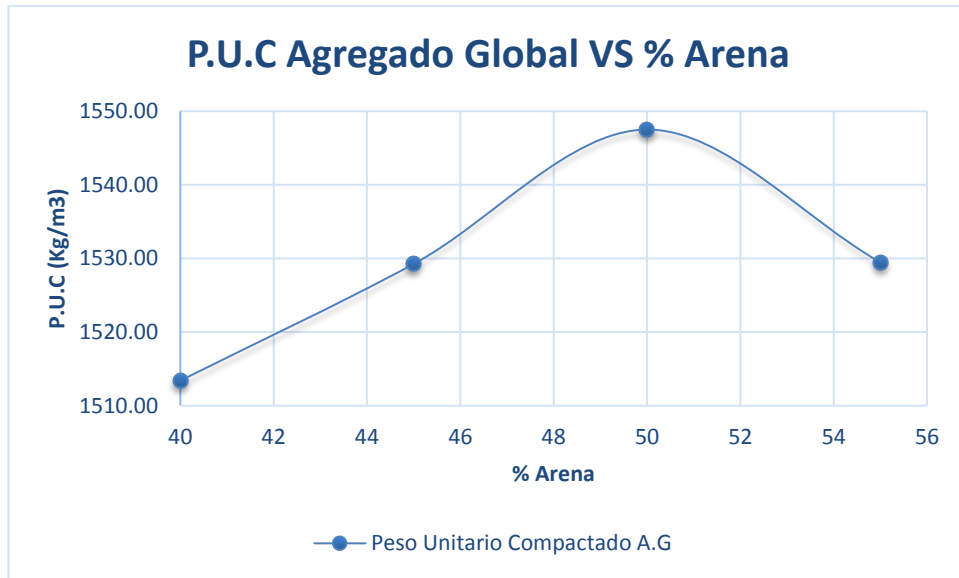


Figura 3. 2: Ensayo de Máximo compacidad para el agregado global con el agregado grueso reciclado al 100%
Fuente: Elaboración propia

Para la muestra de agregado grueso con 20% de agregado reciclado la proporción de Arena (53.4%) y Agregado Grueso Reciclado (46.6%), se obtiene el máximo P.U.C.

Para la muestra de agregado grueso con 50% de agregado reciclado la proporción de Arena (52.5%) y Agregado Grueso Reciclado (47.5%), se obtiene el máximo P.U.C.

CAPITULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezcla es el proceso de selección de las proporciones de los materiales integrantes del Concreto así como la combinación, con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga la trabajabilidad adecuada; y que en el estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o por las especificaciones de obra. Lo que se busca es la optimización de los componentes del concreto tanto por su importancia en la resistencia que generaran en el concreto como en el costo que implica el uso en mayor o menor medida de cualquiera de los componentes.

4.1. PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA

En la presente investigación para el diseño de mezclas se realiza mediante el método del Comité 211 del ACI y para la determinación del porcentaje de los agregados se realizara con el método de máximo peso unitario compactado.

Dicho método nos va a dar una primera aproximación de la dosificación de los elementos que conforman el concreto. Luego este se ajusta gradualmente hasta lograr el asentamiento deseado, en base a dosificaciones de prueba.

El procedimiento para el diseño de mezclas según el comité 211 del ACI, es el siguiente:

1. Selección de la resistencia promedio a partir de una resistencia a la compresión y una desviación estándar.
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento

4.2. INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO

Para inicio de la dosificación se necesita los datos de Laboratorio, referidos a los agregados Fino y Grueso a utilizar:

Cemento

Portland Tipo 1 -SOL

Peso Específico = 3.15 gr/cm³.

Agregado Fino

Peso específico = 2.57 gr/cm³.

Contenido de Humedad = 2.48 %

Porcentaje de Absorción = 0.40 %

Agregado Grueso Natural

Peso específico = 2.61 gr/cm³.

Contenido de Humedad = 0.27%

Porcentaje de Absorción = 0.63%.

Tamaño Nominal Máximo = 1"

Agregado Grueso Reciclado

Peso específico = 2.19 gr/cm³.

Contenido de Humedad = 0.26 %

Porcentaje de Absorción = 7.21 %.

Tamaño Nominal Máximo = 1"

Asentamiento = 3" a 4"

4.3. PROCEDIMIENTO DE DOSIFICACIÓN

El procedimiento de dosificación se resume en los siguientes pasos a seguir, en el método del ACI, para obtener una adecuada dosificación, así tenemos:

- 1) Elección del asentamiento.
- 2) Elección del Tamaño Máximo del agregado.
- 3) Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.
- 4) Elección de la relación agua/cemento (A/C).
- 5) Calculo del contenido de cemento.
- 6) Estimación del contenido del agregado grueso
- 7) Estimación del contenido del agregado fino.
- 8) Ajuste por el contenido de humedad del agregado
- 9) Ajuste en la mezcla de prueba.

El método de diseño empleado, utilizando los Cuadros del ACI siguientes:

Cuadro 4. 1: Volumen de agua (L/m³)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité ACI 211

Cuadro 4. 2: Contenido de aire atrapado

TMN	Aire atrapado	TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%	1 1/2"	1.00%
1/2"	2.50%	2"	0.50%
3/4"	2.00%	3"	0.30%
1"	1.50%	4"	0.20%

Fuente: Comité ACI 211

- Dosificación del Concreto con Agregado Natural a/c= 0.60
- 1) Tamaño Nominal Máximo = 1".
 - 2) Asentamiento de 3" a 4".
 - 3) Agua neta de mezclado 195 lt.
 - 4) Aire atrapado = 1.5 %.
 - 5) Relación A/C= 0.60.
 - 6) Cemento = agua/(A/C) = 195/0.60 = 325 Kg
 - 7) Se obtiene la diferencia del volumen unitario para hallar los pesos de agregado grueso y agregado fino.

Cuadro 4. 3: Calculo del volumen unitario del agregado

Materiales	Unidades	Peso	Peso Especifico	Volumen
CEMENTO	kg	325.00	3150	0.103
AGUA	Lt	195	1000	0.195
AIRE	%	1.50%		0.015
				0.313

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Vol. Agregado} = 1 - 0.313 = 0.686$$

- 8) Cálculo del Peso del agregado Fino y Grueso, para calcular el peso del agregado se utiliza la diferencia de volumen unitario obtenido.

Considerando:

Cantidad de Piedra por m³ de concreto:

$$\% \text{arena} = 54\%$$

$$\% \text{piedra} = 46\%$$

$$\text{Vol. Agregado} = 1 - 0.313 = 0.686$$

$$\text{Vol. Arena} = 0.686 \times 0.54 = 0.370$$

$$\text{Vol. Piedra} = 0.686 \times 0.46 = 0.315$$

$$\text{Agregado Fino} = 0.370 \times 2576 = 953.12 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.315 \times 2610 = 822.15 \text{ kg}$$

- 9) Debido a que los agregados tienen la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad de agua neta de mezclado, el ajuste de agua se realiza en función del contenido de humedad de los agregados así como de la absorción de los mismos se halla de la siguiente manera

Corrección del agua

$$Ca = Ps \cdot (CH - Ab) / 100$$

Dónde:

Ca = Corrección del agregado

Ps = Peso seco

CH = Contenido de humedad del agregado

Ab = Absorción del agregado

$$\begin{aligned} \text{a) Corrección por la arena } C(\text{arena}) &= W.\text{seco} \cdot (CH - Ab) / 100 \\ &= 8.58 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Corrección por la piedra } C(\text{piedra}) &= W.\text{seco} \cdot (CH - Abs) / 100 \\ &= -1.09 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$C(\text{agua}) = C(\text{arena}) + C(\text{piedra}) = 8.58 + (-1.09) = 7.49 \text{ lt}$$

Como el resultado que obtuvimos anteriormente salió positivo quiere decir que los agregados tienen agua en exceso por lo tanto habrá que restarle. Por lo tanto el agua de amasado será:

$$\text{Agua final} = 195 - 7.49 = 187.51 \text{ lt.}$$

Corrección por peso húmedo.

$$Wc = Ps \cdot (1 + CH/100)$$

Donde:

Wc = Peso corregido del agregado

Ps = Peso seco del agregado

CH = Contenido de humedad del agregado

a) De la arena:

$$Wc = 953.12 \text{ kg} \cdot (1 + 2.48/100) = 976.76 \text{ Kg}$$

b) De la piedra:

$$Wc = 822.15 \cdot (1 + 0.27/100) = 824.37 \text{ Kg}$$

Diseño del concreto para una relación de a/c= 0.60 con agregado Natural tenemos finalmente:

Cuadro 4. 4: Diseño del concreto a/c= 0.60, volumen de agua=195 L

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	325.00	325.00	1.00	42.50	Kg
Agua	195.00	187.51	0.58	24.52	Lt
Arena	953.12	976.76	3.01	127.73	Kg
Piedra	822.15	824.37	2.54	107.80	kg

Fuente: Elaboración propia

4.4. CALCULO DEL AGUA PATRÓN

Se realiza el cálculo del agua patrón para cada relación a/c de la siguiente manera:

Agua Patrón del Agregado Natural.- Se requiere hallar la cantidad de agua necesaria para un Slump de 3"- 4", a dicha agua llamaremos agua patrón, el cálculo se realizara para cada relación a/c, para los %Arena = 54%, %Piedra = 46%.

a) Para la relación a/c=0.60, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c, estos valores se muestran en el Cuadro 4.5

Cuadro 4. 5: Agua Patrón $a/c=0.60$, volumen de agua = 205 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.60	195	1"	205	3.7"
	202	2.9"		
	205	3.7"		

Fuente: Elaboración propia

- b) Para la relación $a/c=0.65$, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c , estos valores se muestran en el Cuadro 4.6

Cuadro 4. 6: Agua Patrón $a/c=0.65$, volumen de agua = 199 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.65	185	1.4"	199	3.4"
	193	1.7"		
	199	3.4"		

Fuente: Elaboración propia

- c) Para la relación $a/c=0.70$, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c , estos valores se muestran en el Cuadro 4.7

Cuadro 4. 7: Agua Patrón $a/c=0.70$, volumen de agua = 194 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.70	180	1.3"	194	3.9"
	185	2.3"		
	194	3.9"		

Fuente: Elaboración propia

Agua Patrón del Agregado Reciclado (100%).- Se requiere hallar la cantidad de agua necesaria para un Slump de 3"- 4", a dicha agua llamaremos agua patrón, el cálculo se realizara para cada relación a/c , para los %Arena = 51%, %Piedra reciclada = 49%.

- a) Para la relación $a/c=0.60$ con Agregado Grueso Reciclado al 100%, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c , estos valores se muestran en el Cuadro 4.8

Cuadro 4. 8: Agua Patrón $a/c= 0.60 - 100\%$, volumen de agua = 218 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.60	209	1.5"	218	3.9"
	213	2.4"		
	218	3.9"		

Fuente: Elaboración propia

- b) Para la relación $a/c=0.65$ Agregado Grueso Reciclado al 100%, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c , estos valores se muestran en el Cuadro 4.9.

Cuadro 4. 9: Agua Patrón $a/c= 0.65 - 100\%$, volumen de agua = 209 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.65	198	1.4"	209	3.5"
	204	2.0"		
	209	3.5"		

Fuente: Elaboración propia

- c) Para la relación $a/c=0.70$ Agregado Grueso Reciclado al 100%, se realiza tres mezclas variando la cantidad de agua y manteniendo constante la relación a/c , estos valores se muestran en el Cuadro 4.10

Cuadro 4. 10: Agua Patrón $a/c= 0.70 - 100\%$, volumen de agua = 203 L

a/c	Agua /m3	Slump (pulg)	Agua Patrón (L/m3)	Slump de Diseño (3"-4")
0.70	194	1.6"	203	3.8"
	199	2.2"		
	203	3.8"		

Fuente: Elaboración propia

4.5. PROPORCIÓN ÓPTIMA DE ARENA Y PIEDRA PATRÓN

El procedimiento para hallar la óptima combinación de los agregados se basa teniendo en cuenta la máxima resistencia a los 7 días, por lo que se procedió a diseñar haciendo variar el porcentaje de agregados en un +/- 3% la relación de arena/piedra obtenida inicialmente mediante el ensayo de máxima compacidad; manteniendo constante el agua de mezcla (agua patrón) y la relación a/c.

Se realizó 3 probetas por diseño para el ensayo de compresión a los 7 días, del cual el promedio se presenta en los Cuadros 4.8, 4.9, 4.10 y Gráficos 4.1, 4.2, 4.3 donde se grafican los valores de Resistencia a la Compresión promedio de cada diseño Vs. % Arena

4.5.1. Arena y Piedra Patrón del agregado Natural

a) Arena – Piedra patrón para a/c= 0.60

Cuadro 4. 11: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.60

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
51	49	157.030	7
54	46	160.415	7
57	43	153.782	7

Fuente: Elaboración propia

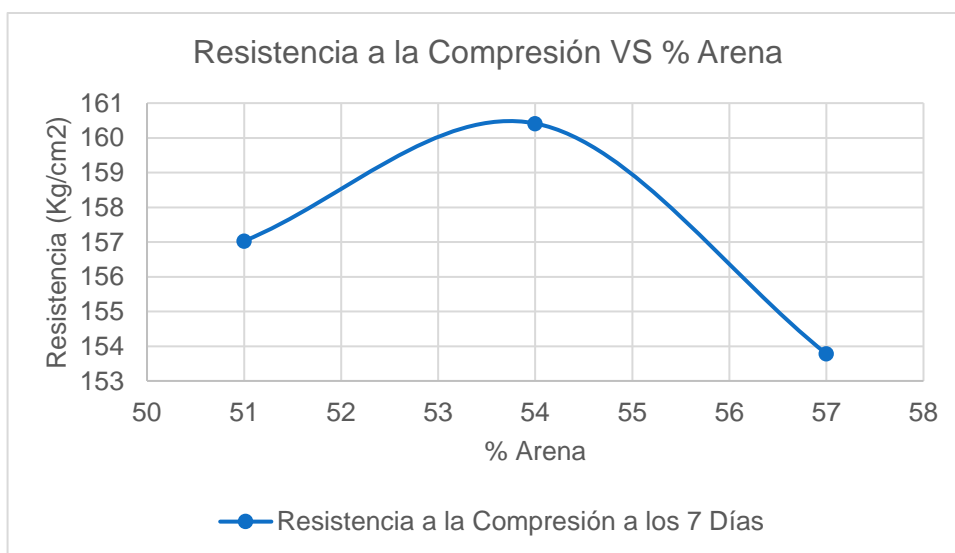


Figura 4. 1: Resistencia a la Compresión a los 7 días para a/c= 0.60

Fuente: Elaboración propia

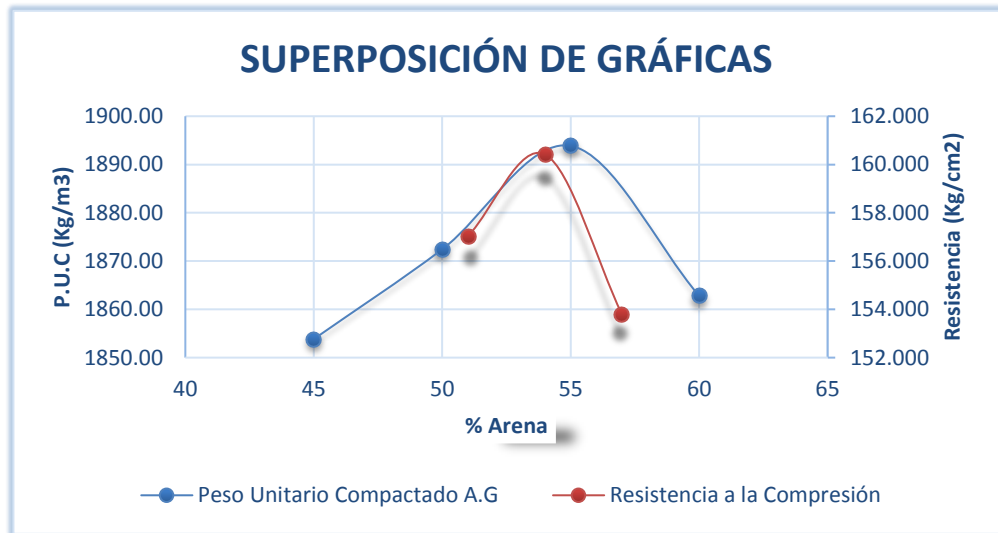


Figura 4. 2: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días a/c=0.60
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 54, Piedra= 46%.

b) Arena – Piedra patrón para a/c= 0.65

Cuadro 4. 12: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.65

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
48	52	162.96	7
51	49	163.80	7
54	46	158.32	7

Fuente: Elaboración propia

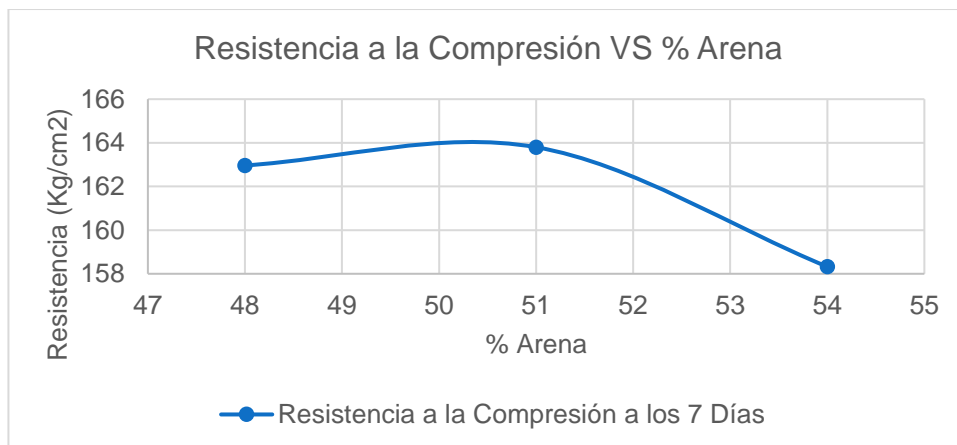


Figura 4. 3: Resistencia a la Compresión a los 7 días para a/c= 0.65
 Fuente: Elaboración propia

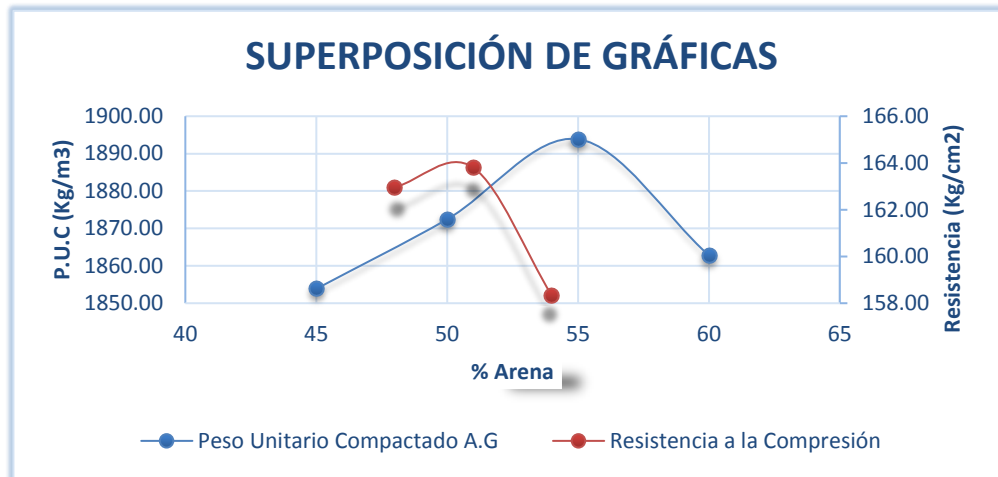


Figura 4. 4: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, a/c=0.65
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 51, Piedra= 49%.

c) Arena – Piedra patrón para a/c= 0.70

Cuadro 4. 13: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.70

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
51	49	160.01	7
54	46	163.88	7
57	43	160.31	7

Fuente: Elaboración propia

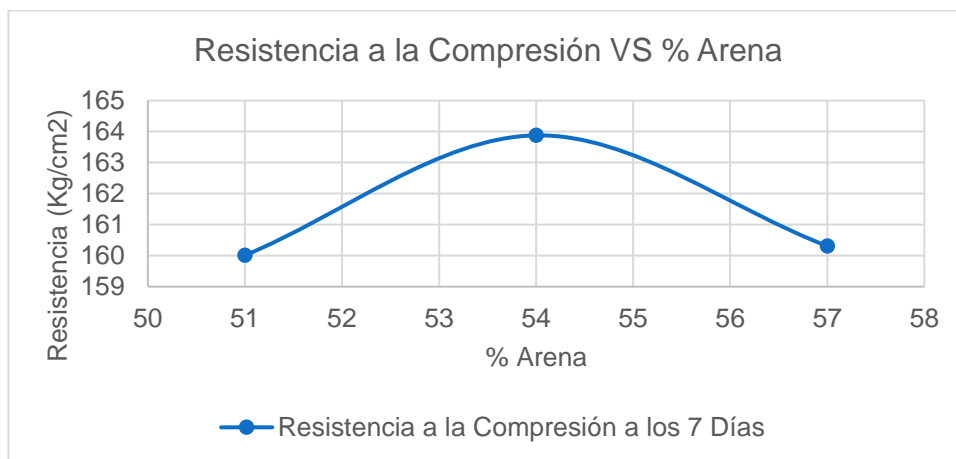


Figura 4. 5: Resistencia a la Compresión a los 7 días para a/c= 0.70
 Fuente: Elaboración propia



Figura 4. 6: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, $a/c=0.70$
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 54, Piedra= 46%.

4.5.2. Arena y Piedra Patrón del agregado Reciclado

a) Arena – Piedra patrón para $a/c= 0.60$, con Agregado Reciclado al 100%

Cuadro 4. 14: Resistencia a la Compresión a los 7 días $a/c= 0.60$, 100% reciclado

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
48	52	133.34	7
51	49	143.54	7
54	46	134.89	7

Fuente: Elaboración propia

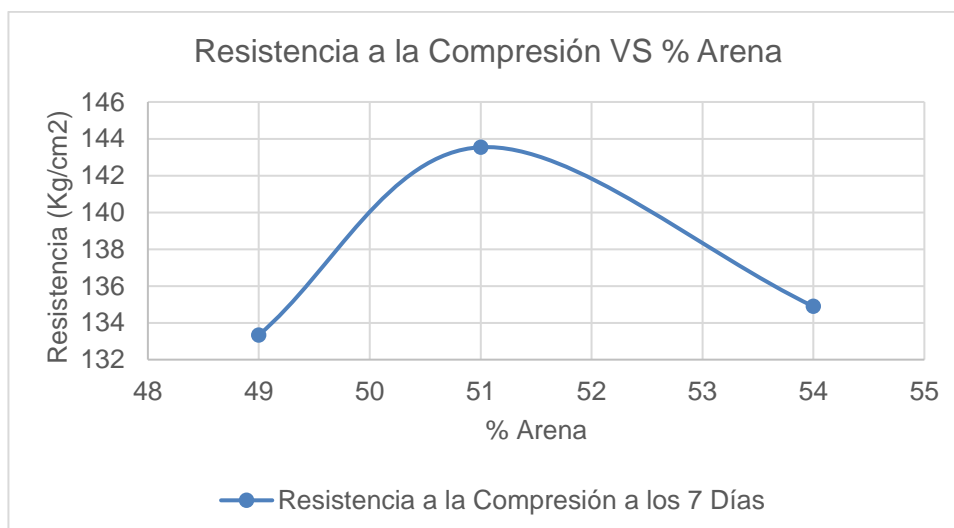


Figura 4. 7: Resistencia a la Compresión a los 7 días para $a/c= 0.60$, 100%
 Fuente: Elaboración propia



Figura 4. 8: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días a/c=0.60, 100%.
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 51%, Piedra= 49%.

b) Arena – Piedra patrón para a/c= 0.65, con Agregado Reciclado al 100%

Cuadro 4. 15: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.65, 100% reciclado

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
48	52	132.90	7
51	49	133.79	7
54	46	132.84	7

Fuente: Elaboración propia

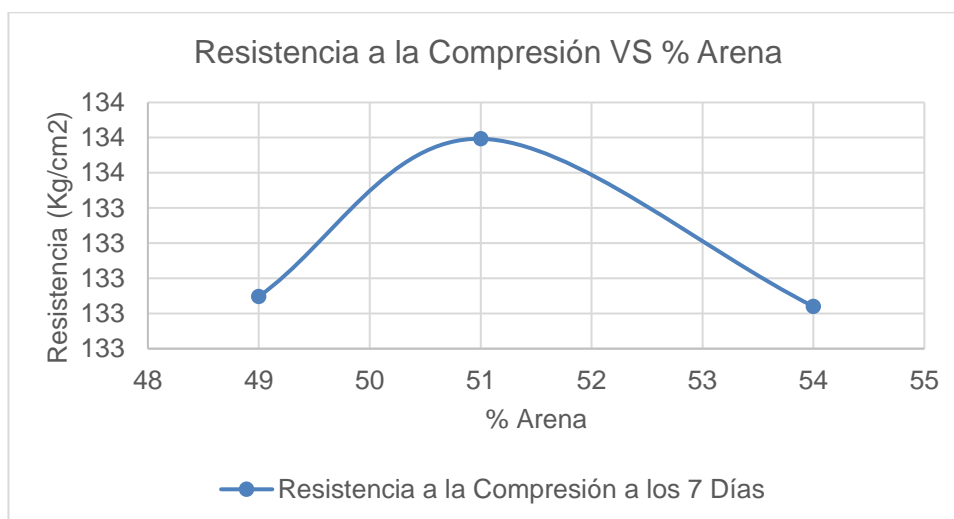


Figura 4. 9: Resistencia a la Compresión a los 7 días para a/c= 0.65, 100%
 Fuente: Elaboración propia

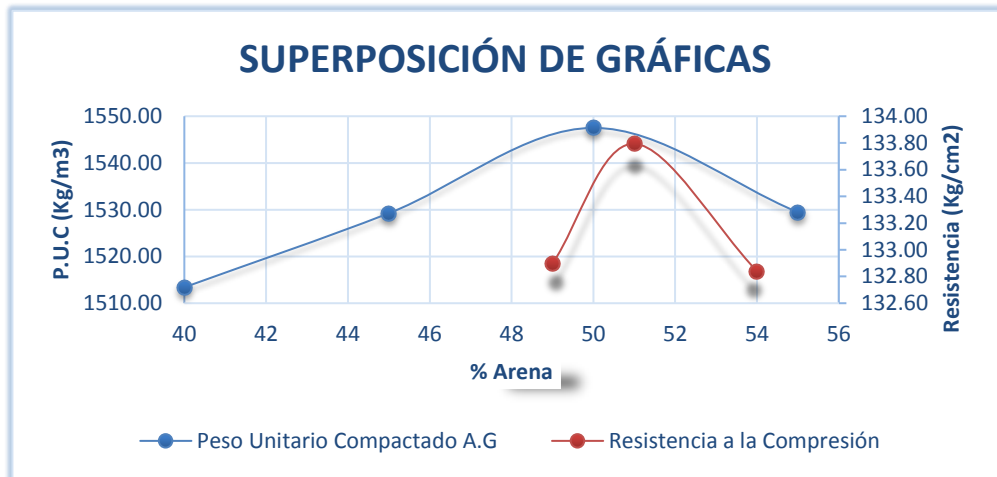


Figura 4. 10: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, a/c=0.65, 100%
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 49.5, Piedra= 50.5%.

c) Arena – Piedra patrón para a/c= 0.70, con Agregado Reciclado al 100%

Cuadro 4. 16: Resistencia a la Compresión a los 7 días a/c= 0.70, 100% reciclado

PROPORCIÓN AGREGADOS DE		RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	TIEMPO (Días)
% ARENA	%PIEDRA		
48	52	135.88	7
51	49	136.46	7
54	46	131.57	7

Fuente: Elaboración propia

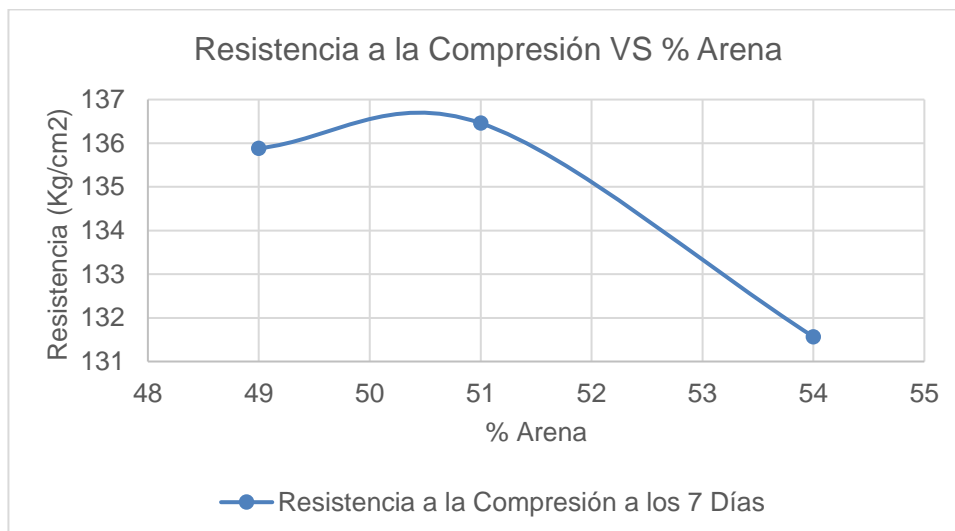


Figura 4. 11: Resistencia a la Compresión a los 7 días para a/c= 0.70, 100%
 Fuente: Elaboración propia

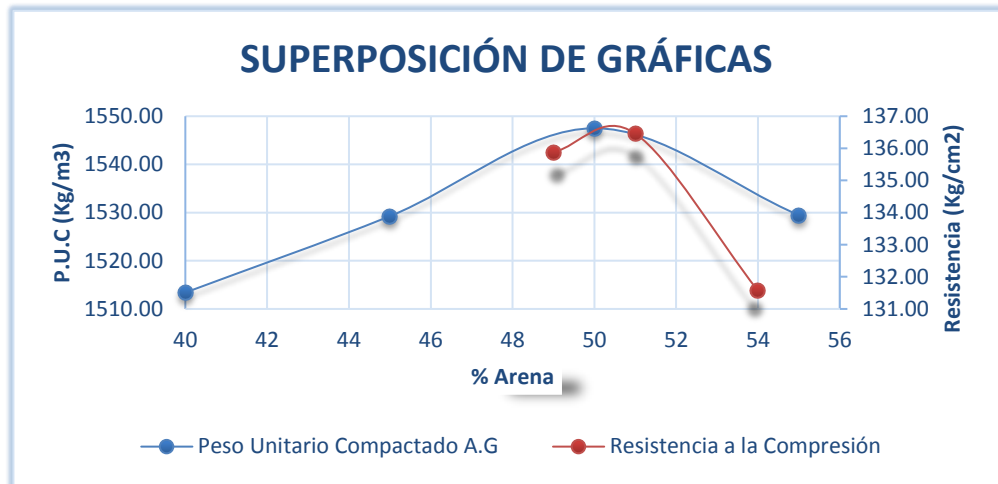


Figura 4. 12: Superposición de gráficos del P.U.C. y la resistencia a los 7 días, a/c=0.70
 Fuente: Elaboración propia

De el Grafico de superposición se obtiene los porcentajes de Arena y Piedra para la máxima resistencia a los 7 días, %Arena= 50.5, Piedra= 49.5%.

4.6. DISEÑO RESULTANTE DEL CONCRETO PATRÓN Y EL CONCRETO RECICLADO.

4.6.1. Diseño resultante para el concreto patrón para las relaciones a/c: 0.60, 0.65, 0.70

Luego de obtener la proporción de agregado fino y agregado grueso óptimos procederemos a efectuar el mismo procedimiento de diseño de mezclas para las relaciones de Agua - Cemento (A/C) 0.60, 0.65 y 0.70 con las proporciones de % Arena y % Piedra optimas que muestra una mayor seguridad en la obtención de una mejor resistencia del concreto y a su vez mediante las mezclas de prueba la variación de agua. Los diseños darán valores esperados de resistencia a la compresión y trabajables en el rango de 3" a 4". Estos diseños en detalle están desarrollados en el anexo de la presente tesis.

a) Diseño del concreto patrón, a/c: 0.60

Considerando los valores obtenidos de: Arena patrón = 54%, Piedra patrón = 46% y Agua patrón = 205 L, se muestra en el Cuadro 4.11.

Cuadro 4. 17: Diseño Final del concreto patrón para 1 m³, a/c= 0.60

MATERIAL	Peso Húmedo/m³	Unidades
Cemento	341.67	Kg
Agua	197.65	Lt
Arena	956.54	Kg
Piedra	807.78	kg

Fuente: Elaboración propia

b) Diseño del concreto patrón, a/c: 0.65

Considerando los valores obtenidos de: Arena patrón = 51%, Piedra patrón = 49% y Agua patrón = 199 L, se muestra en el Cuadro 4.12.

Cuadro 4. 18: Diseño Final del concreto patrón para 1 m³, a/c= 0.65

MATERIAL	Peso Húmedo/m³	Unidades
Cemento	306.15	Kg
Agua	182.07	Lt
Arena	980.77	Kg
Piedra	828.24	kg

Fuente: Elaboración propia

c) Diseño del concreto patrón, a/c: 0.70

Considerando los valores obtenidos de: Arena patrón = 54%, Piedra patrón = 46% y Agua patrón = 194 L, se muestra en el Cuadro 4.13.

Cuadro 4. 19: Diseño Final del concreto patrón para 1 m³, a/c= 0.70

MATERIAL	Peso Húmedo/m³	Unidades
Cemento	277.14	Kg
Agua	178.03	Lt
Arena	946.48	Kg
Piedra	901.49	kg

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Diseño Resultante para el concreto Reciclado para las relaciones a/c: 0.60, 0.65, 0.70, CON 20%,50%, 100%.

Para el diseño de concreto con agregado reciclado se toma en consideración los incrementos de agua sugeridos de acuerdo a investigaciones de entre 5% a 10% más que en el concreto convencional obteniéndose las

proporciones de agregado fino y agregado grueso óptimos para las relaciones de Agua - Cemento (A/C) 0.60, 0.65 y 0.70 con 20%, 50% y 100% de agregado reciclado grueso, con las proporciones de % Arena y % Piedra óptimas que muestra una mayor seguridad en la obtención de una mejor resistencia del concreto y a su vez mediante las mezclas de prueba la variación de agua.

a) Diseño del Concreto Patrón con Agregado Reciclado al 20% en peso para a/c: 0.60

Estas dosificaciones se obtuvieron a partir del concreto patrón, al cual se reemplazó el 20% del agregado natural por agregado reciclado, el procedimiento de diseño es similar al concreto con agregado natural. El diseño que se utiliza en la presente tesis, consiste en mantener un asentamiento dentro del rango de 3" – 4", no sólo para el concreto patrón sino también para los concretos con agregado reciclado al 20%, 50%, 100%. Debido a que la absorción del agregado reciclado es considerablemente mayor que el agregado natural por tal motivo habrá un incremento del agua de diseño para mantener el asentamiento entre 3"-4".

Cuadro 4. 20: Diseño del concreto reciclado a/c= 0.60, a/c= 0.65, a/c= 0.70

MEZCLA	Agregado Fino (kg)	Agregado Grueso Natural (kg)	Agregado Grueso Reciclado (kg)	Cemento (kg)	Agua (Lt)
A/C= 0.60 20%	931.83	612.63	153.16	346.67	201.38
A/C= 0.60 50%	906.01	378.93	378.93	353.33	222.60
A/C= 0.60 100%	876.47	-	700.72	363.33	248.78
A/C= 0.65 20%	958.41	630.11	157.53	309.23	194.19
A/C= 0.65 50%	934.84	390.99	390.99	313.85	212.84
A/C= 0.65 100%	906.09	-	724.40	321.54	240.83
A/C= 0.70 20%	979.40	643.91	160.98	280.00	189.04
A/C= 0.70 50%	954.05	399.03	399.03	284.29	208.02
A/C= 0.70 100%	927.63	-	741.63	290.00	235.58

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V: RESULTADO DE LOS ENSAYOS

5.1. INTRODUCCIÓN

Los ensayos que se realizaron para el Agregado fueron: Peso Unitario Suelto y Compactado, Peso Específico, Módulo de Fineza, %Absorción. %Humedad, Análisis Granulométrico.

Los ensayos que se realizaron para el concreto en estado fresco fueron: Consistencia, Peso unitario, Contenido de aire y Tiempo de fragua.

Los ensayos para el concreto en estado endurecido fueron los siguientes ensayos: Resistencia a la compresión, Resistencia a la Flexión.

5.2. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO

Los agregados constituyen alrededor del 65% del volumen total de una mezcla de concreto, afectan la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, también influyen sobre la resistencia, durabilidad.

a) Peso Unitario

- Peso Unitario Suelto. NORMA NTP 400.017

Corresponde al estado en el cual las partículas se acomodan dentro de un recipiente solamente por la acción de la gravedad, es decir en forma de caída libre.

- Peso Unitario Compactado. NORMA NTP 400.017

Es aquel que se obtiene cuando la masa de agregado es apisonada con una varilla normalizada dentro de un recipiente.

El ensayo consiste en llenar el recipiente en tres capas. Cada una de estas capas estará apisonada con 25 golpes de una varilla lisa de 2 pies de longitud y de \varnothing 5/8" con punta roma, finalmente se empareja la superficie del agregado con esta varilla.

b) Peso Específico NORMA NTP 400.022

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

c) Porcentaje de Absorción. NORMA NTP 400.022

El porcentaje de Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa en porcentaje del peso.

d) Contenido de Humedad NTP 400.016- ASTM C- 566

Es la cantidad de agua existente en una muestra de agregado en estado natural, se expresa en porcentaje y su valor resulta de la relación del peso del agua que contiene la muestra entre el peso de la muestra secada al horno.

e) Módulo de Finura. NORMA NTP 400.012

Propiedades físicas de los agregados tanto el agregado natural como reciclado se muestran en los cuadros del 5.1-5.4.

Cuadro 5. 1: Propiedades Físicas del Agregado Natural

PROPIEDADES DEL AGREGADO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO NATURAL	Und
Peso unitario Suelto	1658.83	1433.04	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1748.94	1566.92	kg/m ³
Peso específico	2550	2610	kg/m ³
Módulo de fineza	3.32	7.37	
TMN	.....	1	Pulg
% Humedad	2.48	0.27	
% Absorción	1.58	0.63	
% Abrasión		13	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. 2: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 20%

PERFIL DEL AGREGADO GRUESO	AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 20%	Und
Peso unitario Suelto	1374.53	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1512.54	kg/m ³
Peso específico	2439.88	kg/m ³
Módulo de fineza	7.38	
TMN	1.00	Pulg
% Humedad	0.27	
% Absorción	1.88	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. 3: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 50%

PERFIL DEL AGREGADO GRUESO	AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 50%	Und
Peso unitario Suelto	1285.88	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1430.96	kg/m ³
Peso específico	2386.30	kg/m ³
Módulo de fineza	7.39	
TMN	1.00	Pulg
% Humedad	0.25	
% Absorción	3.82	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. 4: Propiedades Físicas del Agregado Reciclado al 100%

PROPIEDADES DEL AGREGADO	AGREGADO GRUESO RECICLADO AL 100%	Und
Peso unitario Suelto	1138.73	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1295.00	kg/m ³
Peso específico	2191	kg/m ³
Módulo de fineza	7.41	
TMN	1	Pulg
% Humedad	0.26	
% Absorción	7.21	
% Abrasión	35	

Fuente: Elaboración propia

En el anexo se presentan los cálculos realizados para los resultados obtenidos.

5.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

5.3.1. Peso Unitario

Resultados de los pesos unitarios, para las diferentes relaciones de a/c con sustitución parcial y total del agregado grueso, obtenidos de los diferentes diseños de mezcla de concreto

En los Cuadros 5.5, 5.6, 5.7 se presenta los resultados del ensayo de peso unitario sin y con agregado reciclado en 20%, 50%, 100% de sustitución, mientras que en los Gráficos 5.1, 5.2, 5.3 se muestra la tendencia del peso unitario para los cuatro tipos de concreto.

a) Peso Unitario Compactado del Concreto Fresco, a/c: 0.60

Cuadro 5. 5: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m³), a/c=0.60.

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg)	P.U (Kg/m ³)	Porcentaje (%)
A/C = 0.60	27.25	4.7	2389.05	100.00%
A/C= 0.60 20%	26.95	4.7	2357.27	98.67%
A/C= 0.60 50%	26.72	4.7	2332.90	97.65%
A/C= 0.60 100%	25.80	4.7	2235.43	93.57%

Fuente: Elaboración propia

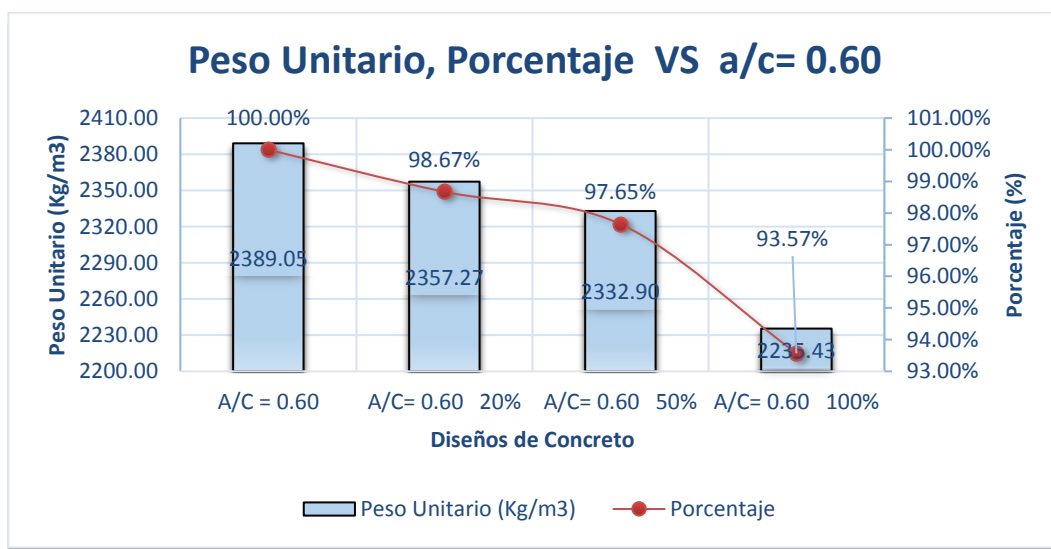


Figura 5. 1: Pesos Unitarios VS. a/c = 0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado

Fuente: Elaboración propia

b) Peso Unitario Compactado del Concreto Fresco, a/c: 0.65

Cuadro 5. 6: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m³), a/c= 0.65.

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg)	P.U (Kg/m ³)	Porcentaje (%)
A/C = 0.65	26.93	4.7	2355.15	100.00%
A/C= 0.65 20%	26.59	4.7	2319.13	98.47%
A/C= 0.65 50%	26.27	4.7	2285.22	97.03%
A/C= 0.65 100%	25.95	4.7	2251.32	95.59%

Fuente: Elaboración propia

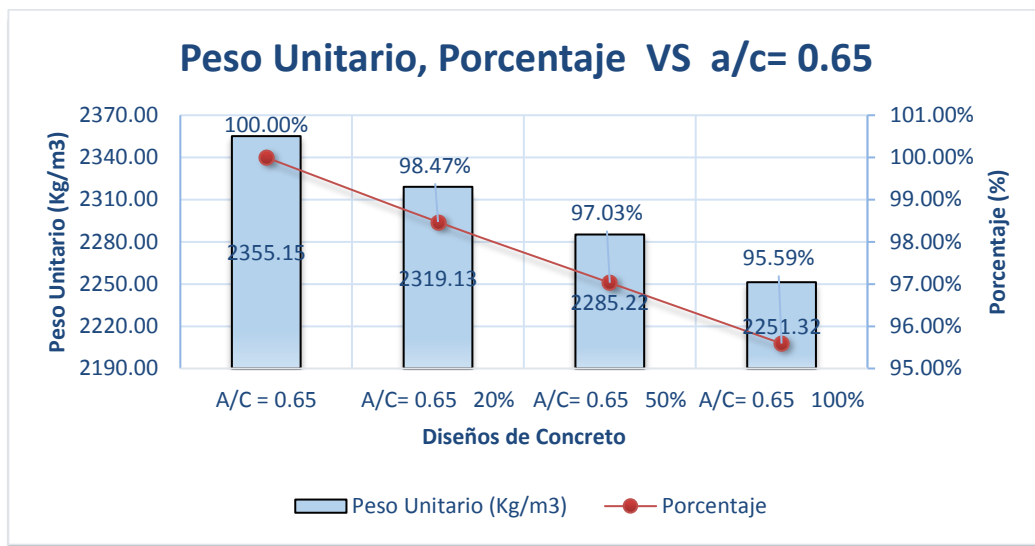


Figura 5. 2: Pesos Unitarios VS. a/c = 0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

c) Peso Unitario Compactado del Concreto Fresco, a/c: 0.70

Cuadro 5. 7: Pesos Unitarios de las Mezclas de concreto (kg/m3), a/c= 0.70.

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg))	P.U (Kg/m3)	Porcentaje (%)
A/C= 0.70	26.95	4.7	2357.27	100.00%
A/C= 0.70 20%	26.81	4.7	2342.43	99.37%
A/C= 0.70 50%	26.35	4.7	2293.70	97.30%
A/C= 0.70 100%	25.84	4.7	2239.67	95.01%

Fuente: Elaboración propia

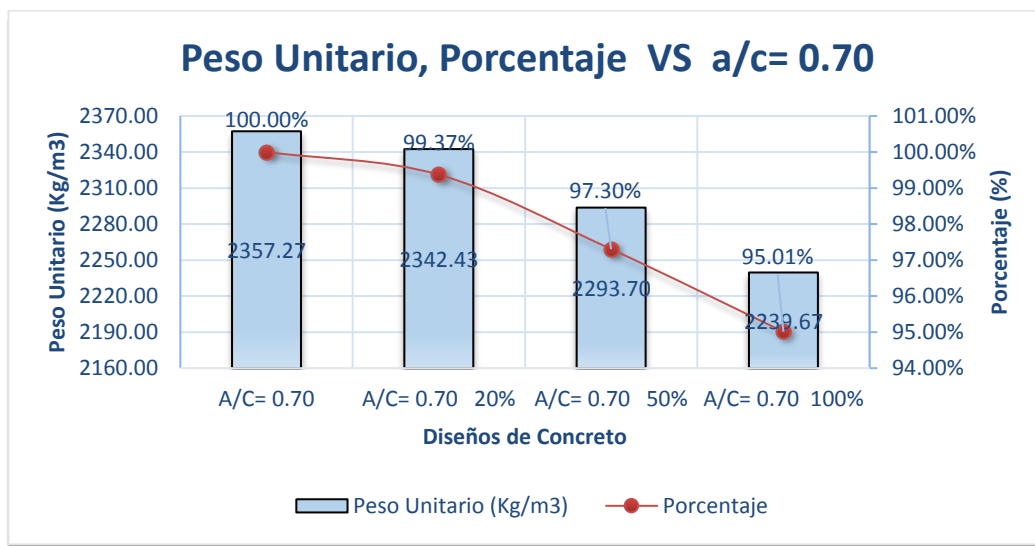


Figura 5. 3: Pesos Unitarios VS. a/c=0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Consistencia

Resultados de los ensayos de consistencia para los diseños de mezcla se presentan en los Cuadros 5.8, 5.9, 5.10 se presenta los resultados del ensayo de asentamiento dentro del rango de 3"-4" sin y con agregado reciclado en 20%, 50%, 100% de sustitución, mientras que en los Gráficos 5.4, 5.5, 5.6 se muestra la tendencia del asentamiento para los tipos de concreto.

a) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.60

Cuadro 5. 8: Asentamientos (Pulg) del Concreto para a/c= 0.60.

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C = 0.60	3.85	100.00%
A/C= 0.60 20%	3.70	96.10%
A/C= 0.60 50%	3.90	101.30%
A/C= 0.60 100%	3.20	83.12%

Fuente: Elaboración propia

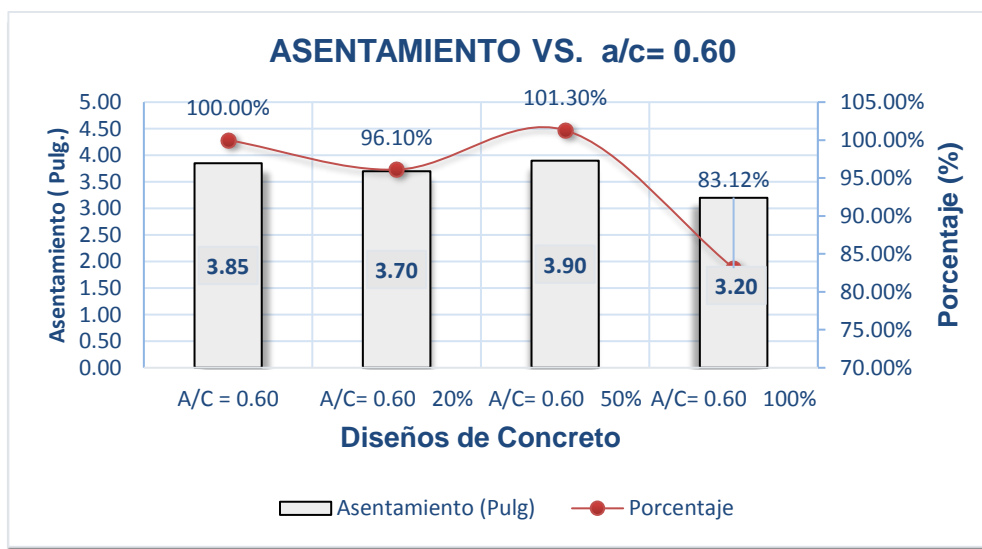


Figura 5. 4: Asentamiento VS. a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
 Fuente: Elaboración propia

b) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.65

Cuadro 5. 9: Asentamientos (Pulg) del Concreto para a/c= 0.65.

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C = 0.65	3.70	100.00%
A/C= 0.65 20%	3.90	105.41%
A/C= 0.65 50%	3.60	97.30%
A/C= 0.65 100%	3.30	89.19%

Fuente: Elaboración propia

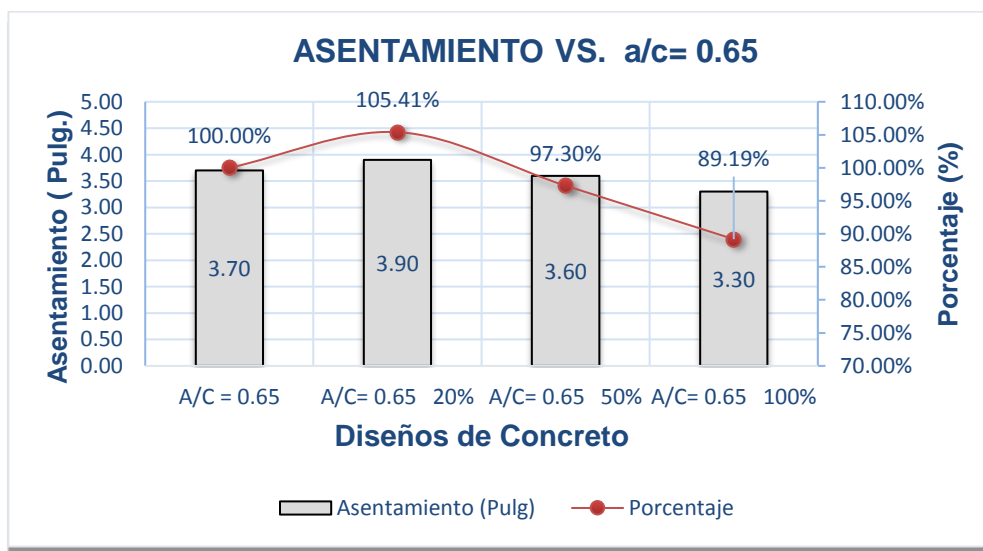


Figura 5. 5: Asentamiento VS. a/c = 0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

c) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.70

Cuadro 5. 10: Asentamientos (Pulg) del Concreto para a/c= 0.70

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C= 0.70	3.80	100.00%
A/C= 0.70 20%	3.95	103.95%
A/C= 0.70 50%	3.70	97.37%
A/C= 0.70 100%	3.40	89.47%

Fuente: Elaboración propia

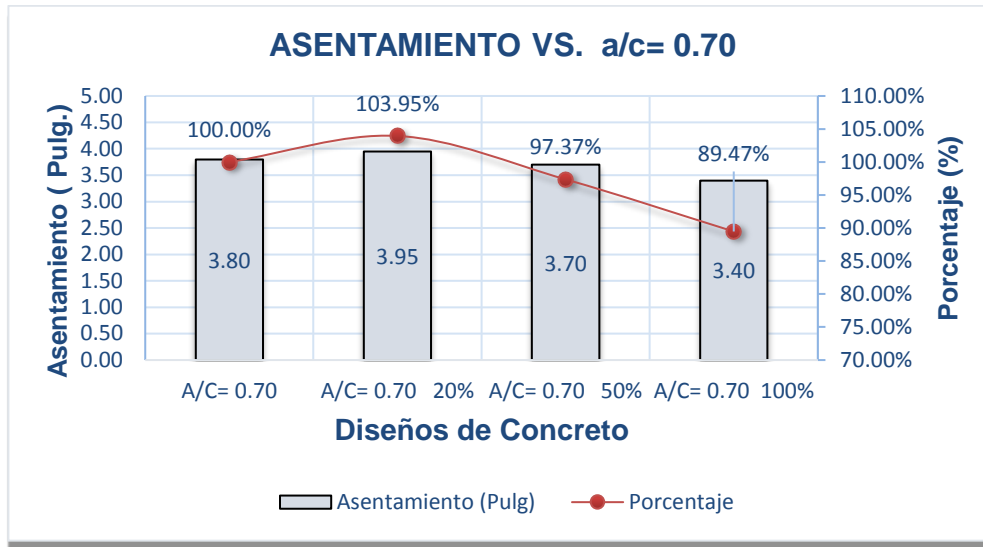


Figura 5. 6: Asentamiento VS. a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Tiempo de Fraguado

a) Tiempo de Fraguado del Concreto para la relación a/c: 0.60

Cuadro 5. 11Tiempo de Fraguado Inicial y Final del Concreto para a/c= 0.60.

MEZCLA	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C = 0.60	04:50	07:20
A/C= 0.60 20%	04:45	07:35
A/C= 0.60 50%	05:00	07:25
A/C= 0.60 100%	05:15	07:55

Fuente: Elaboración propia

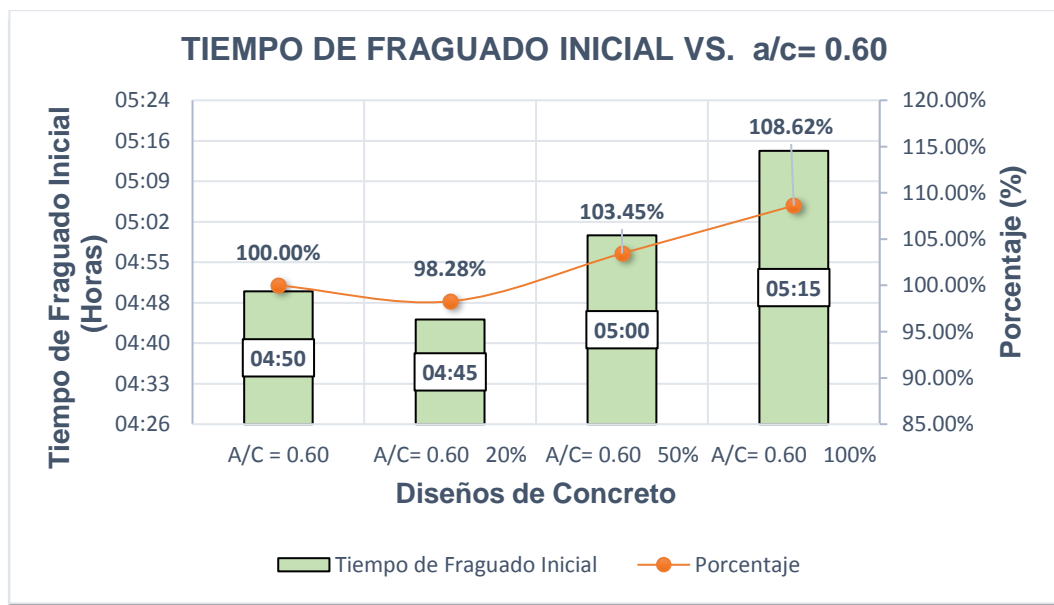


Figura 5. 7: Tiempo de Fraguado Inicial VS. a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

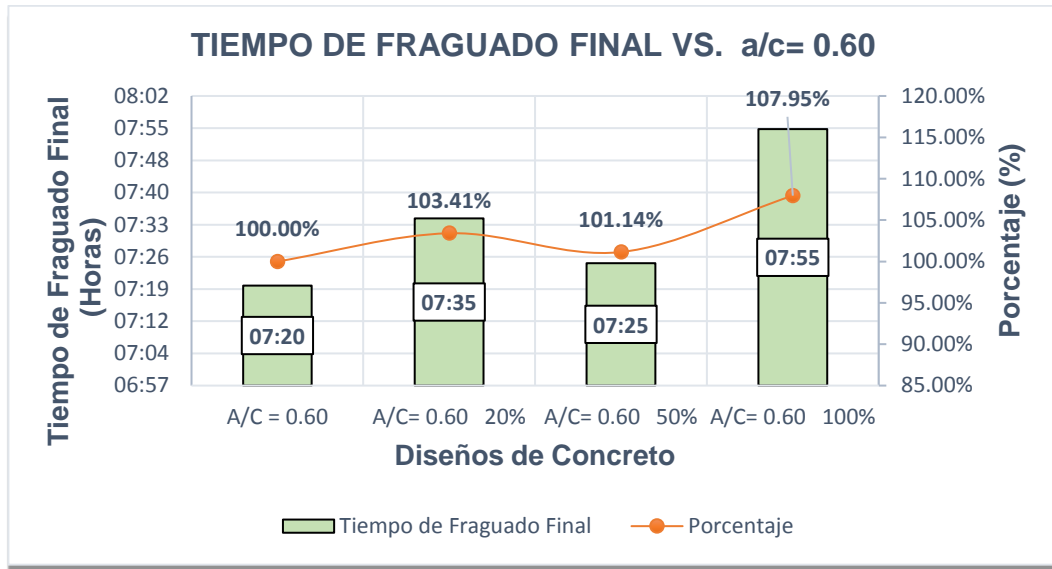


Figura 5. 8Tiempo de Fraguado Final VS. a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

b) Tiempo de Fraguado Inicial y Final del Concreto para la relación a/c: 0.65

Cuadro 5. 12: Tiempo de Fraguado del Concreto para a/c= 0.65

MEZCLA	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C = 0.65	04:50	07:15
A/C= 0.65 20%	04:40	07:20
A/C= 0.65 50%	04:50	07:40
A/C= 0.65 100%	05:20	08:15

Fuente: Elaboración propia

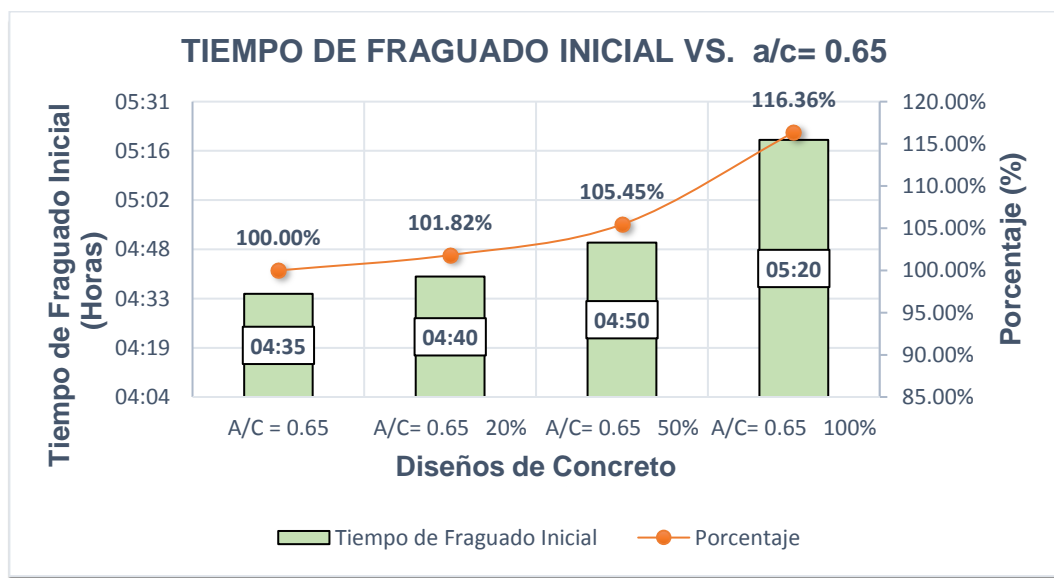


Figura 5. 9: Tiempo de Fraguado Inicial VS. a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

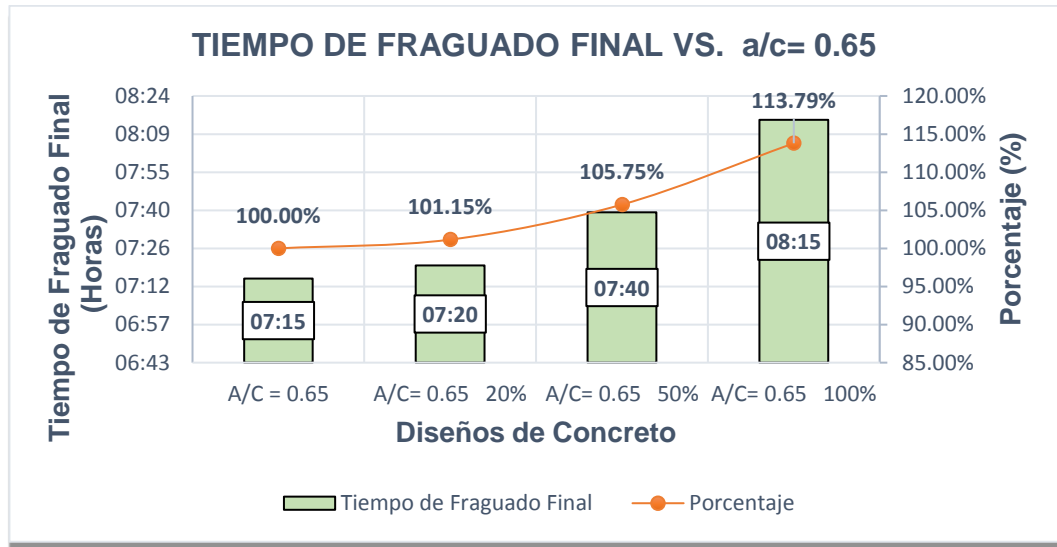


Figura 5. 10: Tiempo de Fraguado Final VS. a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

c) Tiempo de Fraguado Inicial y Final del Concreto para la relación a/c: 0.70

Cuadro 5. 13: Tiempo de Fraguado del Concreto para a/c= 0.70

MEZCLA	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.70	04:00	07:25
A/C= 0.70 20%	04:40	07:10
A/C= 0.70 50%	04:20	07:35
A/C= 0.70 100%	04:30	07:55

Fuente: Elaboración propia

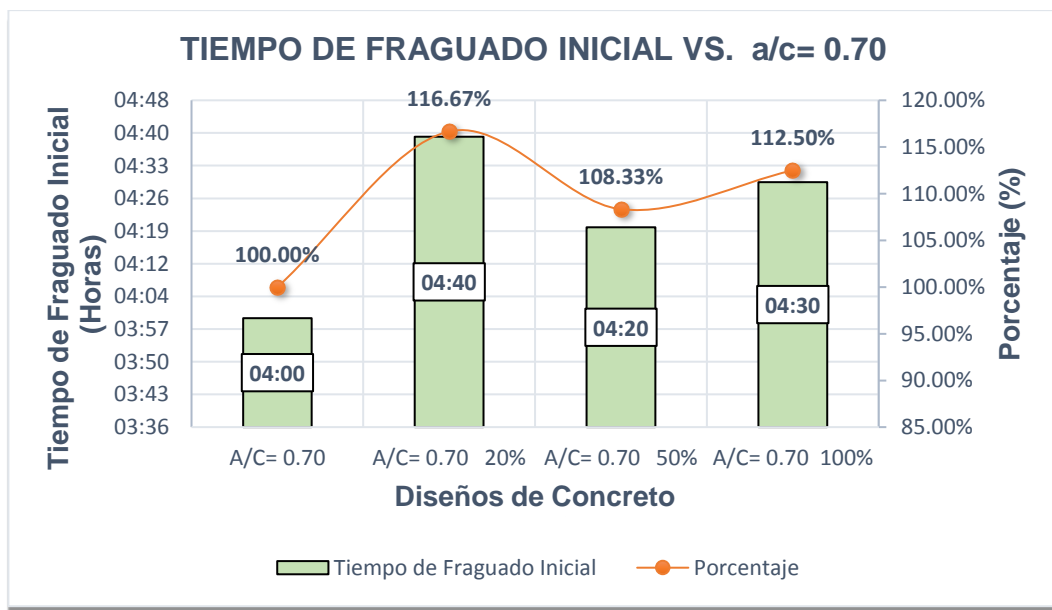


Figura 5. 11: Tiempo de Fraguado Inicial VS. a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

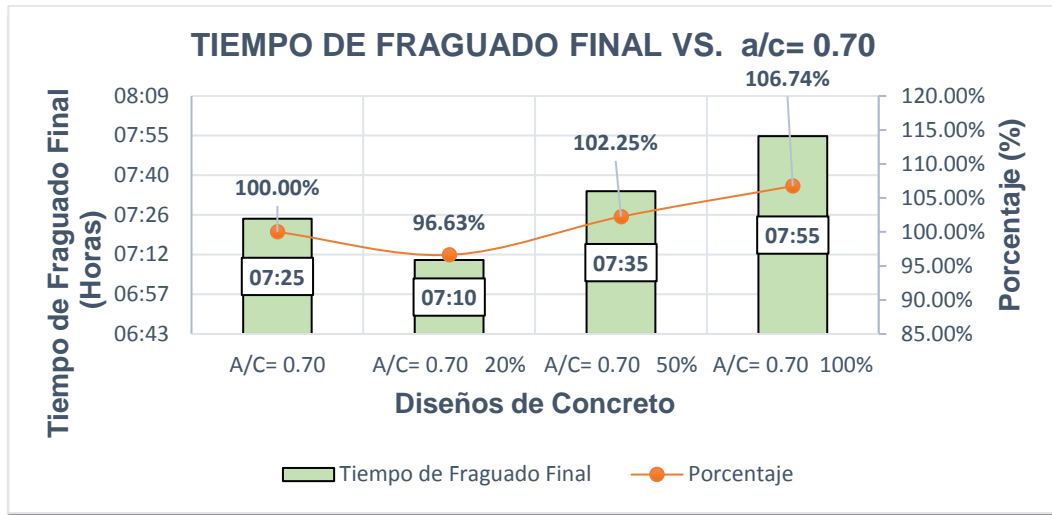


Figura 5. 12: Tiempo de Fraguado Final VS. a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

5.3.4. Contenido de Aire

Cuadro 5.14 de los resultados del contenido de aire.

a) Contenido de Aire del Concreto Fresco, a/c: 0.60

Cuadro 5. 14: Contenido de Aire (%) del Concreto para a/c= 0.60

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	CONTENDIO DE AIRE (%)	PORCENTAJE (%)
A/C = 0.60	3.33	100.00%
A/C= 0.60 20%	3.36	100.90%
A/C= 0.60 50%	4.29	128.83%
A/C= 0.60 100%	5.71	171.47%

Fuente: Elaboración propia

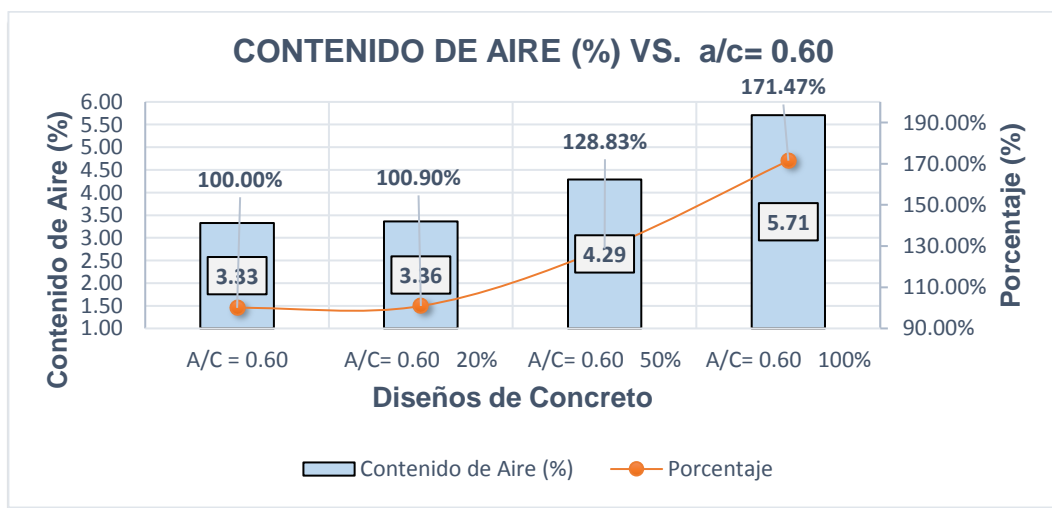


Figura 5. 13: Contenido de Aire VS. a/c=0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

b) Contenido de Aire del Concreto Fresco, a/c: 0.65.

Cuadro 5. 15: Contenido de Aire (%) del Concreto para a/c= 0.65

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	CONTENDIO DE AIRE (%)	PORCENTAJE (%)
A/C = 0.65	1.89	100.00%
A/C= 0.65 20%	1.98	104.76%
A/C= 0.65 50%	2.54	134.39%
A/C= 0.65 100%	4.58	242.33%

Fuente: Elaboración propia

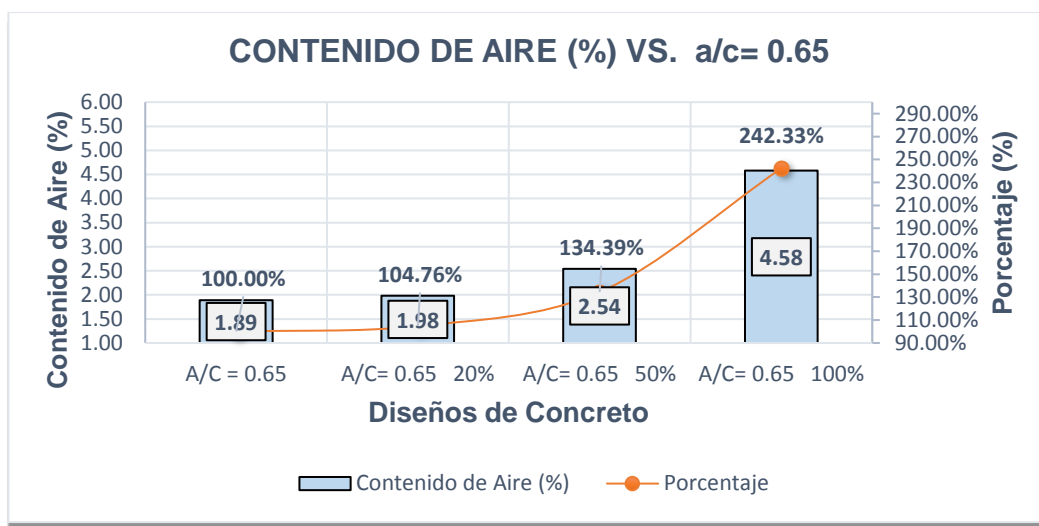


Figura 5. 14: Contenido de Aire VS. a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

c) Contenido de Aire del Concreto Fresco, a/c: 0.70.

Cuadro 5. 16: Contenido de Aire (%) del Concreto para a/c= 0.70

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	CONTENDIO DE AIRE (%)	PORCENTAJE (%)
A/C= 0.70	2.34	100.00%
A/C= 0.70 20%	3.11	132.91%
A/C= 0.70 50%	3.44	147.01%
A/C= 0.70 100%	4.54	194.02%

Fuente: Elaboración propia

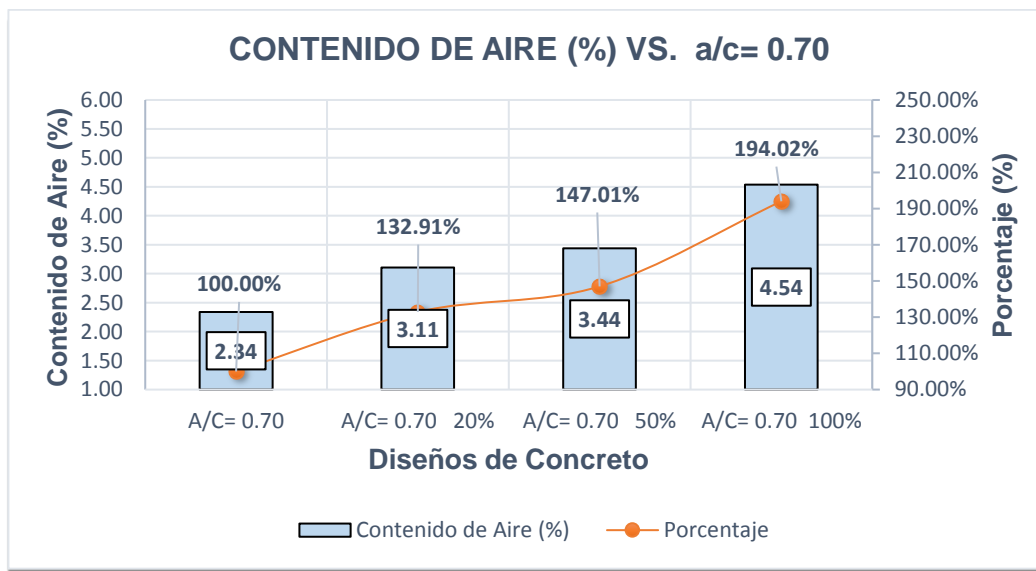


Figura 5. 15: Contenido de Aire VS. a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

5.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

5.4.1. Resistencia a la Compresión

En el cuadro 5.17 se muestran los resultados de los ensayos a resistencia a compresión, la resistencia a la compresión se realizó en especímenes cilíndricos de 4"x 8" y ensayados a los 7, 28 (con curado). Los valores de resistencia a la compresión en Kg/cm² para a/c: 0.60, 0.65 y 0.70 se muestran en los Cuadros y Gráficos siguientes.

a) Resistencia a la Compresión para el Concreto Endurecido, a/c: 0.60

Cuadro 5. 17: Resistencia a la compresión del concreto, a/c= 0.60 para 20%, 50% y 100% agregado reciclado

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm ²)	
	7 Días	28 Días
A/C = 0.60	163.67	239.31
A/C= 0.60 20%	143.60	229.43
A/C= 0.60 50%	149.09	205.66
A/C= 0.60 100%	135.96	185.91

Fuente: Elaboración propia

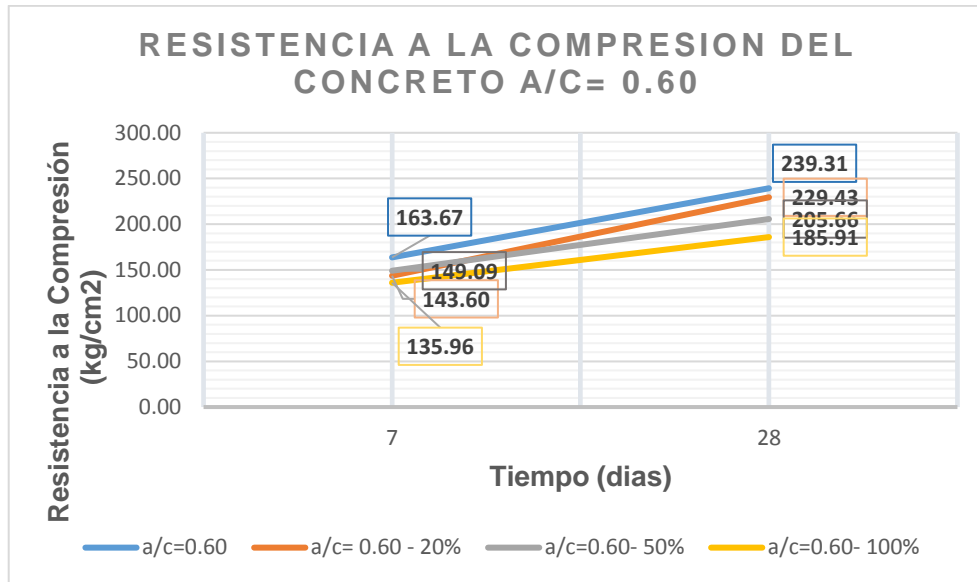


Figura 5. 16: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
 Fuente: Elaboración propia

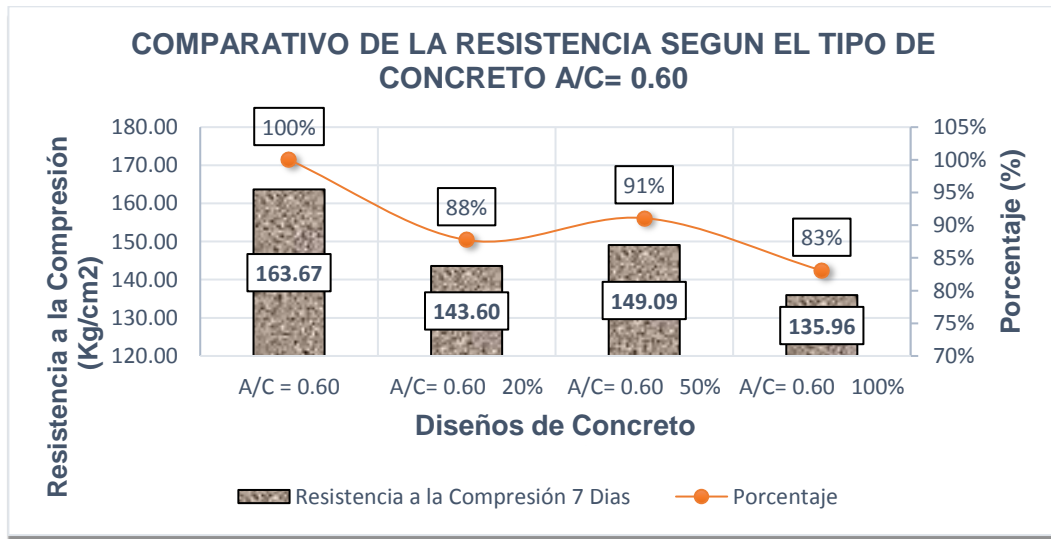


Figura 5. 17: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
 Fuente: Elaboración propia

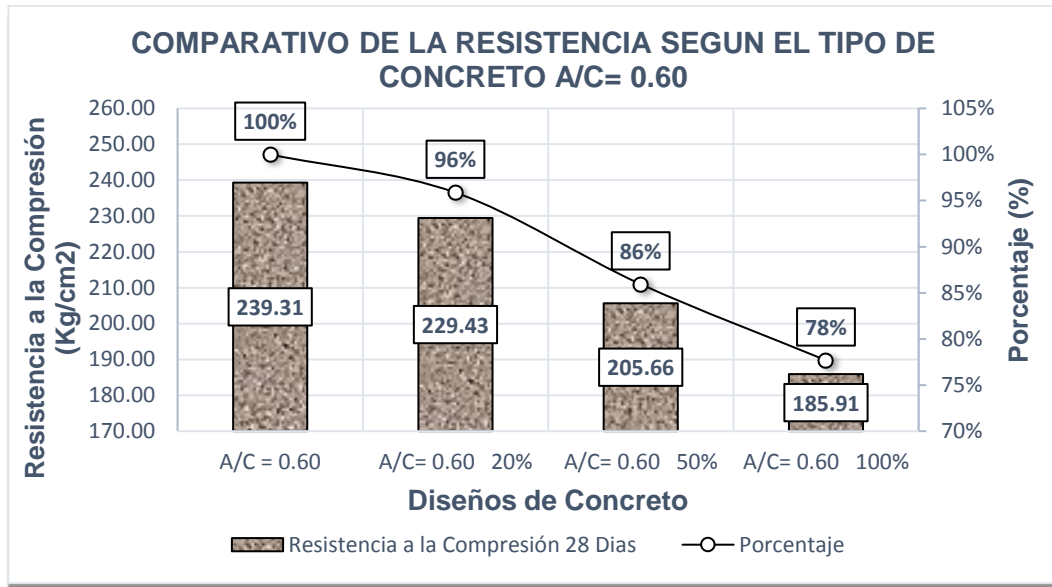


Figura 5. 18: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

b) Resistencia a la Compresión para el Concreto Endurecido, a/c: 0.65

Cuadro 5. 18: Resistencia a la compresión del concreto, a/c= 0.65 para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm²)	
	7 Días	28 Días
A/C = 0.65	159.49	231.63
A/C= 0.65 20%	165.16	235.45
A/C= 0.65 50%	149.20	208.73
A/C= 0.65 100%	129.01	185.38

Fuente: Elaboración propia

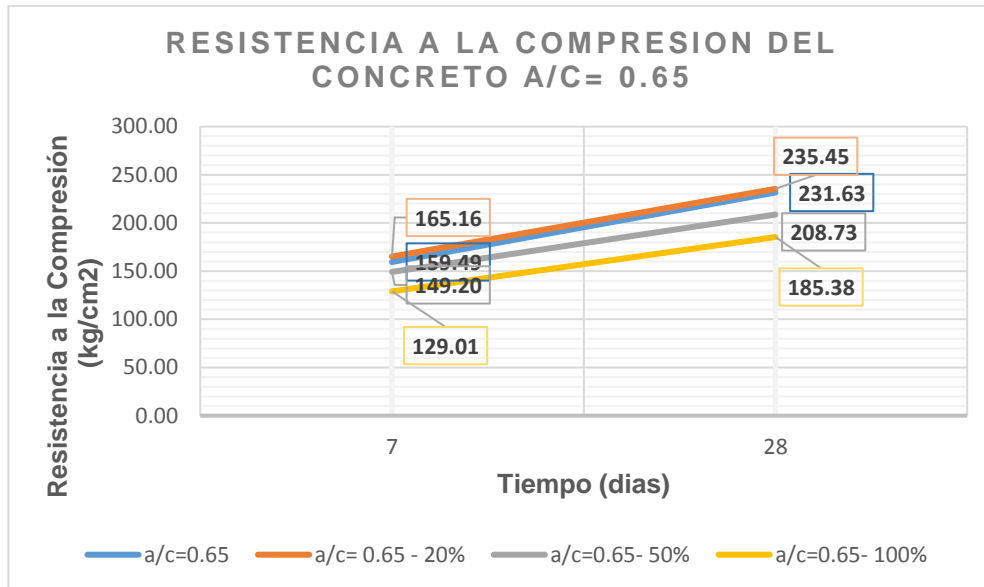


Figura 5. 19: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
 Fuente: Elaboración propia

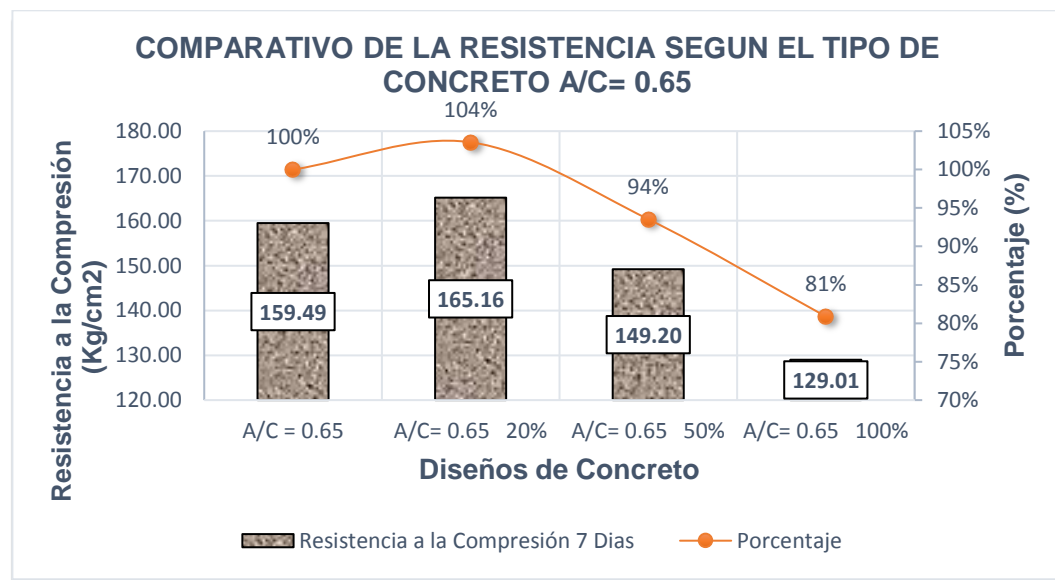


Figura 5. 20: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
 Fuente: Elaboración propia

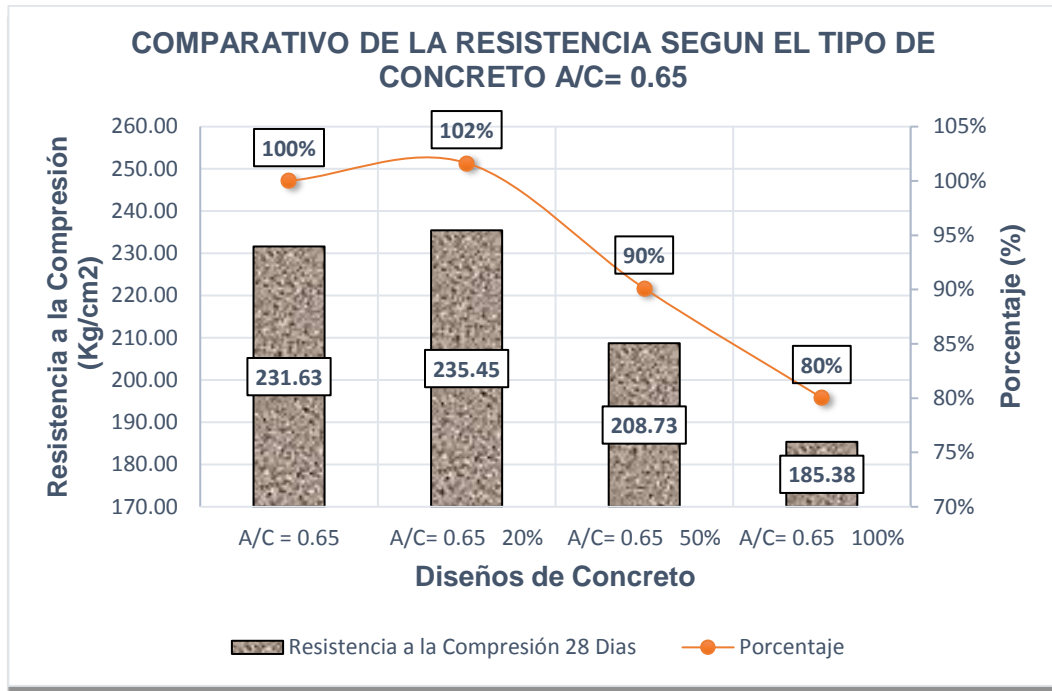


Figura 5. 21: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, a/c =0.65, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

c) Resistencia a la Compresión para el Concreto Endurecido, a/c: 0.70

Cuadro 5. 19: Resistencia a la compresión del concreto, a/c= 0.70 para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm ²)	
	7 Días	28 Días
A/C= 0.70	169.12	229.50
A/C= 0.70 20%	168.25	228.98
A/C= 0.70 50%	151.24	201.72
A/C= 0.70 100%	135.55	185.24

Fuente: Elaboración propia

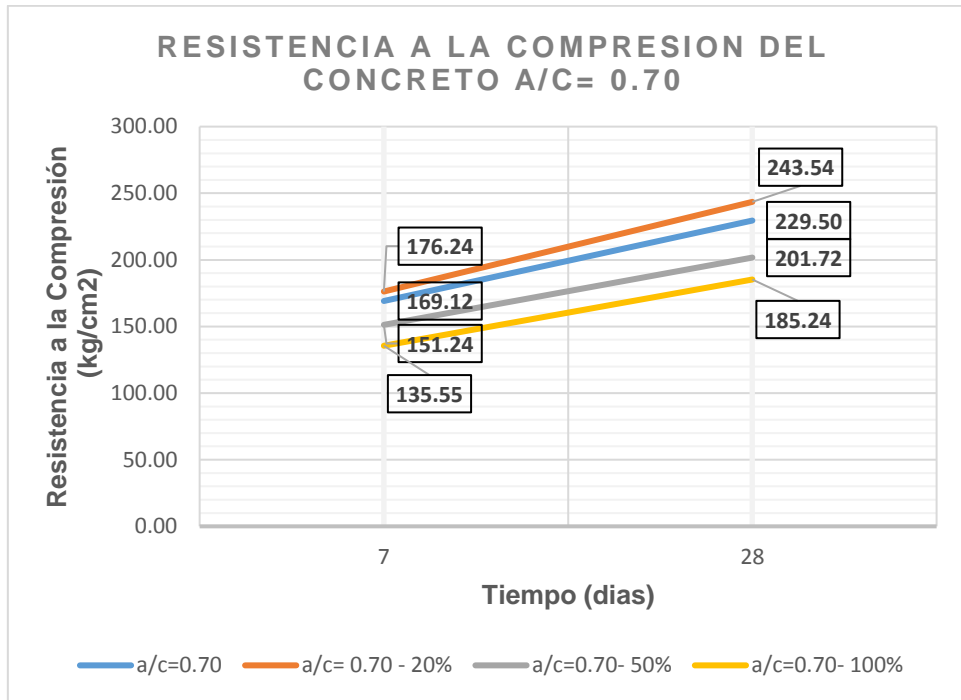


Figura 5. 22: Resistencia a la compresión del Concreto VS. Tiempo, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

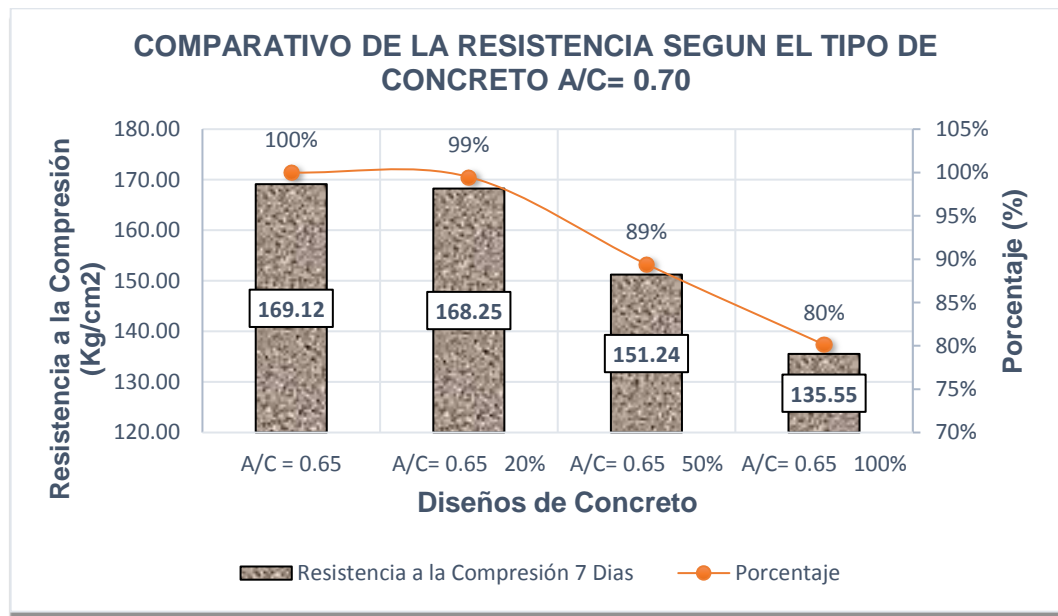


Figura 5. 23: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 7 Días de Curado, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

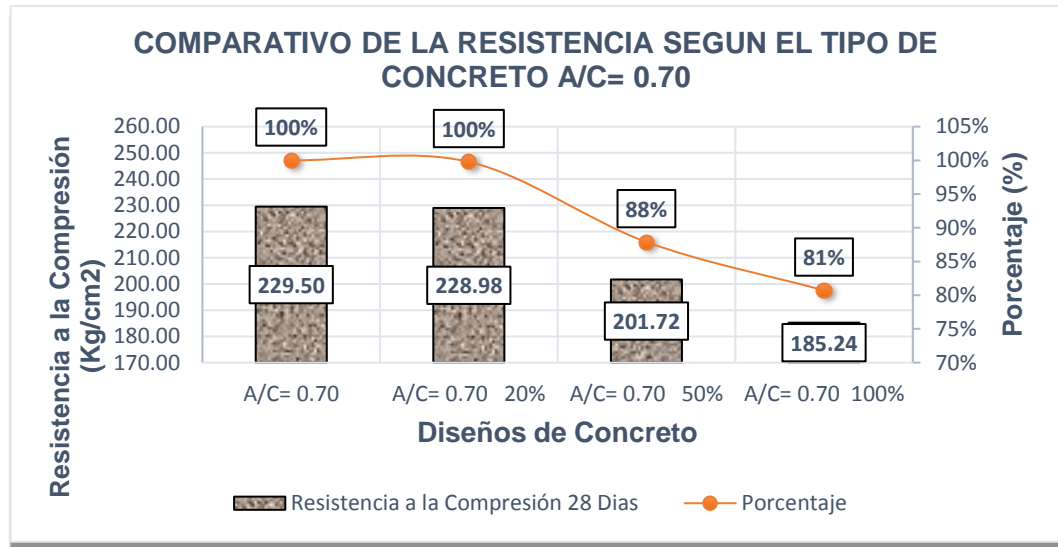


Figura 5. 24: Comparativo de la Resistencia a la compresión a los 28 Días de Curado, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Resistencia a la Flexión

El cuadro 5.20 de los resultados del ensayo a flexión, dichos resultados se midieron a través del módulo de rotura de especímenes prismáticos de 15cm de lado y 50 cm de largo, la aplicación de la carga se realizó a los tercios de la luz, se ensayaron a las edades de los 7 y 28 días.

- a) Resistencia a la Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de curado, diseño de concreto a/c: 0.60

Cuadro 5. 20: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.60.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Flexión (Kg/cm2) - 28 Días	Porcentaje de Variación (%)
A/C = 0.60	37.20	100.00%
A/C= 0.60 20%	38.00	102.15%
A/C= 0.60 50%	37.10	99.73%
A/C= 0.60 100%	35.28	94.84%

Fuente: Elaboración propia

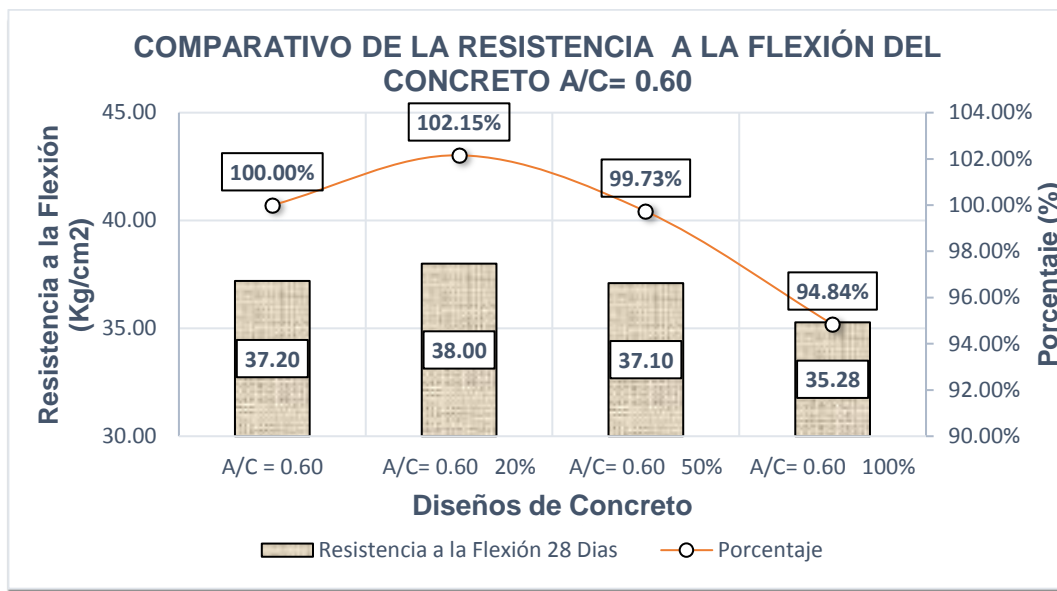


Figura 5. 25: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.60, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

b) Resistencia a la Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de curado, diseño de concreto a/c: 0.65

Cuadro 5. 21: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.65

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²) - 28 Días	Porcentaje de Variación (%)
A/C = 0.65	37.36	100.00%
A/C= 0.65 20%	40.39	108.10%
A/C= 0.65 50%	34.51	92.37%
A/C= 0.65 100%	32.34	86.55%

Fuente: Elaboración propia

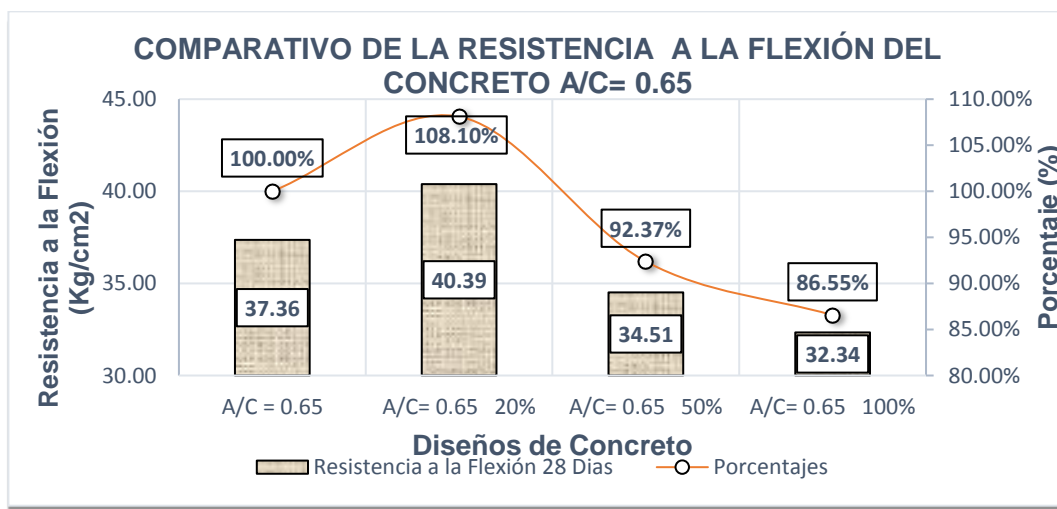


Figura 5. 26: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.65, para 20%, 50 y 100% agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

c) Resistencia a la Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de curado, diseño de concreto a/c: 0.70

Cuadro 5. 22: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.70

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²) - 28 Días	Porcentaje de Variación (%)
A/C= 0.70	36.81	100.00%
A/C= 0.70 20%	40.28	109.42%
A/C= 0.70 50%	36.43	98.96%
A/C= 0.70 100%	34.38	93.40%

Fuente: Elaboración propia

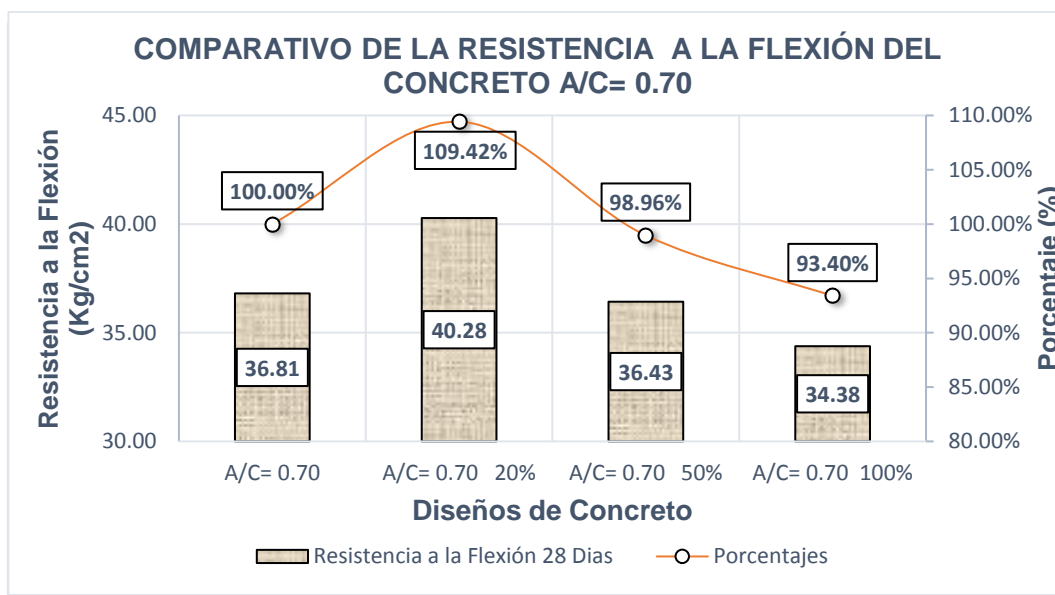


Figura 5. 27: Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.70, para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
Fuente: Elaboración propia

d) Comparativo de la Resistencia a la Flexión de Vigas de Concreto a los 28 días de curado, para los diseños de concreto a/c: 0.60, 0.65, 0.70.

Cuadro 5. 23: Comparativo de la Resistencia a la Flexión a los 28 Días de curado, A/C = 0.60, 0.65, 0.70.

TIPO DE CONCRETO	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²) - 28 Días		
	A/C = 0.60	A/C = 0.65	A/C= 0.70
Concreto Patrón	37.20	37.36	36.81
Concreto con 20% Reciclado	38.00	40.39	40.28
Concreto con 50% Reciclado	37.10	34.51	36.43
Concreto con 100% Reciclado	35.28	32.34	34.38

Fuente: Elaboración propia

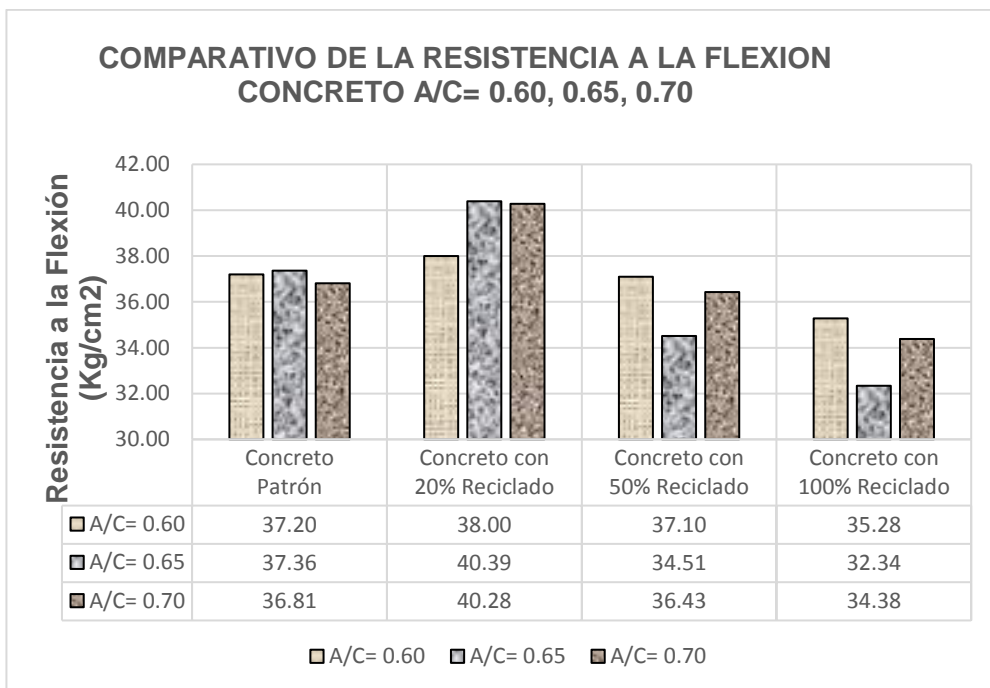


Figura 5. 28: Comparativo de la Resistencia a la Flexión a los 28 Días de Curado, a/c =0.60, 0.65, 0.70 para 20%, 50% y 100% agregado reciclado
 Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

El presente análisis de los resultados obtenidos corresponde a las propiedades físicas de los agregados, a las mezclas de concreto con las diferentes relaciones a/c y fundamentalmente a los cambios que origina la sustitución del agregado reciclado por agregado natural.

6.1. AGREGADOS

6.1.1. Agregado Fino

Al agregado fino se le realizaron los respectivos ensayos para la obtención de las propiedades físicas y el análisis granulométrico del agregado; cumpliendo con la norma ASTM ya que su porcentaje de finos es menor al 10% obteniéndose la curva granulométrica, la cual fue graficada con los límites indicados en la norma NTP 400.037, observándose una curva tendida encontrándose en su mayoría dentro de los husos granulométricos; teniendo la arena un módulo de finura de 3.04.

6.1.2. Agregado Grueso

Los ensayos al agregado grueso se le realizaron para la obtención de las propiedades físicas y el análisis granulométrico del agregado; cumpliendo con la norma ASTM, lo importante radica en las comparaciones entre el agregado natural y agregado reciclado en cuanto a sus propiedades físicas.

Cuadro 6. 1: Comparativo de las propiedades del agregado grueso natural con el agregado grueso reciclado.

PERFIL DEL AGREGADO GRUESO	GRUESO NATURAL	GRUESO RECICLADO	Und
Peso unitario Suelto	1433	1139	kg/m ³
Peso unitario Compactado	1567	1295	kg/m ³
Peso específico	2610	2191	kg/m ³
Módulo de fineza	7.37	7.41	
TMN	1	1	Pulg
% Humedad	0.27	0.26	
% Absorción	0.63	7.21	
% Abrasión	13	35	

Fuente: Elaboración propia

El peso específico del agregado natural es considerablemente mayor al del agregado reciclado de ahí que las demás propiedades como el peso

unitario suelto y compactado sean mayores, en cuanto al contenido de humedad son similares.

La absorción en el agregado reciclado es muy superior comparado al agregado natural de ahí la diferencia en el diseño se da en cuanto a la cantidad de agua a emplear cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución agregado reciclado.

6.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

6.2.1. Consistencia

El asentamiento de los diseños en la presente tesis se encuentra en el rango de 3" a 4" como se muestra en el cuadro 6.2, encontrando estos resultados con una consistencia de normal a plástica, teniendo con esto un concreto trabajable.

Se observa disminución del asentamiento, esta disminución se da a medida que se sustituye en mayor porcentaje el agregado natural por agregado reciclado, todo dentro de los límites establecidos por la NTP para la trabajabilidad, en el caso del concreto con agregado reciclado se realiza como primer paso poner en contacto el agua con el agregado reciclado 15 minutos antes del mezclado con los demás componentes para una mejor absorción y dé como resultado un concreto de una buena trabajabilidad.

Cuadro 6. 2: Porcentaje de variación del asentamiento respecto al Concreto patrón (%)

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Slump (Pulg)	(%)	Slump (Pulg)	(%)	Slump (Pulg)	(%)
C. Patrón	3.85	100%	3.70	100%	3.80	100%
C. 20% Reciclado	3.70	96%	3.90	105%	3.95	104%
C. 50% Reciclado	3.90	101%	3.60	97%	3.70	97%
C. 100% Reciclado	3.20	83%	3.30	89%	3.40	89%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.1 se muestra la variación del asentamiento de los diseños de mezcla de concreto con y sin agregado reciclado para las relaciones a/c establecidas.

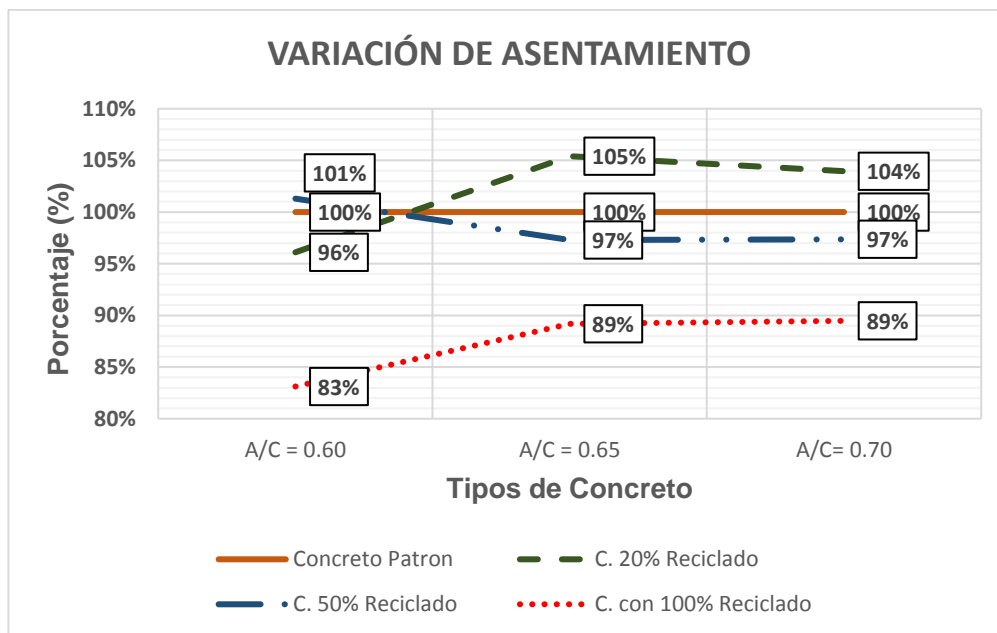


Figura 6. 1: Porcentaje de Variación del Asentamiento respecto al concreto patrón
 Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Peso Unitario

Se tienen los resultados del peso unitario mostrados en el cuadro 6.3, encontrándose estos valores dentro del rango de 2100 kg/m a 2500 kg/m, correspondientes a un concreto normal.

Se puede notar una disminución del peso unitario a medida que se incrementa la sustitución del agregado reciclado por agregado natural, debido a la menor densidad que presenta el agregado reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa.

Cuadro 6. 3: Porcentaje de variación del Peso Unitario respecto al Concreto patrón (%), para a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Peso Unitario (Kg/m3)	%	Peso Unitario (Kg/m3)	%	Peso Unitario (Kg/m3)	%
C. Patrón	2389.05	100.00%	2355.15	100.00%	2357.27	100.00%
C. 20% Reciclado	2357.27	98.67%	2319.13	98.47%	2342.43	99.37%
C. 50% Reciclado	2332.90	97.65%	2285.22	97.03%	2293.70	97.30%
C. 100% Reciclado	2235.43	93.57%	2251.32	95.59%	2239.67	95.01%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.2 se muestra la variación del peso unitario de los diseños de mezcla de concreto con y sin agregado reciclado para las relaciones a/c establecidas.

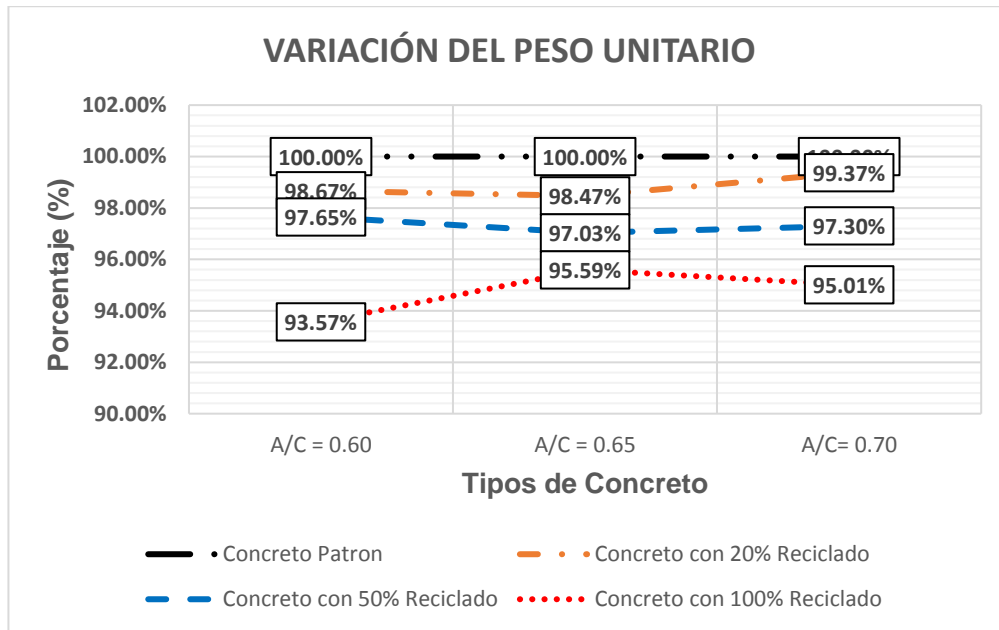


Figura 6. 2: Variación del Peso Unitario respecto al concreto patrón, para a/c= 0.60, 0.65, 0.70
 Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Tiempo de Fraguado

En el Cuadro 6.4 y Cuadro 6.5 se comparan los resultados de los tiempos de fraguado del concreto patrón con respecto al concreto con agregado reciclado para los diferentes diseños de mezcla de concreto para las relaciones a/c establecidas, para dicha comparación se expresa en valores porcentuales el incremento del tiempo de fraguado inicial así como del tiempo de fraguado final.

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL:

En el cuadro 6.4 se aprecia que existe una tendencia al aumento del tiempo de fraguado inicial con respecto al concreto patrón, la cual aumenta cuando se incrementa el porcentaje de sustitución del agregado grueso reciclado por el agregado natural.

Cuadro 6. 4: Porcentaje de variación del Tiempo de Fraguado Inicial respecto al concreto patrón (%) a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%
Patrón	04:50	100.00%	04:35	100.00%	04:00	100.00%
con 20% Reciclado	04:45	98.28%	04:40	101.82%	04:40	116.67%
con 50% Reciclado	05:00	103.45%	04:50	105.45%	04:20	108.33%
con 100% Reciclado	05:15	108.62%	05:20	116.36%	04:30	112.50%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.3 se muestra la variación del tiempo de fraguado inicial con respecto al concreto patrón, expresado en porcentaje.

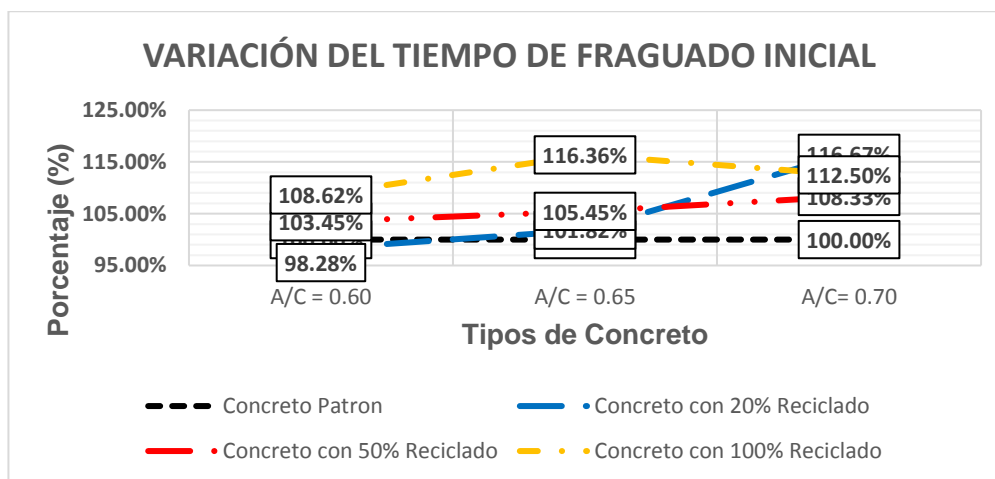


Figura 6. 3: Variación del Tiempo de Fraguado Inicial con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

Fuente: Elaboración propia

TIEMPO DE FRAGUADO FINAL:

En la cuadro 6.5 se aprecia que existe una tendencia al aumento del tiempo de fraguado final con respecto al concreto patrón, la cual aumenta cuando se incrementa el porcentaje de sustitución del agregado grueso reciclado por el agregado natural.

Cuadro 6. 5: Porcentaje de variación del Tiempo de Fraguado Final respecto al Concreto patrón (%) a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%
Patrón	07:20	100.00%	07:15	100.00%	07:25	100.00%
con 20% Reciclado	07:35	103.41%	07:20	101.15%	07:10	96.63%
con 50% Reciclado	07:25	101.14%	07:40	105.75%	07:35	102.25%
con 100% Reciclado	07:55	107.95%	08:15	113.79%	07:55	106.74%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.4 se muestra la variación del tiempo de fraguado final con respecto al concreto patrón, expresado en porcentaje.

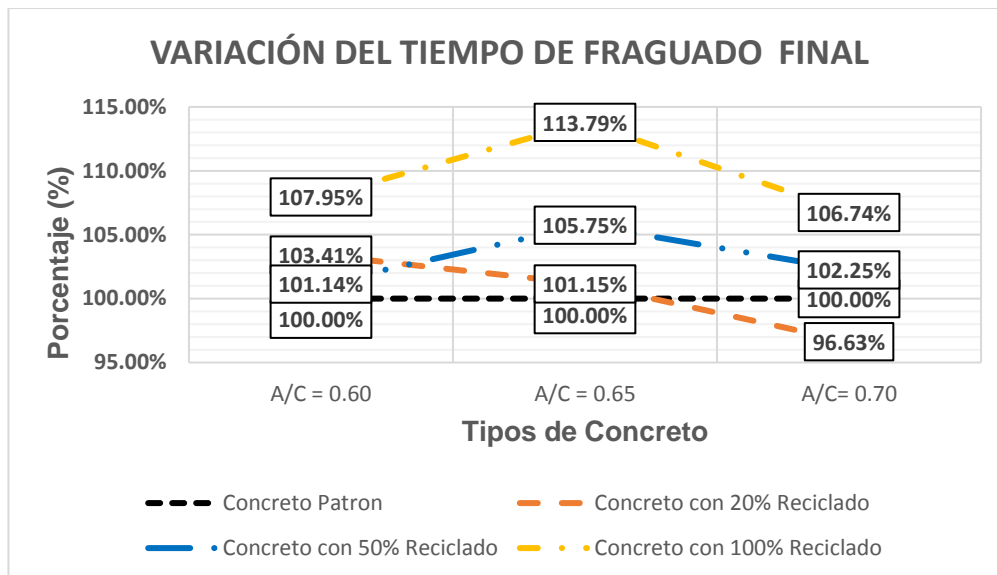


Figura 6. 4: Variación del Tiempo de Fraguado Final con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.
 Fuente: Elaboración propia

6.2.4. Contenido de Aire

Si bien algunos estudios realizados han determinado incrementos en la cantidad de aire ocluido en concretos fabricados con agregado reciclado, con variaciones entre el concreto de control y el concreto reciclado inferiores al 7%, la mayoría de ellos no presentan variaciones considerables.

La diferencia más considerable en cuanto al contenido de aire se presenta de manera más visible en los diseños donde se sustituyen más del 50% del agregado natural por el reciclado.

Cuadro 6. 6: Porcentaje de Variación del Contenido de aire con respecto al concreto patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70.

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Contenido Aire (%)	%	Contenido Aire (%)	%	Contenido Aire (%)	%
Patrón	3.33	100.00%	1.89	100.00%	2.34	100.00%
con 20% Reciclado	3.36	100.90%	1.98	104.76%	3.11	132.91%
con 50% Reciclado	4.29	128.83%	2.54	134.39%	3.44	147.01%
con 100% Reciclado	5.71	171.47%	4.58	242.33%	4.54	194.02%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.5 se muestra la variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón, expresado en porcentaje.

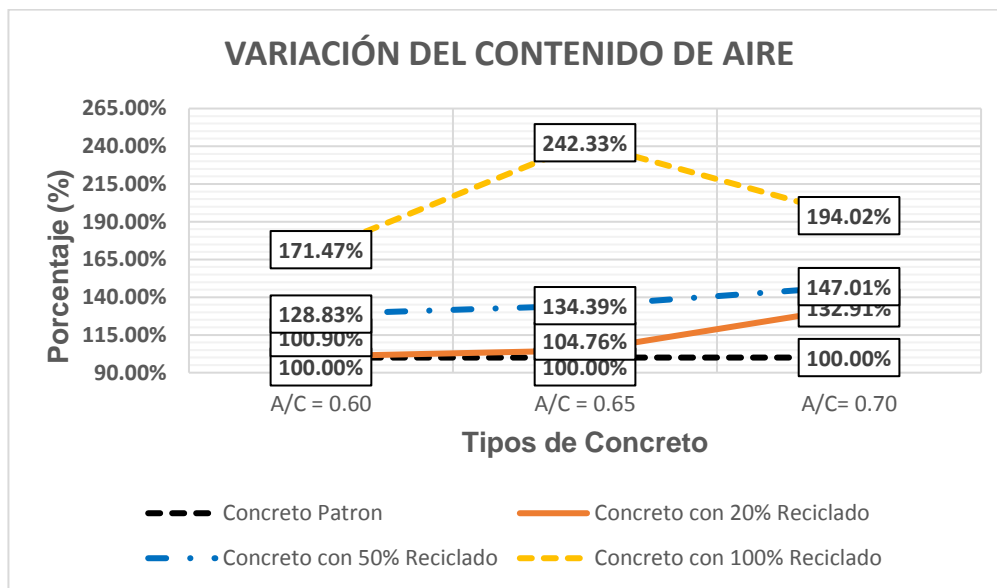


Figura 6. 5: Variación del Contenido de Aire con respecto al concreto Patrón a/c= 0.60, 0.65, 0.70

. Fuente: Elaboración propia

6.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

6.3.1. Resistencia a la Compresión

En el Cuadro 6.7 se compara la resistencia a la compresión del concreto con agregado reciclado con respecto al concreto patrón (sin agregado reciclado) obtenidos para los diferentes diseños de mezcla de concreto para las relaciones a/c establecidas.

Cuadro 6. 7: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.60.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión - f'c (Kg/cm ²)		Porcentaje de Variación (%) a los 7 días	Porcentaje de Variación (%) a los 28 días
	7 Días	28 Días		
A/C = 0.60	163.67	239.31	68%	100%
A/C= 0.60 20%	143.60	229.43	60%	96%
A/C= 0.60 50%	149.09	205.66	62%	86%
A/C= 0.60 100%	135.96	185.91	57%	78%

Fuente: Elaboración propia

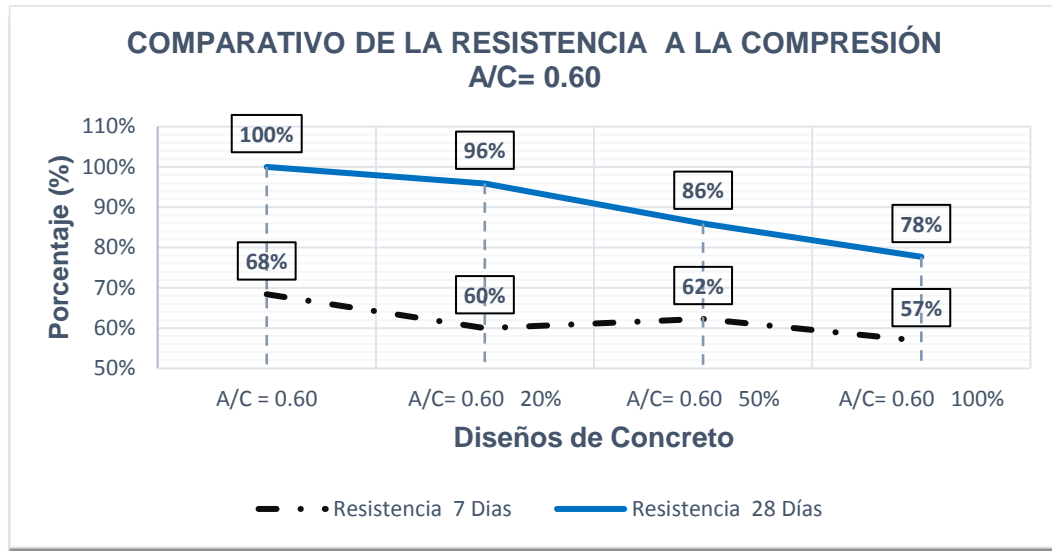


Figura 6. 6: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.60.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. 8: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.65.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión - f'c (Kg/cm ²)		Porcentaje de Variación (%) a los 7 días	Porcentaje de Variación (%) a los 28 días
	7 Días	28 Días		
A/C = 0.65	159.49	231.63	69%	100%
A/C= 0.65 20%	165.16	235.45	71%	102%
A/C= 0.65 50%	149.20	208.73	64%	90%
A/C= 0.65 100%	129.01	185.38	56%	80%

Fuente: Elaboración propia

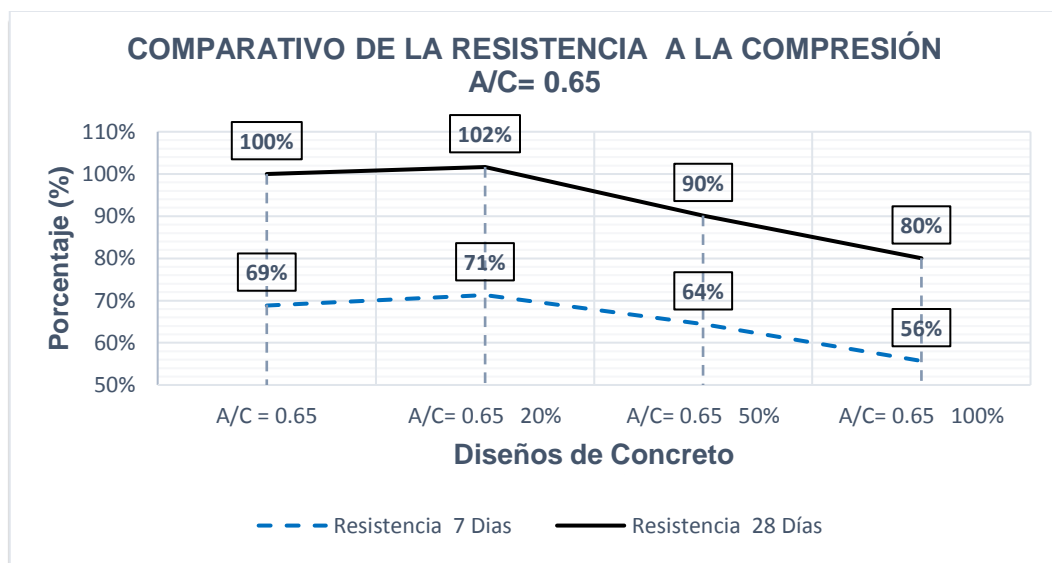


Figura 6. 7: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.65.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. 9: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado con respecto al concreto patrón, a/c= 0.70.

CONCRETO Relación A/C	Resistencia a la Compresión - f'c (Kg/cm ²)		Porcentaje de Variación (%) a los 7 días	Porcentaje de Variación (%) a los 28 días
	7 Días	28 Días		
A/C= 0.70	169.12	229.50	74%	100%
A/C= 0.70 20%	168.25	228.98	73%	100%
A/C= 0.70 50%	151.24	201.72	66%	88%
A/C= 0.70 100%	135.55	185.24	59%	81%

Fuente: Elaboración propia

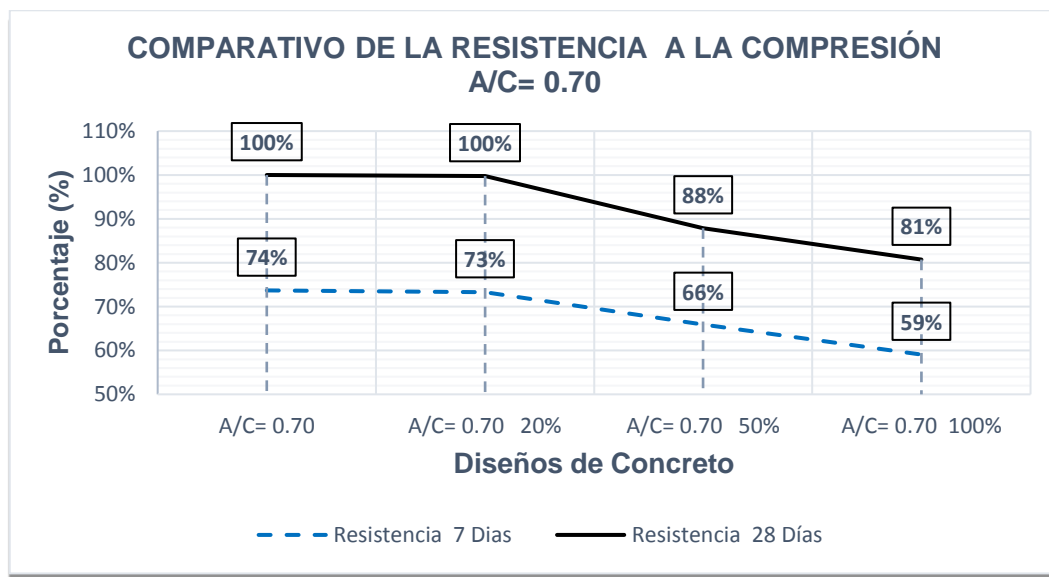


Figura 6. 8: Variación de la Resistencia a la Compresión con respecto al concreto Patrón a/c= 0.70.

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos 6.6, 6.7, 6.8 se aprecia que existe una tendencia a la disminución de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón, la cual disminuye cuando se incrementa la cantidad de agregado reciclado grueso. Debido a la cantidad de mortero adherido a la matriz rocosa que hace que el agregado reciclado tenga una menor resistencia mecánica que el agregado natural.

Las pérdidas de resistencia cuando la sustitución es del 20% del agregado reciclado oscilan entre 1% y 5%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y 20% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y 30% aproximadamente.

6.3.2. Resistencia a la Flexión

En el Cuadro 6.9 se compara la resistencia a la flexión del concreto con agregado reciclado con respecto al concreto patrón (sin agregado reciclado) obtenidos para los diferentes diseños de mezcla de concreto para las relaciones a/c establecidas.

Cuadro 6. 10: Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión a los 28 días con respecto al concreto patrón

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Flexión (Kg/cm2)	%	Flexión (Kg/cm2)	%	Flexión (Kg/cm2)	%
Patrón	37.20	100.00%	37.36	100.00%	36.81	100.00%
con 20% Reciclado	38.00	102.15%	40.39	108.10%	40.28	109.42%
con 50% Reciclado	37.10	99.73%	34.51	92.37%	36.43	98.96%
con 100% Reciclado	35.28	94.84%	32.34	86.55%	34.38	93.40%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6.10 se aprecia que existe una tendencia al incremento de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón, la cual aumenta cuando se incrementa la cantidad de agregado reciclado grueso.

Los incrementos de resistencia cuando la sustitución es del 20% del agregado reciclado oscilan entre 1% y 9%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% la resistencia disminuye 1% y 8% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% la resistencia a la flexión disminuye entre el 5% y 15% aproximadamente.

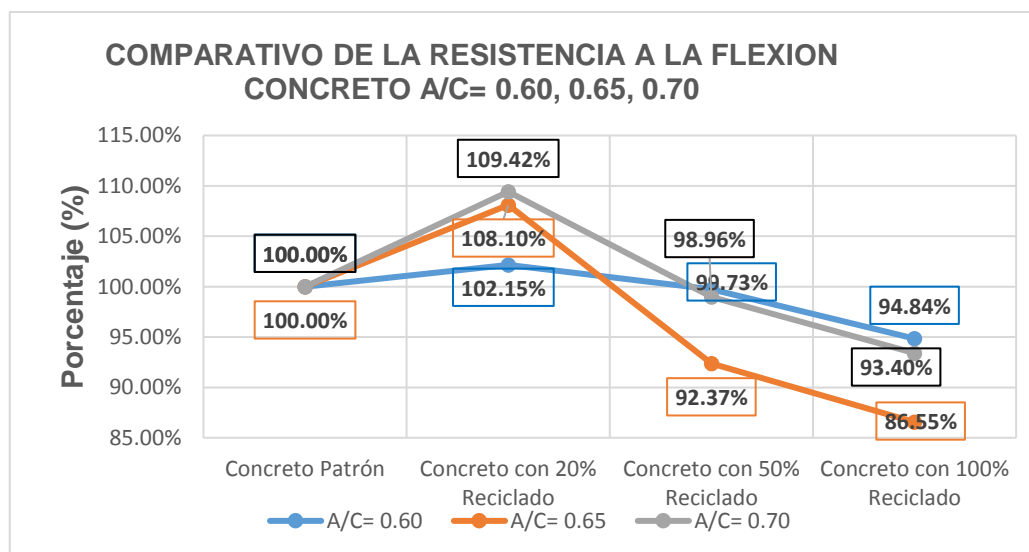


Figura 6. 9: Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión a los 28 días con respecto al concreto patrón.

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VII: ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

7.1. INTRODUCCIÓN

La puesta en marcha de un proyecto como el desarrollo de concreto con agregado reciclado este apoyada por la presencia de un mercado potencial que se enmarca en las necesidades y la disponibilidad, pero para la realización de dicho proyecto se ha de considerar la existencia de un mercado potencial, la disponibilidad de los recursos materiales, humanos, administrativos y financieros, pero como en todo proyecto se ha de corroborar las ventajas desde lo económico, social y ambiental para la consecución del bien (concreto con agregado reciclado).

7.2. PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE AGREGADO RECICLADO

7.2.1. Localización del Proyecto

Para hallar la localización del proyecto se toma en consideración los siguientes factores:

- a. Fuentes de Abastecimiento de Materias Primas.- Las fuentes abastecedoras de escombros de concreto que vienen a ser las edificaciones demolidas y residuos de construcción del área urbana de lima.
- b. Mercados.- La planta debe de encontrarse cercano al cono urbano para proveer de agregados reciclados a la ciudad de Lima.
- c. Medio de Transporte y Comunicación.- Tanto el ingreso de materias primas (escombros de concreto), así como la salida de los productos fabricados (agregado reciclado), requieren ser transportadas a través de maquinaria pesada, que requieren de vías de acceso óptimas para el tipo de maquinaria.
- d. Terrenos Disponibles y Construcción.- La existencia de terrenos donde ubicarse a precios razonables, así como de moderados costos de construcción.

Finalmente, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente se ha optado por ubicar la planta en el distrito de **Villa el Salvador**.

7.2.2. Tipo de Planta Semi-industrial

Chancadora Móvil.- Las plantas móviles debido a su excelente maniobrabilidad y su aceptable movilidad de traslado son diseñadas con la concepción de mantener una completa adaptación a variadas condiciones de operación, eliminando obstáculos causados por la ubicación, medio ambiente, configuración de fundaciones, consecuentemente, proporciona una simple operación, seguridad, operatividad durante el mantenimiento, etc.

Igualmente Las plantas Portables pueden ser fácilmente ajustadas para acomodarse a las aplicaciones de chancadas escogidas, desde la alimentación a las chancadoras y etapas de clasificación hasta en las opciones de clasificación o zarandeo.

Con tres etapas de chancado con chancadoras primaria, secundaria y terciaria donde el agregado llega a tener un tamaño de 1/2" o 3/8", entre estas máquinas tenemos.



Figura 7.1: Chancadora móvil de Cono (Formats Construction Machinery Co.)

7.2.3. Costos de Inversión, operación y Mantenimiento

El Costo es la medida, en términos monetarios, de los recursos utilizados para lograr un determinado proyecto.

a. Costo de Inversión (Fijo).- El costo de inversión es el gasto monetario en la adquisición de capital fijo o capital circulante, o el flujo de producción encaminado a aumentar el capital fijo de la sociedad o el volumen de existencias.

Cuadro 7.1: Costo de adquisición de activos fijos para la planta de producción de agregados.

ACTIVOS FIJOS	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Parcial
TERRENO	m ²	1500.00	S/. 800.00	S/. 1,200,000
INFRAESTRUCTURA				
Oficinas Administrativas	m ²	30.00	S/. 400.00	S/. 12,000
Área de Ventas	m ²	20.00	S/. 400.00	S/. 8,000
Área de Control de Calidad y Monitoreo	m ²	20.00	S/. 400.00	S/. 8,000
Cerco Perimétrico	m	180.00	S/. 510.00	S/. 91,800
Almacenes	m ²	50.00	S/. 700.00	S/. 35,000
Sistema de Abastecimiento de Agua	und	1.00	S/. 10,000.00	S/. 10,000
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS				
Trituradora Móvil de Concreto	und	1.00	S/. 800,000.00	S/. 800,000
Camión Volquete de 15m ³	und	1.00	S/. 255,000.00	S/. 255,000
Retroexcavadora	und	1.00	S/. 350,000.00	S/. 350,000
COSTO TOTAL FIJO				S/. 2,769,800

Fuente: Elaboración propia

b. Costo de Producción y Mantenimiento.-Son los gastos incurridos en los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de fabricación cargados a los trabajos en su proceso, el costo de mantenimiento es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico.

Cuadro 7.2: Costo de operación y mantenimiento para la planta de producción de agregados.

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Parcial
PERSONAL ADMINISTRATIVO				
Gerente General	und	1.00	S/. 4,500	S/. 4,500
Encargado de Ventas	und	1.00	S/. 3,000	S/. 3,000
Almacenero	und	1.00	S/. 2,500	S/. 2,500
Técnico Laboratorista	und	1.00	S/. 3,000	S/. 3,000
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS				
Operador de Planta Móvil	und	1.00	S/. 3,500	S/. 3,500
Operadores de Camión Volquete	und	2.00	S/. 3,000	S/. 6,000
Operador de Cargador Frontal	und	1.00	S/. 3,000	S/. 3,000
Operador de Excavadora	und	1.00	S/. 3,000	S/. 3,000
Mantenimiento de Equipos y Maquinaria	und	2.00	S/. 3,000	S/. 6,000
Servicio de Personal de Seguridad	und	2.00	S/. 2,500	S/. 5,000
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				S/. 39,500

Fuente: Elaboración propia

Costo anual de operación y mantenimiento = $39500 * 12 =$ s/ 474000

7.2.4. Flujo de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento

Considerando la capacidad de la Trituradora móvil de agregados de 20 – 100 Ton/h se producirá 35 ton/h de agregado reciclado, en consecuencia una producción anual de 100800 Ton, por un periodo de 10 años, interés de la inversión al 12% anual.

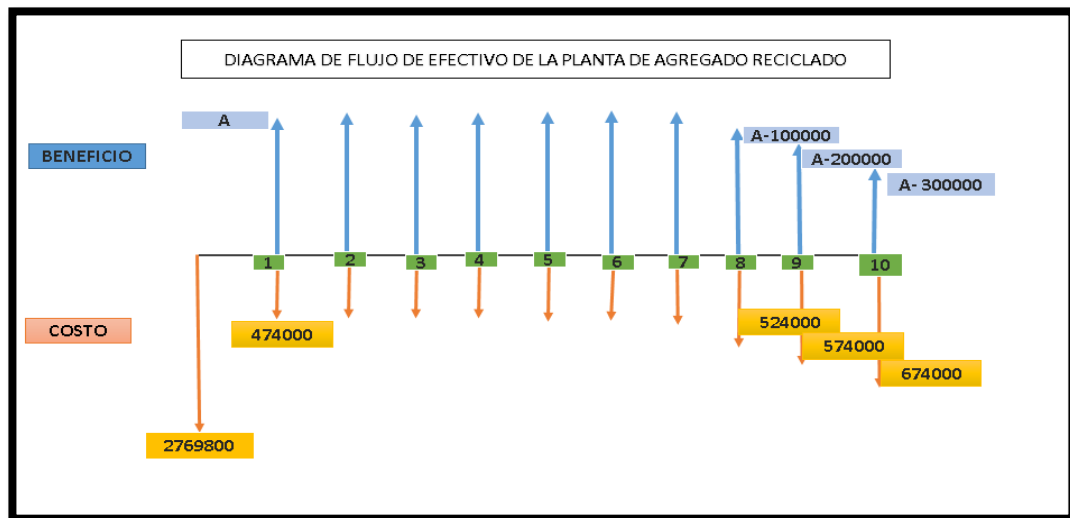


Figura 7.2: Diagrama de Flujo de Efectivo de Planta de Agregado
Fuente: Elaboración propia

Hallando el costo total de inversión del siguiente esquema.

P = Valor presente

F = Suma Futura de Dinero

A = Serie uniforme de Pagos

G = Cantidad de Incremento Anual

$$\text{COSTO} = 2729800 + 474000 * (P/A, 12\%, 10) + 50000 * (P/G, 12\%, 3) * (P/F, 12\%, 7)$$

$$\text{COSTO} = 2729800 + 474000 * 5.6502 + 50000 * 2.2207 * 0.4523$$

$$\text{COSTO} = \text{s/ } 5458215. (1)$$

$$\text{BENEFICIO} = A * (P/A, 12\%, 10) - 100000 * (P/G, 12\%, 3) * (P/F, 12\%, 7)$$

$$\text{BENEFICIO} = A * 5.6502 - 100000 * 2.2207 * 0.4523$$

$$\text{BENEFICIO} = A * 5.5497 - 100442.26 (2)$$

Para no generar pérdidas BENEFICIO = COSTO, de (1) y (2)

$$A = \text{s/ } 948244.79$$

Lo cual quiere decir que se necesita como mínimo un ingreso anual de s/ 948244.79, para no generar pérdidas.

Para el proyecto se plantea un ingreso anual de s/ 1200000.

7.2.5. Parámetros de Evaluación Económica (VAN y TIR)

El Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa de Interna de Retorno (TIR) son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión (Jenkins, 2000)

a. Valor actual neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión.

La fórmula del VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(i + 1)^t}$$

La tasa de descuento (TD) con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es el la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar.

$VAN > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$VAN < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

Entonces para hallar el VAN se necesitan:

- Tamaño de la inversión. = s/ 2769800
- Tasa de descuento. = 12%
- Flujo de caja neto proyectado.

Cuadro 7.3: Flujo de caja neto

AÑOS	FLUJO DE BENEFICIO	FLUJO DE COSTO	FLUJO NETO
0	0	2769800	S/. -2,769,800.00
1	1200000	474000	S/. 726,000.00
2	1200000	474000	S/. 726,000.00
3	1200000	474000	S/. 726,000.00
4	1200000	474000	S/. 726,000.00
5	1200000	474000	S/. 726,000.00
6	1200000	474000	S/. 726,000.00
7	1200000	474000	S/. 726,000.00
8	1100000	524000	S/. 576,000.00
9	1000000	574000	S/. 426,000.00
10	900000	674000	S/. 226,000.00

Fuente: Elaboración propia

VAN= S/. 1,002,509.81

VAN > 0: Se acepta el proyecto

b. Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable.

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- Tamaño de inversión.
- Flujo de caja neto proyectado.

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(i + 1)^t} = 0$$

Hallar el valor del TIR mediante la interpolación lineal:

i= 21, VAN= 12536.78

$i= 22$, $VAN= -70687.27$

Interpolando para un $VAN= 0$ tenemos: $TIR=21.15\%$

El proyecto se acepta.

En resumen:

Cuadro 7.3: Ingreso por metro cubico de agregado reciclado

PROYECTO DE PLANTA DE AGREGADO RECICLADO		
PRODUCCIÓN ANUAL DE AGREGADO RECICLADO	ton	100800.00
INGRESOS ANUAL DE AGREGADO RECICLADO	s/	1200000.00
INGRESO POR TONELADA PRODUCIDA	s/	11.90
INGRESO POR METRO CUBICO	s/	26.11

Fuente: Elaboración propia

7.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO

Las diferencias de costos que encontramos relacionados con la elaboración de un concreto convencional y uno con agregado de concreto reciclado, se basan en el costo del agregado grueso reciclado, el costo de reducir de sus gastos actividades como el transporte y disposición de residuos, los cuales son rubros que en movimiento importantes de demolición representan un ahorro considerable, pero además las plantas productoras del agregado utilizan el medio ambiente como fuente de insumos deben pagar por explotar los recursos naturales del medio ambiente, en consecuencia las plantas productoras de agregado natural deben asumir este costo ambiental e incluirlo como otro componente más dentro de la estructura de costos totales.

Además de los beneficios para el medio ambiente, utilizar concreto reciclado también puede ser económico, según la situación y condiciones locales. Los factores incluyen:

1. Confiabilidad de la oferta, calidad y cantidad de residuos de concreto (disponibilidad de materiales y capacidad de las instalaciones de reciclaje)
2. Opinión pública sobre la calidad de los productos reciclados
3. Estándares y regulaciones que exijan tratamientos diferenciados para agregados reciclados y material primario
4. Impuestos y tasas sobre los agregados naturales y vertederos municipales

Cuando se adopta la opción de utilizar materias primas recicladas como el agregado de concreto reciclado, encontramos que los precios del agregado de concreto reciclado frente al agregado de concreto natural denota un ahorro del 33.9%; esto se debe a que los costos de producción del agregado natural vinculan la utilidad que se espera obtener al explotar cualquier terreno y los costos de trámites y licencias de explotación.

7.4. CUADROS Y GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis comparativo de costos de concreto con y sin agregado reciclado muestra un incremento a medida que se reemplaza un mayor porcentaje de agregado reciclado, los diseños se realizan con una relación de agua cemento constante, como se añade una mayor cantidad de agregado reciclado (alta absorción) para mantener la trabajabilidad requerida el agua de diseño se tiene que incrementar, en consecuencia para mantener constante la relación de agua cemento se añade una mayor cantidad de cemento, la mayor cantidad de cemento origina que los costos del concreto se eleven cuando mayor es el porcentaje de sustitución del agregado reciclado.

Todo cambio en el análisis de costos de los diseños es debido a que las variaciones en el agregado reciclado implican variaciones en los demás componentes.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE 1M3 DE CONCRETO.

a) Costo del diseño de concreto para la relación a/c: 0.60

Cuadro 7. 1: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.60 para los porcentajes de sustitución.

COSTOS DE LOS DISEÑOS DE CONCRETO a/c = 0.60				
RELACIÓN	a/c = 0.60	a/c=0.60 - 20%	a/c = 0.60 - 50%	a/c = 0.60 -100%
COSTOS/ m3	S/. 197.92	S/. 198.58	S/. 199.57	S/. 203.40

Fuente: Elaboración propia

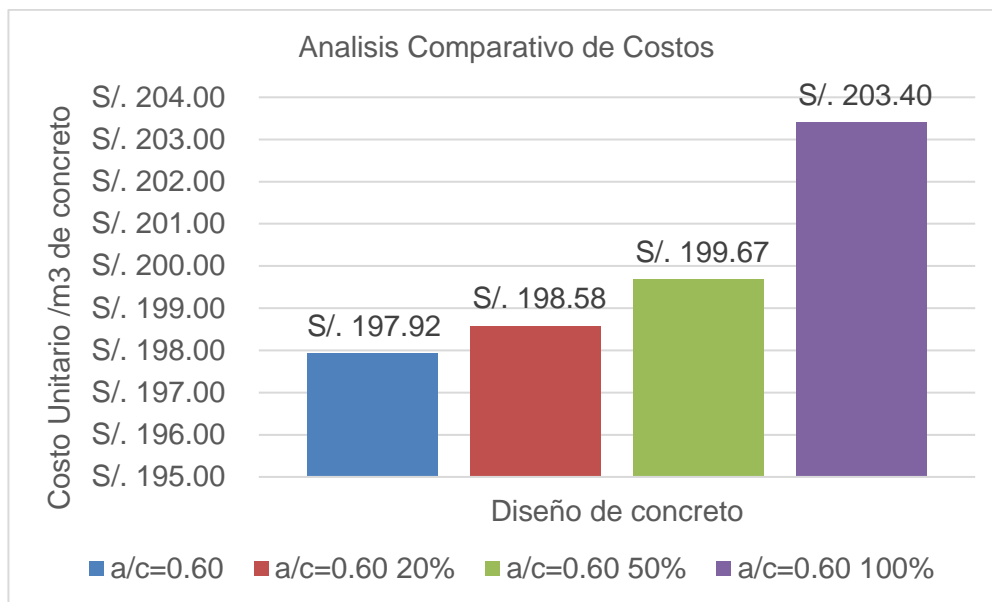


Figura 7. 1: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los n porcentajes de sustitución del agregado reciclado.
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. 2: Comparativo de costos con respecto al concreto patrón para a/c= 0.60.

COMPARATIVO DE COSTOS CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON				
RELACIÓN	a/c = 0.60	a/c = 0.60-20%	a/c = 0.60-50%	a/c = 0.60-100%
COSTOS/ m3	S/. 197.92	S/. 198.58	S/. 199.67	S/. 203.40
Porcentaje (%)	100.00%	100.33%	100.89%	102.77%

Fuente: Elaboración propia

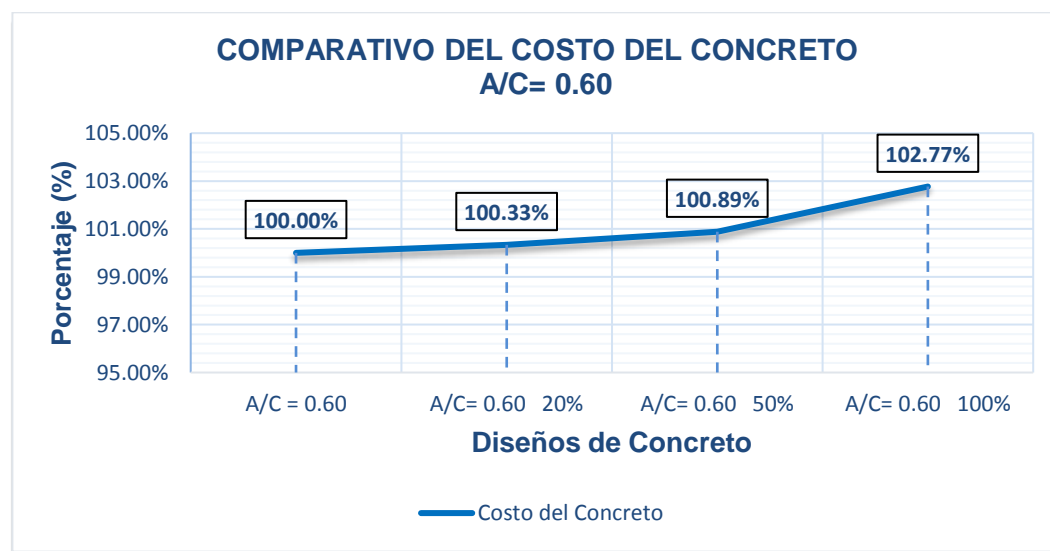


Figura 7. 2: Comparativo de Costos del Concreto Reciclado con respecto al Concreto patrón para la relación a/c=0.60.
Fuente: Elaboración propia

b) Costo del diseño de concreto para la relación a/c: 0.65

Cuadro 7. 3: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.65 para los porcentajes de sustitución.

COSTOS DE LOS DISEÑOS DE CONCRETO a/c = 0.65				
RELACIÓN	a/c = 0.65	a/c = 0.65-20%	a/c = 0.65 - 50%	a/c = 0.65 -100%
COSTOS/ m3	S/. 182.07	S/. 185.35	S/. 186.08	S/. 189.89

Fuente: Elaboración propia

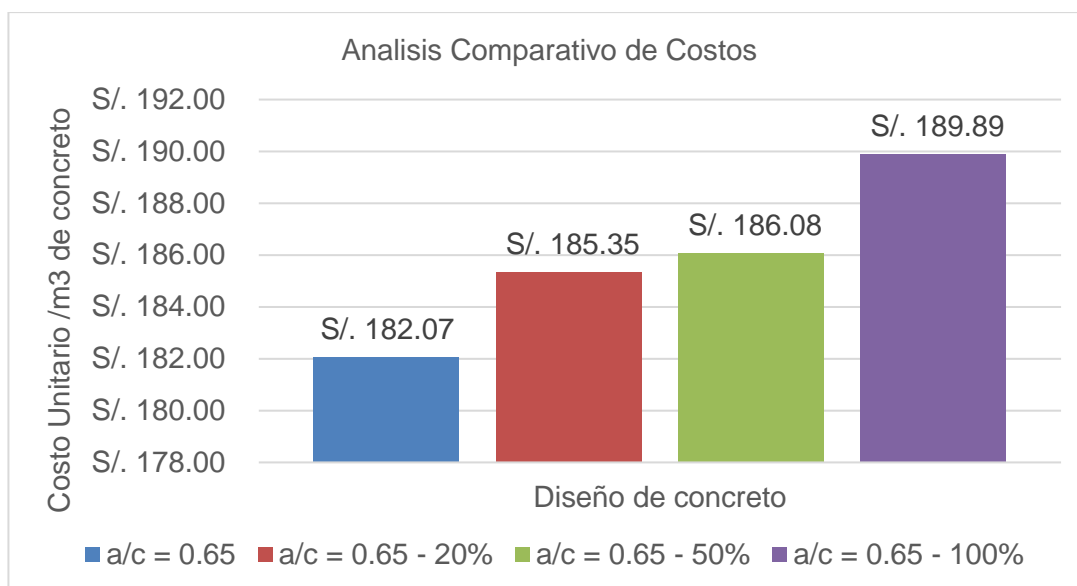


Figura 7. 3: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los porcentajes de sustitución del agregado reciclado.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. 4: Comparativo de costos con respecto al concreto patrón para a/c= 0.65

COMPARATIVO DE COSTOS CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON				
RELACIÓN	a/c = 0.65	a/c = 0.65 20%	a/c = 0.65 50%	a/c = 0.65 100%
COSTOS/ m3	S/. 182.07	S/. 185.35	S/. 186.08	S/. 189.89
Porcentaje (%)	100.00%	101.80%	102.20%	104.29%

Fuente: Elaboración propia

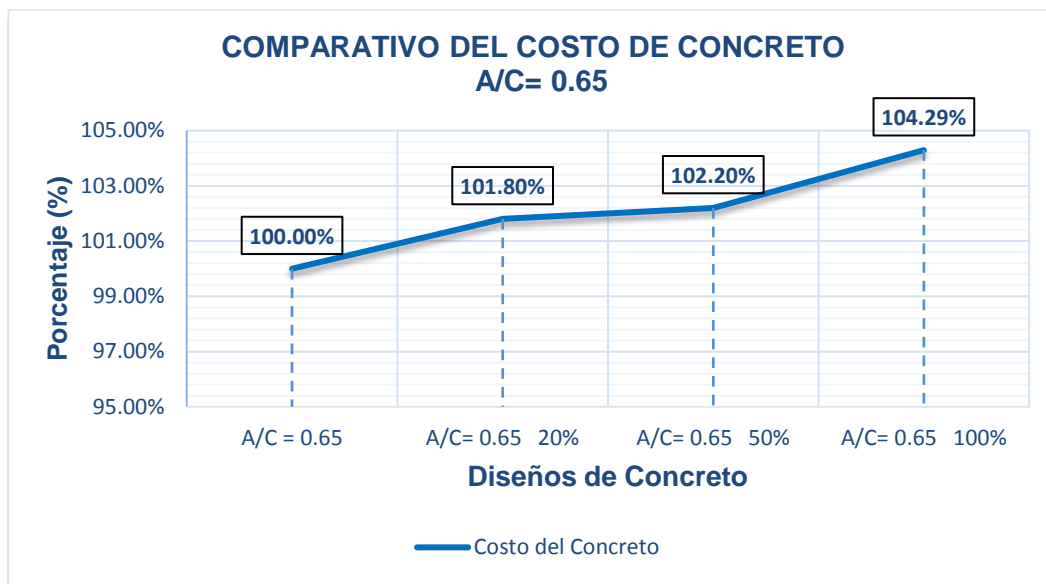


Figura 7. 4: Porcentaje de Disminución de Costos con respecto al concreto patrón para la relación a/c=0.65.

Fuente: Elaboración propia

c) Costo del diseño de concreto para la relación a/c: 0.70

Cuadro 7. 5: Costo de los diseños de concreto para la relación agua cemento a/c = 0.70 para los porcentajes de sustitución.

COSTOS DE LOS DISEÑOS DE CONCRETO a/c=0.70				
RELACIÓN	a/c = 0.70	a/c=0.70 -20%	a/c=0.70 - 50%	a/c=0.70 - 100%
COSTOS/ m3	S/. 174.15	S/. 174.98	S/. 179.05	S/. 182.61

Fuente: Elaboración propia

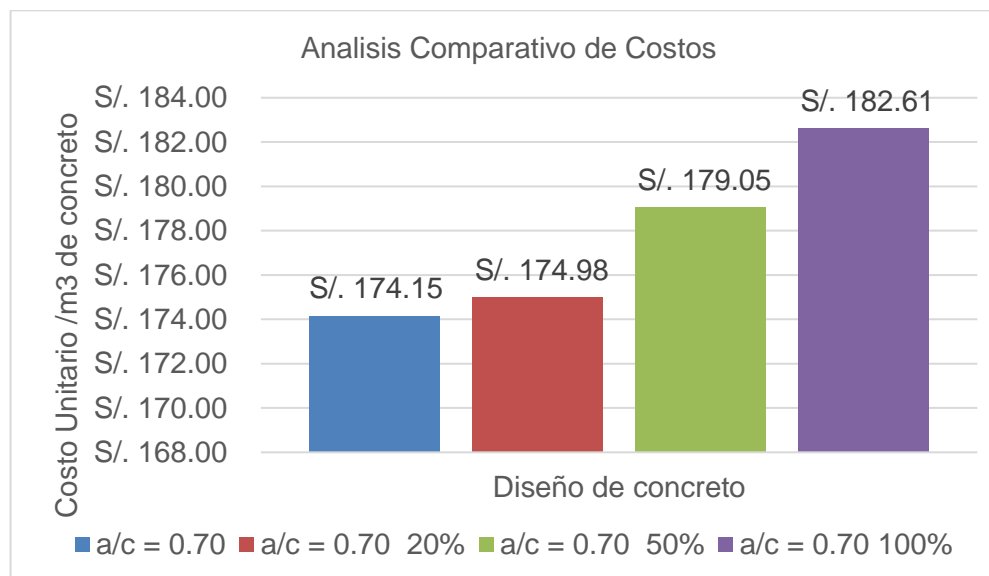


Figura 7. 5: Variación de costos de los Diseños de Concreto para los porcentajes de sustitución del agregado reciclado.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. 6: Comparativo de costos con respecto al concreto patrón para la relación de a/c= 0.70

COMPARATIVO DE COSTOS CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON				
RELACIÓN	a/c = 0.70	a/c = 0.70 20%	a/c = 0.70 50%	a/c = 0.70 100%
COSTOS/ m3	S/. 174.15	S/. 174.98	S/. 179.05	S/. 182.61
Porcentaje (%)	100.00%	100.48%	102.81%	104.86%

Fuente: Elaboración propia

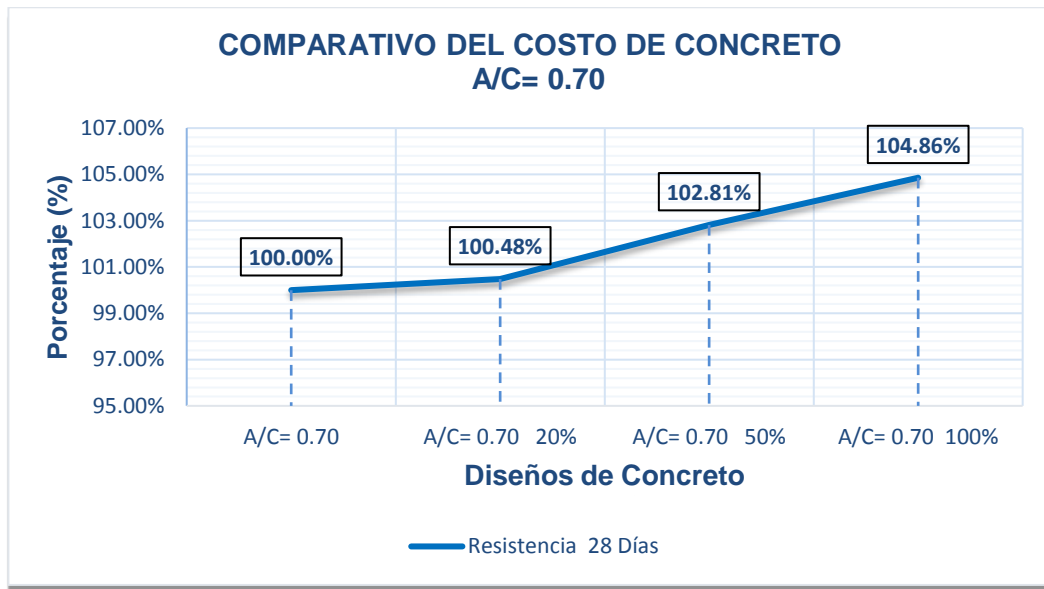


Figura 7. 6: Porcentaje de Disminución de Costos con respecto al concreto patrón para la relación a/c=0.70.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha mantenido constante la relación A/C del concreto al realizar la sustitución del agregado natural por el agregado reciclado grueso, se ha diseñado concreto de entre 175 kg/cm² y 245 kg/cm² y consistencia fluida que cubre la gran mayoría de concretos fabricados en el medio.

La importancia de los porcentajes de sustitución era crucial ya que se analizó hasta el nivel de sustitución del 100% del agregado grueso, pero las variaciones más importantes del concreto reciclado se presentan a partir del nivel de sustitución superior al 50%.

I. En las propiedades del agregado reciclado se concluye en cuanto a:

- Absorción:

La absorción en el agregado reciclado (7.20%) es aproximadamente 10 veces mayor que del agregado natural de ahí la diferencia en el diseño se de en cuanto a la cantidad de agua a emplear cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución por el agregado reciclado.

Los resultados corroboran las investigaciones sobre la absorción de los agregados reciclados entre 4 % - 13% (ACHE, 2006).

II. En las propiedades del concreto reciclado en estado fresco se concluye en cuanto a:

- Asentamiento: El asentamiento disminuye llegando a 83.12% del asentamiento del concreto patrón, para el 100% de la sustitución por agregado reciclado.

La pérdida de asentamiento es más rápida, ya que después del amasado el concreto el agregado grueso reciclado continúa absorbiendo agua, para concretos premezclados que tienen que ser transportados por un determinado tiempo esto supone un problema.

- Peso unitario: El porcentaje de sustitución del agregado grueso reciclado es el factor más determinante para la variación del peso unitario del concreto fresco. Cuando el porcentaje de sustitución es del 20% el peso unitario disminuye aproximadamente 1.5% del peso unitario del concreto patrón, cuando el porcentaje de sustitución es del 50% el peso unitario disminuye

aproximadamente 3%, cuando el porcentaje de sustitución es del 100% el peso unitario disminuye aproximadamente 5 % del peso unitario del concreto patrón.

- **Contenido de aire:** Aumenta hasta alrededor de un 100% del contenido de aire del concreto patrón, para el concreto con 100% de agregado reciclado grueso. Las variaciones son grandes comparadas a otros estudios como Laserna A. Santiago, donde el contenido de aire llega a un 7% en el caso del 100% de sustitución del agregado reciclado.
- **Tiempo de fraguado:** El tiempo de fraguado inicial del concreto reciclado se incrementa un 16.67% del TFI del concreto patrón, el tiempo de fraguado final se incrementa un 13.79 % del TFF del concreto patrón, correspondiendo estos incrementos al concreto con 100% de agregado grueso reciclado.

DISEÑO DE CONCRETO	A/C = 0.60		A/C = 0.65		A/C= 0.70	
	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%	Tiempo (Horas)	%
Patrón	07:20	100.00%	07:15	100.00%	07:25	100.00%
con 20% Reciclado	07:35	103.41%	07:20	101.15%	07:10	96.63%
con 50% Reciclado	07:25	101.14%	07:40	105.75%	07:35	102.25%
con 100% Reciclado	07:55	107.95%	08:15	113.79%	07:55	106.74%

III. En las propiedades del concreto en estado endurecido se concluye en cuanto a:

- **Resistencia a la compresión:** Las pérdidas de resistencia a la compresión cuando la sustitución es del 20% del agregado reciclado están entre 1% y 5%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% las pérdidas de resistencia están entre el 1% y 15% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y 25%.

Los resultados son coincidentes tal como lo describe Laserna A. Santiago, la bajada de resistencia varía en función al porcentaje de sustitución, de manera que para un r= 100% la resistencia disminuye, como media, entre un 15 – 20%, llegando a un 10% en los mejores casos y un 30% en los peores.

- **Resistencia a la flexión:** Las variaciones de resistencia a la flexión cuando la sustitución es del 20% del agregado reciclado se incrementan entre 1% - 9%, cuando el porcentaje de sustitución aumenta al 50% la resistencia disminuye entre el 1% - 8% y cuando el porcentaje de sustitución llega al 100% la resistencia a la flexión disminuye entre el 5% y 15%.

Según describe ACHE (2006) para sustituciones que afectan únicamente a las fracciones gruesas suponen pérdidas de resistencia a flexión entre el 6% y el 20%, lo anómalo está en el porcentaje de sustitución al 20% donde los resultados muestran un incremento a la resistencia a la flexión.

IV. En los costos del diseño de concreto reciclado se concluye:

En cuanto al diseño de concreto con agregado reciclado el costo presenta un incremento a medida que se añade un mayor porcentaje de sustitución por el agregado reciclado, el costo se incrementa esta entre el 1% y 5%, los incrementos se deben a que los distintos diseños se realizaron tomando en consideración una misma relación de agua cemento, como se añade una mayor cantidad de agregado reciclado (alta absorción) para mantener la trabajabilidad requerida el agua de diseño se tiene que incrementar, en consecuencia para mantener constante la relación de agua cemento se añade una mayor cantidad de cemento, la mayor cantidad de cemento origina que los costos del concreto se eleven cuando mayor es el porcentaje de sustitución del agregado reciclado.

COMPARATIVO DE COSTOS CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON				
RELACIÓN	a/c = 0.70	a/c = 0.70 20%	a/c = 0.70 50%	a/c = 0.70 100%
COSTOS/ m3	S/. 174.15	S/. 174.98	S/. 179.05	S/. 182.61
Porcentaje (%)	100.00%	100.48%	102.81%	104.86%

RECOMENDACIONES

- Los ensayos previos de dosificación resultan muy recomendables, la experiencia en la dosificación del concreto convencional no es de aplicación directa en el concreto reciclado.
- Necesaria la identificación del origen de los escombros para saber la naturaleza del material (mezcla de concreto), presencia de impurezas (cerámico, madera, asfalto), detalles sobre su procedencia (el tipo de estructura de la que procede).
- Es aconsejable que los agregados reciclados procedentes de concretos de muy distintas calidades se almacenen separadamente, debido a que la calidad del concreto de origen influye en la calidad del agregado reciclado, obteniéndose agregado con mejores propiedades a partir de concretos de buena calidad.
- En concretos reciclados con sustituciones superiores al 20%, y debido a la menor calidad de los agregados reciclados, para mantener la misma resistencia que un concreto convencional, el concreto fabricado con agregados reciclados necesitará un contenido mayor de cemento o una menor relación agua/cemento en su dosificación.
- La absorción de agua por parte agregado reciclado grueso es mucho mayor comparado al agregado natural por ello es aconsejable la pre saturación del agregado reciclado para una mejor consistencia del concreto.
- El tiempo de amasado no debe ser excesivamente prolongado para evitar la generación de finos debido al mortero adherido del agregado reciclado.
- La mayor heterogeneidad que suelen presentar los agregados reciclados cuando proceden de varios tipos de concreto de origen, hace necesario un mayor control de sus propiedades, especialmente aquellas que son más desfavorables en este tipo de agregados, como son su absorción, contenido de finos, contenido de impurezas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Científico Técnico del Hormigón Estructural (ACHE), "Norma N.11", Comisión 2-GT2/5-Hormigón Reciclado, Madrid, 2006.
2. Cachay Huamán, Rafael, "Diseño de Mezclas - Método de Agregado Global y Módulo de Finura, para Concretos de Mediana a Alta Resistencia", Tesis UNI- FIC, Lima- Perú, 1995.
3. INDECOPI, "NTP 339.034, Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto", Tercera Edición, Lima 2013.
4. INDECOPI, "NTP 339.035, Hormigón. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams", Tercera Edición, Lima 2009.
5. INDECOPI, "NTP 339078, Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo", Tercera Edición, Lima 2012.
6. INDECOPI, "NTP 400.012, Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global", Tercera edición, Lima 2013.
7. INDECOPI, "NTP 400.021, Agregados. Métodos de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino", Tercera edición, Lima 2013.
8. INDECOPI, "NTP 400.022, Agregados. Métodos de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso", Tercera edición, Lima 2013.
9. INDECOPI, "NTP "400.021, Agregados. Métodos de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso", Tercera edición, Lima 2013.
10. INDECOPI, "NTP 400.050 "Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Generalidades", Primera Edición, Lima 1999.

11. INDECOPI, "NTP 400.053 "Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición", Primera Edición, Lima 1999.
12. Laserna A. Santiago "Avances en el Comportamiento del Hormigón Reciclado: Fabricación, Propiedades Mecánicas y simulación Numérica". Tesis Doctoral UNCLM, Albacete 2015.
13. Pasquel C., Enrique. "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú" Ediciones CIP Segunda Edición, Lima 1998.
14. Riwa López, Enrique, Materiales para el Concreto, ICG, Lima - Perú, 2010.
15. Torre Carrillo A., "Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles", FIC - Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2004.

ANEXOS

- ANEXO A: AGREGADOS**
- ANEXO B: DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO**
- ANEXO C: PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO**
- ANEXO D: PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO**
- ANEXO E: CUADROS DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS**
- ANEXO F: FOTOGRAFÍAS**

AGREGADOS:

AGREGADO FINO

1. PESO UNITARIO

1.1. Peso Unitario Suelto (PUS)

P.U.S Agregado Fino	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/10 p3)	0.0028316	0.0028316	0.0028316	m3
W Recipiente	1.5772	1.5772	1.5772	Kg
W Recipiente + Suelto	6.2765	6.2725	6.2740	Kg
P.U.S	1659.59	1658.18	1658.71	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1658.83			Kg/ m3

1.2. Peso Unitario Compactado (PUC)

P.U.C Agregado Fino	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/10 p3)	0.0028316	0.0028316	0.0028316	m3
W Recipiente	1.5772	1.5772	1.5772	Kg
W Recipiente + Suelto	6.5290	6.5310	6.5285	Kg
P.U.S	1748.76	1749.47	1748.59	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1748.94			Kg/ m3

2. CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)

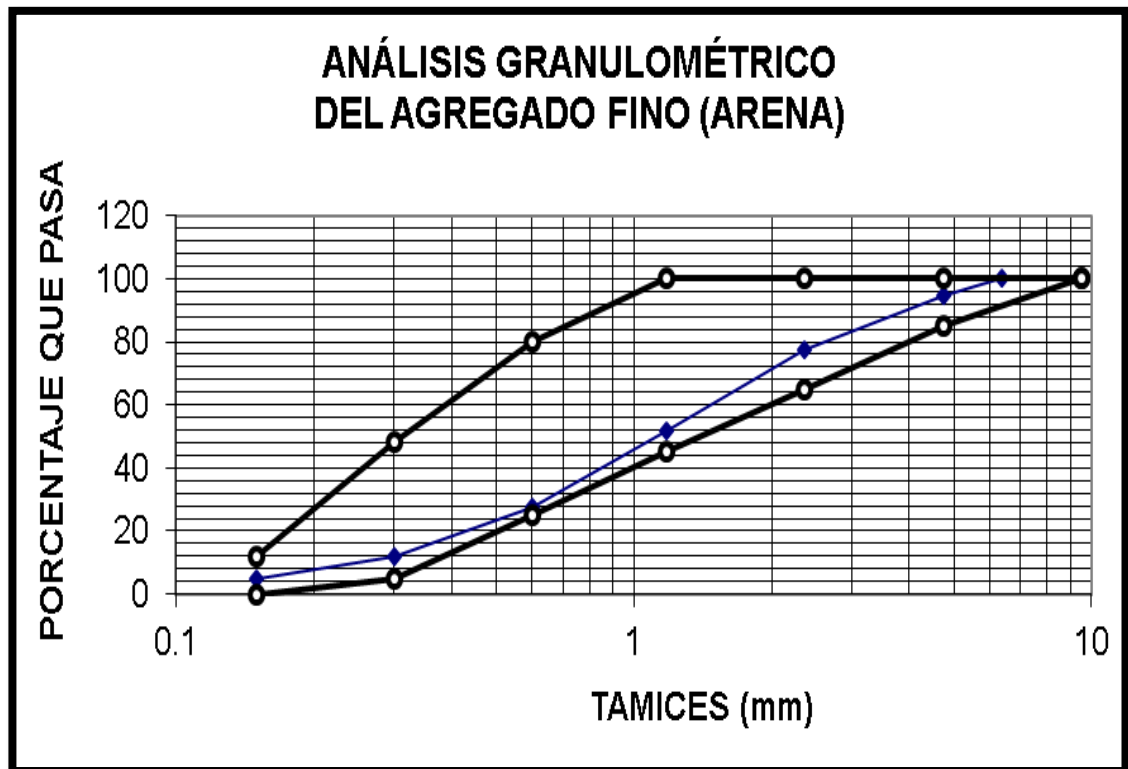
DESCRIPCIÓN	MUESTRA
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	500
Peso de la Tara (gr)	215.7
Peso Seco + Tara (gr)	703.6
Peso Seco (gr)	487.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.48%

3. PESO ESPECIFICO (PE) Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS)

PROCEDIMIENTO	MUESTRA
Peso Superficialmente seco	500
Peso s.s.s + Peso Balón + Peso Agua	946.7
Peso del Balón	140
Peso del Agua (W)	306.7
Peso de la arena secada al horno (A)	492.2
Volumen del Balón (V)	500
CALCULOS	
Peso Específico de Masa $A/(V-W)$	2.55
Peso Específico S.S.S $500/(V-W)$	2.59
Peso Específico Aparente $A / ((V-W)-(500-A))$	2.65
Porcentaje de Absorción $(500-A)*100/A$	1.58

4. GRANULOMETRIA

Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret.Pasa Acu.
3/4"				100
1/2"				100
3/8"	0	0	0	100
1/4"	0	0	0	100
Nº 4	27.3	5.46	5.46	94.54
Nº 8	85.9	17.18	22.64	77.36
Nº 16	128.4	25.68	48.32	51.68
Nº 30	121.7	24.34	72.66	27.34
Nº 50	76.3	15.26	87.92	12.08
Nº 100	36.6	7.32	95.24	4.76
FONDO	23.8	4.76	100	0
TOTAL	500	100		



5. MODULO DE FINURA

Tamiz (ASTM)	%Ret. Acu.
3/8"	0
1/4"	0
Nº 4	5.46
Nº 8	22.64
Nº 16	48.32
Nº 30	72.66
Nº 50	87.92
Nº 100	95.24
suma (A)	332.24

$$MF = A/100 = 332.24/100 = 3.32$$

AGREGADO GRUESO

1. PESO UNITARIO

1.1. Peso Unitario Suelto (PUS)

P.U.S Agregado Grueso	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	17.8900	17.8750	17.8940	Kg
P.U.S	1433.43	1431.84	1433.85	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1433.04			Kg/ m3

P.U.S Agregado Grueso Reciclado 20%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	17.3440	17.3260	17.3322	Kg
P.U.S	1375.58	1373.68	1374.33	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1374.53			Kg/ m3

P.U.S Agregado Grueso Reciclado 50%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	16.5000	16.5025	16.4895	Kg
P.U.S	1286.17	1286.43	1285.05	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1285.88			Kg/ m3

P.U.S Agregado Grueso Reciclado 100%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	15.1100	15.1300	15.0850	Kg
P.U.S	1138.90	1141.02	1136.26	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1138.73			Kg/ m3

1.2. Peso Unitario Compactado (PUC)

P.U.C Agregado Grueso	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	19.1000	19.2000	19.1500	Kg
P.U.S	1561.62	1572.22	1566.92	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1566.92			Kg/ m3

P.U.C Agregado Grueso Reciclado 20%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	18.6000	18.6500	18.6600	Kg
P.U.S	1508.65	1513.95	1515.01	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1512.54			Kg/ m3

P.U.C Agregado Grueso Reciclado 50%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	17.8500	17.8250	17.9250	Kg
P.U.S	1429.19	1426.54	1437.14	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1430.96			Kg/ m3

P.U.C Agregado Grueso Reciclado 100%	E1	E2	E3	Unidades
V Recipiente (1/3 p3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389	m3
W Recipiente	4.3600	4.3600	4.3600	Kg
W Recipiente + Suelto	16.6000	16.4500	16.7000	Kg
P.U.S	1296.76	1280.87	1307.36	Kg/ m3
P.U.S Promedio	1295.00			Kg/ m3

2. PESO ESPECIFICO (PE) Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS)

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO CONVENCIONAL	
PROCEDIMIENTO	MUESTRA
Peso de la Muestra Seca (A)	3975
Peso de la Muestra S.S.S (B)	4000
Peso de la Muestra S.S.S + Peso Canastilla	3410.6
Peso de Canastilla	935
Peso de la Muestra Saturada sumergida en Agua (C)	2475.6
CALCULOS	
Peso Específico de Masa $A/(B-C)$	2.608
Peso Específico S.S.S $B/(B-C)$	2.624
Peso Específico Aparente $A/(A-C)$	2.651
Porcentaje de Absorción $(B-A)*100/A$	0.629

PESO ESPECIFICO 20% AGREGADO RECICLADO	
PROCEDIMIENTO	MUESTRA
Peso de la Muestra Seca (A)	3926.2
Peso de la Muestra S.S.S (B)	4000
Peso de la Muestra S.S.S + Peso Canastilla	3374.88
Peso de Canastilla	935
Peso de la Muestra Saturada sumergida en Agua (C)	2439.88
CALCULOS	
Peso Específico de Masa $A/(B-C)$	2.52
Peso Específico S.S.S $B/(B-C)$	2.56
Peso Específico Aparente $A/(A-C)$	2.64
Porcentaje de Absorción $(B-A)*100/A$	1.88

PESO ESPECIFICO 50% AGREGADO RECICLADO	
PROCEDIMIENTO	MUESTRA
Peso de la Muestra Seca (A)	3853
Peso de la Muestra S.S.S (B)	4000
Peso de la Muestra S.S.S + Peso Canastilla	3321.3
Peso de Canastilla	935
Peso de la Muestra Saturada sumergida en Agua (C)	2386.3
CALCULOS	
Peso Específico de Masa $A/(B-C)$	2.39

Peso Específico S.S.S B/ (B-C)	2.48
Peso Específico Aparente A / (A-C)	2.63
Porcentaje de Absorción (B-A)*100/A	3.82

PESO ESPECIFICO 100% AGREGADO RECICLADO	
PROCEDIMIENTO	MUESTRA
Peso de la Muestra Seca (A)	3731
Peso de la Muestra S.S.S (B)	4000
Peso de la Muestra S.S.S + Peso Canastilla	3232
Peso de Canastilla	935
Peso de la Muestra Saturada sumergida en Agua (C)	2297
CALCULOS	
Peso Específico de Masa A/(B-C)	2.19
Peso Específico S.S.S B/ (B-C)	2.35
Peso Específico Aparente A / (A-C)	2.60
Porcentaje de Absorción (B-A)*100/A	7.21

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)

C.H AGREGADO CONVENCIONAL	
DESCRIPCIÓN	MUESTRA
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	1000
Peso de la Tara (gr)	254.2
Peso Seco + Tara (gr)	1251.5
Peso Seco (gr)	997.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.27%

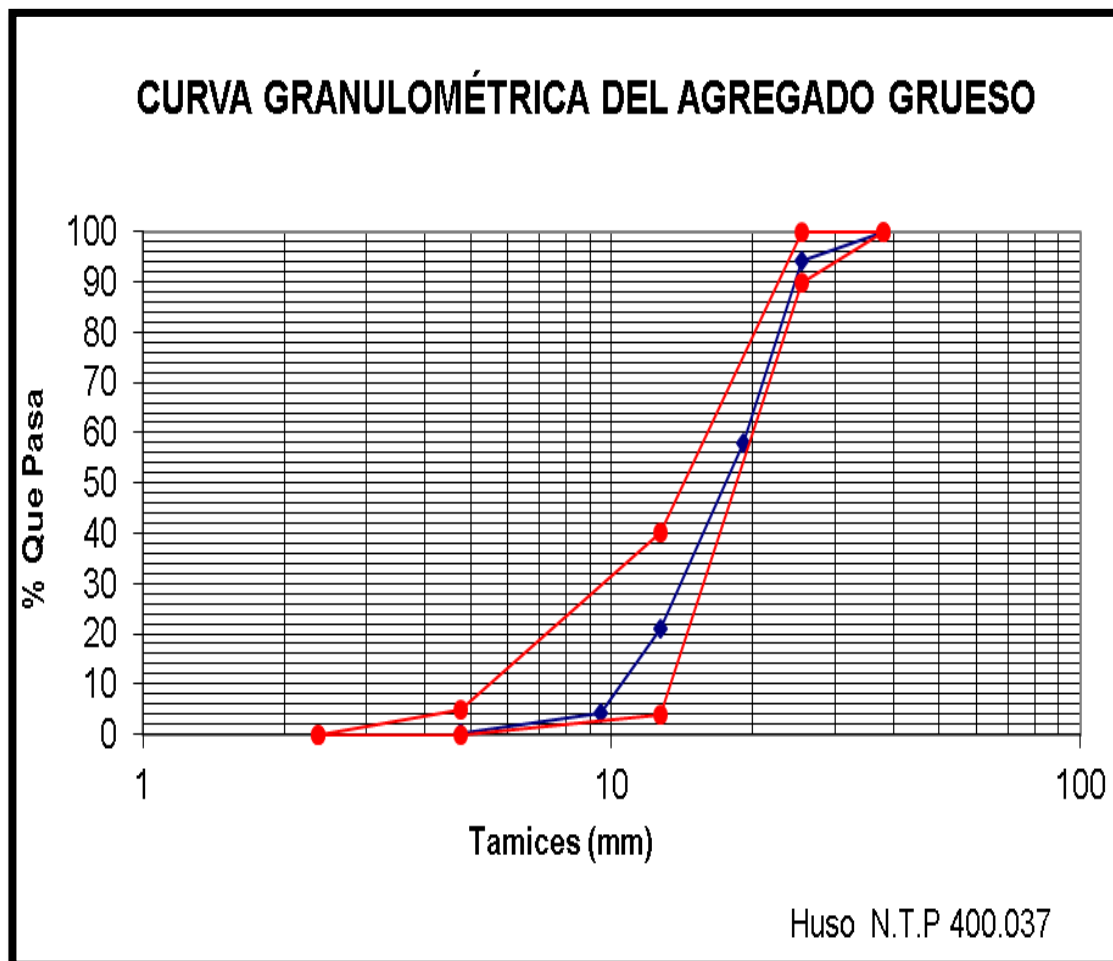
C.H 20% AGREGADO RECICLADO	
DESCRIPCIÓN	MUESTRA
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	1000
Peso de la Tara (gr)	252.1
Peso Seco + Tara (gr)	1249.4
Peso Seco (gr)	997.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.27%

C.H 50% AGREGADO RECICLADO	
DESCRIPCIÓN	MUESTRA
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	1000
Peso de la Tara (gr)	249.9
Peso Seco + Tara (gr)	1247.4
Peso Seco (gr)	997.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.25%

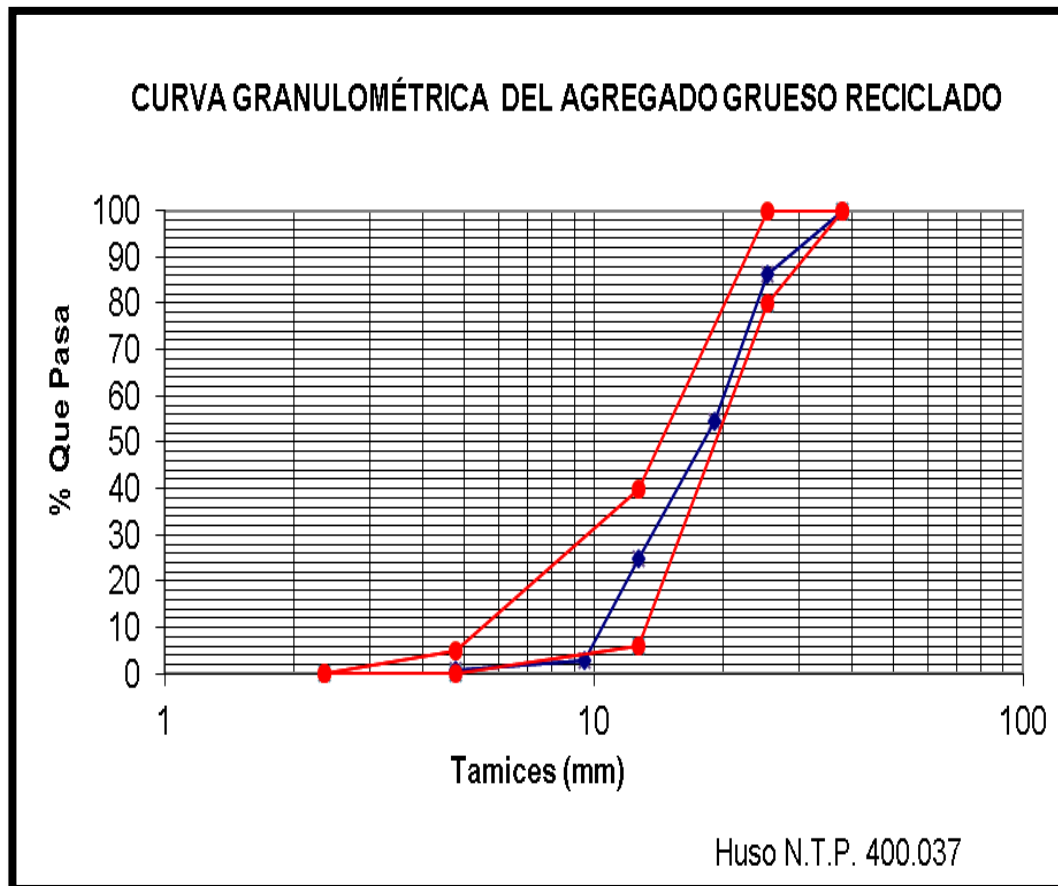
C.H 100% AGREGADO RECICLADO	
DESCRIPCIÓN	MUESTRA
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	1000
Peso de la Tara (gr)	248.2
Peso Seco + Tara (gr)	1245.6
Peso Seco (gr)	997.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.26%

4. GRANULOMETRÍA

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO CONVENCIONAL				
Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret. Pasa Acu.
1 1/2"	0	0	0	100
1"	578.4	5.784	5.784	94.216
3/4"	3613.3	36.133	41.917	58.083
1/2"	3709.1	37.091	79.008	20.992
3/8"	1668.1	16.681	95.689	4.311
Nº 4	428.5	4.285	99.974	0.026
FONDO	2.6	0.026	100	0
Total	10000	100		



GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO				
Tamiz (ASTM)	W(Malla)	% Retenido	%Ret. Acu.	%Ret.Pasa Acu.
2"				
1 1/2"	0	0	0	100
1"	1377.4	13.774	13.774	86.226
3/4"	3186.2	31.862	45.636	54.364
1/2"	2949.4	29.494	75.13	24.87
3/8"	2215.1	22.151	97.281	2.719
Nº 4	176.7	1.767	99.048	0.952
FONDO	95.2	0.952	100	0
Total	10000	100		



5. MODULO DE FINURA (MF)

MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO CONVENCIONAL	
Tamiz (ASTM)	%Ret. Acu.
1 1/2"	0
3/4"	41.917
3/8"	95.689
Nº 4	99.974
Nº 8	100
Nº 16	100
Nº 30	100
Nº 50	100
Nº 100	100
suma (A)	737.58

$$MF = A/100 = 737.58/100 = 7.37$$

MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO	
Tamiz (ASTM)	%Ret. Acu.
1 1/2"	0
3/4"	45.636
3/8"	97.281
Nº 4	99.048
Nº 8	100
Nº 16	100
Nº 30	100
Nº 50	100
Nº 100	100
suma (A)	741.965

$$MF = A/100 = 741.965/100 = 7.41$$

6. ABRASIÓN DEL AGREGADO

PASA EL TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	INTERVALOS DE GRADACIÓN	AGREGADO NATURAL	AGREGADO RECICLADO
1 1/2"	1"	1250 ± 25	1250.5	1251.0
1"	3/4"	1250 ± 25	1251.0	1250.0
3/4"	1/2"	1250 ± 10	1250.0	1250.5
1/2"	3/8"	1250 ± 10	1251.0	1250.0
			5002.5	5001.5

	AGREGADO NATURAL	AGREGADO RECICLADO
METODO DE ENSAYO	A	A
PESO INICIAL DE LA MUESTRA (gr)	5002.5	5001.5
PESO FINAL DE LA MUESTRA (gr)	4375.5	3242
PERDIDA DE PESO (gr)	627	1759.5
% DE PERDIDA	13%	35%

7. AGREGADO GLOBAL

Máxima Compacidad del Agregado Global Convencional

ARENA (%)	PIEDRA (%)	PESO M-1 (Kg)	PESO M-2 (Kg)	PESO M-3 (Kg)	PROMEDIO MUESTRA (Kg)
45	55	32.58	32.49	32.63	32.57
50	50	32.83	32.88	32.78	32.83
55	45	33.04	33.12	33.24	33.13
60	40	32.6	32.66	32.82	32.69

ARENA (%)	PROMEDIO MUESTRA (Kg)	PESO BALDE (Kg)	PESO NETO (Kg)	P.U.C (Kg/m ³)
45	32.57	6.32	26.25	1853.84
50	32.83	6.32	26.51	1872.44
55	33.13	6.32	26.81	1893.86
60	32.69	6.32	26.37	1862.79

Máxima Compacidad del Agregado Reciclado Global

ARENA (%)	PIEDRA (%)	PESO M-1 (Kg)	PESO M-2 (Kg)	PESO M-3 (Kg)	PROMEDIO MUESTRA (Kg)
40	60	27.76	27.68	27.80	27.75
45	55	27.97	28.01	27.93	27.97
50	50	28.15	28.22	28.32	28.23
55	45	27.95	28.01	27.96	27.97

ARENA (%)	PROMEDIO MUESTRA (Kg)	PESO BALDE (Kg)	PESO NETO (Kg)	P.U.C (Kg/m ³)
40	27.75	6.32	21.43	1513.41
45	27.97	6.32	21.65	1529.25
50	28.23	6.32	21.91	1547.51
55	27.97	6.32	21.65	1529.47

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CANTIDAD DE AGUA ÓPTIMA PARA EL CONCRETO

1. CONCRETO CONVENCIONAL

a) Cantidad de Agua Optima para a/c= 0.60, Arena 54%, Piedra 46%

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	325.00	325.00	1.00	42.50	Kg
Agua	195.00	178.12	0.55	23.29	Lt
Arena	954.25	977.92	3.01	127.88	Kg
Piedra	823.61	825.84	2.54	107.99	kg
SLUMP = 1"					

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	336.67	336.67	1.00	42.50	Kg
Agua	202.00	185.36	0.55	23.40	Lt
Arena	940.34	963.66	2.86	121.65	Kg
Piedra	811.61	813.80	2.42	102.73	kg
SLUMP =2.9"					

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	341.67	341.67	1.00	42.50	Kg
Agua	205.00	188.49	0.55	23.45	Lt
Arena	933.39	956.54	2.80	118.98	Kg
Piedra	805.60	807.78	2.36	100.48	kg
SLUMP =3.7"					

b) Cantidad de Agua Optima para a/c= 0.65 Arena 54%, Piedra 46%

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	284.62	284.62	1.00	42.50	Kg
Agua	185.00	169.34	0.59	25.29	Lt
Arena	913.19	935.84	3.29	139.74	Kg
Piedra	925.25	927.74	3.26	138.53	kg
SLUMP = 1.4"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	296.92	296.92	1.00	42.50	Kg
Agua	193.00	177.60	0.60	25.42	Lt
Arena	897.74	920.00	3.10	131.68	Kg
Piedra	909.59	912.04	3.07	130.54	kg
SLUMP = 1.7"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	306.15	306.15	1.00	42.50	Kg
Agua	199.00	183.80	0.60	25.52	Lt
Arena	886.14	908.12	2.97	126.06	Kg
Piedra	897.84	900.26	2.94	124.97	kg
SLUMP = 3.4"					

c) Cantidad de Agua Optima para a/c= 0.70, Arena 54%, Piedra 46%

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	257.14	257.14	1.00	42.50	Kg
Agua	180.00	163.57	0.64	27.03	Lt
Arena	949.85	973.40	3.79	160.88	Kg
Piedra	924.64	927.14	3.61	153.24	kg
SLUMP = 1.3"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	264.29	264.29	1.00	42.50	Kg
Agua	185.00	168.73	0.64	27.13	Lt
Arena	940.65	963.98	3.65	155.02	Kg
Piedra	915.69	918.16	3.47	147.65	kg
SLUMP = 2.3"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	277.14	277.14	1.00	42.50	Kg
Agua	194.00	178.03	0.64	27.30	Lt
Arena	923.57	946.48	3.42	145.14	Kg
Piedra	899.07	901.49	3.25	138.24	kg
SLUMP = 3.9"					

2. CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO

a) Cantidad de Agua Optima para a/c= 0.60, Arena 51%, Piedra 49%

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	348.33	348.33	1.00	42.50	Kg
Agua	209.00	240.45	0.69	29.34	Lt
Arena	873.65	895.32	2.57	109.24	Kg
Piedra	713.94	715.79	2.05	87.33	kg
SLUMP = 1.5"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	355.00	355.00	1.00	42.50	Kg
Agua	213.00	244.16	0.69	29.23	Lt
Arena	865.77	887.24	2.50	106.22	Kg
Piedra	707.50	709.34	2.00	84.92	kg
SLUMP = 2.4"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	363.33	363.33	1.00	42.50	Kg
Agua	218.00	248.78	0.68	29.10	Lt
Arena	855.26	876.47	2.41	102.52	Kg
Piedra	698.91	700.72	1.93	81.97	kg
SLUMP = 3.9"					

b) Cantidad de Agua Optima para $a/c = 0.65$, Arena 51%, Piedra 49%

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	304.62	304.62	1.00	42.50	Kg
Agua	198.00	230.63	0.76	32.18	Lt
Arena	906.49	928.98	3.05	129.61	Kg
Piedra	740.78	742.70	2.44	103.62	kg
SLUMP = 1.4"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	313.85	313.85	1.00	42.50	Kg
Agua	204.00	236.20	0.75	31.99	Lt
Arena	894.67	916.86	2.92	124.16	Kg
Piedra	731.11	733.02	2.34	99.26	kg
SLUMP = 2.0"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	321.54	321.54	1.00	42.50	Kg
Agua	209.00	240.83	0.75	31.83	Lt
Arena	884.16	906.09	2.82	119.76	Kg
Piedra	722.53	724.40	2.25	95.75	kg
SLUMP = 3.5"					

c) Cantidad de Agua Optima para $a/c = 0.70$, Arena 51%, Piedra 49%

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	277.14	277.14	1.00	42.50	Kg
Agua	194.00	227.24	0.82	34.85	Lt
Arena	923.57	946.48	3.42	145.14	Kg
Piedra	754.73	756.70	2.73	116.04	kg
SLUMP = 1.6"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	284.29	284.29	1.00	42.50	Kg
Agua	199.00	231.87	0.82	34.66	Lt
Arena	913.06	935.71	3.29	139.89	Kg
Piedra	746.15	748.09	2.63	111.84	kg
SLUMP =2.2"					

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	290.00	290.00	1.00	42.50	Kg
Agua	203.00	235.58	0.81	34.52	Lt
Arena	905.18	927.63	3.20	135.95	Kg
Piedra	739.70	741.63	2.56	108.69	kg
SLUMP = 3.8"					

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE AGREGADOS

1. Cantidad optima de agregados convencionales

a) Cantidad optima de agregados convencionales para a/c= 0.60.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
51	49
54	46
57	43

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Resis. Prom. Kg/cm ²
51	49	7	10.02	11800	149.65	157.03
			10.03	12500	158.21	
			10.07	13000	163.23	
54	46		10.05	12200	153.80	160.41
			10.03	12750	161.37	
			10.06	13200	166.07	
57	43		10.00	12000	152.79	153.78
			10.01	12850	163.29	
			10.04	11500	145.26	

Diseño final patrón para a/c: 0.60, considerando arena patrón = 54%, piedra patrón = 46% y agua patrón = 205 L/m³

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	341.67	341.67	1.00	42.50	Kg
Agua	205.00	188.49	0.55	23.45	Lt
Arena	933.39	956.54	2.80	118.98	Kg
Piedra	805.60	807.78	2.36	100.48	kg

b) Cantidad optima de agregados convencionales para a/c= 0.65.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
48	52
51	49
54	46

Resistencia de los tres diseños de concreto para la obtención de los porcentajes óptimos agregados del concreto.

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Resis. Prom Kg/cm ²
48	52	7	10.00	12850	163.62	162.96
			10.03	13100	165.80	
			10.03	12600	159.47	
51	49		10.05	12200	153.80	163.80
			10.03	13500	170.87	
			10.04	13200	166.74	
54	46		10.05	12200	153.80	158.32
			10.03	12700	160.74	
			10.00	12600	160.43	

Diseño final patrón para a/c: 0.65, considerando arena patrón = 51%, piedra patrón = 49% y agua patrón = 199 L/m³

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	306.15	306.15	1.00	42.50	Kg
Agua	199.00	182.07	0.59	25.27	Lt
Arena	957.04	980.77	3.20	136.15	Kg
Piedra	826.01	828.24	2.71	114.98	kg

c) Cantidad optima de agregados convencionales para $a/c = 0.70$.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
51	49
54	46
57	43

Resistencia de los tres diseños de concreto para la obtención de los porcentajes óptimos agregados del concreto.

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Resis. Prom Kg/cm ²
51	49	7	10.04	12300	155.37	160.01
			10.03	12700	160.74	
			10.01	12900	163.92	
54	46		10.30	12800	153.62	163.88
			10.02	13400	169.94	
			10.00	13200	168.07	
57	43		10.06	13100	164.82	160.31
			10.02	12600	159.79	
			10.05	12400	156.32	

Diseño final patrón para $a/c: 0.70$, considerando arena patrón = 54%, piedra patrón = 46% y agua patrón = 194 L/m³

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	277.14	277.14	1.00	42.50	Kg
Agua	194.00	178.03	0.64	27.30	Lt
Arena	923.57	946.48	3.42	145.14	Kg
Piedra	899.07	901.49	3.25	138.24	kg

2. Cantidad optima de agregados reciclados

a) Cantidad optima de agregados reciclados para $a/c = 0.60$.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
48	52
51	49
54	46

Resistencia de los tres diseños de concreto para la obtención de los porcentajes óptimos agregados arena y agregado grueso reciclado del concreto.

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Resis. Prom Kg/cm ²
48	52	7	10.01	10600	134.70	133.34
			10.03	10400	131.63	
			10.00	10500	133.69	
51	49		10.00	11400	145.15	143.54
			10.04	10600	133.89	
			10.04	12000	151.58	
54	46		10.05	10200	128.59	134.89
			10.06	10800	135.88	
			10.04	11100	140.21	

Diseño final patrón para a/c: 0.60, considerando arena patrón = 51%, piedra reciclada patrón = 49% y agua patrón = 218 L/m³

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	363.33	363.33	1.00	42.50	Kg
Agua	218.00	248.78	0.68	29.10	Lt
Arena	855.26	876.47	2.41	102.52	Kg
Piedra	698.91	700.72	1.93	81.97	kg

b) Cantidad optima de agregados reciclados para a/c= 0.65.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
48	52
51	49
54	46

Resistencia de los tres diseños de concreto para la obtención de los porcentajes óptimos agregados arena y agregado grueso reciclado del concreto.

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Resis. Prom Kg/cm ²
48	52	7	10.05	10600	133.63	132.90
			10.04	10400	131.37	
			10.00	10500	133.69	
51	49		10.07	11000	138.12	133.79
			10.03	10600	134.16	
			10.03	10200	129.10	
54	46		10.05	10200	128.59	132.84
			10.00	10800	137.51	
			10.00	10400	132.42	

Diseño final patrón para a/c: 0.65, considerando arena patrón = 51%, piedra reciclada patrón = 49% y agua patrón = 209 L/m3

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	321.54	321.54	1.00	42.50	Kg
Agua	209.00	240.83	0.75	31.83	Lt
Arena	884.16	906.09	2.82	119.76	Kg
Piedra	722.53	724.40	2.25	95.75	kg

c) Cantidad optima de agregados reciclados para a/c= 0.70.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
% ARENA	%PIEDRA
48	52
51	49
54	46

Resistencia de los tres diseños de concreto para la obtención de los porcentajes óptimos agregados arena y agregado grueso reciclado del concreto.

% ARENA	%PIEDRA	EDAD (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm2)	Resis. Prom Kg/cm2
48	52	7	10.00	10800	137.51	135.88
			10.03	10500	132.90	
			10.01	10800	137.24	
51	49		10.01	11200	142.32	136.46
			10.03	10900	137.96	
			10.03	10200	129.10	
54	46		10.05	10200	128.59	131.57
			10.00	10700	136.24	
			10.00	10200	129.87	

Diseño final patrón para a/c: 0.70, considerando arena patrón = 51.5%, piedra reciclada patrón = 48.5% y agua patrón = 203 L/m3

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	290.00	290.00	1.00	42.50	Kg
Agua	203.00	235.58	0.81	34.52	Lt
Arena	905.18	927.63	3.20	135.95	Kg
Piedra	739.70	741.63	2.56	108.69	kg

DISEÑO DE CONCRETO

1. Diseño de Concreto $a/c= 0.60$ con 20%, 50%, 100% de agregado reciclado.

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.60$

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	341.67	341.67	1.00	42.50	Kg
Agua	205.00	188.49	0.55	23.45	Lt
Arena	933.39	956.54	2.80	118.98	Kg
Piedra	805.60	807.78	2.36	100.48	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.60$ con 20% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	346.67	346.67	1.00	42.50	Kg
Agua	208.00	201.38	0.58	24.69	Lt
Arena	909.28	931.83	2.69	114.24	Kg
Piedra	763.73	765.79	2.21	93.88	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.60$ con 50% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	353.33	353.33	1.00	42.50	Kg
Agua	212.00	222.60	0.63	26.77	Lt
Arena	884.08	906.01	2.56	108.98	Kg
Piedra	755.98	757.87	2.14	91.16	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.60$ con 100% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	363.33	363.33	1.00	42.50	Kg
Agua	218.00	248.78	0.68	29.10	Lt
Arena	855.26	876.47	2.41	102.52	Kg
Piedra	698.91	700.72	1.93	81.97	kg

2. Diseño de Concreto $a/c= 0.65$ con 20%, 50%, 100% de agregado reciclado.

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.65$

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	306.15	306.15	1.00	42.50	Kg
Agua	199.00	182.07	0.59	25.27	Lt
Arena	957.04	980.77	3.20	136.15	Kg
Piedra	826.01	828.24	2.71	114.98	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.65$ con 20% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	309.23	309.23	1.00	42.50	Kg
Agua	201.00	194.19	0.63	26.69	Lt
Arena	935.22	958.41	3.10	131.72	Kg
Piedra	785.52	787.64	2.55	108.25	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.65$ con 50% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	313.85	313.85	1.00	42.50	Kg
Agua	204.00	212.84	0.68	28.82	Lt
Arena	912.21	934.84	2.98	126.59	Kg
Piedra	780.03	781.98	2.49	105.89	kg

Diseño final de concreto patrón para $a/c= 0.65$ con 100% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m ³	Peso Húmedo/m ³	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	321.54	321.54	1.00	42.50	Kg
Agua	209.00	240.83	0.75	31.83	Lt
Arena	884.16	906.09	2.82	119.76	Kg
Piedra	722.53	724.40	2.25	95.75	kg

3. Diseño de Concreto a/c= 0.70 con 20%, 50%, 100% de agregado reciclado.

Diseño final de concreto patrón para a/c= 0.70

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	277.14	277.14	1.00	42.50	Kg
Agua	194.00	178.03	0.64	27.30	Lt
Arena	923.57	946.48	3.42	145.14	Kg
Piedra	899.07	901.49	3.25	138.24	kg

Diseño final de concreto patrón para a/c= 0.70 con 20% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	280.00	280.00	1.00	42.50	Kg
Agua	196.00	189.04	0.68	28.69	Lt
Arena	955.70	979.40	3.50	148.66	Kg
Piedra	802.72	804.89	2.87	122.17	kg

Diseño final de concreto patrón para a/c= 0.70 con 50% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	284.29	284.29	1.00	42.50	Kg
Agua	199.00	208.02	0.73	31.10	Lt
Arena	930.97	954.05	3.36	142.63	Kg
Piedra	796.07	798.06	2.81	119.31	kg

Diseño final de concreto patrón para a/c= 0.70 con 100% agregado reciclado

MATERIAL	Peso Seco/m3	Peso Húmedo/m3	Peso Unitario	Peso X Bolsa	Unidades
Cemento	290.00	290.00	1.00	42.50	Kg
Agua	203.00	235.58	0.81	34.52	Lt
Arena	905.18	927.63	3.20	135.95	Kg
Piedra	739.70	741.63	2.56	108.69	kg

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (P.U)

Peso Unitario del Concreto Fresco para a/c= 0.60

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg)	P.U (Kg/m3)	Porcentaje (%)
A/C = 0.60	27.25	4.7	2389.05	100.00%
A/C= 0.60 20%	26.95	4.7	2357.27	98.67%
A/C= 0.60 50%	26.72	4.7	2332.90	97.65%
A/C= 0.60 100%	25.80	4.7	2235.43	93.57%

Peso Unitario del Concreto Fresco para a/c= 0.65

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg)	P.U (Kg/m3)	Porcentaje (%)
A/C = 0.65	26.93	4.7	2355.15	100.00%
A/C= 0.65 20%	26.59	4.7	2319.13	98.47%
A/C= 0.65 50%	26.27	4.7	2285.22	97.03%
A/C= 0.65 100%	25.95	4.7	2251.32	95.59%

Peso Unitario del Concreto Fresco para a/c= 0.70

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Peso Recipiente + Concreto (Kg)	Peso Recipiente (Kg)	P.U (Kg/m3)	Porcentaje (%)
A/C= 0.70	26.95	4.7	2357.27	100.00%
A/C= 0.70 20%	26.81	4.7	2342.43	99.37%
A/C= 0.70 50%	26.35	4.7	2293.70	97.30%
A/C= 0.70 100%	25.84	4.7	2239.67	95.01%

2. CONSISTENCIA

a) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.60

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C = 0.60	3.85	100.00%
A/C= 0.60 20%	3.70	96.10%
A/C= 0.60 50%	3.90	101.30%
A/C= 0.60 100%	3.20	83.12%

b) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.65

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C = 0.65	3.70	100.00%
A/C= 0.65 20%	3.90	105.41%
A/C= 0.65 50%	3.60	97.30%
A/C= 0.65 100%	3.30	89.19%

c) Asentamiento del Concreto Fresco, a/c: 0.70

DISEÑOS DE CONCRETO a/c	Asentamiento (Pulgadas)	Porcentaje (%)
A/C= 0.70	3.80	100.00%
A/C= 0.70 20%	3.95	103.95%
A/C= 0.70 50%	3.70	97.37%
A/C= 0.70 100%	3.40	89.47%

3. CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO

Contenido de Aire del Concreto para a/c= 0.60, 0.65, 0.70

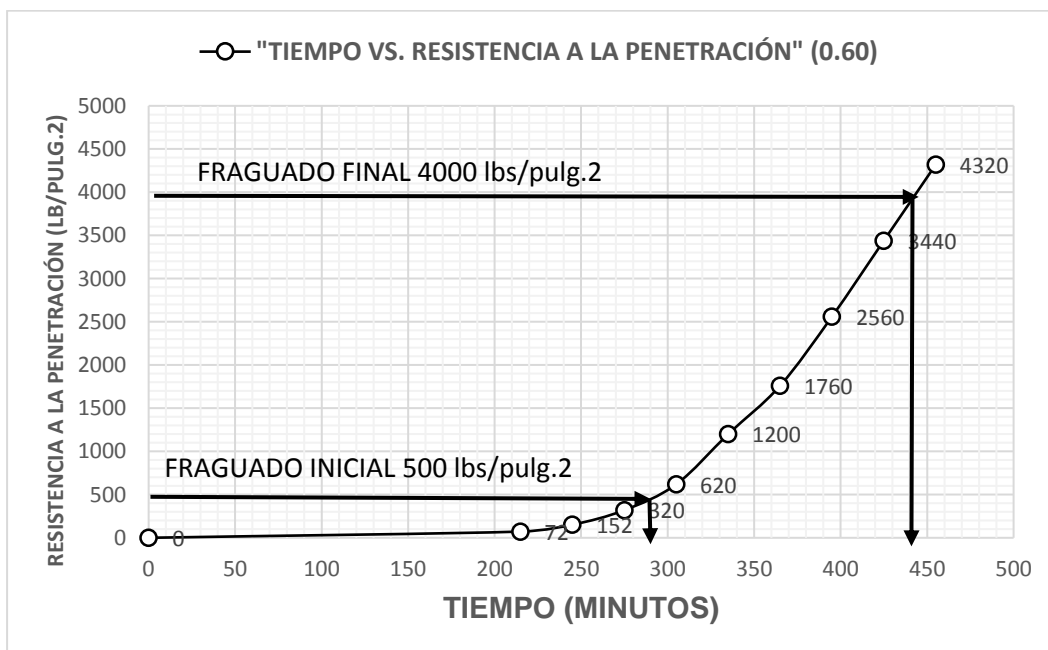
DISEÑO DE CONCRETO	PESO UNITARIO P.U.C.F (kg/m ³)	PESO UNITARIO P.U.D (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)
A/C = 0.60	2389.05	2309.40	3.33%
A/C= 0.60 20%	2357.27	2278.05	3.36%
A/C= 0.60 50%	2332.90	2232.84	4.29%
A/C= 0.60 100%	2285.85	2155.42	5.71%
A/C = 0.65	2355.15	2310.70	1.89%
A/C= 0.65 20%	2319.13	2273.32	1.98%
A/C= 0.65 50%	2285.22	2227.22	2.54%
A/C= 0.65 100%	2251.32	2148.32	4.58%
A/C= 0.70	2357.27	2302.04	2.34%
A/C= 0.70 20%	2342.43	2269.50	3.11%
A/C= 0.70 50%	2293.70	2214.81	3.44%
A/C= 0.70 100%	2239.67	2137.97	4.54%

4. TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C = 0.60	04:50	07:20
A/C= 0.60 20%	04:45	07:35
A/C= 0.60 50%	05:00	07:25
A/C= 0.60 100%	05:15	07:55
A/C = 0.65	04:35	07:15
A/C= 0.65 20%	04:40	07:20
A/C= 0.65 50%	04:50	07:40
A/C= 0.65 100%	05:20	08:15
A/C= 0.70	04:00	07:25
A/C= 0.70 20%	04:40	07:10
A/C= 0.70 50%	04:20	07:35
A/C= 0.70 100%	04:30	07:55

Tiempo de Fraguado del Concreto a/c= 0.60

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (lb/pulg.2)
9.05	0.00	0.00	....	.....	0
12.40	3.35	215.00	72	1	72
13.30	4.05	245.00	76	2	152
14.00	4.35	275.00	80	3	320
14.30	5.05	305.00	62	4	620
15.00	5.35	335.00	60	5	1200
15.30	6.05	365.00	44	6	1760
16.00	6.35	395.00	64	6	2560
16.30	7.05	425.00	86	6	3440
17.00	7.35	455.00	108	6	4320

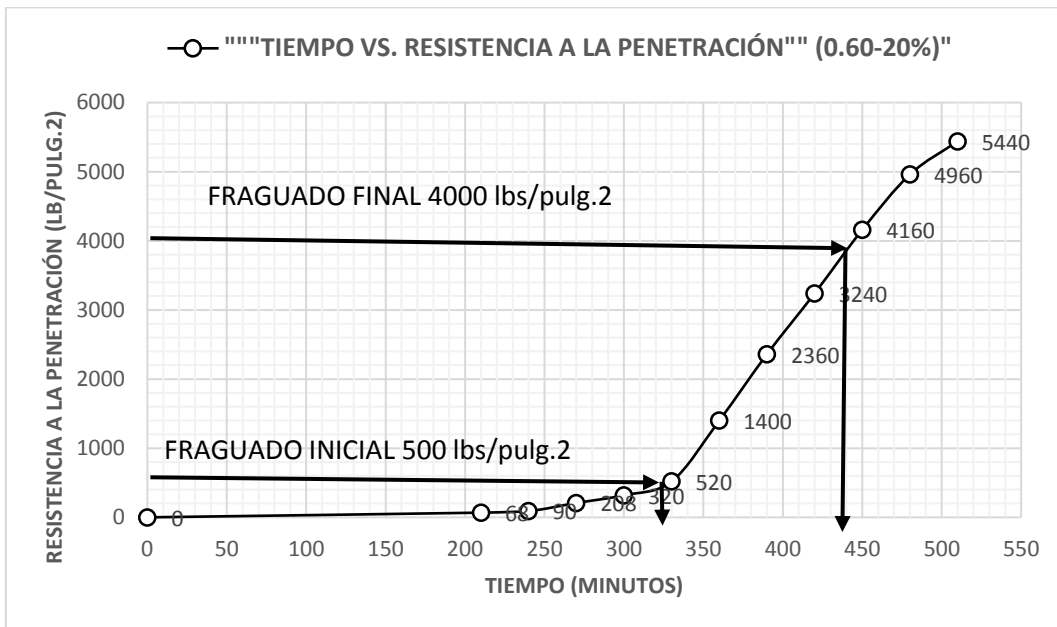


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.60

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C = 0.60	04:50	07:20

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.60, 20%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.45	0.00	0.00	....	.....	0
13.15	3.30	210.00	68	1	68
13.45	4.00	240.00	45	2	90
14.15	4.30	270.00	52	3	208
14.45	5.00	300.00	32	4	320
15.15	5.30	330.00	26	5	520
15.45	6.00	360.00	35	6	1400
16.15	6.30	390.00	59	6	2360
16.45	7.00	420.00	81	6	3240
17.15	7.30	450.00	104	6	4160
17.15	8.00	480.00	124	6	4960
17.45	8.30	510.00	136	6	5440

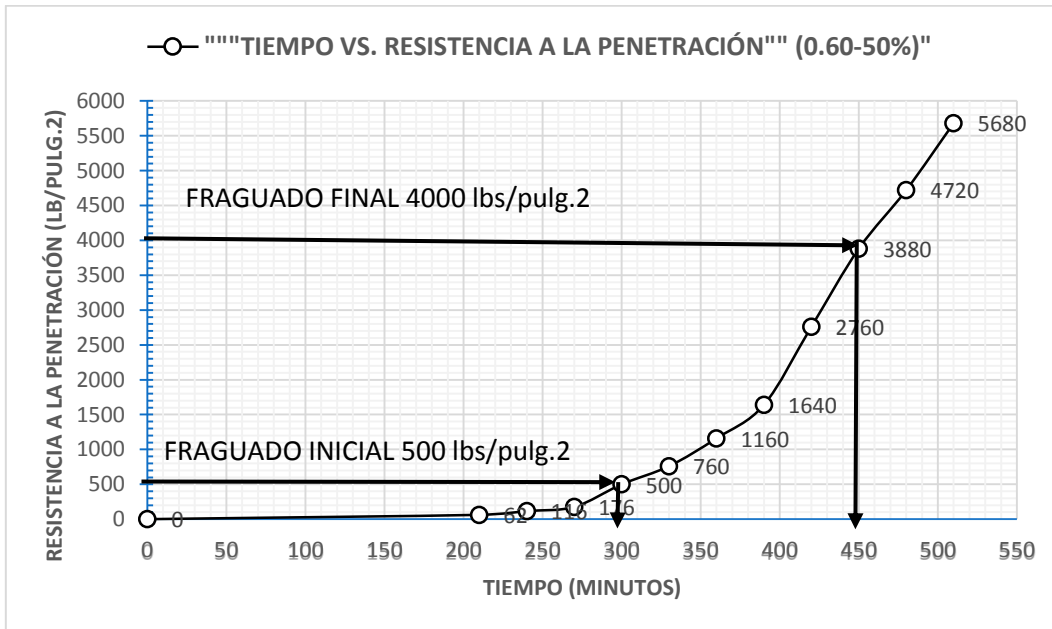


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.60-20%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.60 20%	04:45	07:35

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.60 50%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
10.20	0.00	0.00	....	.....	0
13.50	3.30	210.00	62	1	62
14.20	4.00	240.00	58	2	116
14.50	4.30	270.00	44	3	176
15.20	5.00	300.00	50	4	500
15.50	5.30	330.00	38	5	760
16.20	6.00	360.00	29	6	1160
16.50	6.30	390.00	41	6	1640
17.20	7.00	420.00	69	6	2760
17.50	7.30	450.00	97	6	3880
18.20	8.00	480.00	118	6	4720
18.50	8.30	510.00	142	6	5680

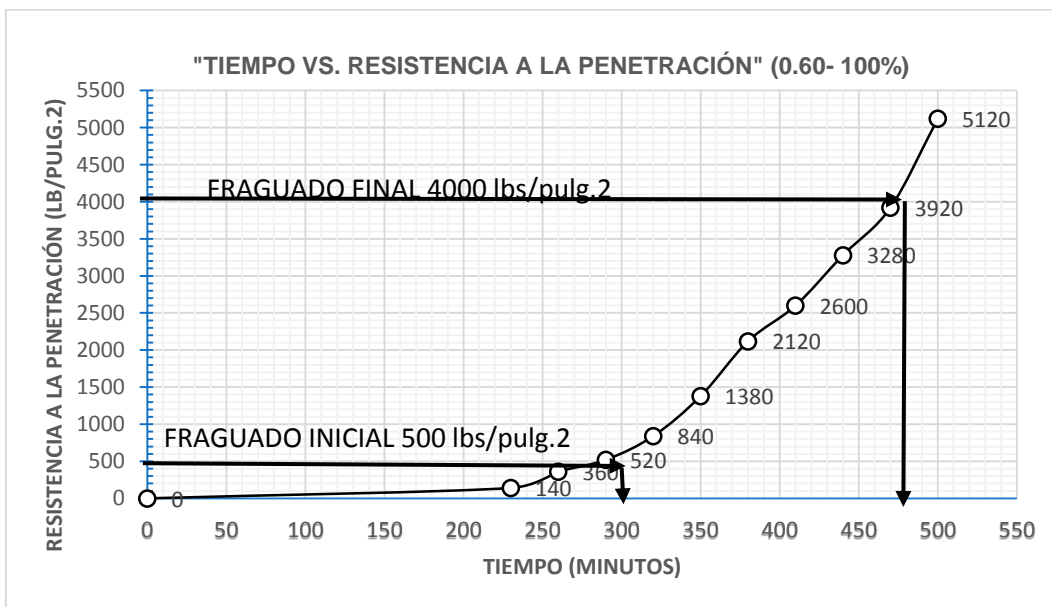


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.60-50%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.60 50%	05:00	07:25

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.60 100%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.10	0.00	0.00	....	.....	0
13.00	3.50	230.00	140	1	140
13.30	4.20	260.00	180	2	360
14.00	4.50	290.00	130	3	520
14.30	5.50	320.00	84	4	840
15.00	6.20	350.00	69	5	1380
15.30	6.50	380.00	53	6	2120
16.00	7.20	410.00	65	6	2600
16.30	7.50	440.00	82	6	3280
17.00	8.20	470.00	98	6	3920
17.30	8.50	500.00	128	6	5120

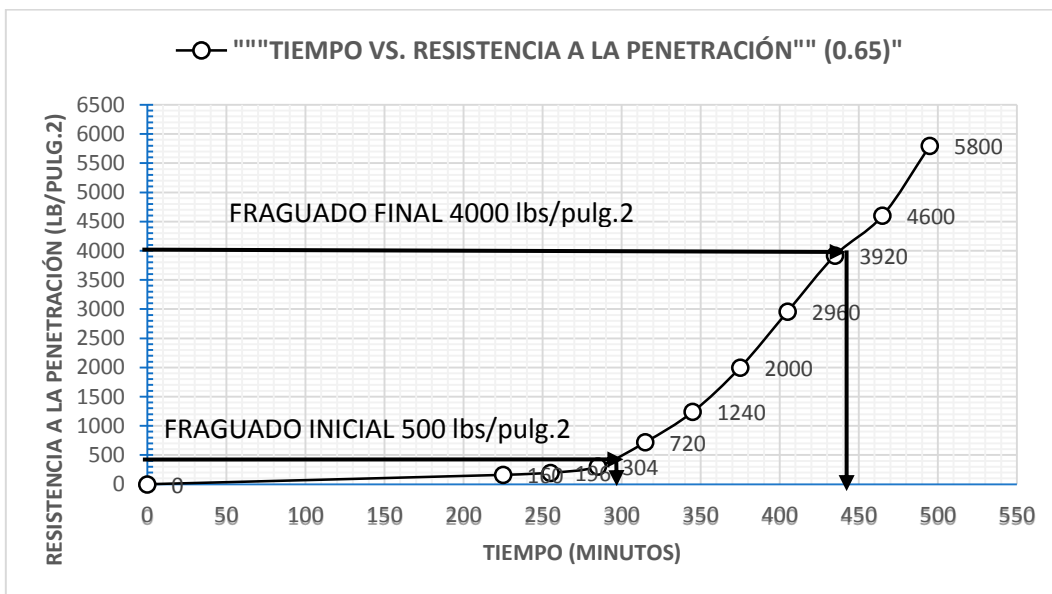


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.60-100%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.60 100%	05:15	07:55

Tiempo de Fraguado del Concreto a/c= 0.65

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.55	0.00	0.00	....	.....	0
13.40	3.45	225.00	160	1	160
14.10	4.15	255.00	98	2	196
14.40	4.45	285.00	76	3	304
15.10	5.15	315.00	72	4	720
15.40	5.45	345.00	62	5	1240
16.10	6.15	375.00	50	6	2000
16.40	6.45	405.00	74	6	2960
17.10	7.15	435.00	98	6	3920
17.40	7.45	465.00	115	6	4600
18.10	8.15	495.00	145	6	5800

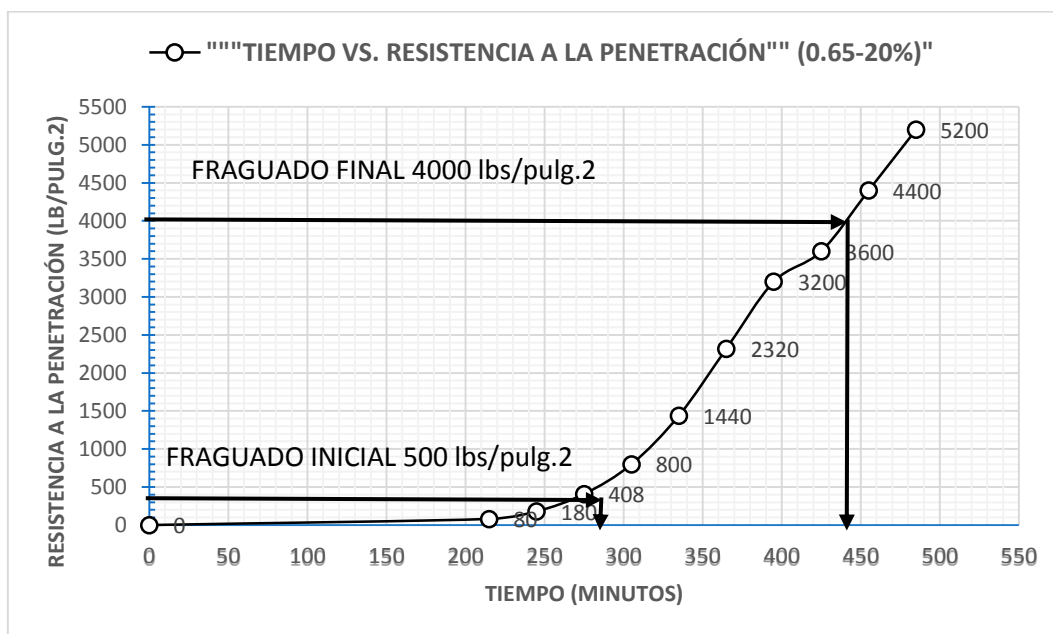


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.65

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C = 0.65	04:35	07:15

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.65 20%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
10.30	0.00	0.00	....	.....	0
14.05	3.35	215.00	80	1	80
14.35	4.05	245.00	90	2	180
15.05	4.35	275.00	102	3	408
15.35	5.05	305.00	80	4	800
16.05	5.35	335.00	72	5	1440
16.35	6.05	365.00	58	6	2320
17.05	6.35	395.00	80	6	3200
17.35	7.05	425.00	90	6	3600
18.05	7.35	455.00	110	6	4400
18.35	8.05	485.00	130	6	5200

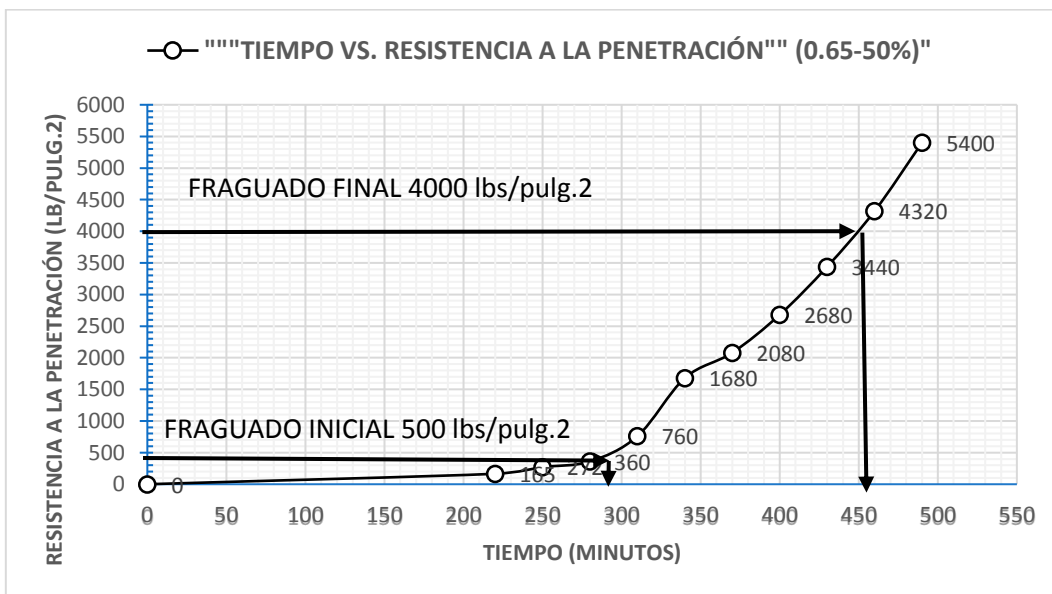


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.65 - 20%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.65 20%	04:40	07:20

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.65 50%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
11.05	0.00	0.00	....	.....	0
14.45	3.40	220.00	165	1	165
15.15	4.10	250.00	136	2	272
15.45	4.40	280.00	90	3	360
16.15	5.10	310.00	76	4	760
16.45	5.40	340.00	84	5	1680
17.15	6.10	370.00	52	6	2080
17.45	6.40	400.00	67	6	2680
18.15	7.10	430.00	86	6	3440
18.45	7.40	460.00	108	6	4320
19.15	8.10	490.00	135	6	5400

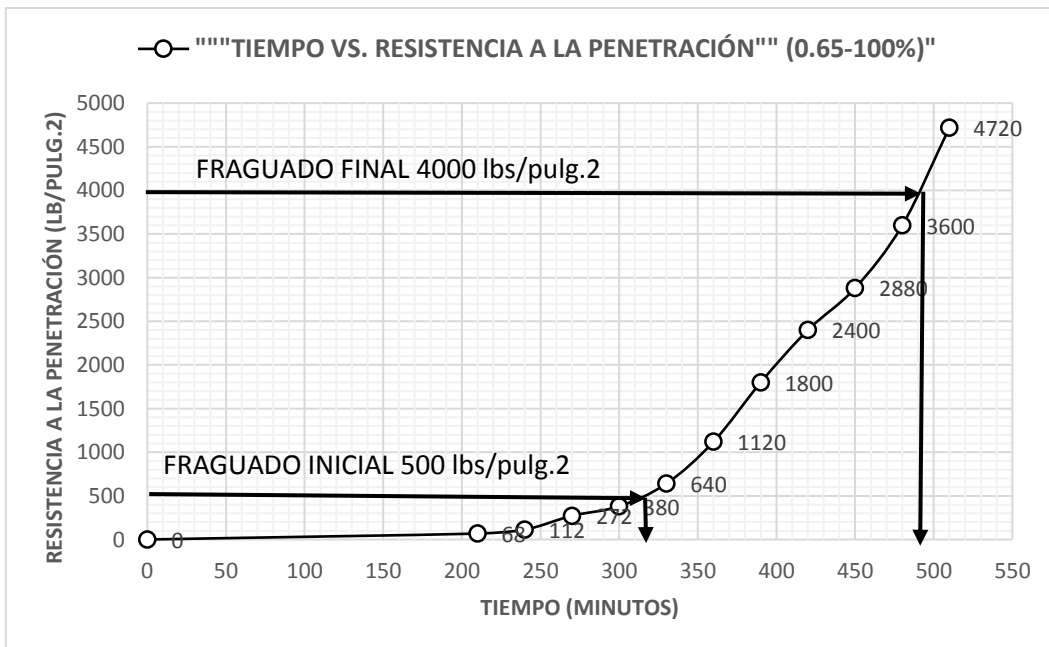


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.65 - 50%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.65 50%	04:50	07:40

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.65 100%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.00	0.00	0.00	....	.....	0
12.30	3.30	210.00	68	1	68
13.00	4.00	240.00	56	2	112
13.30	4.30	270.00	68	3	272
14.00	5.00	300.00	38	4	380
14.30	5.30	330.00	32	5	640
15.00	6.00	360.00	28	6	1120
15.30	6.30	390.00	45	6	1800
16.00	7.00	420.00	60	6	2400
16.30	7.30	450.00	72	6	2880
17.00	8.00	480.00	90	6	3600
17.30	8.30	510.00	118	6	4720

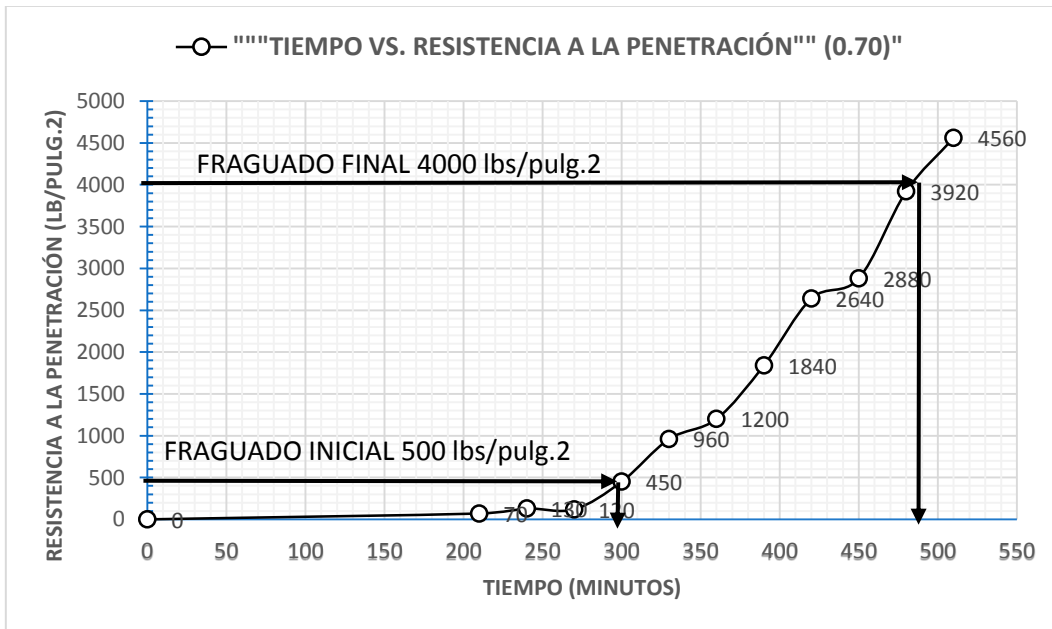


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.65 - 100%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.65 100%	05:20	08:15

Tiempo de Fraguado del Concreto a/c= 0.70

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.40	0.00	0.00	....	.....	0
13.10	3.30	210.00	70	1	70
13.40	4.00	240.00	65	2	130
14.10	4.30	270.00	30	3	120
14.40	5.00	300.00	45	4	450
15.10	5.30	330.00	48	5	960
15.40	6.00	360.00	30	6	1200
16.10	6.30	390.00	46	6	1840
16.40	7.00	420.00	66	6	2640
17.10	7.30	450.00	72	6	2880
17.40	8.00	480.00	98	6	3920
18.10	8.30	510.00	114	6	4560

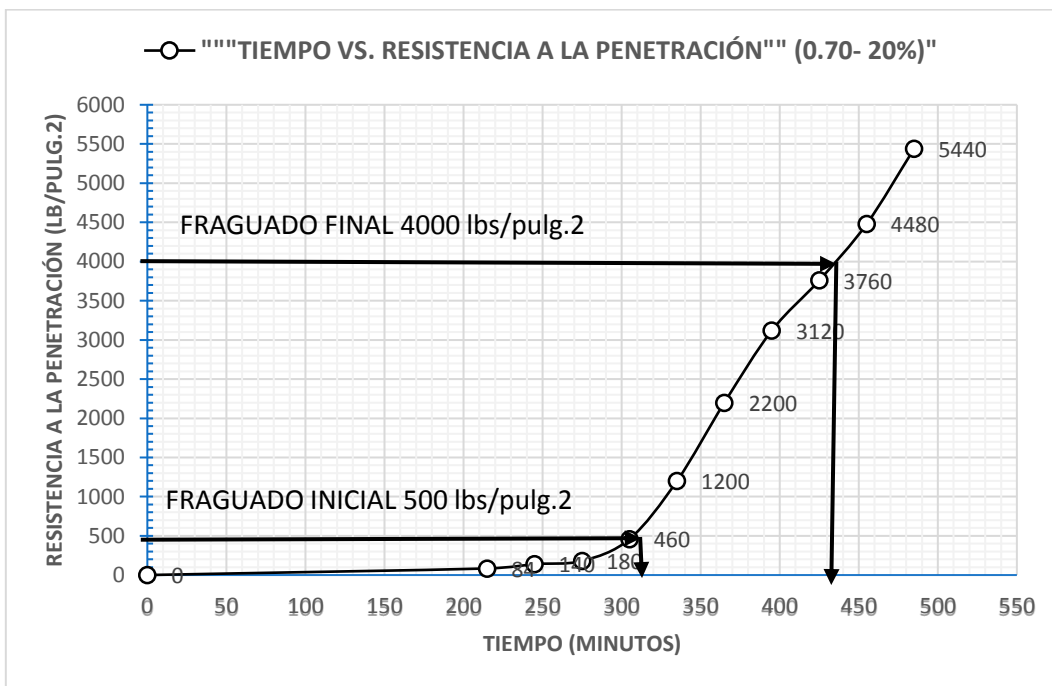


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.70

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.70	04:00	07:25

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.70 20%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
10.30	0.00	0.00	....	.....	0
14.05	3.35	215.00	84	1	84
14.35	4.05	245.00	70	2	140
15.05	4.35	275.00	45	3	180
15.35	5.05	305.00	46	4	460
16.05	5.35	335.00	60	5	1200
16.35	6.05	365.00	55	6	2200
17.05	6.35	395.00	78	6	3120
17.35	7.05	425.00	94	6	3760
18.05	7.35	455.00	112	6	4480
18.35	8.05	485.00	136	6	5440

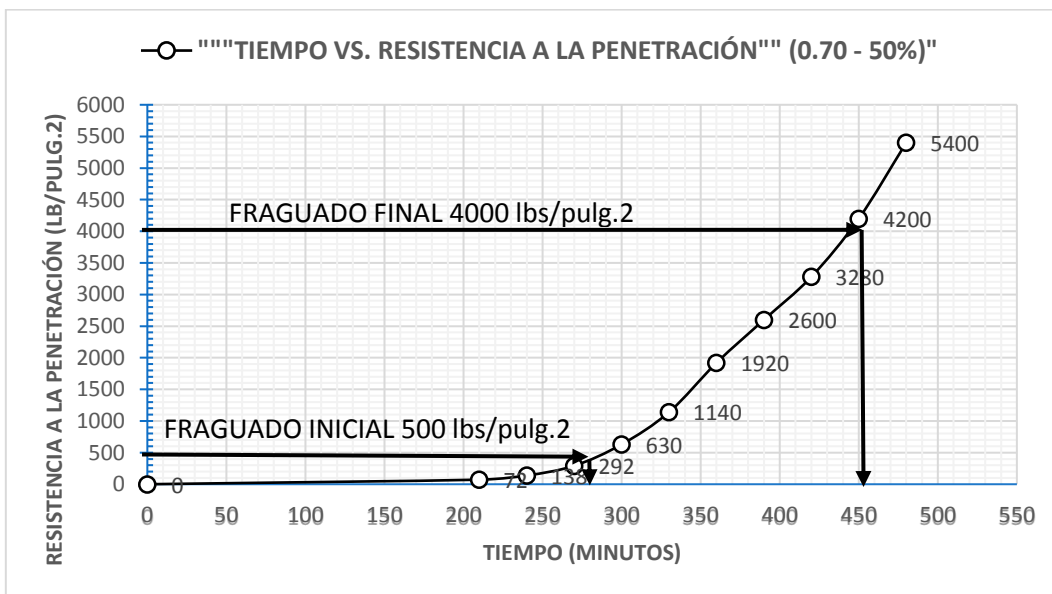


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.70-20%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.70 20%	04:40	07:10

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.70 50%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
9.30	0.00	0.00	....	.....	0
13.00	3.30	210.00	72	1	72
13.30	4.00	240.00	69	2	138
14.00	4.30	270.00	73	3	292
14.30	5.00	300.00	63	4	630
15.00	5.30	330.00	57	5	1140
15.30	6.00	360.00	48	6	1920
16.00	6.30	390.00	65	6	2600
16.30	7.00	420.00	82	6	3280
17.00	7.30	450.00	105	6	4200
17.30	8.00	480.00	135	6	5400

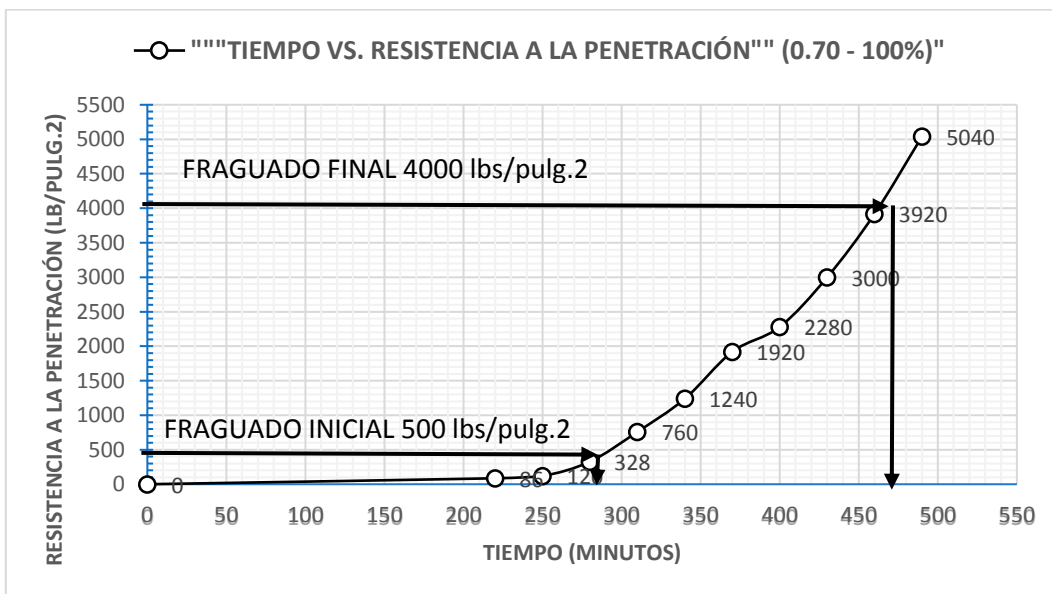


Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.70-50%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.70 50%	04:20	07:35

Tiempo de Fraguado del Concreto con agregado reciclado a/c= 0.70 100%

TIEMPO REAL	TIEMPO ABSOLUTO	TIEMPO ACUMULADO (minutos)	FUERZA (lb)	AGUJA N°	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
					(lb/pulg.2)
10.20	0.00	0.00	....	.....	0
14.00	3.40	220.00	86	1	86
14.30	4.10	250.00	60	2	120
15.00	4.40	280.00	82	3	328
15.30	5.10	310.00	76	4	760
16.00	5.40	340.00	62	5	1240
16.30	6.10	370.00	48	6	1920
17.00	6.40	400.00	57	6	2280
17.30	7.10	430.00	75	6	3000
18.00	7.40	460.00	98	6	3920
18.30	8.10	490.00	126	6	5040



Tiempo de Fraguado del concreto para a/c= 0.70 – 100%

DISEÑO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUADO	
	INICIAL	FINAL
A/C= 0.70 100%	04:30	07:55

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO

Resistencia a Compresión del Concreto Patrón a/c = 0.60

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.01	20.56	12200	155.03	6	163.67	7.54	4.61%
	10.03	20.54	13200	167.07	4			
	10.05	20.45	13400	168.93	4			
27	10.00	20.68	19000	241.92	5	239.31	8.55	3.57%
	10.05	20.50	19600	247.09	6			
	10.04	20.67	19400	245.05	5			
	10.04	20.67	19200	242.53	5			
	10.05	20.66	18500	233.22	3			
	10.04	20.40	19800	250.10	5			
	10.03	20.43	18900	239.21	2			
	10.02	20.46	17600	223.20	2			
10.06	20.43	18400	231.50	4				

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.60-20%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.00	20.60	12000	152.79	6	143.60	10.04	6.99%
	10.03	20.44	10500	132.90	4			
	10.05	20.50	11500	145.12	4			
27	10.03	20.54	14600	184.79	2	229.43	19.64	8.36%
	10.01	20.58	18400	233.82	3			
	10.00	20.45	19200	244.47	3			
	10.02	20.66	16400	207.98	2			
	10.00	20.56	19000	241.92	3			
	10.01	20.72	20800	264.31	2			
	10.00	20.52	17600	224.10	2			
	10.00	20.61	16600	211.36	4			
	10.05	20.77	20000	252.13	2			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.60-50%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.02	20.72	12200	154.72	4	149.09	6.10	4.09%
	10.01	20.80	11800	149.95	3			
	10.00	20.55	11200	142.61	3			
27	10.02	20.70	18000	228.28	3	205.66	14.02	6.82%
	10.00	20.55	16700	212.64	2			
	10.03	20.48	16800	212.63	3			
	10.02	20.70	15600	197.84	6			
	10.02	20.69	16000	202.91	3			
	10.00	20.68	15400	196.08	6			
	10.00	20.81	14200	180.81	5			
	10.00	20.66	15800	201.18	5			
	10.01	20.63	17200	218.57	6			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.60- 100%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.00	20.71	11400	145.15	4	135.96	8.35	6.14%
	10.04	20.70	10600	133.89	4			
	10.04	20.50	10200	128.84	4			
27	10.01	20.83	13000	165.20	2	185.91	12.47	6.71%
	10.01	20.71	15300	194.42	5			
	10.00	20.81	16000	203.72	3			
	10.03	20.65	15200	192.38	3			
	10.00	20.70	13600	173.17	2			
	10.01	20.62	14000	177.90	3			
	10.00	20.80	15400	196.08	6			
	10.02	20.63	14200	180.08	3			
	10.02	20.83	15000	190.23	6			

Resistencia a Compresión del Concreto Patrón a/c = 0.65

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.00	20.66	12600	160.43	3	159.49	8.09	5.07%
	10.03	20.44	13200	167.07	2			
	10.06	20.50	12000	150.98	6			
27	10.01	20.52	17200	218.57	5	231.63	11.30	4.88%
	10.00	20.58	16800	213.91	6			
	10.00	20.82	18600	236.83	3			
	10.02	20.75	18200	230.81	3			
	10.01	20.58	19800	251.61	5			
	10.02	20.64	18800	238.42	5			
	10.01	20.64	18600	236.36	3			
	10.03	20.66	17800	225.29	5			
	10.03	20.06	18400	232.88	2			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.65- 20%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.05	20.70	13500	170.19	5	165.16	5.04	3.05%
	10.01	20.73	13000	165.20	3			
	10.01	20.66	12600	160.11	3			
27	10.01	20.82	18000	228.73	3	235.45	13.26	5.63%
	10.00	20.74	19600	249.56	2			
	10.02	20.48	18800	238.42	3			
	10.00	20.72	19800	252.11	3			
	10.03	20.92	19400	245.54	2			
	10.00	20.64	17400	221.55	3			
	10.01	20.77	17000	216.02	3			
	10.01	20.79	17600	223.65	2			
	10.02	20.76	19200	243.49	3			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.65 - 50%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.03	20.70	11800	149.35	5	149.20	18.28	12.25%
	10.02	20.64	13200	167.40	5			
	10.06	20.80	10400	130.85	4			
27	10.05	20.72	17000	214.31	2	208.73	9.16	4.39%
	10.00	20.69	16000	203.72	2			
	10.01	20.67	16200	205.86	3			
	10.01	20.49	16600	210.94	5			
	10.04	20.71	16000	202.10	3			
	10.02	20.68	16000	202.91	3			
	10.01	20.70	15400	195.69	3			
	10.03	20.67	17800	225.29	3			
	10.03	20.66	17200	217.70	3			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.65 -100%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.04	20.55	11000	138.95	5	129.01	9.99	7.74%
	10.03	20.53	9400	118.97	4			
	10.03	20.70	10200	129.10	2			
27	10.02	20.64	15200	192.77	3	185.38	12.50	5.00%
	10.00	20.61	14600	185.90	2			
	10.03	20.57	13000	164.54	3			
	10.00	20.65	14800	188.45	2			
	10.00	20.60	15200	193.54	3			
	10.00	20.64	15000	190.99	3			
	10.00	20.53	14400	183.35	2			
	10.00	20.57	15000	190.99	3			
	10.01	20.55	14000	177.90	3			

Resistencia a Compresión del Concreto Patrón a/c = 0.70

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.05	20.46	12600	158.84	4	169.12	9.02	5.33%
	10.00	20.70	13800	175.71	3			
	10.01	20.60	13600	172.82	2			
27	10.04	20.47	18900	238.74	3	229.50	11.08	4.83%
	10.03	20.57	19400	245.54	3			
	10.01	20.44	17400	221.11	2			
	10.00	20.68	17600	224.10	3			
	10.00	20.82	16800	213.91	3			
	10.05	20.45	19200	242.04	5			
	10.04	20.52	18500	233.68	2			
	10.03	20.72	18000	227.82	3			
	10.01	20.62	17200	218.57	4			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.70 - 20%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.01	20.66	14200	180.44	2	168.25	11.51	6.84%
	10.05	20.66	12500	157.58	5			
	10.04	20.55	13200	166.74	4			
27	10.01	20.66	18800	238.90	3	228.98	8.96	3.91%
	10.00	20.55	17600	224.10	2			
	10.01	20.51	18300	232.54	2			
	10.00	20.68	17000	216.46	2			
	10.00	20.48	17400	221.55	2			
	10.01	20.56	18200	231.27	3			
	10.00	20.55	17200	219.00	3			
	10.01	20.45	18600	236.36	2			
	10.00	20.60	18900	240.65	3			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.70 - 50%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.01	20.66	12500	158.84	2	151.24	16.88	11.16%
	10.00	20.66	12800	162.98	3			
	10.02	20.55	10400	131.89	2			
27	10.01	20.38	15000	190.61	3	201.72	9.08	4.50%
	10.03	20.55	16800	212.63	2			
	10.01	20.40	16000	203.32	2			
	10.00	20.68	15800	201.18	3			
	10.02	20.71	16500	209.25	3			
	10.01	20.56	15000	190.61	4			
	10.02	20.48	15800	200.38	2			
	10.01	20.56	15200	193.15	3			
	10.02	20.58	16900	214.33	3			

Resistencia a Compresión del Concreto Reciclado a/c = 0.70-100%

EDAD (días)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg /cm ²)	Falla	Resis. Prom Kg/cm ²	D.S	C.V (%)
7	10.00	20.38	11200	142.61	3	135.55	6.48	4.78%
	10.03	20.45	10600	134.16	3			
	10.00	20.60	10200	129.87	4			
27	10.01	20.72	15400	195.69	3	185.24	13.46	4.24%
	10.02	20.63	15000	190.23	2			
	10.01	20.81	13800	175.36	3			
	10.00	20.49	14000	178.26	3			
	10.00	20.48	15200	193.54	2			
	10.03	20.71	14400	182.26	3			
	10.01	20.77	14000	177.90	3			
	10.01	20.42	15200	193.15	3			
	10.00	20.56	14200	180.81	3			

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO ENDURECIDO

Resistencia a Flexión del Concreto Patrón a/c = 0.60

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.20	15.40	45.00	2900	36.20	37.20
	15.40	15.40	45.00	3100	38.20	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.60 - 20%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2800	37.33	38.00
	15.00	15.00	45.00	2900	38.67	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.60-50%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.50	15.00	45.00	2850	36.77	37.10
	15.50	15.00	45.00	2900	37.42	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.60-100%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2650	35.33	35.28
	15.50	15.00	45.00	2730	35.23	

Resistencia a Flexión del Concreto Patrón a/c = 0.65

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2980	39.73	37.36
	15.40	15.40	45.00	2840	34.99	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.65- 20%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	3060	40.80	40.39
	15.20	15.20	45.00	3120	39.98	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.65-50%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2630	35.07	34.51
	15.20	15.20	45.00	2650	33.96	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.65-100%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.20	15.10	45.00	2400	31.16	32.34
	15.40	15.20	45.00	2650	33.52	

Resistencia a Flexión del Concreto Patrón a/c = 0.70

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2850	38.00	36.81
	15.20	15.20	45.00	2780	35.62	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.70- 20%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	3150	42.00	40.28
	15.10	15.10	45.00	2950	38.56	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.70- 50%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.00	15.00	45.00	2780	37.07	36.43
	15.20	15.00	45.00	2720	35.79	

Resistencia a Flexión del Concreto Reciclado a/c = 0.70-100%

Tiempo (días)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kg)	Módulo de Rotura	Mr. Prom Kg/cm ²
28	15.20	15.20	45.00	2640	33.83	34.38
	15.00	15.00	45.00	2620	34.93	

CUADRO DE DATOS DE PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS

Presupuesto para el Concreto patrón a/c = 0.60

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO PATRON				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.190	S/. 10.00	S/. 1.90
Cemento	Kg	325.000	S/. 0.52	S/. 170.30
Arena	m ³	0.352	S/. 34.50	S/. 12.13
Grava	m ³	0.344	S/. 39.50	S/. 13.59
				S/. 197.92

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.60 – 20%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 20% DE AGREGADO GRUESO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.192	S/. 10.00	S/. 1.92
Cemento	Kg	328.333	S/. 0.52	S/. 172.05
Arena	m ³	0.350	S/. 34.50	S/. 12.07
Grava	m ³	0.265	S/. 39.50	S/. 10.47
Grava Reciclada	m ³	0.079	S/. 26.11	S/. 2.06
				S/. 198.58

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.60 – 50%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 50 % DE AGREGADO GRUESO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.195	S/. 10.00	S/. 1.95
Cemento	Kg	333.333	S/. 0.52	S/. 174.67
Arena	m ³	0.348	S/. 34.50	S/. 12.00
Grava	m ³	0.157	S/. 39.50	S/. 6.18
Grava Reciclada	m ³	0.186	S/. 26.11	S/. 4.87
				S/. 199.67

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.60 – 100%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 100% DE AGREGADO GRUESO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.200	S/. 10.00	S/. 2.00
Cemento	Kg	341.667	S/. 0.52	S/. 179.03
Arena	m ³	0.344	S/. 39.50	S/. 13.58
Grava Reciclada	m ³	0.336	S/. 26.11	S/. 8.78
				S/. 203.40

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.65

PRESUPUESTO PARA DISEÑO PATRON				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.186	S/. 10.00	S/. 1.86
Cemento	Kg	293.846	S/. 0.52	S/. 153.98
Arena	m ³	0.359	S/. 34.50	S/. 12.37
Grava	m ³	0.351	S/. 39.50	S/. 13.86
				S/. 182.07

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.65 – 20%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 20% DE AGREGADO GRUERSO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.192	S/. 10.00	S/. 1.92
Cemento	Kg	303.077	S/. 0.52	S/. 158.81
Arena	m ³	0.354	S/. 34.50	S/. 12.22
Grava	m ³	0.268	S/. 39.50	S/. 10.60
Grava Reciclada	m ³	0.069	S/. 26.11	S/. 1.81
				S/. 185.35

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.65 – 50%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 50 % DE AGREGADO GRUERSO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.195	S/. 10.00	S/. 1.95
Cemento	Kg	307.692	S/. 0.52	S/. 161.23
Arena	m ³	0.352	S/. 34.50	S/. 12.14
Grava	m ³	0.158	S/. 39.50	S/. 6.26
Grava Reciclada	m ³	0.172	S/. 26.11	S/. 4.50
				S/. 186.08

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.65 – 100%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 100% DE AGREGADO GRUESO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.200	S/. 10.00	S/. 2.00
Cemento	Kg	315.385	S/. 0.52	S/. 165.26
Arena	m ³	0.348	S/. 39.50	S/. 13.74
Grava Reciclada	m ³	0.340	S/. 26.11	S/. 8.89
				S/. 189.89

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.70

PRESUPUESTO PARA DISEÑO PATRON				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.190	S/. 10.00	S/. 1.90
Cemento	Kg	278.571	S/. 0.52	S/. 145.97
Arena	m ³	0.359	S/. 34.50	S/. 12.39
Grava	m ³	0.351	S/. 39.50	S/. 13.88
				S/. 174.15

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.70 – 20%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 20% DE AGREGADO GRUOSO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.193	S/. 10.00	S/. 1.93
Cemento	Kg	282.857	S/. 0.52	S/. 148.22
Arena	m ³	0.357	S/. 34.50	S/. 12.32
Grava	m ³	0.271	S/. 39.50	S/. 10.69
Grava Reciclada	m ³	0.070	S/. 26.11	S/. 1.82
				S/. 174.98

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.70 – 50%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 50 % DE AGREGADO GRUOSO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.201	S/. 10.00	S/. 2.01
Cemento	Kg	294.286	S/. 0.52	S/. 154.21
Arena	m ³	0.351	S/. 34.50	S/. 12.11
Grava	m ³	0.158	S/. 39.50	S/. 6.24
Grava Reciclada	m ³	0.172	S/. 26.11	S/. 4.48
				S/. 179.05

Presupuesto para el Concreto Reciclado a/c = 0.70 – 100%

PRESUPUESTO PARA DISEÑO CON 100% DE AGREGADO GRUESO RECICLADO				
MATERIAL	Unidad	Cantidad	Valor Parcial	Valor Total
Agua	m ³	0.206	S/. 10.00	S/. 2.06
Cemento	Kg	301.429	S/. 0.52	S/. 157.95
Arena	m ³	0.347	S/. 39.50	S/. 13.72
Grava Reciclada	m ³	0.340	S/. 26.11	S/. 8.88
				S/. 182.61

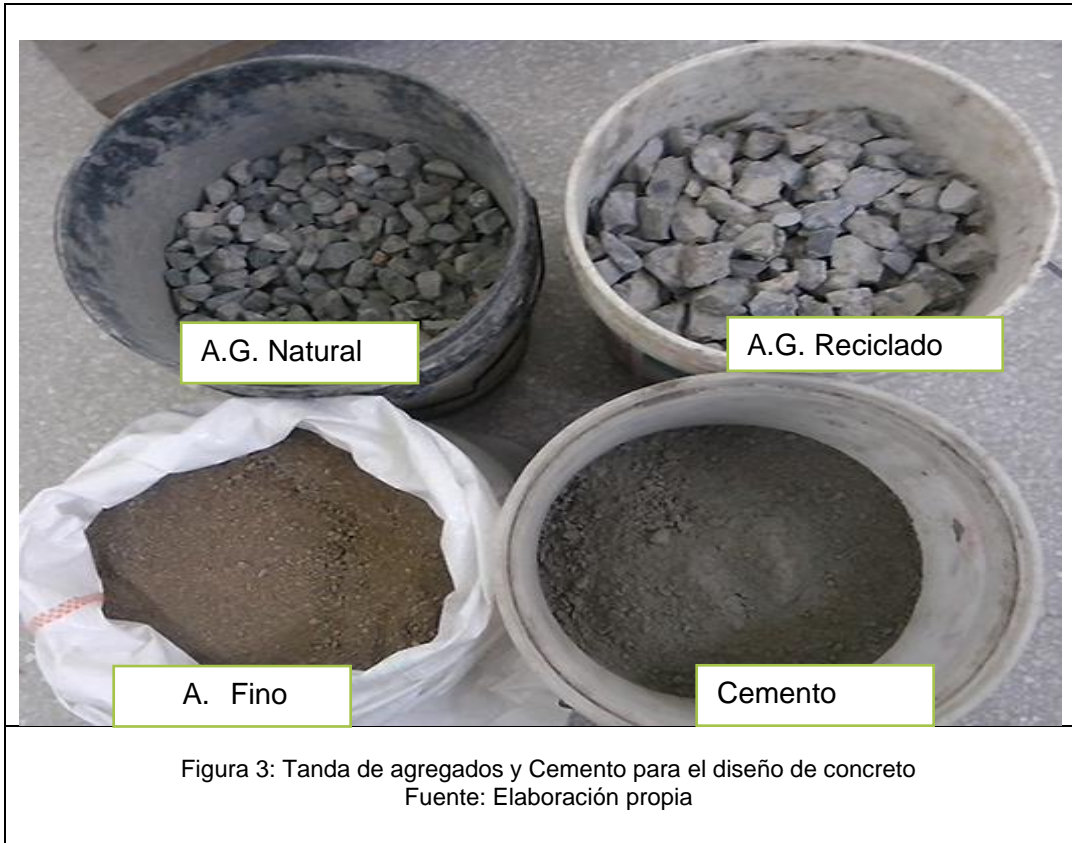
FOTOGRAFIAS AGREGADOS DEL CONCRETO



Figura 1: Agregado Grueso Reciclado
Fuente: Elaboración propia



Figura 2 : Presentación del Agregado Grueso Natural y Agregado Grueso Reciclado
Fuente: Elaboración propia



PREPARACIÓN DEL CONCRETO





Figura 5: Moldes de Probetas y de Vigas para el concreto.
Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Desmoldado de Vigas y probetas de Concreto
Fuente: Elaboración propia

ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO



Figura 7: Peso Unitario del Concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Ensayo de Consistencia del Concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Vibrado del Concreto para el Tiempo de Fraguado
Fuente: Elaboración propia



Figura 10: Concreto vertido sobre moldes para Tiempo de Fraguado
Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Ensayo de Tiempo de Fraguado
Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DEL CONCRETO ENDURECIDO



Figura 12: Probetas y vigas desmoldadas
Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Probetas y Vigas Retiradas del Curado
Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Ensayo a Compresión de las Probetas
Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Marcado de vigas de concreto a un tercio para ser ensayadas
Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Rotura de Viga de Concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Probetas y Vigas Ensayadas
Fuente: Elaboración propia