

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

“Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional”

Por:

Bach. Hervin Abdías Cubas Resurrección

Bach. Josias Cabrera Herrera

Asesor:

Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos

Lima, noviembre del 2019

ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE AGREGADO GRUESO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CONVENCIONAL” constituye la memoria que presenta los bachilleres Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en la ciudad de Lima, a los 22 días de noviembre del año 2019.



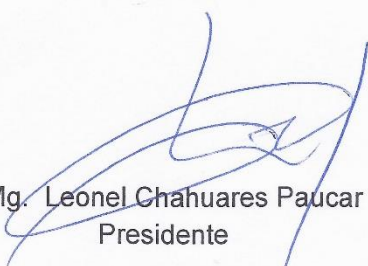
Asesor:
Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos

Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



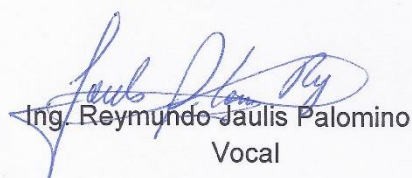
Mg. Leonel Chahuares Paucar
Presidente




Ing. David Díaz Garamendi
Secretario



Ing. Ferrer Canaza Rojas
Vocal



Ing. Reymundo Jaulis Palomino
Vocal



Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos
Asesor

Lima, 22 de Noviembre del 2019

Dedicatoria

A Dios por brindarme la sabiduría necesaria, salud y bendiciones para poder alcanzar mi meta como persona y como profesional. A mis queridos padres Triunfo C. Cabrera y Paulina N. Herrera, por brindarme apoyo moral, económico y consejos diarios con la finalidad de lograr mis objetivos y ser una persona responsable formado con buenos principios y valores. Finalmente a mis hermanos y hermanas por estar cada momento a mi lado y por brindarme su ejemplo y amor incondicional.

Bach: Josías Cabrera Herrera

Se lo dedico especialmente a Dios por brindarme fortaleza, salud y capacidad necesaria para poder hacer realidad este logro. A mis padres Cubas Estela Abdías y Resurrección Paisig Berenice por su apoyo y consejos incondicionales en cada decisión para hacer de mí una mejor persona. También dedico esta tesis a mis hermanas por estar en los momentos difíciles y apoyarme cuando más los necesitaba.

Bach: Hervin Abdías Cubas Resurrección

Agradecimiento

A Dios por brindarnos salud, sabiduría y por cuidar de nuestra familia que son el motor para alcanzar nuestros objetivos trazados.

A nuestros padres por habernos forjado como personas responsables, capaces de poder realizar nuestros sueños y contar su apoyo en todo momento.

A nuestro asesor el Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos quien nos ayudó en el proceso de nuestra tesis, brindándonos sus conocimientos que fueron indispensables para poder culminar este proyecto de investigación.

A la Universidad Peruana Unión por brindarnos la facilidad de poder ejecutar este proyecto con ayuda de su tiempo, servicios, herramientas y equipos.

A nuestros buenos amigos que nos apoyaron moral y físicamente en el proceso de nuestra investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS	XX
ABREVIATURAS	XXI
RESUMEN	XXII
ABSTRACT	XXIII
CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.1. Identificación del problema	24
1.2. Problema General	24
1.3. Problemas Específicos	24
1.4. Justificación	25
1.5. Presuposición filosófica	26
1.6. Objetivo general	27
1.7. Objetivos específicos	27

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1. Antecedentes de la Investigación	28
2.2. Residuos de la actividad de construcción y demolición (NTP 400.050)	33
2.3. Tipos de residuos de construcción y demolición (C&D)	34
2.4. Componentes del Manejo de Residuos en la construcción	37
2.5. Materiales para la elaboración de Concreto	40
2.5.1. Cemento	40
2.5.2. Agregados	42
2.5.3. Agua	42
2.6. Agregado Grueso Natural (AGN)	43
2.6.1. Definición	43
2.6.2. Clasificación	43
2.6.3. Funciones del Agregado	48
2.6.4. Propiedades físico – mecánicas del agregado grueso natural	48
2.7. Agregado Grueso Reciclado de concreto (AGR-C)	51
2.7.1. Descripción general de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C)	51
2.7.2. Tipos de agregados reciclados según su origen	51
2.7.3. Propiedades físico-mecánicas de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C)	54
2.8. Agregado Grueso Reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	62
2.8.1. Uso del ladrillo de arcilla triturado en el concreto	62
2.8.2. Ladrillo de arcilla como material cerámico	63
2.8.3. Características de los residuos de ladrillo de arcilla	65
2.8.4. Propiedades del Agregado Grueso Reciclado de Cascote de Ladrillo (AGR -CL)	65
2.9. Concreto Convencional (CC)	68
2.9.1. Propiedades físicas del concreto convencional en estado fresco	68
2.9.2. Propiedades mecánicas del concreto convencional en estado endurecido	72

2.10. Concreto Reciclado (CR)	76
2.10.1. Propiedades físicas del concreto reciclado en estado fresco	76
2.10.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado en estado endurecido	78
2.11. Diseño de Mezcla	82
2.11.1. Método del ACI - Comité 211.1	83
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	84
3.1. Descripción del Lugar de ejecución	84
3.2. Población y Muestra	84
3.3. Diseño de la Investigación	87
3.4. Formulación de la Hipótesis	87
3.4.1. Hipótesis General	87
3.4.2. Hipótesis Específicas	87
3.5. Identificación de las Variables	87
3.5.1. Dependientes	87
3.5.2. Independientes	87
3.5.3. Operacionalización de las Variables	88
3.6. Procedimiento Experimental (Metodología)	89
3.7. Procedencia de los agregados gruesos reciclados (AGR)	90
3.7.1. Procedencia del agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	90
3.7.2. Procedencia del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	91
3.8. Procedencia de los Agregados Naturales	92
3.9. Método de Trituración del AGR	93
3.10. Diseño de Mezcla	94
3.10.1. Método ACI- 211.1	94

3.11. Ensayos de laboratorio	98
3.11.1. Análisis Granulométrico de los agregados	98
3.11.2. Contenido de humedad en los agregados	100
3.11.3. Peso Unitario de los agregados	101
3.11.4. Peso Específico de los agregados	102
3.11.5. Resistencia al desgaste por abrasión de los agregados gruesos en la maquina los Ángeles	103
3.11.6. Resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido	105
3.12. Resultados Esperados	106
3.13. Materiales y Equipos	110
3.14. Instrumentos de Recolección de Datos	110
3.15. Procesamiento de Datos	110
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	111
4.1. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados	111
4.1.1. Análisis Granulométrico del agregado grueso natural (AGN)	111
4.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	113
4.1.2. Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo de arcilla (AGR - CL)	116
4.1.3. Análisis granulométrico del agregado fino (AF)	118
4.1.4. Contenido de humedad de los agregados	121
4.1.5. Peso unitario suelto y compactado de los agregados	122
4.1.6. Peso específico de los agregados	123
4.1.7. Absorción de los agregados	123
4.1.8. Resistencia al desgaste por abrasión de los agregados gruesos en la maquina los Ángeles	124
4.2. Diseño de Mezcla	125
4.2.1. Diseño de mezcla por el método ACI 211.1	125

4.3. Resultados de resistencia a la compresión	126
4.3.1. Influencia de la adición de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) en la resistencia a compresión	126
4.3.2. Análisis de un concreto elaborado con 10% de AGR-C y AGR-CL	128
4.3.3. Influencia del contenido de humedad de los agregados en la resistencia a compresión	131
4.3.4. Influencia del peso unitario de los agregados en la resistencia a compresión	131
4.3.5. Influencia del peso específico de los agregados en la resistencia a compresión	132
4.3.6. Influencia de la absorción de los agregados en la resistencia a compresión	133
4.3.7. Influencia de la resistencia al desgaste por abrasión de los agregados en la resistencia a compresión	135
4.3.8. Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el Slump del concreto en estado fresco	136
4.3.9. Comportamiento del concreto a través del tiempo de curado	138
4.4. Estimación de costos para un m3 de concreto según la adición de AGR	142
4.5. Diseño estadístico	144
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
5.1. Conclusiones	147
5.2. Recomendaciones	150
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	151
ANEXOS	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación y manejo de los residuos de la actividad de construcción	39
Tabla 2: Densidad de agregados naturales según distintos autores	45
Tabla 3: Densidad según el tipo de roca	46
Tabla 4: Clasificación del agregado grueso natural según su tamaño	47
Tabla 5: Agregados gruesos naturales (grava) en usos de la construcción	47
Tabla 6: Forma y textura del agregado grueso natural	48
Tabla 7: Tabla de recipientes de medida para ensayo de peso unitario	49
Tabla 8: Densidad de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C) según diferentes investigadores	55
Tabla 9: Porcentaje de absorción de los agregados naturales y reciclados de concreto	56
Tabla 10: Porcentajes de abrasión “Los ángeles” del agregado grueso natural y reciclado de concreto.....	57
Tabla 11: Granulometría del agregado grueso.....	61
Tabla 12: Investigaciones sobre el uso del agregado cascote de ladrillo en el concreto	63
Tabla 13: Principales rocas utilizadas como materia prima.....	64
Tabla 14: Factores que afectan la trabajabilidad del concreto en estado fresco	70
Tabla 15: Factores de corrección para probetas con relación altura/diámetro mayor a 2.....	74
Tabla 16: Resistencia a la compresión en función al porcentaje de agregado grueso reciclado	80
Tabla 17: Variables dependientes e independientes	84
Tabla 18: Operacionalización de variables	88
Tabla 19: Coordenadas UTM de las AGR-C	91
Tabla 20: Coordenadas UTM de las AGR-CL	92
Tabla 21: Coordenadas UTM de la cantera "Minera Estrella Azul S.A.C"	92
Tabla 22: Coordenadas UTM de la cantera “Admacon S.A.C”	93
Tabla 23: Registro de resistencias según su resistencia a compresión requerida	94
Tabla 24: Resistencia a compresión requerida según la calidad de obra.....	94
Tabla 25: Porcentaje de aire atrapado	95
Tabla 26: Requisitos aproximados de agua de mezclado	95
Tabla 27: Relación agua/cemento en función a resistencia a compresión a los 28 días de curado.....	96
Tabla 28: Volumen de agregado grueso en función al módulo de finura de la arena.....	96

Tabla 29: Proporciones del diseño final de mezcla	98
Tabla 30: Cantidades de muestras mínimas de agregado grueso.....	98
Tabla 31: Modelo ficha de resultados para un ensayo de granulometría.....	99
Tabla 32: Tamaño de la muestra del agregado	100
Tabla 33: Modelo de resultados del ensayo contenido de humedad.....	101
Tabla 34: Capacidad de recipientes de medida.....	101
Tabla 35: Esquematización de resultado del ensayo peso unitario.....	102
Tabla 36: Peso mínimo para la muestra de ensayos de peso específico	102
Tabla 37: Esquematización de resultado del ensayo peso específico	103
Tabla 38: Peso de las esferas de acero según su gradación	104
Tabla 39: Gradación de las muestras de ensayo	104
Tabla 40: Ficha de resultados para la resistencia a compresión de las probetas de concreto	106
Tabla 41: Rango de valores para las propiedades físicas de los agregados	109
Tabla 42: Análisis granulométrico del AGN	111
Tabla 43: Análisis granulométrico del AGR-C	113
Tabla 44: Análisis granulométrico del AGR - CL.....	116
Tabla 45: Análisis granulométrico del agregado fino (AF).....	119
Tabla 46: Contenido de humedad de los agregados.....	121
Tabla 47: Peso unitario suelto de los agregados	122
Tabla 48: Peso unitario compactado de los agregados	122
Tabla 49: Peso específico de los agregados.....	123
Tabla 50: Porcentaje de absorción de los agregados	124
Tabla 51: Abrasión los ángeles de los agregados gruesos	124
Tabla 52: Resumen del diseño de mezcla en kg/m ³	125
Tabla 53: Resistencia a compresión promedio a los 28 días de curado con AGR-C.....	127
Tabla 54: Resistencia a compresión promedio a los 28 días de curado con AGR-C y AGR-CL.....	129
Tabla 55: Slump del concreto fresco para los diferentes porcentajes de adición de agregado grueso reciclado (AGR-C y AGR-CL)	136
Tabla 56: Valores de variación en el porcentaje de concreto reciclado.....	142
Tabla 57: Estimación de costos para un m ³ de concreto según la adición de AGR.....	143
Tabla 58: Análisis estadístico ANOVA	144
Tabla 59: Cálculo del porcentaje de humedad del AGN	163
Tabla 60: Resultados del porcentaje de humedad del AGN	163

Tabla 61: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGN.....	163
Tabla 62: Resultados del peso unitario suelto del AGN.....	164
Tabla 63: Resultados del peso unitario compactado del AGN.....	164
Tabla 64: Cálculo del peso específico del AGN.....	164
Tabla 65: Resultados del peso específico del AGN.....	165
Tabla 66: Cálculo de abrasión los ángeles del AGN.....	165
Tabla 67: Resultados de abrasión los ángeles del AGN.....	166
Tabla 68: Cálculo del porcentaje de humedad del AF.....	166
Tabla 69: Resultados del porcentaje de humedad del AF.....	166
Tabla 70: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AF.....	167
Tabla 71: Resultados del peso unitario suelto del AF.....	167
Tabla 72: Resultados del peso unitario compactado del AF.....	168
Tabla 73: Cálculo del peso específico del AF.....	168
Tabla 74: Resultados del peso específico del AF.....	169
Tabla 75: Cálculo del porcentaje de humedad del AGR-C.....	170
Tabla 76: Resultados del porcentaje de humedad del AGR-C.....	170
Tabla 77: Cálculo del porcentaje de humedad del AGR-CL.....	170
Tabla 78: Resultados del porcentaje de humedad del AGR-CL.....	171
Tabla 79: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGR-C.....	171
Tabla 80: Resultados del peso unitario suelto del AGR-C.....	171
Tabla 81: Resultados del peso unitario compactado del AGR-C.....	172
Tabla 82: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGR-CL.....	172
Tabla 83: Resultados del peso unitario suelto del AGR-CL.....	172
Tabla 84: Resultados del peso unitario compactado del AGR-CL.....	173
Tabla 85: Cálculo del peso específico del AGR-C.....	173
Tabla 86: Resultados del peso específico del AGR-C.....	174
Tabla 87: Cálculo del peso específico del AGR-CL.....	174
Tabla 88: Resultados del peso específico del AGR-CL.....	175
Tabla 89: Cálculo de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-C.....	175
Tabla 90: Resultados de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-C.....	175
Tabla 91: Cálculo de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-CL.....	176

Tabla 92: Resultados de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-CL.....	176
Tabla 93: Propiedades de los materiales para el diseño de mezcla $f'c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm ²	177
Tabla 94: Resumen del diseño de mezcla en estado seco ($f'c = 140$ kg/cm ²).....	179
Tabla 95: Resumen del diseño de mezcla en estado húmedo ($f'c = 140$ kg/cm ²).....	180
Tabla 96: Proporcionamiento de mezcla para $f'c = 140$ kg/cm ²	181
Tabla 97: Diseño de mezcla por probeta para $f'c = 140$ en kg/cm ²	181
Tabla 98: Diseño de mezcla con 10% de desperdicio por probeta ($f'c = 140$ kg/cm ²).....	181
Tabla 99: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 175$ kg/cm ²	182
Tabla 100: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 210$ kg/cm ²	183
Tabla 101: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 280$ kg/cm ²	184
Tabla 102: Costo del agregado grueso reciclado por cada m ³	192
Tabla 103: Costo del concreto $f'c$ 140 kg/cm ² (0% AGR)	192
Tabla 104: Costo de concreto $f'c$: 140 kg/cm ² (10% AGR)	193
Tabla 105: Costo de concreto $f'c$: 140 kg/cm ² (20% AGR)	193
Tabla 106: Costo de concreto $f'c$: 140 kg/cm ² (30% AGR)	194
Tabla 107: Costo de concreto $f'c$: 140 kg/cm ² (40% AGR)	194
Tabla 108: Costo de concreto $f'c$: 175 kg/cm ² (0% AGR)	195
Tabla 109: Costo de concreto $f'c$: 175 kg/cm ² (10% AGR)	195
Tabla 110: Costo de concreto $f'c$: 175 kg/cm ² (20% AGR)	196
Tabla 111: Costo de concreto $f'c$: 175 kg/cm ² (30% AGR)	196
Tabla 112: Costo de concreto $f'c$: 175 kg/cm ² (40% AGR)	197
Tabla 113: Costo de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (0% AGR)	197
Tabla 114: Costo de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (10% AGR)	198
Tabla 115: Costo de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (20% AGR)	198
Tabla 116: Costo de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (30% AGR)	199
Tabla 117: Costo de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (40% AGR)	199
Tabla 118: Costo de concreto $f'c$: 280 kg/cm ² (0% AGR)	200
Tabla 119: Costo de concreto $f'c$: 280 kg/cm ² (10% AGR)	200
Tabla 120: Costo de concreto $f'c$: 280 kg/cm ² (20% AGR)	201
Tabla 121: Costo de concreto $f'c$: 280 kg/cm ² (30% AGR)	201
Tabla 122: Costo de concreto $f'c$: 280 kg/cm ² (40% AGR)	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trabajabilidad vs porcentaje de AGR-C. Feras Al Adday y otros (2019, pág. 5) ...29	29
Figura 2: Asentamiento vs. tipo de muestras. Venegas y Robles (2008, pág. 49).....29	29
Figura 3: Resistencia a la compresión con AGR-C (10%, 30% y 50%). Kanungo J. y Sood H. (2018, pág. 3).....30	30
Figura 4: Resistencia a la compresión con relación $a/c= 0.65$. Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 103)31	31
Figura 5: Resistencia a compresión con relación $a/c= 0.70$. Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 104)31	31
Figura 6: Tiempo de curado vs resistencia a compresión del concreto con AGR-CL. Amoros J. y otros (2018, pág. 40).....33	33
Figura 7: Proceso de gestión de residuos33	33
Figura 8: Principales actividades de construcción y/o remodelación. Ruelas E. (2015, pág. 50)34	34
Figura 9: Composición de residuos de demolición (AGR-C y AGR-CL). Carizaile A. y Anquise E. (2015, pág. 22)35	35
Figura 10: Demoliciones de colegios.....36	36
Figura 11: Desastres naturales (terremotos)36	36
Figura 12: Residuos de probetas de concreto37	37
Figura 13: Agregados Naturales: (a) Agregados de río, (b) Agregados de playa y (c) Agregados de cantera44	44
Figura 14: Agregados artificiales (piedra chancada)44	44
Figura 15: Clasificación según su densidad de los agregados: (a) Basalto, (b) Granítico y (c) Pómez45	45
Figura 16: Tipos de agregado grueso reciclado según su procedencia52	52
Figura 17: Composición media de residuos provenientes de construcción (a) y demolición (b) en Hong Kong.53	53
Figura 18: Condición de agua en los agregados gruesos55	55
Figura 19: Esquemización de: (a) características geométricas de los agregados, (b) agregados redondeados, con alta angularidad y textura no rugosa, y (c) agregados alargados con baja angularidad y textura rugosa. Vialidad y transporte (2015, pág. 18).....58	58
Figura 20: Granulometría de agregado grueso reciclado de ladrillo de arcilla.....66	66
Figura 21: Ensayo del asentamiento en el cono de Abrams71	71

Figura 22: Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto. Solís R. y Moreno E. (2005, pág. 7)	73
Figura 23: Esfuerzo vs deformación unitaria, para el cálculo del módulo de elasticidad. (ASTM C-469).....	76
Figura 24: Esfuerzo vs deformación unitaria, para el cálculo del módulo de elasticidad. (ASTM C-469).....	81
Figura 25: Árbol metodológico de las probetas a ensayar	86
Figura 26: Procedimiento para la elaboración de un concreto reciclado	90
Figura 27: Procedencia de las probetas recicladas	91
Figura 28: Procedencia del cascote de ladrillo	91
Figura 29: Cantera "Minera Estrella Azul S.A.C - Vallecito"	92
Figura 30: Cantera "Admacon S.A.C"	93
Figura 31: Resultados esperados: Curva de variación de resistencia a la compresión según el porcentaje adicionado. Silveira P. (2007, pág. 105)	107
Figura 32: Resultados esperados: Curva de variación de resistencia a la compresión según los días de curado. Bedoya C. (2015, pág. 102).	108
Figura 33: Curva granulométrica del AGR. Gonzales E. (2018, pág. 115).....	109
Figura 34: Curva granulométrica del AGN	112
Figura 35: Curva granulométrica del AGR-C.....	114
Figura 36: Curva granulométrica del AGR- CL	117
Figura 37: Curva granulométrica del AF	120
Figura 38: Resistencia a compresión para 28 días de edad de un concreto elaborado con AGR-C	127
Figura 39: Resistencia a compresión para 28 días de edad de un concreto elaborado con AGR-C y AGR-CL	129
Figura 40: Resistencia a la compresión vs. porcentaje de humedad de los agregados	131
Figura 41: Resistencia a la compresión vs. PUC de los agregados	132
Figura 42: Resistencia a la compresión vs. peso específico de los agregados.....	133
Figura 43: Resistencia a compresión vs. porcentaje de absorción de los agregados	134
Figura 44: Resistencia a la compresión vs. porcentaje de abrasión.....	135
Figura 45: Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado de concreto en el Slump del concreto fresco	136
Figura 46: Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo en el Slump del concreto fresco.....	137

Figura 47: Resistencia de diseño $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado	138
Figura 48: Resistencia de diseño $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado	139
Figura 49: Resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado	140
Figura 50: Resistencia de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado	141
Figura 51: Comparación de costos del concreto convencional y reciclado por m^3	143
Figura 52: Análisis de los factores tiempo vs dosificación vs resistencia a compresión.....	145
Figura 53: Análisis de los factores tiempo vs resistencia de diseño vs resistencia a compresión	146
Figura 54: Botaderos aprobados y desaprobados en la ciudad de Lima. (El Comercio, 2018)	162
Figura 55: Almacenamiento de probetas recicladas de concreto.....	203
Figura 56: Trituración manual de probetas recicladas de concreto	203
Figura 57: Trituración manual del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo	204
Figura 58: Agregado grueso reciclado de concreto – triturado.....	204
Figura 59: Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo - triturado.....	205
Figura 60: Análisis granulométrico mecánico del agregado grueso natural.....	206
Figura 61: Presentación de la granulometría del agregado grueso natural	206
Figura 62: Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de concreto.....	207
Figura 63: Presentación de la granulometría del agregado grueso reciclado de concreto.....	207
Figura 64: Presentación de la granulometría del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo.....	208
Figura 65: Análisis granulométrico mecánico del agregado fino	208
Figura 66: Presentación de la granulometría del agregado fino	209
Figura 67: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso natural	209
Figura 68: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso natural	210
Figura 69: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso reciclado de concreto.....	210
Figura 70: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo.....	211
Figura 71: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso reciclado de concreto	211
Figura 72: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo	212

Figura 73: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado fino	212
Figura 74: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado fino	213
Figura 75: Resistencia al desgaste del agregado grueso natural (Abrasión - Los Ángeles) ..	213
Figura 76: Resistencia al desgaste del agregado grueso reciclado (Abrasión - Los Ángeles)	214
Figura 77: Ensayo de peso unitario del agregado grueso natural	214
Figura 78: Ensayo de peso unitario del agregado grueso reciclado de concreto	215
Figura 79: Ensayo de peso unitario del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo	215
Figura 80: Ensayo de peso unitario del agregado fino.....	216
Figura 81: Ensayo de peso específico del agregado grueso natural.....	216
Figura 82: Ensayo de peso específico del agregado grueso reciclado de concreto	217
Figura 83: Ensayo de peso específico del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo	217
Figura 84: Ensayo de peso específico del agregado fino	218
Figura 85: Elaboración de probetas de concreto	219
Figura 86: Control de calidad – cono de Abrams (Slump)	219
Figura 87: Curado por inmersión en probetas de concreto	220
Figura 88: Toma de datos para el ensayo de resistencia a la compresión axial.....	220
Figura 89: Ensayos de resistencia a la compresión axial en probetas de concreto	221

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Porcentaje de humedad	50
Ecuación 2: Porcentaje de absorción	56
Ecuación 3: Peso unitario.....	69
Ecuación 4: Modulo de elasticidad según la tangente del ángulo	75
Ecuación 5: Modulo de elasticidad.....	81
Ecuación 6: Resistencia requerida en función de la desviación estándar	94
Ecuación 7: Cantidad de cemento.....	96
Ecuación 8: Cantidad de agregado grueso	97
Ecuación 9: Cantidad de agregado fino	97
Ecuación 10: Contenido de humedad de los agregados.....	100
Ecuación 11: Porcentaje de desgaste	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición	161
Anexo B: Botaderos aprobados y desaprobadados en la ciudad de Lima	162
Anexo C: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados naturales.....	163
Anexo D: Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado de concreto y de cascote de ladrillo.	170
Anexo E: Propiedades de los materiales para el diseño de mezcla – Método ACI 211	176
Anexo F: Diseño de mezcla de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211	177
Anexo G: Diseño de mezcla de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211.....	182
Anexo H: Diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211.....	183
Anexo I: Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211	184
Anexo J: Certificado del ensayo de resistencia a compresión del concreto	185
Anexo K: Estimación de costos para un m^3 de concreto con adición de AGR.....	192
Anexo L: Panel fotográfico.....	203

ABREVIATURAS

AA: Agregados artificiales

ACI: American Concrete Institute

a/c: agua/cemento

AG: Agregado grueso

AF: Agregado fino

AGR: Agregado grueso reciclado

AGR-C: Agregado grueso reciclado de concreto

AGR-CL: Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo

AGN: Agregado grueso natural

AN: Agregado natural

CC: Concreto reciclado

C&D: Construcción y demolición

CR: Concreto reciclado

Ec: Modulo de elasticidad

EPP: Equipo de protección personal

EPS-RS: Empresas prestadoras de servicios de residuos solidos

f'c: Resistencia a la compresión axial del concreto

MF: Modulo de finura

NTP: Norma Técnica Peruana

P.U: Peso unitario

PUS: Peso unitario suelto

PUC: Peso unitario compactado

P.E: Peso específico

RESUMEN

En Lima la industria de la construcción genera una totalidad de 19 mil T/día en residuos de construcción y demolición, ocasionando impactos ambientales negativos que necesitan una solución. La presente investigación tiene por objetivo analizar la influencia de la adición del agregado grueso reciclado en un concreto convencional. Por ello se realizó la trituración manual de probetas de concreto reciclado y cascote de ladrillo para la obtención de agregado grueso reciclado, donde se elaboraron 192 probetas cilíndricas de concreto (6" x 12"), sustituyendo la cantidad de AGN por el 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C y 10% de AGR-CL. Se analizaron cuatro resistencias de diseño: $f'_c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm^2 en diferentes periodos de curado (7, 14 y 28 días) de acuerdo al diseño de mezcla ACI 211.1. Además, se establece un concreto patrón (0% de AGR), con las mismas características para el análisis de las muestras.

Los resultados experimentales de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados se realizaron de acuerdo a la NTP. Para el AGR-C se obtuvo resultados aceptables con respecto a la granulometría, peso específico y abrasión en la máquina de los ángeles, cumpliendo con los parámetros de la NTP. En cambio, para el AGR-CL se obtuvo propiedades menos significativas en comparación con el AGR-C. Cabe resaltar que ambos agregados reciclados tienen un alto contenido absorción lo que genera un alto índice de porosidad y menos trabajabilidad del concreto.

También se muestran los resultados de resistencia a compresión a los 28 días de curado, donde el concreto con 10% de agregado grueso reciclado obtuvo un mejor comportamiento con resultados que varían de 2.79% a 14.47% en función al concreto patrón para los diferentes agregados reciclados (AGR-C y AGR-CL). Además, según el tiempo de curado para concreto elaborado de AGR-C, se establece que el comportamiento del concreto a los 7, 14 y 28 días varía desde 77.67% a 100.643% en función de la resistencia de diseño.

Por lo tanto, para un concreto elaborado con AGR-C, es viable utilizar hasta un 10% de adición según el análisis estadístico "Diseño aleatorio por bloques al azar". Por ende se comparó con un concreto elaborado con AGR-CL con 10% de adición, dando como resultado beneficioso la utilización de ambos agregados reciclados para la elaboración de un concreto convencional.

Palabras Claves: Agregado grueso reciclado, agregado grueso natural, concreto reciclado, concreto convencional y resistencia a la compresión.

ABSTRACT

In Lima, the real state industry generates a total of 19 thousand tons per day in construction and demolition waste, causing negative environmental impacts which required an urgent solution. The purpose of this research is to analyze the influence of the addition of recycled coarse aggregate in a conventional concrete. Consequently, the manual crushing of recycled concrete specimens and brick rubble was performed to obtain recycled coarse aggregate, where 192 cylindrical concrete specimens (6"x12") were made, replacing the amount of AGN by 10%, 20%, 30% and 40% AGR-C and 10% AGR-CL. Four design resistances were analyzed: $f'_c = 140, 175, 210$ and 280 kg / cm^2 in different curing periods (7, 14 and 28 days) according to the ACI 211.1 mix design. In addition, a standard concrete (0% AGR) is established, with the same characteristics for the analysis of the samples.

The experimental results of the physical and mechanical properties of the aggregates were performed according to the NTP. For the AGR-C, acceptable results were obtained with respect to the granulometry, specific weight and abrasion in the angels machine complying with the parameters the of NTP. On the other hand, for the AGR-CL it obtained less significant properties compared to the AGR-C. It is remarked that both recycled aggregates have a high absorption content, which generates a high rate of porosity and less workability in the concrete.

The compressive strength results are also shown to the 28 days of curing, where concrete with 10% coarse aggregate recycled obtained a better performance with results ranging from 2.79% to 14.47% depending on the standard concrete for the different recycled aggregates (AGR-C and AGR-CL). In addition, according to the curing time for AGR-C processed concrete, it is established that the behavior of concrete at 7, 14 and 28 days varies from 77.67% to 100.643% depending on the design strength.

Therefore, for a concrete made with AGR-C, it is feasible to use up to 10% addition according to the statistical analysis "Randomized design by random blocks". As a consequence, it was compared with a concrete made with AGR-CL with 10% addition, resulting in the beneficial use of both recycled aggregates for the preparation of a conventional concrete.

Keywords: Recycled coarse aggregate, natural coarse aggregate, recycled concrete, conventional concrete and compressive strength.

CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En la era de la construcción, la creación de ciudades ecológicas tiene un rol valioso en la sociedad y el entorno ambiental. Cada vez en nuestro medio local la construcción de edificaciones y obras civiles crecen simultáneamente, pero junto a ello también aparece la generación de residuos sólidos en grandes volúmenes ya sea por construcción o demolición (C&D). A pesar de enfrentar un gran desafío global y responsabilidad ambiental, los residuos generados por las construcciones y demoliciones no son llevados a botaderos o rellenos sanitarios formales. Sucede lo contrario, estos residuos son desechados a las vías públicas, orillas de los ríos, mares y botaderos informales, generando impactos negativos a nuestro entorno.

En países como Europa se dedican netamente a la producción de reciclaje debido a la gran cantidad de residuos que se generan durante los años. Por otro lado, la presión misma de cuidar el medio ambiente ha visto conveniente implementación de industrias de construcción dedicadas a reciclar concreto (Mukesh Limbachiya, 2003, citado por Régulo y Sangay, 2014, pág. 15).

Cruz y Velázquez (2004) citado por Régulo y Sangay. (2014, pág. 15), afirman que la ventaja de reciclar concreto en la ciudad de México, abre un nuevo enfoque de sostenibilidad ambiental frente a materias primas naturales. De esa manera se busca la mejora del ambiente y la reducción de recursos naturales extraídos, generando una alternativa de uso para las diferentes aplicaciones en la construcción.

En cambio, en Perú no existen procesos de gestión a nivel nacional, es por ello que los residuos de C&D son generados en altas cantidades y no tienen un tratamiento previo ocasionando impactos ambientales negativos y problemas de salud. Es decir, debido a la falta de atención de este problema, no se toma en cuenta el manejo de residuos sólidos de C&D.

1.2. Problema General

- ¿En qué medida influye la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional?

1.3. Problemas Específicos

- ¿Cómo influye las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado para la elaboración de un concreto convencional?

- ¿Cómo influye la cantidad de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión?
- ¿Cómo influye el tiempo de curado en la resistencia a compresión de un concreto reciclado?

1.4. Justificación

En la actualidad, la construcción demanda grandes cantidades de materia prima de calidad para la construcción de obras civiles y edificaciones. Estos recursos no renovables son extraídos mayormente de canteras que deben cumplir con ciertos requisitos técnicos y control de calidad. Existe también la posibilidad de emplear nuevos materiales dentro de la construcción en reemplazo de los agregados. Materiales que no causen demasiados impactos negativos a nuestro entorno. El reciclaje está presente como una posible solución para la construcción de ciudades sostenibles. Al reutilizar elementos estructurales y no estructurales de concreto y ladrillo se genera una alternativa de solución al problema ocasionado por la mala gestión de residuos de construcción y demolición. Por lo tanto, el presente proyecto es significativo porque se busca la reutilización de agregado grueso reciclado para la elaboración de un concreto convencional.

En Lima las estadísticas sobre los residuos de construcción y demolición (C & D) no son claras por la falta de una cultura que promueva el reciclaje y más aún si se trata de concreto. Según el Ministerio del Ambiente, en el año 2012 se clasificó a los residuos de (C & D) como el segundo grupo de mayor importancia con 3.58% de residuos generados nacionalmente. De esta manera el estado peruano viendo la realidad que atraviesa dio mayor importancia a los residuos sólidos domiciliarios dejando de lado a los residuos de C&D.

Según Bazán I. (2018, pág. 44), los residuos de C&D producidos del edificio Clement en la ciudad de Lima, tiende a generar 514.80 T de albañilería y 339.30 T de estructuras de concreto. Por otro lado, en Lima se generan 19 mil T al día de residuos de C&D y el 70% va al mar y ríos (El Comercio, 2017), porque sólo cuenta con 5 rellenos sanitarios ubicados en Carabayllo, Lurín, Huaycoloro, Cañete y Ventanilla y 31 botaderos aprobados y 11 botaderos desaprobados (ver anexo B), (El Comercio, 2018). Además, los residuos depositados no tienen un tratamiento previo ocasionando problemas de salud e impactos ambientales negativos para un promedio de 8.575 millones de personas habitadas en la ciudad de Lima.

Por otro lado, en los países como Alemania, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia también son testigos de la producción de desmonte con aproximadamente 17.5 T al día. En

Europa se generan cada año más de 510 toneladas de residuos de construcción y demolición (C&D). Para Estados Unidos la cifra es de 325 millones de toneladas de residuos de C&D y en Japón se estiman unos 77 millones de toneladas. Grandes ciudades como China e India producen y consumen más del 50% del concreto en el mundo; pero también la generación de residuos de C&D avanza conforme a su desarrollo. Debido a ello la industria de la construcción busca nuevas opciones de reciclar los residuos de C&D. En Europa se recupera el 30% de residuos de C&D y para Estados Unidos la cifra asciende a un 82%, mientras que Japón se logra recuperar casi un 100% de su totalidad (WBCSD, 2009, pág. 4).

Dicho lo anterior se busca disminuir tres factores importantes con la utilización de agregado grueso reciclado. El primero está relacionado con problemas medioambientales debido a la reutilización de una materia prima no renovable, además se busca reducir los depósitos informales y girar hacia una apropiada educación medioambiental. El segundo se relaciona directamente con la conservación de recursos naturales porque la extracción de material a cielo abierto ocasiona gran impacto paisajístico y ecológico. Y por último los beneficios económicos de costos de extracción y explotación, transporte y energía son reducidos sustancialmente debido al uso de materiales reciclados en la propia fuente de producción. (Torres C. y Vera S., 2017, pág. 6).

1.5. Presuposición filosófica

Las construcciones hoy en día son muy a menudo a nivel nacional e internacional, así como también las demoliciones, tal es el caso que muchos escombros son abandonados en lugares públicos sin ninguna autorización alguna, trayendo como consecuencia contaminación ambiental y degradación paisajística.

Desde que el hombre fue creado por Dios tuvo una gran responsabilidad de cuidar la tierra, esto podemos ver en la Biblia en el libro de Génesis 1:28 dice “Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra.”, este texto es claro indicando la responsabilidad absoluta al hombre de administrar y cuidar de ella.

Biblioteca en Línea (2007) argumenta: “Jehová Dios hizo la Tierra para que fuera el hogar ajardinado de la humanidad. Al ver su obra, la calificó de ‘muy buena’ y le encomendó al hombre que la cultive y lo cuidara (Génesis 1:28, 31; 2:15)”, es por eso el uso que demos a esto evidenciará si lo consideramos o no un regalo de Dios.

Finalmente, Hayes W. (2016, pág. 1) afirma que, algunos cristianos se manifiestan más preocupados que otros sobre el estado actual de la creación de Dios. Muchos ven en las escrituras un claro mandato de cuidar de la creación, mientras que otros ven en aquellas un permiso implícito para depredarla. Extrañamente, numerosas encuestas publicadas revelan que a los cristianos y otros grupos religiosos las cuestiones ambientales les interesan significativamente menos que al público en general.

La conclusión a todo esto es que Dios siempre buscó la armonía entre el hombre y la naturaleza, es decir trabajarla, cuidar y conservar de ella. En este caso la elaboración de un concreto con agregado reciclado contribuye al control del medio ambiente siendo aprovechada la reutilización de muchos residuos de construcción que son abandonados en lugares inadecuados o con procesos de disposición final ineficientes.

1.6. Objetivo general

- Determinar la influencia del agregado grueso reciclado (AGR) en la resistencia a compresión para un concreto convencional.

1.7. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del AGR para la elaboración de un concreto convencional.
- Evaluar la influencia de la cantidad de AGR en la resistencia a compresión.
- Evaluar la influencia del tiempo de curado en la resistencia a compresión del concreto reciclado.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Gran parte de investigaciones se centran en el uso de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) como reemplazo de los agregados gruesos naturales (AGN) para estructuras de concreto. Para evaluar las propiedades del concreto reciclado (CR), muchos investigadores examinaron diferentes pruebas variando los porcentajes de AGN y reemplazándolos con AGR-C.

En países como Japón algunos investigadores reemplazaron 0%, 15%, 30%, 45% y 60% de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) en mezclas de concreto en lugar de agregado grueso natural (AGN) para evaluar la resistencia a compresión después de 7, 14, y 28 días de curado utilizando testigos de 100 x 100 x 100 mm. Además, se trabajó con el uso de un plastificante (0% y 2.5%) para mejorar la trabajabilidad del concreto. Se concluye que la trabajabilidad de las mezclas de concreto disminuye al aumentar la tasa de AGR-C, como se muestra en la figura 1 (Feras Al Adday y otros, 2019, pág.5). De modo similar en Bogotá, Venegas y Robles (2008, pág. 82), reutilizaron el concreto endurecido de probetas desechadas en los alrededores de un laboratorio con fines prácticos para obtener el AGR-C sustituyéndolo con diferentes porcentajes (0%, 50% y 100%) en las mezclas de concreto reciclado. Los resultados de la manejabilidad del concreto se vieron afectada por el tipo de agregado y sus características (humedad y absorción), por lo que se recomienda el uso de aditivo plastificante cuando se elabore un concreto con alto contenido de AGR (ver figura 2). En Colombia, Mena C. y Valdés Y. (2014, pág. 17) al igual que Feras Al Adday y otros (2019), también experimentaron la elaboración de un concreto con AGR-C en 25%, 50% y 100% de reemplazo. Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días. Los autores concluyeron que mientras más AGR-C sea reemplazado por AGN menor será su resistencia a compresión debido a la textura del AGR-C (rugosa o porosa), impidiendo la buena adherencia del mortero en los agregados. Además, señala que el porcentaje ideal para un diseño de mezcla es del 25% de AGR, recomendable para uso en obras viales.

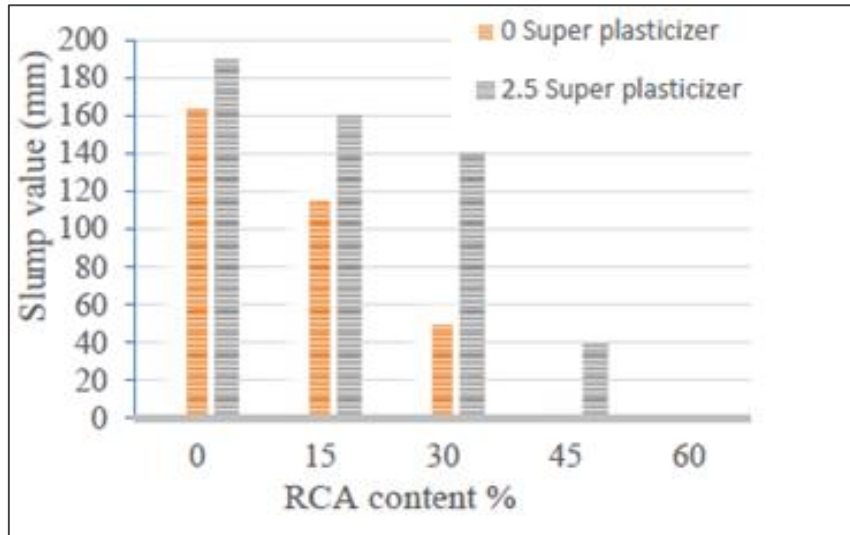


Figura 1: Trabajabilidad vs porcentaje de AGR-C. Feras Al Adday y otros (2019, pág. 5)

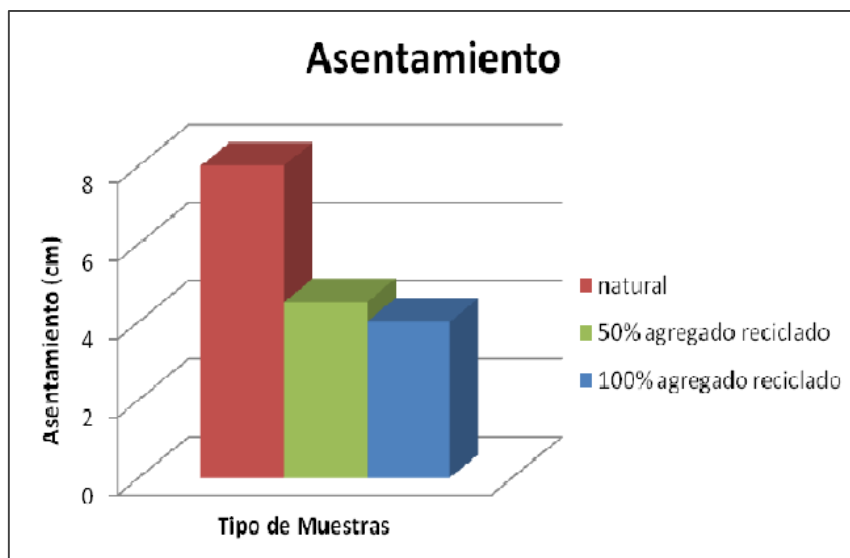


Figura 2: Asentamiento vs. tipo de muestras. Venegas y Robles (2008, pág. 49)

En la India, Kanungo J. y Sood H. (2018, pág. 1) probaron 4 tipos de mezclas de concreto: Concreto hecho completamente con AGN como grupo de control y tres tipos de concreto hecho con diferentes proporciones de AGN reemplazado por el AGR-C (10%, 30% y 50%). Después de los 7, 14 y 56 días de curado, el concreto con porcentajes de AGR-C tuvo un desempeño satisfactorio que no alteró el desempeño del AGN y a la vez el uso de agregados reciclados ahorra significativamente la energía y costos de transporte (ver figura 3). Por otro lado, una investigación en Guatemala realizada por Marroquín (2012, pág. 79) presenta el desempeño de un concreto elaborado con agregado proveniente de cilindros de concreto estándar. Los cilindros fueron triturados hasta obtener agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C). Además, se realizó un diseño de mezcla para un concreto convencional (CC) y un

concreto reciclado (CR) para posteriormente comparar la resistencia a compresión de ambos concretos. La resistencia a compresión del CR no alcanzó la resistencia deseada debido a la cantidad de agua, desintegración de partículas y cantidad de finos. Sin embargo, el CR tiene mayor velocidad de endurecimiento en comparación con un CC.

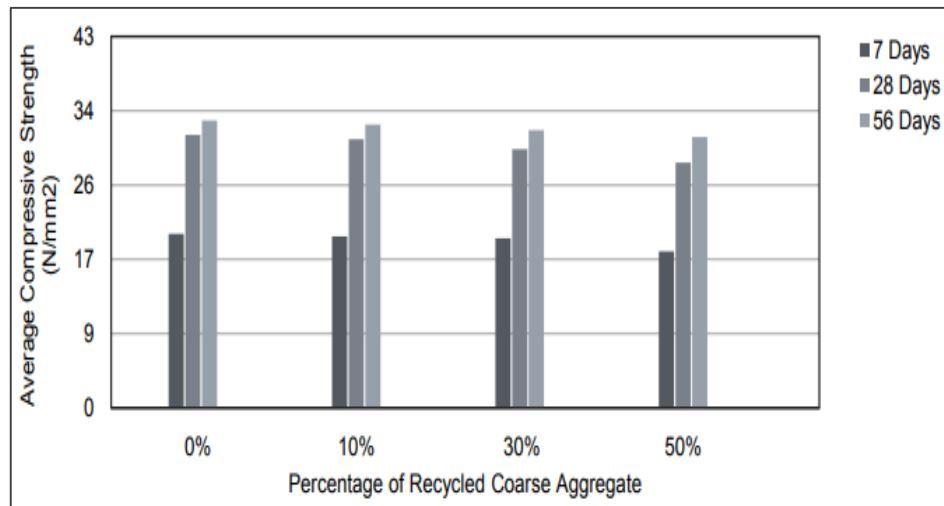


Figura 3: Resistencia a la compresión con AGR-C (10%, 30% y 50%). Kanungo J. y Sood H. (2018, pág. 3)

Los autores Jordán y Viera (2014, pág. 11) de la Universidad Nacional de Chimote en Perú, realizaron una investigación sobre la elaboración de un concreto con AGR-C para dos tipos de mezcla (210 kg/cm² y 175 kg/cm²), donde los porcentajes de AGR-C fueron reemplazados por agregado AGN con 0%, 25%, 50% y 100%. Los autores determinaron que la resistencia a compresión varía de acuerdo al aumento de AGR-C. De forma semejante coinciden con Mena C. y Valdés Y. (2014, pág. 17) que el porcentaje idóneo para una mezcla de concreto es 25% y 50% demostrando una resistencia a compresión ascendente y homogénea.

En la ciudad de Trujillo para Guerrero J. (2018, pág. 4) al usar proporciones menores al 15% de residuos de construcción y demolición (C&D) con un diseño de mezclas de $f'c = 175$ kg/cm² en probetas curadas a los 28 días de edad, el valor de la resistencia no disminuye significativamente demostrando la viabilidad de C&D en la elaboración de concreto para obras de construcción. Por su parte Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 14) estudiaron las propiedades mecánicas (principalmente resistencia a la compresión) de varias mezclas de concretos preparados con 15%, 30%, 45% y 60% de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) de una demolición de vereda en la ciudad de Trujillo. Además variaron la relación

agua/cemento (a/c) en 0.55, 0.65 y 0.70, diseñando las mezclas de acuerdo a la norma ACI 211.1 para 3, 7 y 28 días de curado. Se determinó que la resistencia a compresión a los 28 días en promedio es de 225.86 kg/cm² utilizando una relación de a/c de 0.65 y un 30% de AGR-C lo que es satisfactorio para la fabricación de un concreto estructural. Por otra parte, para alcanzar una resistencia a compresión de 190.87 kg/cm² es conveniente utilizar una relación a/c de 0.70 con un 15 % de AGR-C lo que es satisfactorio para un concreto no estructural (ver figura 4 y 5).

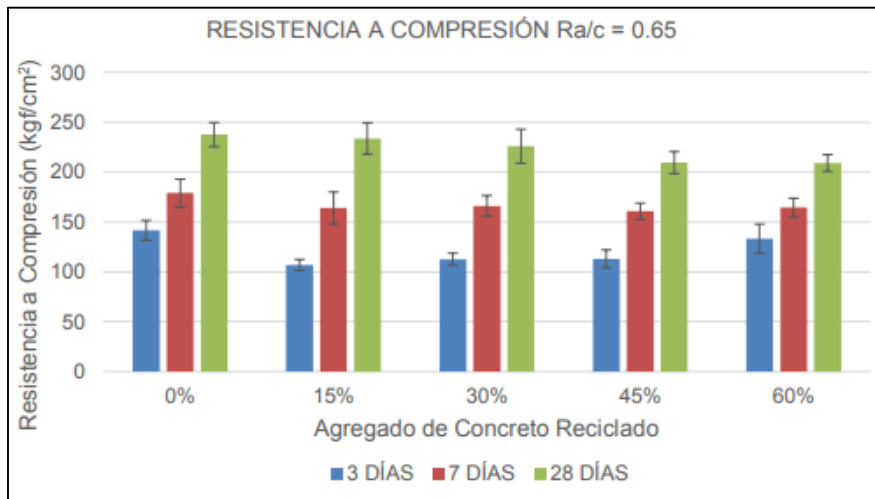


Figura 4: Resistencia a la compresión con relación a/c= 0.65. Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 103)

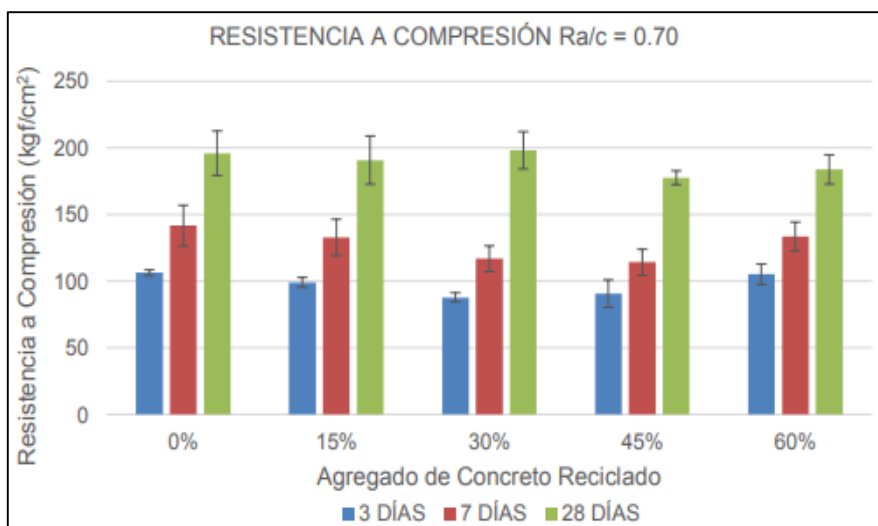


Figura 5: Resistencia a compresión con relación a/c= 0.70. Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 104)

Para concretos elaborados con agregados gruesos reciclados de cascote de ladrillo (AGR-CL) existen investigaciones que comparan las diferentes iniciativas de usar agregados gruesos reciclados en edificaciones y obras civiles. Se rescata el uso de cascote de ladrillo dentro de la masa de concreto con la finalidad de observar mejoras en sus propiedades y performance. Por ejemplo en Colombia, para Pérez A. (2012, pág. 116) el concreto elaborado con AGR-CL tiene viabilidad siempre y cuando no supere el 30% de sustitución dentro de la matriz de concreto. Para esta conclusión se basó en un programa experimental de 0%, 10%, 20% y 30% de reemplazo del agregado grueso reciclado. Además usó probetas cilíndricas descritas en la norma NTC 1377 (Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio) ensayadas a los 28 días de curado. A igual que Pérez A. (2012), Rosas H. (2018, pág. 65) reemplazó un 0%, 20%, 30%, 40% y 50% de este material en condiciones de humedad seca al aire, para evaluar un concreto hidráulico. Para su investigación utilizó probetas estándares curadas hasta los 28 días de edad. Llegó a la conclusión que es posible usar el AGR-CL en sustituciones máximas del 30% para satisfacer las características mecánicas del concreto.

Por otro lado en Cajamarca, Amoros J. y otros (2018, pág. 43) ensayaron 12 probetas para el grupo control y 12 probetas para el grupo experimental con un 0% y 30% de AGR-CL, con la finalidad de verificar si influye en la performance del concreto. Además para mejorar el problema de la trabajabilidad dentro de la mezcla de concreto se utilizó aditivo superplastificante SIKA 290N en proporciones de 250 ml y 500 ml por bolsa de cemento. A su vez evaluaron el comportamiento del concreto en función al tiempo de curado en la primera, cuarta, doceava y veinteava semana. Concluyeron que en proporciones de 30% de AGR-CL y haciendo uso de aditivo superplastificante, existe un incremento de hasta 10% de la resistencia a compresión con relación a las muestras patrón como se muestra en la siguiente figura.

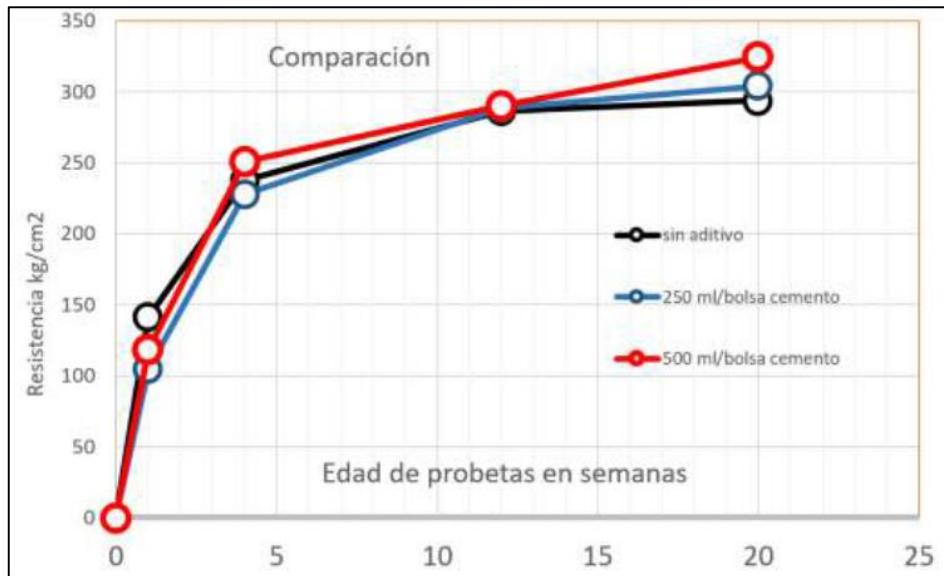


Figura 6: Tiempo de curado vs resistencia a compresión del concreto con AGR-CL. Amoros J. y otros (2018, pág. 40)

2.2. Residuos de la actividad de construcción y demolición (NTP 400.050)

Para la adecuada gestión de las actividades de (C&D) se desarrolla un Plan de Manejo. Este documento describe las operaciones y procedimientos enfocados a una adecuada disposición final de residuos de C&D desde un punto ambiental según sea sus características. Su finalidad es reducir los residuos y darle un valor agregado según los criterios ambientales, económicos y sociales (Leandro A., 2007, pág. 4).

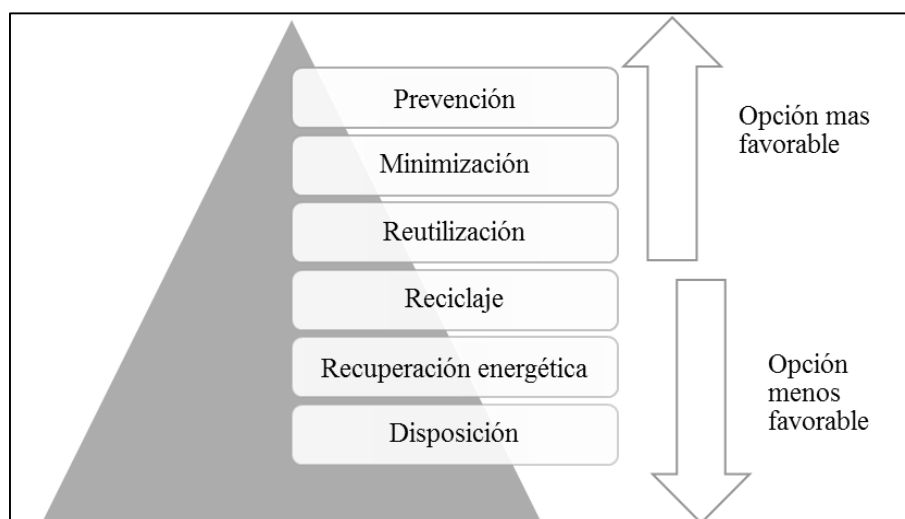


Figura 7: Proceso de gestión de residuos

Por su parte Regulo y Sangay (2014, pág. 25), afirman que las actividades de construcción generan desechos durante el proceso constructivo, demoliciones, reparaciones o reforzamiento de alguna construcción en general.

En la figura siguiente se muestra un esquema donde se establecen las distintas actividades de la construcción y remodelación. Cabe mencionar que para Ruelas E. (2015, pág. 50) estas áreas están divididas en tres partes o etapas.

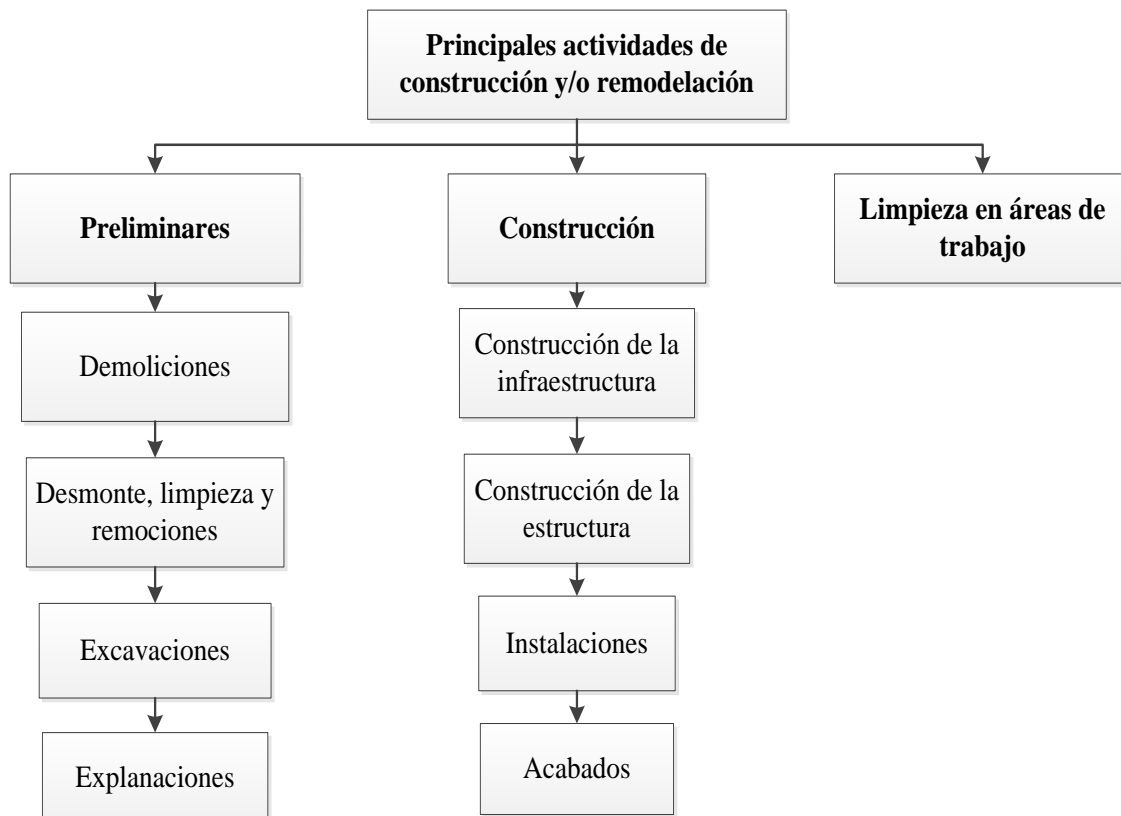


Figura 8: Principales actividades de construcción y/o remodelación. Ruelas E.(2015, pág. 50)

Los residuos en general se clasifican según su generación en municipales y no municipales. Para el ámbito municipal se dispone de residuos domiciliarios, residuos comerciales y residuos de limpieza de espacios públicos. Para el ámbito no municipal se establece los residuos generados por la atención de establecimientos de salud, residuos industriales, residuos agropecuarios, residuos de instalaciones o actividades especiales y finalmente los residuos de las actividades de construcción civil.

2.3. Tipos de residuos de construcción y demolición (C&D)

Según Marroquin, (2012, pág. 17) los tipos de desechos utilizados para el concreto reciclado son provenientes de obras que han sufrido daños por causas naturales, malas planificaciones,

obras que han cumplido su funcionalidad y materiales provenientes de industria de concreto, piso u otro material manufacturado, seleccionándolos según sus características físicas.

Para poder tener una mejor referencia Carizaile A. y Anquise E. (2015, pág. 22) en su investigación realizaron una gráfica estadística de los porcentajes de residuos de demolición en el Perú, tal y como se muestra en la figura siguiente:

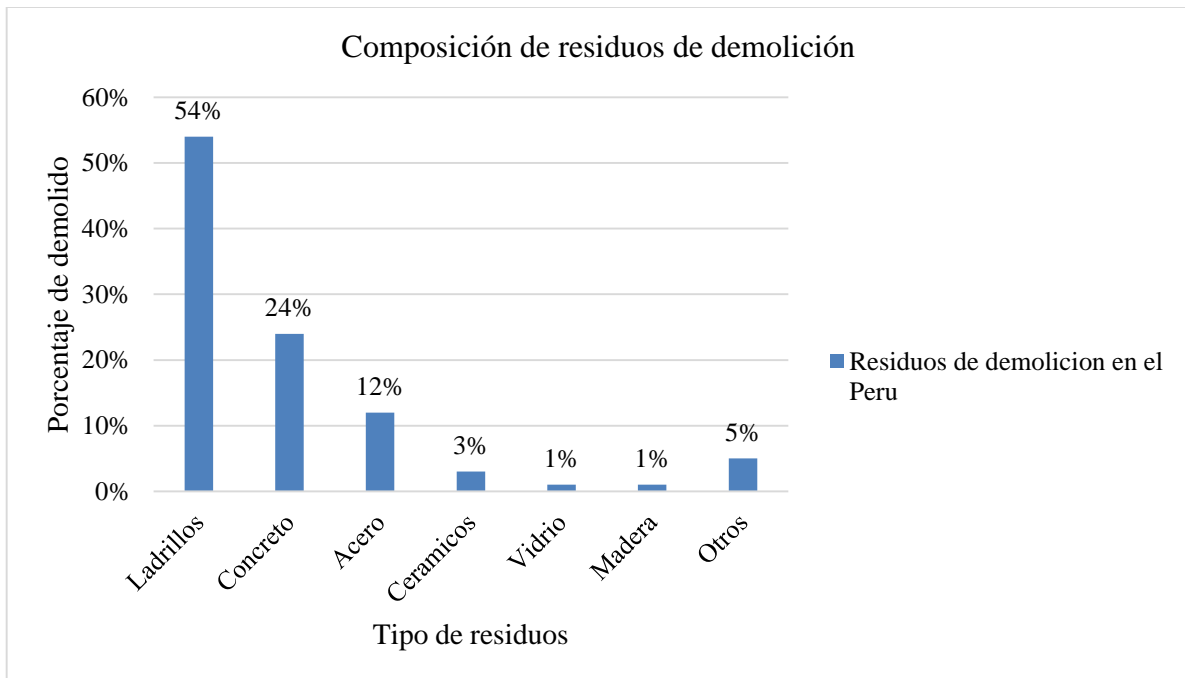


Figura 9: Composición de residuos de demolición (AGR-C y AGR-CL). Carizaile A. y Anquise E. (2015, pág. 22)

Según la figura anterior se puede rescatar los diferentes porcentajes de residuos de demolición en orden decreciente. El porcentaje más alto es protagonizado por el ladrillo con 54%, seguidamente el segundo lugar es ocupado por el concreto con 24%. Estos residuos son a menudo demolidos en cualquier construcción generando desechos en abundancia, por ende es necesario dar utilización a este material reciclado.

a) Demolición

La demolición en general es producida mayormente por las edificaciones, proyectos de carreteras y puentes. Normalmente los residuos están constituidos mayormente por concreto, asfalto, ladrillos, bloques y suciedad, otro porcentaje por madera y productos relacionados y un pequeño porcentaje de residuos misceláneos (Marroquín, 2012, pág. 17).



Figura 10: Demoliciones de colegios

b) Desastres Naturales

Los desastres naturales son causados por la naturaleza y pueden ser de carácter inesperado o recurrente. Por su naturaleza, los desastres naturales se pueden clasificar en un rango que va desde los desastres climatológicos (huracanes, tornados, inundaciones, sequías) hasta los geológicos (terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas), generando desechos cuando las construcciones civiles colapsan por cualquiera de estos fenómenos naturales (Marroquín, 2012, pág. 18).



Figura 11: Desastres naturales (terremotos)

c) Otros

Por otra parte, existen residuos no clasificados anteriormente que se ve en las vías públicas, generando desorden, obstrucciones hacia los peatones, y sobre todo contaminación paisajística hacia el medio ambiente. Un ejemplo claro puede ser las probetas extraídos de laboratorios destinados a ensayos de resistencias.



Figura 12: Residuos de probetas de concreto

2.4. Componentes del Manejo de Residuos en la construcción

La recolección y reutilización del material reciclado debe realizarse en grandes volúmenes para la mayor producción de agregado, además es necesario tener en cuenta que los materiales reciclados de la actividad de construcción sean de características idénticas al material de origen. Esto se logra a través de un desmontaje selectivo y de la clasificación y separación de los materiales. Las mezclas que sean inadecuadas para un reciclaje, bajo los criterios técnicos y ambientales, deben ser previamente retiradas y tratadas conformes a las normas respectivas (Hernández y Cárdenas, 2014, pág. 4).

a) Obtención de materiales: Los materiales se deben clasificar y separar según criterios técnicos conforme a las normas vigentes para procurar una característica similar al material de origen. Los residuos de construcción y demolición (C&D) deben ser agrupados en gran cantidad para poder obtener un mayor aprovechamiento de los materiales.

b) Acondicionamiento y almacenamiento: Los residuos de (C&D) deben ser almacenados por un determinado tiempo dentro de la misma obra bajo parámetros de accesibilidad, salubridad, seguridad y criterios ambientales. Para obras menores domiciliarias o de infraestructura el almacenamiento se acondicionará en sacos de material resistente o

recipientes adecuados según la cantidad generada. A su vez los gobiernos locales podrán crear centros de acopio con la finalidad de brindar higiene y seguridad para residuos de obras menores.

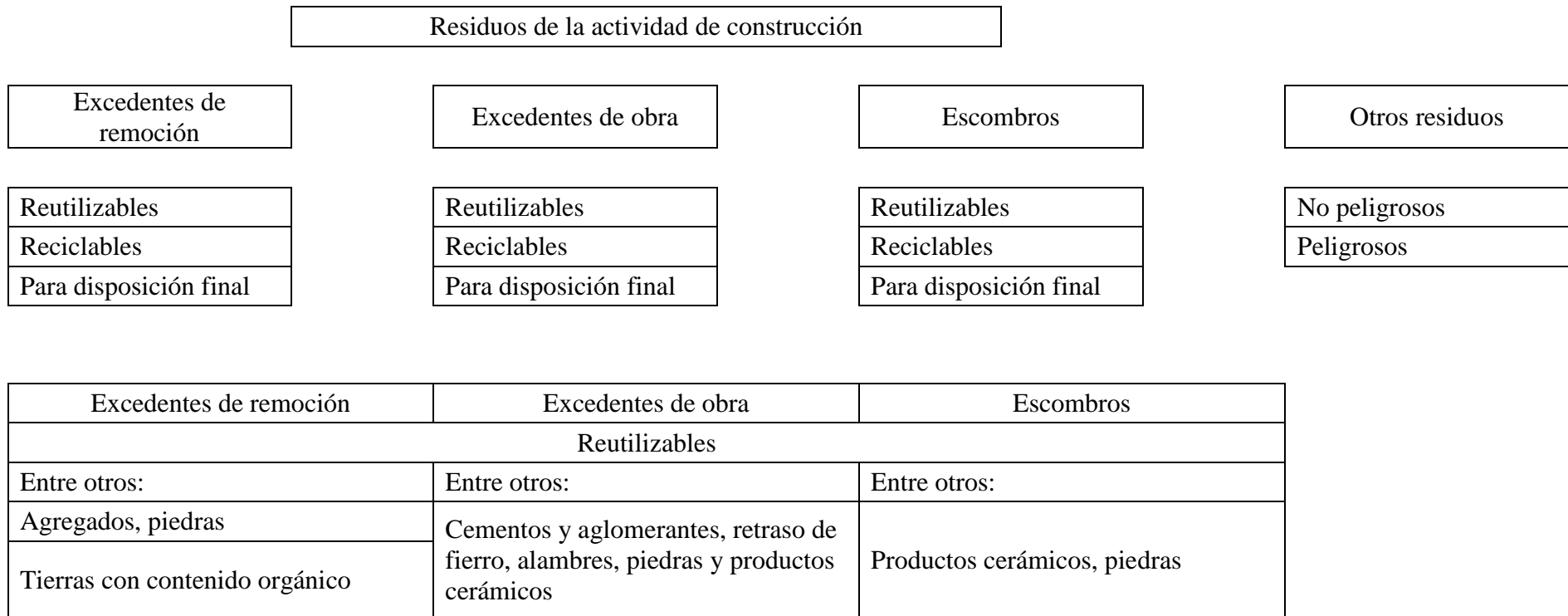
Según el D.S N° 019 – 2016 – Vivienda, prohíbe el acondicionamiento y almacenamiento de residuos de C&D en lugares no autorizados y bienes de dominio público. Asimismo, los residuos de obra de infraestructura deben ser almacenados por un tiempo en relación a la intervención.

- c) **Recolección:** Para realizar esta tarea se debe ejecutar con la ayuda de trabajadores para poder recoger y seleccionar los residuos generados durante los procesos constructivos y luego será trasladado a un destino para ser uso de ello.
- d) **Transporte:** Para la NTP 400.50:2017, el proceso de transporte de residuos de (C&D) debe realizarse con equipos y horarios establecidos. De modo que la municipalidad se encarga de fijar rutas exclusivas para el traslado de residuos. Mientras que el responsable de la evacuación de los residuos de C&D hasta que lleguen a su disposición final son las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS).
- e) **Disposición Final:** Las municipalidades provinciales y distritales establecen parámetros para poder localizar dicha infraestructura (escombrera) únicamente para la disposición de residuos. Esta escombrera debe estar ubicada a no menos de un kilómetro de la zona urbana y fuera de lugares arqueológicos, zonas reservadas, áreas naturales y zonas de amortiguamiento. También se pueden usar áreas en abandono por labores mineras no metálicas (canteras tajos abiertos) a través de un plan de cierre.

f) Reutilización y Reciclaje de Materiales

En la tabla siguiente se muestra los diferentes residuos de construcción, los materiales secundarios y sus posibles usos:

Tabla 1: Clasificación y manejo de los residuos de la actividad de construcción



Fuente: Regulo y Sangay (2014, pág. 26).

2.5. Materiales para la elaboración de Concreto

2.5.1. Cemento

El cemento es una mezcla de compuestos que se producen al quemar piedra caliza, arcilla y areniscas a temperaturas muy altas que van de 1400 a 1600 ° C. Por otro lado también es un aglutinante usado para hacer morteros, estucos y lechadas de concreto para todo tipo de edificios y construcciones.

El cemento es uno de los materiales importantes para la construcción de la economía nacional. Además, es el componente básico para concreto convencional, concreto reforzado y concreto pretensado, comúnmente utilizado en construcción, transporte, conservación de agua, energía eléctrica, defensa nacional y otros proyectos de construcción.

a) Materiales para la elaboración del Cemento

Caliza: La piedra caliza es una roca sedimentaria común que, en ambientes áridos, tiende a ser tan resistente a la intemperie y la erosión como la piedra arenisca. Además, la caliza sirve como aportador de calcio dentro de la fabricación del Clinker del cemento.

Pirita o Hematita: Es un mineral que está compuesto por un 70% de hierro y el resto del porcentaje lo conforman los minerales como titanio, aluminio, magnesio e incluso agua. Varía entre 4% al 15% dentro de la composición del Clinker del cemento y además su calor de hidratación es alto.

Arcilla: Las arcillas son aluminosilicatos hidratados que se componen de mezclas de minerales arcillosos de grano fino, cristales de otros minerales y óxidos metálicos. En la elaboración de Clinker de cemento se presenta como sílice y aluminio que en porcentajes del 10% al 65% representa un buen comportamiento en la resistencia a la compresión del concreto.

Yeso: Es un mineral elaborado por sulfato cálcico, que al ser calentado pierde parte de su agua y se forma una sustancia pulverulenta y al mezclar con el agua se forma una masa plástica.

b) Tipos de Cementos

Cemento Natural: El Cemento Natural se produce por medio de una tostadura de piedra margosa de origen natural, es sometido a una temperatura inferior de 1200 °C, el fraguado es

muy rápido variando entre 2 a 4 minutos máximo, además este tipo de cemento es muy resistente a los sulfatos (UNE80309 , 2006, pág. 1).

Cemento Hidráulico o Combinado: El cemento hidráulico tiene la capacidad de fraguar y endurecer con la mezcla de agregados finos y gruesos incluso bajo el agua debido a sus propiedades químicas conservando su fuerza y dureza. Su uso es ideal para construcciones de alto contenido de humedad, estructuras portuarias y en diferentes aplicaciones donde exista clima húmedo.

La química de los cementos combinados es parecida a los cementos portland. Generalmente contienen cemento portland y, adicionalmente, un material con propiedades puzolánicas. Los ingredientes de la mezcla contienen los mismos ingredientes principales que un cemento portland, esto es, calcio, sílice, alúmina, hierro y oxígeno. Los materiales incorporados a la mezcla pueden ser puzolanas, escoria de altos hornos granulada, cenizas y micro sílices (Jordán y Viera, 2014, pág. 32).

Cemento Portland: El cemento Portland es un producto complejo obtenido a partir de materiales naturales comunes sin procesar: piedra caliza y arcilla. Además, es un material aglutinante hidráulico que consiste en Clinker de cemento Portland, calibre de alto horno granulada de caliza de 0 a 5% y una cantidad limitada de yeso. Jordán y Viera (2014, pág. 33) afirma que es muy utilizado en la construcción civil, además se admite adiciones de productos pero siempre y cuando no excedan el 1% en peso del total y que esté dentro de los parámetros de la norma sin afectar las propiedades del cemento.

Los cementos Portland varían según su tipo. El tipo I es el normal conocido como cemento gris, es usado en la construcción de obras en general, tales como viviendas, edificaciones, estructuras etc. El tipo II tienen una resistencia media a los ataques de sulfatos y moderado calor de hidratación. El tipo III generalmente se usa en la fabricación de prefabricados donde requiere rápido endurecimiento y altas resistencias iniciales. El tipo IV tiene como principal característica bajo calor de hidratación y su uso es para grandes presas de concreto donde requiere mayor resistencia a los sulfatos. Y finalmente el Tipo V es utilizado para obras en contacto con el agua de mar, ya que posee una demasiada resistencia a los sulfatos.

Por otro lado, existen cemento portland adicionados que consiste en la mezcla uniforme del Clinker con materiales de adición, estos se dividen en cementos portland puzolánico y cementos portland de escoria de altos hornos. El primer cemento se fabrica moliendo escoria de cemento portland y puzolana proporcionada y su principal uso es para estructuras

hidráulicas. El segundo está mezclada a base de escoria granulada de alta calidad y escoria del cemento portland siendo su uso principal en construcciones ordinarias de concreto.

2.5.2. Agregados

Los agregados son derivados de una trituración natural o artificial de distintas piedras con diferentes tamaños, hasta pedazos casi invisibles. En su mayoría estos son extraídos de canteras donde pasan por un proceso de selección y separación, el cual lo derivan en sus diversos tamaños y usos (Quevedo, 2016, pág. 3).

Para Abanto F. (2017, pág. 23) estos materiales forman las $\frac{3}{4}$ partes en la mezcla de volumen para un concreto convencional. La resistencia del concreto depende básicamente de la aglomeración de los agregados juntamente con la pasta de cemento. Además, los agregados están constituidos por partículas de minerales como granito, cuarzo, basalto y arenisca entre otros y ciertas propiedades particulares influyen en la calidad y durabilidad del concreto.

a) Propiedades de los agregados

Granulometría: La granulometría se refiere al tamaño de las partículas que puede contener un suelo, de acuerdo a la capa del suelo que se esté estudiando variara el tamaño (Cruz y Moreno, 2016, pág. 31).

Por otra parte, se llama granulometría a la graduación de rocas o suelos según su formación sedimentaria. El cálculo se da mediante cantidades colectivas de agregados a través de escalas granulométricas. Además, el tamaño máximo nominal afecta las proporciones relativas de los agregados tales como: Trabajabilidad, a/c, porosidad, económica y durabilidad de concreto.

Forma de las partículas: El término hace referencia a las formas que los agregados pueden obtener a lo largo del tiempo. Diversos motivos hacen que estos tomen formas irregulares ya sean cuadradas, rectangulares, redondas, semi-redondeadas (Cruz y Moreno, 2016, pág. 31).

2.5.3. Agua

El agua es un elemento esencial para que el cemento sea hidratado, debido a ello es recomendable que esté completamente limpia para que no afecte a la calidad y trabajabilidad del concreto. Asimismo, para fabricar concreto necesitamos que éste se encuentre en óptimas condiciones. También no debe contener agentes químicos agresivos o estar contaminada por residuos orgánicos para evitar perder propiedades de resistencia y fallas continuas en el mismo durante el ciclo de fraguado y endurecimiento (Cruz y Moreno, 2016, pág. 32).

a) Tipos de Agua

El agua potable es aquella destinada al consumo humano, clara e inodora sin gérmenes infecciosos ni presencia de sustancias tóxicas que perjudican la salud. Por otro lado, se tiene al agua salobre es aquella agua de sales que la hacen impropia para beberla porque resulta de la mezcla de aguas fluviales con las marinas. Y por último existe el agua subterránea que se almacena bajo la superficie sólida de la tierra.

2.6. Agregado Grueso Natural (AGN)

2.6.1. Definición

El agregado se define como un conjunto de partículas, que al ser trituradas cambian su forma y tamaño, cuyas dimensiones están fijadas en la norma NTP 400.011. La capacidad que ocupa los agregados en una mezcla de concreto es aproximadamente el 75%. El efecto de este material tiene mucho que ver en la trabajabilidad y en la calidad final, así como también en su resistencia, durabilidad y propiedades elásticas y térmicas del concreto (Jordán y Viera, 2014, pág. 29).

Por otra parte, la Norma E: 060 dice que los AGN han tenido una buena actuación en pruebas anteriores de obras ejecutadas, sin embargo, las actuaciones del agregado en ocasiones pasadas no garantizan resultados positivos en otras condiciones, es por eso que recomienda usar agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

2.6.2. Clasificación

a) Por su procedencia

Los agregados según su procedencia pueden dividirse en agregados naturales (AN) y agregados artificiales (AA). Los AN son formados por procesos geológicos y según la modificación de su tamaño son utilizadas para la construcción. La trituración mecánica o tamizado de las rocas también se clasifican dentro de AN. Entre las principales tenemos el canto rodado de río (originadas por el molido natural del agua), cantera (molidas por el tiempo y el clima en un lugar específico), y de playas (contiene sustancias alcalinas y debe ser lavado con agua dulce).



(a)



(b)



(c)

Figura 13: Agregados Naturales: (a) Agregados de rio, (b) Agregados de playa y (c) Agregados de cantera

Por otro lado, los AA están formados de arcilla horneada, concreto reciclado (materiales procedentes de demoliciones), piedra triturada o chancada, entre otros. En algunos casos para cierto concreto es recomendable reciclar las demoliciones de zapatas, cimientos, calzaduras y falso pisos mezclados con AN y abaratar los costos. En síntesis, el AA es la conversión de un agregado natural a un producto secundario.



Figura 14: Agregados artificiales (piedra chancada)

b) Por su densidad (kg/cm³)

Los agregados pueden ser de peso específico normal siempre y cuando esté en el rango de 2.50 a 2.75, mientras son menores a 2.5 se denomina agregados ligeros y mayores a 2.75 se denominan agregados pesados. Asimismo, otros autores mencionan los diversos rangos de densidad según el tipo de agregado, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Densidad de agregados naturales según distintos autores

Investigadores	Densidad AGN (g/cm ³)	Tipo de AGN
Machado y Latterza (1997)	2.88	Basalto
Sri Ravindrarajah y Tan (1985)	2.67	Granítico
Gutierrez Liba (2003)	1.15	Pómez
Sri Ravindrarajah et al (1988)	2.67	Granítico
Cuneo Simian y Duran (1195)	2.65 2.5	Siliceo Trit
Hansen y Narud (1963)	2.62 2.61	Calizo

Fuente: Flor G. (2012, pág. 44)

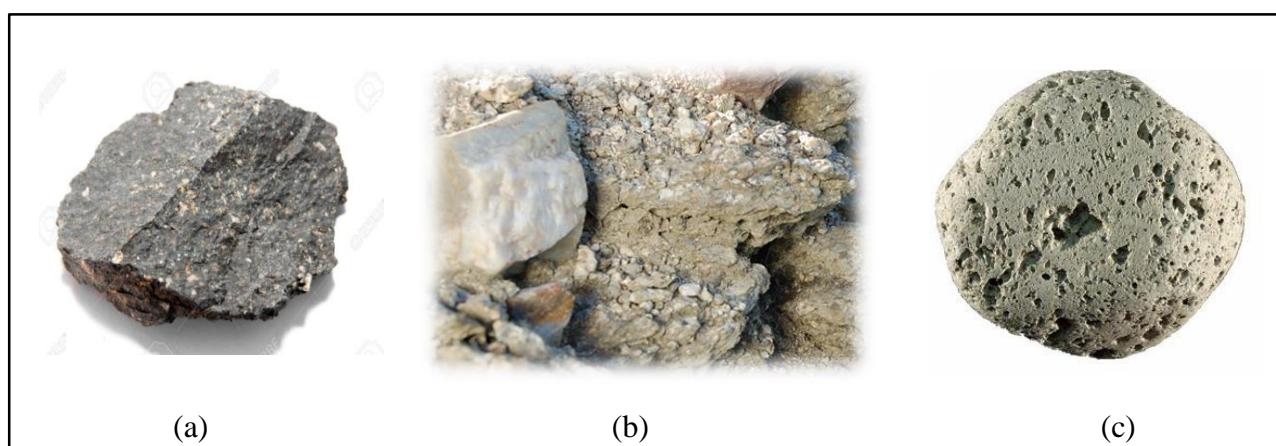


Figura 15: Clasificación según su densidad de los agregados: (a) Basalto, (b) Granítico y (c) Pómez

Por otra parte, los agregados ligeros como la arcilla esquistosa y la escoria expandida, la vermiculita y la perlita pómez, se utilizan para producir concreto aislante que pesa entre 400 y 2000 kg/m³. En cambio, para agregados normales se usan en el concreto de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las gravas y roca triturada (basalto, granito calizo, cuarcita y arenisca). Sin embargo, para agregados pesados tales como la magnetita y la barita se usan para concretos con peso específico de 2900 hasta 3500 kg/m³. A continuación, se detalla los tipos de rocas con sus respectivas densidades.

Tabla 3: Densidad según el tipo de roca

Tipo de Roca	Densidad (g/cm ³)
Ígneas	
Peridotita	2.96
Granito	2.86
Gabro	3.31
Diabasa	2.96
Basalto	2.65
Metamórficas	
Cuarcita	2.69
Serpentina	2.62
Mármol	2.63
Pizarra	2.74
Sedimentarias	
Piedra caliza	2.66
brecha	2.68
Arcilla esquistosa	1.8 - 2.5
Dolomita	2.7
Arenisca Chert	2.54

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

c) **Por su Tamaño**

Es el agregado que generalmente se retiene en el tamiz N°4 (4.75 mm) denominado usualmente como grava que resulta de la desintegración o trituración de la roca. Además, cuenta con características resistentes al fuego, homogéneas y compactas, tener adherencia a los morteros, resistente al desgaste y no deben tener grietas ni restos orgánicos. Su clasificación se conoce comercialmente según: grava fina (1/2 pulgada), grava media (3/4 pulgada) y grava gruesa (1 a 2 pulgadas). Asimismo, Gutiérrez L. (2003, pág. 16), detalla los agregados gruesos según su tamaño, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 4: Clasificación del agregado grueso natural según su tamaño

Retenidas en el tamiz N°4		
Tamaño de las partículas (mm)	Denominación	Clasificación
(N°4 y 3/4") o 4.76 mm a 19.1mm	Gravilla	Agregado grueso
(3/4" y 2") o 19.1mm a 50.8mm	Grava	
(2" y 6") o 50.8mm y 152.4 mm	Piedra	
Superior a (6") o 152.4	Rajón, Piedra Bola	

Fuente: Gutiérrez L. (2003, pág. 16)

Es importante saber que las gravas influyen en la construcción porque son más económicas que las piedras chancadas. En los armados conviene que la grava sea más pequeña para obtener una mejor consistencia y prevenir los vacíos; pero en la utilización del concreto varía el tamaño y según el tipo de concreto que se vaya a usar, a continuación, se detalla los usos de la grava en la construcción.

Tabla 5: Agregados gruesos naturales (grava) en usos de la construcción

Denominación	Usos en la construcción
Gravilla (1/2")	Usados para dosificaciones de columnas, placas, vigas y aligerados
Gravilla (3/4")	Son trabajadas en columnas, placas, aligerados y vigas
Gravilla (1")	Aplicado de igual manera que a la gravilla de 1/2", pero en algunos caso también se usa para cimientos muy angostos
Gravilla (1 1/2" a 2")	Suele usarse en sobre cimientos con armados menos robustos (no son muy usado pero se puede hacer pedido a canteras)

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

d) Por el origen, forma y textura superficial

Los agregados por naturaleza tienen forma geométrica irregular, la forma de agregados pueden ser angulares, sub-angulares, redondeadas, sub-redondeadas y muy redondeadas. Respecto a su textura superficial puede ser lisa, áspera, granular o cristalina. Cabe resaltar que las partículas que tienen forma plana y alargada tienden a ser poco trabajables en la mezcla del concreto por lo que se recomienda aumentar la dosificación de a/c.

Tabla 6: Forma y textura del agregado grueso natural

Forma y textura del agregado grueso	
Forma	Descripción
Angulares	Son mayormente las piedras chancadas que poseen ángulos muy afilados y son más adherentes al concreto
Sub angulares	Poseen evidencia de estar ligeramente pulidas
Sub redondeadas	Son casi redondeados y poseen ángulos pulidos
Redondeadas	Se encuentran prácticamente en los ríos, son aquellos que han perdido por completo su angularidad y su adherencia es mucho menor que las angulares.

Fuente: Quevedo (2016, pág. 23)

2.6.3. Funciones del Agregado

Los agregados cumplen algunas funciones dentro del concreto proporcionando acciones mecánicas de desgaste hacia el concreto, también sirve como relleno para mezcla de agua/cemento y disminuye el volumen en estado fresco y endurecido del concreto. Además, los agregados establecen cohesión y durabilidad resultando un cuerpo rígido con la unión de agua/cemento. Para cumplir estas funciones beneficiosamente es recomendable que la pasta cubra toda la superficie de los agregados durante la mezcla.

2.6.4. Propiedades físico – mecánicas del agregado grueso natural

a) Propiedades Físicas

Peso Específico (gr/cm³). También llamada gravedad específica y se define como la relación entre el peso y el volumen de un material a una temperatura estable. Se clasifican en normales, ligeros y pesados. Para los normales su valor varía entre 2.5 gr/cm³ a 2.75gr/cm³. En los ligeros el valor tiende a ser menor que 2.50 gr/cm³, mientras que en los pesados el valor es mayor a 2.75gr/cm³ (Sanchez F. y Tapia R. , 2015, pág. 21).

Cabe resaltar que mientras más bajo sea el valor de la densidad, los agregados tienden a ser más porosos, débiles y de alta absorción. Además, para un buen diseño de mezcla se recomienda contar con una densidad promedio, caso contrario usar métodos de diseño para cada caso.

Porosidad y Absorción (%). La porosidad es el espacio libre lleno de aire que está presente dentro de las partículas del agregado grueso y entre partículas dentro del concreto. La absorción es la capacidad que tiene el agregado de absorber el agua luego de 24 horas de saturación. A la vez la presencia de estos influye principalmente en la resistencia a la abrasión, propiedades elásticas, resistencias mecánicas y permeabilidad del concreto. También es posible relacionar la idea de porosidad con la capacidad que tiene el material de absorber el agua en formas determinadas y el grado de saturación que está presente.

Cabe resaltar que la porosidad y el módulo de elasticidad en los agregados influyen en la rigidez de la estructura. Es por eso que los altos módulos de elasticidad se consiguen gracias a materiales no porosos con alto peso específico o densidad (Serrano M.& Perez D., 2010, pág. 4).

Peso Unitario (kg/m³). Denominada también densidad de la masa o peso volumétrico del agregado, es simplemente el resultado del peso de las partículas entre el volumen conocido expresado en kg/m³ (Jordan y Viera, 2014, pág. 37). Además, el peso unitario depende del tamaño máximo, volumen del recipiente en el que se deposita el agregado y la compactación del mismo.

Existen dos maneras de medir el peso unitario según su grado de compactación. El primero se basa en dejar caer la muestra por gravedad dentro del recipiente y se le denomina peso unitario suelto. El segundo se realiza llenando el recipiente en capas simétricas y al mismo tiempo compactando con una varilla estándar (25 golpes), denominándose peso unitario compactado.

Para ejecutar el ensayo estándar de peso unitario se establece un volumen de recipiente en relación al tamaño del agregado, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7: Tabla de recipientes de medida para ensayo de peso unitario

Volumen del Recipiente (L)	Tamaño Máximo Nominal del Agregado (pulg)
2.80	1/2 "
9.30	1"
14.00	1 1/2"
28.00	3"
70.00	4 1/2"
100.00	6"

Fuente: NTP 400.017 (2011, pág. 12)

La cantidad de la muestra (agregados) para un ensayo de peso unitario se determina de acuerdo al volumen del recipiente, recomendando usar aproximadamente de 125 a 200% de más.

Porcentaje de Humedad (%): Depende de la cantidad de agua retenida en cada partícula de los agregados Pueden encontrarse en cuatro condiciones, en estado seco, semiseco, saturado y estado húmedo o mojado. Una de las principales características es que proporciona agua durante la mezcla de un concreto. Para obtener un apropiado diseño de mezcla es inadecuado tener un agregado parcialmente seco o completamente saturado porque disminuye o excede el agua en el proceso de la mezcla. Es por ello que se debe reajustar el contenido de agua en el diseño de mezcla.

Para obtener el porcentaje de humedad se realizada de la siguiente manera:

Ecuación 1: Porcentaje de humedad

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

b) Propiedades Resistentes

Resistencia (kg/cm²): Es la capacidad que tiene el material al ser sometido a esfuerzos de compresión, corte, tracción y flexión. Para medir este parámetro se utilizan cilindros reglamentados los cuales de adaptan a los equipos de ensayo.

La resistencia depende mucho de su composición de textura y estructura de los agregados. Los granos pueden ser de diferentes rigideces, por ejemplo, hay granos que son muy débiles e influyen directamente en la resistencia del concreto. A medida de ello se debe realizar una trituración adecuada que permita la resistencia total cementante (Jordán y Viera.2014, pág. 38).

La resistencia a compresión está directamente relacionada al peso específico (PE) del agregado. Para agregados con PE normales (2.5 a 2.7 gr/cm³) su resistencia aumenta, mientras que para con agregados con PE de 1.6 a 2.5 gr/cm³ su resistencia disminuye.

Tenacidad: Está relacionada con la flexión y textura del material, es decir la capacidad de resistir carga y su capacidad de deformarse. Por otro lado, la tenacidad es la transferencia de carga aun cuando haya sido fisurado el concreto y está mayormente relacionado a la resistencia a flexión siendo esencial en las propiedades del concreto. De la misma forma está caracterizada por su dificultad al momento de proceso de chancado.

2.7. Agregado Grueso Reciclado de concreto (AGR-C)

2.7.1. Descripción general de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C)

Los AGR-C son materiales que surgen de las actividades de construcción y demolición(C&D), los cuales se trituran o transforman hasta conseguir partículas de tamaño semejante a los agregados naturales (AN). El AGR-C no se considera un material homogéneo ya que su composición está en función del mortero (Contreras B. y Herrera A., 2015, pág. 22).

En otros países como España se restringe el uso de agregados de origen distinto al de C&D. Dentro de su normativa se indica solo usar principalmente el AGR-C debido a que la fracción fina aumenta la tasa de absorción del concreto y la tendencia de disgregación del agregado con la parte cementante.

Según su procedencia los agregados pueden ser agregados de demolición de estructuras de concreto, agregados de tabiquería y agregados mixtos. Para Etxeberria M. y otros (2006, pág.2) más del 50% de la masa de residuos de C&D proceden de residuos de concreto. En general los AGR de concreto con tamaño mayor o igual a 4 mm son ideales para la elaboración de un concreto.

Para Chango T. y Tulcan A. (2018, pág. 6), el porcentaje de absorción y la resistencia al desgaste de los AGR son mucho menores que los AGN debido a la presencia de mortero adherido. Según Etxeberria M. y otros (2006, pág. 5) más del 50% de los AGR-C poseen mortero adherido. De igual modo para Ravindrarajah S. y Tam C. (1985, pág. 33) los AGR-C poseen un contenido de mortero adherido que varía entre 40 y 50 % de su volumen.

2.7.2. Tipos de agregados reciclados según su origen

Los residuos de construcción tienen una composición que depende mucho de la fuente que los originó. Como el sector de la construcción se desenvuelve en diferentes actividades dentro de las obras, la gama de residuos generados también es extensa. En Perú existen normas y reglamentos que regulan los residuos generados dentro del sector de la construcción, pero a medida que crece la industrialización; el tratamiento, almacenaje y disposición final de estos residuos decrece. Cabe resaltar que existen investigaciones que apuntan a la gestión y tratamiento de residuos de construcción y demolición, pero sus aplicaciones a la vida real son casi ideales.

Los agregados gruesos reciclados provienen mayormente de residuos de construcciones que mayormente han sido demolidas in situ, ya sea por remodelación, construcción o ampliación. Para Rosas A. (2014, pág. 30) existen tres formas de obtener un agregado reciclado: Agregados reciclados de concreto, que son mayormente los residuos que contienen un 80% de concreto cuya densidad es superior a 1800 kg/m³. Agregados reciclados de mampostería y cerámicos, cuyas características de densidades son superiores a 1600 kg/m³. Finalmente, agregados reciclados mixtos, que provienen de la mezcla de los materiales cerámicos, concretos, hormigones, entre otros; siendo su principal características densidades superiores a 1200 kg/m³.



Figura 16: Tipos de agregado grueso reciclado según su procedencia

Sin embargo, para Batista M. (2001, pag. 31) existen diferentes formas de extraer un agregado grueso reciclado, dependiendo de la fuente de su generación. En su investigación muestra cinco tipos de residuos de construcción y demolición para la obtención de agregados:

Clase 1: Residuo de concretos sin impurezas. - Material compuesto de concretos estructurales ya sean simples o armados, pero con limitados residuos de albañilería, mortero e impurezas.

Clase 2: Residuos de albañilería sin impurezas. - Material compuesto de morteros, albañilería y concretos, con presencia de otros materiales inertes como arenas, piedras chancadas, entre otros, pero con contenidos limitados de impurezas.

Clase 3: Residuos de albañilería sin materiales cerámicos y sin impurezas. - Material compuesto de morteros, concretos y albañilería con bajo contenido de materiales cerámicos, pudiendo contener materiales inertes como piedra chancada y arena con impurezas adheridas.

Clase 4: Residuos de albañilería con presencia de tierra y vegetación. - Material compuesto básicamente por los mismos materiales de la clase 2, pero admiten alguna

presencia de determinados porcentajes de tierra y vegetales. Estos pueden adquirir mayor contenido de impurezas.

Clase 5: Residuos con predominancia de materiales asfálticos. - Está compuesto básicamente con materiales de asfalto, y se limitan con un porcentaje de morteros adheridos, albañilería, vidrios, entre otros.

En países más industrializados como el caso de Hong Kong, la composición de los residuos de construcción y demolición, dependen básicamente de los trabajos rutinarios de concreto, excavaciones, obras de demolición, obras diversas, sobras de limpieza, entre otros. Para mayor conocimiento se muestra la siguiente figura (Levy, 1997, citado por Batista M. 2001, pág. 22):

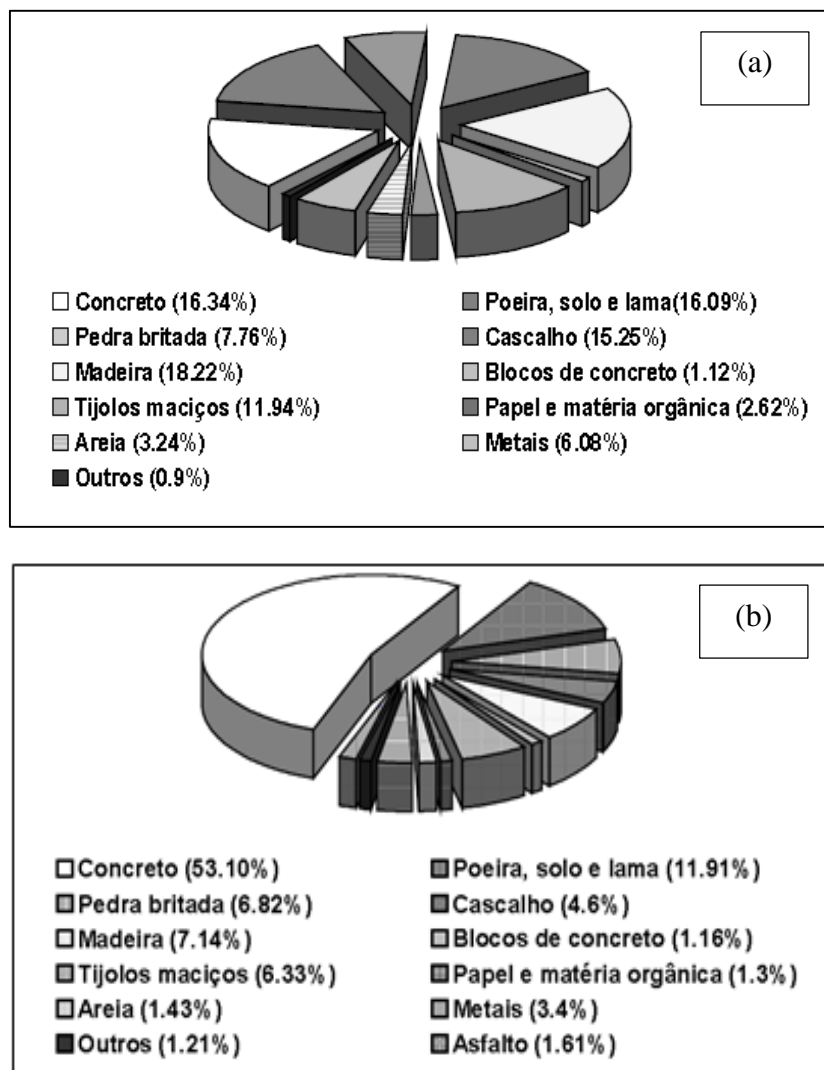


Figura 17: Composición media de residuos provenientes de construcción (a) y demolición (b) en Hong Kong.

2.7.3. Propiedades físico-mecánicas de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C)

Dentro de las principales diferencias entre agregados naturales y agregados de concreto reciclado, se destacan para los agregados reciclados un menor peso específico, mayor absorción de agua y principalmente la cantidad de mortero adherido a la superficie de los agregados.

Densidad (gr/cm³): Es un parámetro que mide la relación existente entre la masa y el volumen de un material y se expresa gr/cm³. Para muchos autores la densidad del agregado grueso reciclado de concreto (AGR -C) es generalmente menor, en comparación con la del agregado grueso natural (AGN). Esto ocurre gracias al mortero adherido en el agregado cuando se termina el proceso de trituración de un concreto reciclado.

En gran medida la densidad depende del tamaño del agregado generado en la fuente de trituración y de la resistencia del concreto inicial. Es decir, a mayor resistencia del concreto original mayor será la densidad del agregado reciclado. Cabe mencionar que el tipo de proceso de trituración o molienda (manual o mecánica) influye la densidad del agregado reciclado.

Por otro lado, Chango T. y Tulcán A. (2018, pág. 7) afirman que la densidad del AGR-C oscila entre 2.1 a 2.4 gr/cm³, llegando a una clasificación de densidad ligera en comparación con la del AGN. Esto puede resultar relevante al momento de reemplazar un cierto porcentaje de AGN por AGR-C en el volumen final del diseño de un concreto. La diferencia de densidades entre AGR-C respecto al AGN varía entre 5 a 15%. Además, si las diferencias de densidad no se consideran termina influyendo en la relación agua/cemento o cemento/agregado del diseño de mezclas (Flor G., 2012, pág. 43)

La siguiente tabla muestra investigaciones realizadas por diferentes autores sobre la comparación de densidad entre el AGR-C y AGN:

Tabla 8: Densidad de los agregados gruesos reciclados de concreto (AGR-C) según diferentes investigadores

Investigadores	Densidad AGR-C (g/cm ³)	Densidad AGN (g/cm ³)	Tipo de AGN
Hansen y Narud (1963)	2.34; 2.35; 2.34	2.5	Calizo
	2.45; 2.44; 2.42	2.62	
	2.48; 2.49; 2.48	2.61	
Sri Ravindrarajah y Tan (1985)	2.44; 2.46; 2.44	2.67	Granítico
Sri Ravindrarajah et al (1988)	2.54	2.67	Granítico
	2.52		
	2.46		
Machado y Latterza (1997)	2.47	2.88	Basalto
	2.45		
Katz (2003)	2.35 a 2.60	2.98	Basalto
Hernández y Fornasier (2005)	2.41 a 2.49	2.72	Granítico
Marroquin E. (2012)	2.33	2.44	-
Rodrich y Silva (2018)	2.72	2.74	Grava
Batista M. (2001)	2.53	2.632	-
Bojaca N. (2013)	2.54	2.60	Grava
Contreras y Herrera (2015)	1.97	2.29	-

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

Absorción de Agua (%). Es la propiedad que tiene los agregados de incorporar agua en su estructura interna debido a la porosidad. A su vez la porosidad es el causante de una mayor absorción en los agregados reciclados. Los agregados pueden encontrarse en estado seco, húmedo o superficialmente húmedo, tal y como se muestra en la siguiente figura.

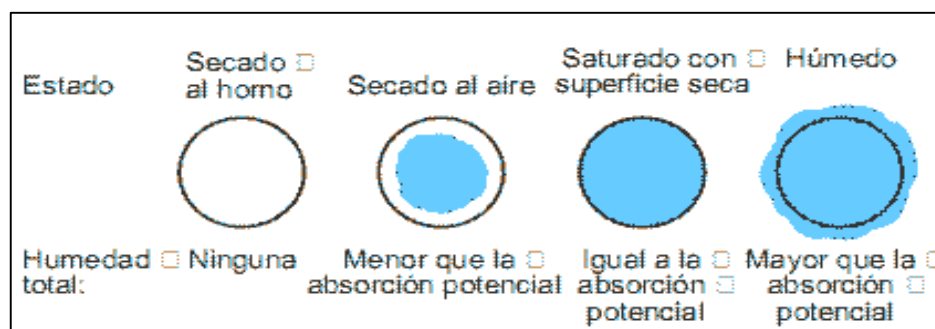


Figura 18: Condición de agua en los agregados gruesos

Para poder determinar la absorción del agua es necesario utilizar la siguiente fórmula:

Ecuación 2: Porcentaje de absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{P_{ss} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right) * 100$$

Dónde:

P_{ss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Peso Seco: Peso de la muestra secada al horno.

Según Ponce C. (2014), afirma que el porcentaje de absorción para una muestra reciclada (agregado grueso reciclado de concreto) es de 7.47 %. Asimismo, para Chango T. y Tulcan A. (2018, pág. 7) la porosidad en las partículas con tamaños máximos de 10 mm puede variar entre 5 y 9% y para tamaños máximo de 20mm varía entre 4 y 8%.

A continuación se presenta la siguiente tabla que muestra el porcentaje de absorción para los agregados naturales y reciclados de concreto según los diferentes autores. Además se observa que el agregado reciclado de concreto (AGR-C) tiene un mayor porcentaje de absorción con respecto al agregado grueso natural (AGN). Las siguientes características se muestran a continuación:

Tabla 9: Porcentaje de absorción de los agregados naturales y reciclados de concreto

Investigadores	Tipo de agregado	Tamaño de la partícula (mm)	Absorción de agua (%)
Rodrich S. y Silva J. (2018)	Natural	4 a 8	3.70
		8 a 16	1.80
		16 a 32	0.80
	Reciclado a/c=0.40	4 a 8	8.50
		8 a 16	5.00
		16 a 32	3.80
	Reciclado a/c=0.70	4 a 8	8.70
		8 a 16	5.40
		16 a 32	4.00
	Reciclado a/c=1.20	4 a 8	8.70
		8 a 16	5.70
		16 a 32	3.70
Chango y Tulcán (2018)	Natural	19	3.78
	Reciclado	19	6.52
Cuadros A. (2018)	Natural	25	0.90
	Reciclado	25	5.10
Hernández y Cárdenas (2014)	Natural	19.05	0.42
	Reciclado	19.05	2.62

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

Abrasión en la máquina de los Ángeles (%): Es una propiedad física de los agregados gruesos que consiste en ver cuánto se desgasta los agregados debido al impacto por esferas de acero dentro de un tambor giratorio. Anderson K. y otros (2009, pág. 9) nos dicen que los agregados naturales (AN) en general producen una pérdida de abrasión entre 15 y 30%, mientras que en agregados reciclados (AR) puede variar entre un 20 y 45%.

Por otra parte, una de las principales causas que un AR tenga mayor desgaste es por el mortero adherido y que al ser mezclado con cemento es más débil que la misma estructura interna del AN.

A continuación, se presenta una tabla con resultados de abrasión los ángeles según distintos autores:

Tabla 10: Porcentajes de abrasión “Los ángeles” del agregado grueso natural y reciclado de concreto

Autores	Resistencia a la abrasión los ángeles (%)	
	AGN	AGR-C
Verian (2012), Verian et al (2013)	29 - 31	34 - 36
Wen et al (2014)	15	20 - 29
Hansen and Narud (1983)	20 - 30	22 - 41
Ait Mohamed Amer et al (2016)	38.9	51.5
Liu et al (2011)	31	42
Snyder et al (1994)	15 - 30	20 - 45
Li (2009)	11.5	27.3
Yehia and Abdelfatah (2016)	19 - 25	21 - 35
Kurda et al (2017a)	28	43

Fuente: Verian K. y otros, (2017, pág. 34)

En la tabla anterior se aprecia que el agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) tiene un mayor desgaste con respecto al agregado grueso natural (AGN). Según los autores presentan que varía entre 20% a 45%, en cambio el AGN varia de 11.5% a 38.9%. Por lo según la NTP 400.037:2014 establece que el porcentaje de abrasión no debe ser mayor al 50%, caso contrario se verá afectada en la resistencia a compresión del concreto.

Forma y Textura: La textura se define como el grado de aspereza de la superficie del agregado, pudiéndose clasificar como lisa, celular, áspera y muy áspera. Está estrechamente relacionada con la forma del agregado que se evalúa de manera visual, comparativa y descriptiva en base a su grado de redondez y esfericidad. Las formas más comunes en los agregados pueden ser: equidimensional o esférica, prismática, tubular o elíptica e irregular. Para Mehta K. y Monteiro P. (1994, pág. 25) la arena y el ripio son lisos en su estado natural. Las piedras trituradas de granito, basalto y calcáreo, presentan una textura áspera. También explica que los agregados con superficies celulares y ásperas presentan mayor absorción que los agregados de superficie lisa.

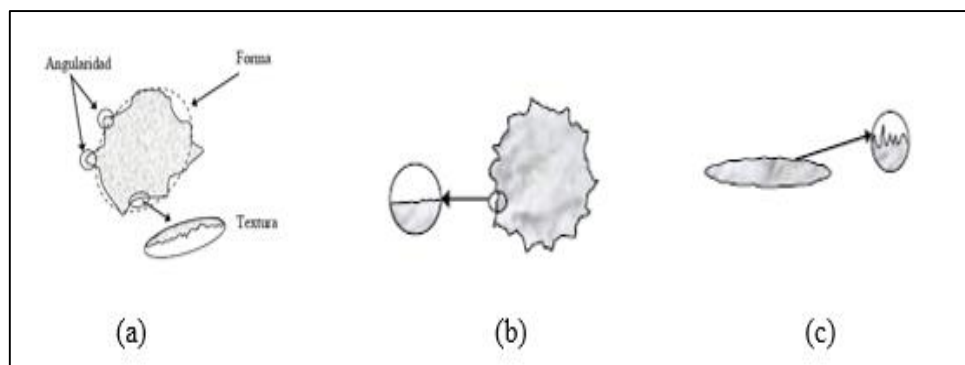


Figura 19: Esquemización de: (a) características geométricas de los agregados, (b) agregados redondeados, con alta angularidad y textura no rugosa, y (c) agregados alargados con baja angularidad y textura rugosa. Vialidad y transporte (2015, pág. 18)

Sin embargo, la producción de concreto se ve afectada por la influencia de las partículas en los agregados. Por otro lado, la textura de los agregados reciclados (AR) es más rugosa y porosa comparada a los agregados naturales (AN). La superficie de los AN puede ser clasificada prácticamente como pulida o lisa y en los AR tiende a ser áspera y muy áspera. El mortero adherido y otras sustancias confieren al AR tal aspereza (Hamassaki L. y otros, 1996, citado por Zordan S. , 1997, pág. 64).

La forma de los agregados tiene influencia en el volumen total de la pasta necesaria para garantizar la plasticidad especificada de un determinado concreto. Los AR al ser triturados adquieren una forma más angular aumentando así la relación de superficie/volumen. Es decir,

se genera una mayor fricción interna dentro de la estructura del concreto. Esto puede ser desfavorable al momento de requerir una mezcla de concreto más trabajable (Rashwan M. & Abourizk S., 1997, citado por Batista M., 2001, pág. 66). Por otro lado a textura más rugosa, mayor adherencia entre la pasta de cemento y el agregado. A su vez la forma y tamaño del agregado, son factores que influyen en la matriz del concreto.

Sin embargo, su textura más rugosa y su mayor angulosidad colaboran con la mejora de la adherencia pasta/agregado. El material reciclado posee una mayor área específica, contribuyendo con mayor área de adherencia entre mortero y el agregado. Además, el material promueve mayor absorción de la pasta de cemento por los poros superficiales del agregado, en comparación con el material usualmente empleado. Este hecho puede proporcionar mayor precipitación de los cristales de hidratación en los poros del agregado, permitiendo mayor cierre de la zona de transición del concreto, haciendo la matriz y el agregado un bloque único de material, lo que puede mejorar el desempeño final del concreto (Batista M., 2001, pág. 67).

Por otra parte, Kikuchi M. y otros (1998) citado por Batista M. (2001, pág. 66) realizaron estudios con agregados reciclados obtenidos a partir de concretos triturados de diferentes resistencias y evidenciaron que las partículas tendían a ser más redondas a medida que la resistencia del concreto disminuye. También influye en la forma y textura la manera de trituración del material reciclado, recomendando así la técnica de trituración por mandíbulas. Para Bazuco R. (1999) citado por Batista M. (2001, pág. 67) la trituradora de mandíbulas da la forma angular al agregado reciclado, mientras que la trituradora giratoria hace que las partículas del agregado sean más redondeadas.

Granulometría: Es la distribución del tamaño de partículas de un agregado según lo determinado por un análisis de tamices normalizados. Dependiendo de su aplicación los agregados de concreto reciclado (ACR) pueden ser tamizados a cualquier variedad de gradaciones. Para Lima J. (1999) citado por Batista M. (2001, pág. 63) la granulometría de los agregados reciclados (AR) varía de acuerdo al tipo de residuo procesado, a los equipos utilizados al momento de su extracción y a la granulometría del residuo antes de ser procesado. Por ende, cada tipo particular de residuo reciclado tendrá su propia curva granulométrica. Por otro lado Banthia N. y Chan C. (2000, pág. 27) afirma que el módulo de finura es un poco mayor en los AR debido a que su composición granulométrica aumenta en comparación con los agregados naturales.

Antes de pasar por proceso de tamizado los ACR pasan por un proceso de trituración (manual o mecánica). Para Mjelde D. (2013) el porcentaje de AR después de la trituración varía entre 70 a 90% del total. En nuestro ámbito local la falta de plantas procesadoras de ACR-C permite que la obtención del agregado reciclado sea por medio de trituración manual. Sin embargo, Hansen T., (1986) citado por Batista M. (2001, pág. 38) menciona que, es recomendable usar trituradoras de mandíbulas para la obtención de agregado reciclado de buena calidad. A su vez encontraron que al usar un equipo mecánico (trituradora de mandíbulas) con el mismo tamaño máximo de trituración, se produce agregados de similar relación al de los naturales.

La granulometría de los agregados gruesos reciclados varía según los límites establecidos para los agregados gruesos naturales y según los métodos de trituración De acuerdo a la NTP 400.037 (2014) los agregados para uso estructural deben tener una gradación dentro de los límites de la siguiente tabla:

Tabla 11: Granulometría del agregado grueso

		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
Huso	TMN	100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	25mm (1")	19mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N°4)	2.36mm (N°8)	1.18mm (N°16)	300 um (N°50)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-	25 a 60				0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	0 a 15	-	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	2" a N°4	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	-	35 a 70	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	1" a 1/2"	-	-	-	-	-	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	1" a N°4	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	95 a 100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	-	-	-
67	3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	1/2" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	N°4 a N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037 (2014, pág. 12)

2.8. Agregado Grueso Reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)

2.8.1. Uso del ladrillo de arcilla triturado en el concreto

Debido a antecedentes de muchos investigadores, el cascote de ladrillo es muy a menudo producido en edificaciones de albañilería, siendo el material más demolido en una construcción. Además el ladrillo es un material poroso que tiene una gran capacidad de absorción quitándole agua a la pasta del concreto, impidiendo que la mezcla obtenga una buena trabajabilidad (Masías K., 2018, pág. 4). Así mismo Gallon S. y otros (2018, pág. 62) coincide que la absorción y el contenido de humedad del ladrillo es mucho mayor en comparación con el agregado natural, debido principalmente a su característica porosa y a la disposición a la intemperie de los residuos.

Otro aspecto importante de considerar es la resistencia a compresión. Para Gallon S. y otros (2018) de acuerdo a sus resultados plantea una solución viable en favor al medio ambiente. El concreto con agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL) puede ser empleado cuando la sustitución de agregado grueso no exceda el 20 % en peso. De igual manera Cachim (2008) y Rojas (2012) citado por (Masías K., 2018, pág. 5) concuerdan que la resistencia no varía si el reemplazo no excede de 20% o 30%.

Por otro lado Cáceres A. (2015, pág. 127), demostró por medio de su presente investigación para resistencias 180 kg/cm², 240 kg/cm² llegaron satisfactoriamente a la resistencia de diseño. Es por ello que demuestra que es viable utilizar escombros que pueden ser reutilizados ya que es muy beneficioso para el medio ambiente. También refuta si en caso no llegara a su resistencia de diseño puede ser utilizado para la construcción de rellenos, aceras o bordillos.

En la siguiente tabla se ha recopilado resultados de distintos autores que han realizado investigaciones sobre el agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo.

Tabla 12: Investigaciones sobre el uso del agregado cascote de ladrillo en el concreto

Investigadores	Yang(2010)	Debied (2006)	Rojas (2012)	Gallón y otros (2018)	Ángela (2012)
Material de reemplazo	Ladrillo triturado/ escombros	Ladrillo triturado	Ladrillo triturado	Ladrillo triturado	Ladrillo triturado
Agregado reemplazado	Grueso	Grueso y fino	Grueso	Grueso	Grueso
Porcentaje de Adición	20%, 50% y 100%	25%, 50%, 75% y 100%	10%,20% y 30%	5%, 10% y 20%	0%, 10%, 20% y 30%
Slump	10 - 30 mm	60 - 80mm	74 mm	100 a 150 mm	74mm
Trabajabilidad	Disminuye	Disminuye	Mantiene	Disminuye	Mantiene
Edad	7 y 28 días	7, 28 y 90 días	28 días	28 días	28 días
f'c	Disminuye	Disminuye	Disminuye	Mantiene	Disminuye

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla anterior, el agregado de cascote de ladrillo es muy usado en diferentes porcentajes de adición, tanto para agregado grueso y agregado fino. También se describe que la trabajabilidad por lo general disminuye o se mantiene debido a la alta absorción que presenta este material. Asimismo la resistencia a compresión en la mayoría de veces disminuye, caso contrario se mantiene.

2.8.2. Ladrillo de arcilla como material cerámico

Se entiende como material cerámico al producto de diversas materias primas (principalmente arcillas) fabricándose en estado pulverulento o pastoso y adquiriendo la consistencia pétreo por procesos fisicoquímicos al cocer esas tierras arcillosas. El termino cerámico proviene de la palabra griega “Keramikos” que significa “cosa quemada” indicando que las propiedades de estos materiales se alcanzan después de un tratamiento a altas temperaturas que se denomina cocción.

La fabricación de ladrillos surge en las zonas donde se escasea la piedra y abunda la arcilla. La arcilla se trata de una roca que procede de la desintegración de otras rocas formados por minerales arcillosos que químicamente son silicatos de aluminio hidratado, los cuales se diferencian unos de otros en la relación sílice/alúmina, en la cantidad de agua de constitución y en la estructura que contienen (Villarino A., 2016, pág. 1).

Los ladrillos de arcilla al igual que otros materiales cerámicos tiene propiedades tales como: son duros y frágiles, baja tenacidad y ductilidad, son buenos aislantes eléctricos y térmicos, tienen altas temperaturas de fusión, alta resistencia al ataque químico, bajo costo y la facilidad de controlar su aspecto. Por lo general los ladrillos pueden utilizarse en toda clase de construcciones por su forma regular y fácil manejo.

A continuación, se muestra una tabla indicando la materia prima cerámico mayormente utilizadas son silicatos y rocas silicatadas. Entre las rocas que se usan y han sido usado son: arcillas comunes, caolines y arcillas caoliníferas, pizarras, bauxitas y lateritas, areniscas y cuarcitas, basaltos, tobas, vidrios volcánicos, granitos y pegmatitas, caliza y dolomías.

Tabla 13: Principales rocas utilizadas como materia prima

Nombre de la Roca	Mineralogía esencial
Caolín	Caolinita y metahalloysita Halloysita Feldespato. Cuarzo Illita (mica degradada y de tamaño pequeño).
Arcilla refractaria	Caolinita, cuarzo, illita
Granito	Cuarzo, feldespatos, Moscovita, Biotita
Pizarra	Cuarzo, feldespatos, illita Clorita
Caliza	Calcita, aragonito
Dolomía	Dolomita
Serpentina	Crisotilo y antigorita
Arenisca, cuarcita	Cuarzo
Arcillas cerámicas	Cuarzo, calcita, dolomita, caolinita, illita, clorita, vermiculita, óxidos de Fe.

Fuente: (Galán E. y Aparicio P., 2006, pág. 35)

2.8.3. Características de los residuos de ladrillo de arcilla

El ladrillo es una pieza en forma de prisma rectangular, el cual sirve para la construcción de diversas edificaciones. El fabricado generalmente es de tierra arcillosa, amasado con agua, moldeado, secado y cocido a altas temperaturas (800 a 1000 °C). Los ladrillos de construcción se fabrican de tal modo que satisfacen varias especificaciones, dependiendo al uso a que se destinen.

En algunos casos los ladrillos no cumplen con las especificaciones requeridas, tal es el caso de los ladrillos rechochos. Se denomina rechochos a todos los ladrillos que están deformados, que poseen un color y textura no uniformes. Debido a que han sido cocidas más de la temperatura permitida (mayor a 1000°C). Éstos son desechados por tener exceso de cocción, alterando sus propiedades físicas y mecánicas respecto a un ladrillo normal.

Una de las principales características del ladrillo es el alabeo, en algunos casos, el alabeo es mayor debido a la deformación excesiva tras hincharse y torcerse. Durante la formación del ladrillo la propiedad que también varía es la resistencia; pero ésta mejora con la formación de nuevos cristalinicos en la pasta de arcilla, especialmente la reformación de cristales de mullita. La mullita es un silicato de aluminio que se caracteriza por sus largos cristales aciculares que enlaza la estructura de la arcilla entre sí, dando cohesión y resistencia (Masías K., 2018, pág. 14).

Por otro lado, la succión de los ladrillos es necesaria para asegurar una apropiada adherencia entre el ladrillo triturado y la pasta de cemento. Pero si la succión es excesiva, los ladrillos sustraen el agua de la mezcla disminuyendo la trabajabilidad de la mezcla o reduciendo el agua disponible para la hidratación del cemento. Para evitar la pérdida de la trabajabilidad, el ladrillo triturado puede humedecerse o saturarse antes de ser utilizados para evitar que absorba agua de la pasta; así, la superficie exterior debe estar lo suficientemente seca o ligeramente húmeda al momento de su uso en el concreto.

2.8.4. Propiedades del Agregado Grueso Reciclado de Cascote de Ladrillo (AGR -CL)

Granulometría: Ésta propiedad es muy importante en una mezcla de concreto, ya que es la distribución de las partículas de un agregado para obtener una buena trabajabilidad en un concreto, más aun tratándose de un agregado grueso reciclado, tal es el caso de agregado de ladrillo. La distribución de partículas se parecía mejor en el concreto como un ensamble de partículas compactadas y mantenidas juntas a través de la pasta de cemento. La cantidad de

pasta depende únicamente por la cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados y por la cantidad total de superficie de los agregados que debe ser cubierta por la pasta.

Según Pérez A. (2012, pág. 122), realizó tres ensayos de granulometría para agregado grueso natural, agregado fino y agregado grueso reciclado (triturado de ladrillo), donde el agregado reciclado juntamente con el agregado fino no cumplen con los parámetros permitidos por la norma. Por otro lado Gallon S. y otros (2018, pág. 60) realizó 4 muestras (RC1, RC2, RC3 y RC4) de agregado reciclado (ladrillo triturado), donde la muestra RC2 se encuentra en el rango de agregados grueso y su granulometría es mejor en comparación que las muestras RC1, RC3 Y RC4, tal y como se muestra en la figura siguiente:

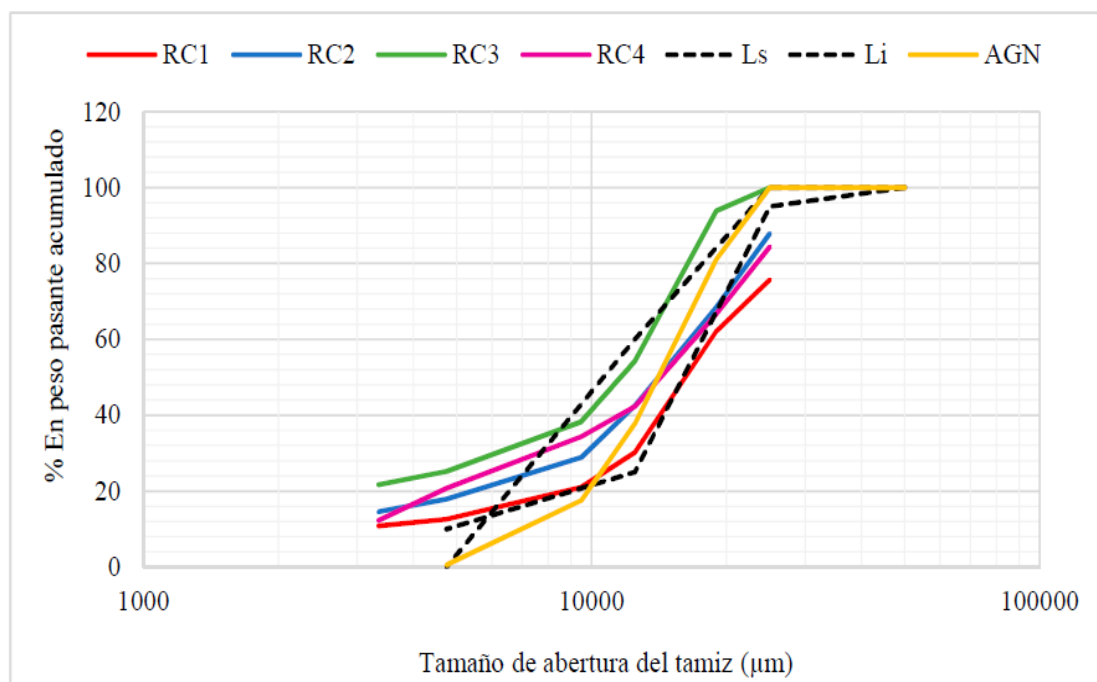


Figura 20: Granulometría de agregado grueso reciclado de ladrillo de arcilla

Contenido de humedad (%): La humedad de los agregados es la cantidad de agua retenida por las partículas del ladrillo, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua en la mezcla de concreto. Es importante conocer esta propiedad, debido a que si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. El porcentaje de humedad del agregado reciclado de ladrillo, es siempre mayor debido a la característica porosa y a la disposición a la intemperie de los residuos.

Absorción (%): La absorción generalmente está relacionada con la porosidad. Todas las rocas que constituyen los agregados son porosas en mayor o menor grado, pero en algunas poseen un sistema de poros que incluyen numerosos vacíos relativamente grandes. La

absorción se debe a la baja densidad, y una roca con esta característica al ser aplicada como agregado puede tener efectos indeseables en el concreto (Masías K., 2018, pág. 12).

De igual modo Gallon S. (2018, pág. 62) agrega que, para agregados reciclados de ladrillo la absorción es mayor debido a la alta porosidad del material y a la forma angular, resultado del proceso de trituración. Así mismo Pérez A. (2012, pág. 122) concluye en su investigación, que la alta absorción es debido a los poros y a la forma angular. Además agrega que puede afectar la manejabilidad, consistencia y plasticidad del concreto.

Resistencia a la compresión (kg/cm²): La resistencia a compresión es una propiedad que depende mucho de la relación agua cemento y de las propiedades físicas mecánicas de los agregados. El agregado grueso triturado de ladrillo por lo general adquiere formas geométricas rugosas presentando una mayor superficie a lo que hace que se cree una adherencia mecánica entre los elementos que lo componen la mezcla de concreto. Sin embargo debido a su alta absorción, altera la relación agua cemento afectando la trabajabilidad y posteriormente la resistencia a compresión.

Según Vilca K. (2017, pág. 48) presenta que, la disminución de un concreto con agregado de ladrillo triturado, se debe a la alta porosidad en comparación al agregado natural, proporcionando propiedades mecánicas distintas cuando este tipo de material reciclado está presente en exceso. Además las partículas planas, alargadas o forma de astillas tanto en los agregados naturales como en los manufacturados se consideran indeseables porque reduce la trabajabilidad de la mezcla, dificulta el acomodo y compactación del concreto en estado fresco y afecta la resistencia del concreto en estado endurecido. Es así que, solo considera permitido un reemplazo del 20 % de agregado grueso reciclado de ladrillo.

De igual manera Gallon S. y otros (2018, pág. 64) concluye que la resistencia a compresión del concreto con agregado reciclado de ladrillo disminuye entre un 11.2% y 23.2 % frente a un concreto patrón. Asimismo Pérez A. (2012, pág. 163) complementa que la variación de resistencia a los 28 días varía entre 2% y 6% demostrando que los resultados son similares a los arrojados por un concreto convencional. Y finalmente Torres (2000) citado por Masías K. (2018, pág. 17), afirman que la resistencia de un concreto reciclado a los 90 días de curado disminuye hasta un 15% para sustituciones alrededor del 20% del agregado grueso por agregados triturados de concreto y ladrillo.

2.9. Concreto Convencional (CC)

El concreto es básicamente compuesto por agregado fino, grueso y cemento formando una pasta, que al ser endurecida por los componentes del cemento y el agua se forma el concreto convencional (CC). También para García A. (2008, pág. 23) el CC es un material formado por la mezcla de cemento, agua y agregados finos y gruesos que al ser endurecido es similar a una roca.

Las propiedades más importantes del concreto no endurecido son: la trabajabilidad, consistencia, fluidez, contenido de aire, segregación, exudación, peso unitario, así como tiempo de fraguado. Las propiedades más importantes al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste y cavitación, propiedades térmicas y acústicas, apariencia (Jordán y Viera, 2014, pág. 12).

2.9.1. Propiedades físicas del concreto convencional en estado fresco

Un concreto fresco debe mantener ciertas propiedades que permita un control sobre la calidad de la mezcla. Asimismo, que permite ser transportado, colocado y compactado en su posición final, de tal manera que no sufra daños de segregación. A continuación, se presenta algunas propiedades del concreto convencional (CC) en estado fresco.

Peso Unitario (kg/m³): Es el peso por una unidad de volumen de un concreto fresco compactado expresado en kg/m³. A su vez se pueden clasificar en concreto con peso unitario normal, denso y ligero. Por su parte Luque R. (2001) afirma que el peso unitario (PU) varía según el tipo de agregado, variando de 2200 a 2500 kg/m³ en concretos normales, para concretos densos entre 2700 a 4200 kg/m³ y para concreto ligero de 600 a 1800 kg/m³. Así mismo el ensayo de PU es empleado principalmente para determinar el rendimiento de la mezcla y contenido de cemento.

En el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016, pág. 298) se explica el procedimiento para determinar el PU de un concreto en estado fresco. En primer lugar se llenará un recipiente con concreto, se realizará tres capas y se someterá a 25 golpes por cada capa con una varilla de acero estandarizada. Una vez llenado el recipiente se procede a determinar el PU del concreto fresco según la fórmula que se muestra a continuación:

Ecuación 3: Peso unitario

$$PU = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Dónde:

PU: Peso unitario (kgf /m3)

Mm: Masa del recipiente de medida (kgf)

Mc: Masa del recipiente con concreto (kgf)

Vm: Volumen del recipiente de medida (m3)

Trabajabilidad: Llamada también manejabilidad, es la propiedad del concreto que sirve para medir la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte y colocación del concreto en estado fresco. La trabajabilidad influye particularmente por la pasta, contenido de agua y la adecuada proporción de agregados (finos y gruesos). Asimismo, cabe indicar que la consistencia en la trabajabilidad es una expresión que indica si el concreto fresco fluye (fluido) o no fluye (seca).

Según Sánchez de Guzmán D. (2001) citado por Pacheco L. (2017, pag. 13), la trabajabilidad es la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir la compactación deseada en la mezcla. De igual modo para él ACI lo define como la propiedad del concreto en estado fresco la cual determina la facilidad y homogeneidad con la cual puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado.

De tal manera existen factores que influyen en la trabajabilidad del concreto fresco, las cuales son: el contenido de agua, contenido de aire, forma y textura de los agregados, relación pasta–agregados, entre otros. A continuación, se detalla la siguiente tabla para mayor información:

Tabla 14: Factores que afectan la trabajabilidad del concreto en estado fresco

Factores que influyen en la trabajabilidad	Especificación
Contenido de agua de mezclado	Debido a la inexistencia de fórmula que contenga todos los factores influyentes en este requerimiento (granulometría, consistencia, absorción del agregado, etc.)
Contenido de Aire	Mientras más contenido de aire, mayor manejabilidad y menor resistencia Menos contenido de aire, menor manejabilidad y mayor resistencia.
Forma y textura superficial de los agregados	Interviene en la fluidez de la mezcla, más rugoso o áspero, menos manejable y viceversa.
Relación pasta - agregados	Afecta la relación de la cantidad de pasta con la superficie del agregado
Relación arena - agregados	Escaso contenido de arena es difícil de colocar, manejar y terminar debido a que es poco cohesivo. De la misma manera más arena, necesita más agua y su consistencia es pastosa.
Condiciones de Clima	El sol, la lluvia, el viento son agentes que pueden afectar la trabajabilidad.
Condiciones de producción y colocación	Mala dosificación, métodos de mezclado, compactación, transporte, pueden afectar a la trabajabilidad.

Fuente: Sánchez de Guzmán D. (2001), recopilado por Pacheco L. (2017, pág. 15)

Para poder determinar la trabajabilidad se cuenta con la utilización del Cono de Abrams. El procedimiento se realiza en llenar el recipiente (Cono de Abrams) con concreto fresco en tres capas de igual volumen, cada capa debe ser chuseada 25 golpes con una varilla de acero normalizada de 60cm de longitud. Luego se levanta el cono y se procede a medir el desplazamiento del concreto fresco en relación con la altura del cono. El desplazamiento obtenido indica la consistencia y fluidez de concreto fresco para su disposición final.

Por otro lado, existen tres tipos de asentamiento: seco, plastificante y superplastificante; para la cuantificación del valor se utiliza un ensayo llamado Cono de Abrams. En general la trabajabilidad es, en términos simples, poner en obra el concreto con instrumentos de compactación o a gravedad sin que exude ni segregue.

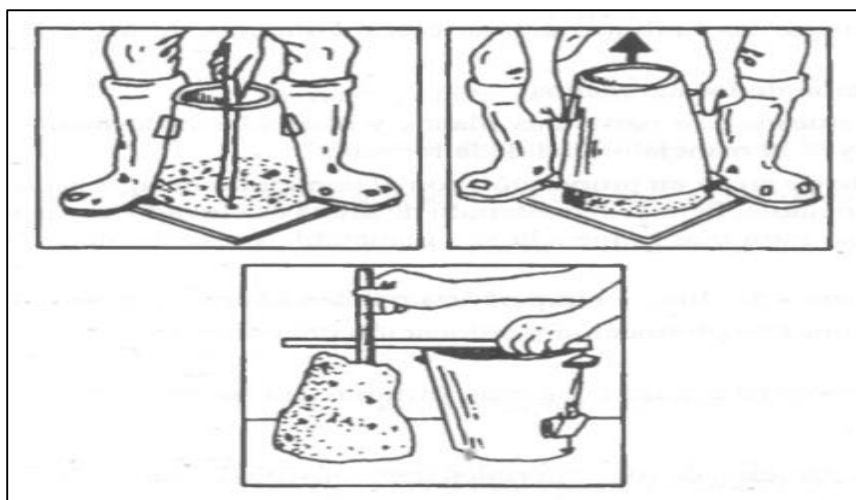


Figura 21: Ensayo del asentamiento en el cono de Abrams

Exudación: Es una propiedad que se da durante la mezcla del concreto fresco, separándose el agua a la superficie del concreto, esto se debe a las distintas densidades de los materiales. Por su parte Regulo y Sangay (2014, pág. 58), denomina a este fenómeno (exudación) como una ley física debido al sistema capilar que tiene un líquido. Asimismo, agrega que la exudación se da por causa de la viscosidad y diferencia de densidades.

Además, Ruelas E. (2015, pág. 38) afirma también que, la exudación se da por la sedimentación de los sólidos, presentándose después que el concreto fresco haya sido colocado o encofrado. Por otro lado, la exudación puede ser resultado de una mala dosificación, utilización de aditivos o temperatura, es decir mientras mayor temperatura, mayor será la exudación. Como consecuencia de este fenómeno, la superficie de contacto entre una capa y otra, afecta la resistencia del concreto debido a la alta relación agua/cemento.

En cambio, Arauco S. (2010, pág. 67) sustenta que la exudación no necesariamente es perjudicial debido que el agua encontrada en la superficie de un bloque de concreto no interrumpida tiende a evaporarse, y por consiguiente la relación agua/cemento disminuye y la resistencia aumenta. Por otro lado, si el agregado que se encuentra dentro de la masa del concreto tiene partículas más finas que la del cemento se forma una capa de nata débil y con adherencia inadecuada en la superficie del concreto. Por este motivo la nata debe ser removido mediante cepillado y lavado.

Asimismo, Tesillo A.(2004, pág. 53) agrega que, si el agua de exudación es alta en la superficie de una mezcla de concreto, provoca una estructura porosa y débil. En cambio, si el

agua de exudación es menor que la tasa de evaporación en el medio ambiente, es probable que se produzca grietas en el concreto.

Contenido de Aire (%). Es el volumen de aire (en forma de burbujas) que se encuentra internamente dentro de la mezcla de concreto. A su vez el contenido de aire aumenta la plasticidad y cohesividad de la mezcla, debido al acomodo de partículas, condiciones de operación, tamaño de agregado y granulometría. Así mismo esta propiedad, reduce la resistencia del concreto por el incremento de porosidad.

Por otra parte, Arauco S. (2010, pág. 86) recomienda tener en cuenta el contenido de aire en climas a bajas temperaturas debido que se forman cristales de hielo en los poros del concreto, resultando una falla en su durabilidad. Asimismo, agrega que el exceso de aire puede disminuir la resistencia del concreto. Por ejemplo, en resistencias de 200 a 350 kg/cm² si poseen contenidos de aires mayores al 5%, su resistencia disminuye en un rango de 3 a 5% por cada 1% de contenido de aire por encima del valor de diseño.

2.9.2. Propiedades mecánicas del concreto convencional en estado endurecido

Curado y velocidad de secado: El curado del concreto tiene por finalidad impedir la evaporación total del agua empleada en el proceso inicial de hidratación de la mezcla y mantener una temperatura constante y satisfactoria dentro del concreto. Se ha estudiado como parámetro para evitar que la resistencia original del concreto disminuya con respecto al tiempo (28 días de curado aproximadamente). Para Salazar F. (2017, pág. 29), la condición saturada solo se mantiene si proceso de curado del concreto, aporta agua y productos de hidratación a los espacios que originalmente estaban llenos de agua.

Se ha observado que la resistencia aumenta en condiciones favorables con respecto al tiempo de curado en el concreto. Kosmatka S. y otros (2004, pág. 6), afirman que el concreto continúa en estado de hidratación por cuatro factores importantes: humedad relativa ambiental por encima de 80%, partículas de cemento no hidratadas presentes dentro del concreto, temperatura del concreto en estado uniforme y espacio suficiente para los cristales de hidratación. A su vez recalcan que humedad relativa cerca del 80% dentro del concreto interrumpen el proceso de hidratación y disminuye el grado de resistencia. Por su lado para Powers T. (1947) citado por Kosmatka S. y otros (2004, pág. 6), porcentajes superiores al 80% de humedad ambiental permiten un curado natural del concreto. Esto ocurrirá únicamente para condiciones meteorológicas favorables. Para Corrales S. (2015, pág. 25), los concretos forman en su estructura un tejido filamentosos al cual se le denomina gel de

cemento. A medida que continúa el proceso de hidratación, la pasta se vuelve más rígida y la fuerza en su estructura interna aumenta.

Para muchos en la práctica es aceptado el curado del concreto solo si se mantienen condiciones ambientales desfavorables. Por su parte Solís R. y Moreno E. (2005, pág. 7) nos muestra que es necesario curar el concreto durante los primeros 28 días para obtener una humedad constante dentro de la estructura y alcanzar los requerimientos de diseño. Además, existe un constante crecimiento de la resistencia con respecto al tiempo, como se muestra en la siguiente figura:

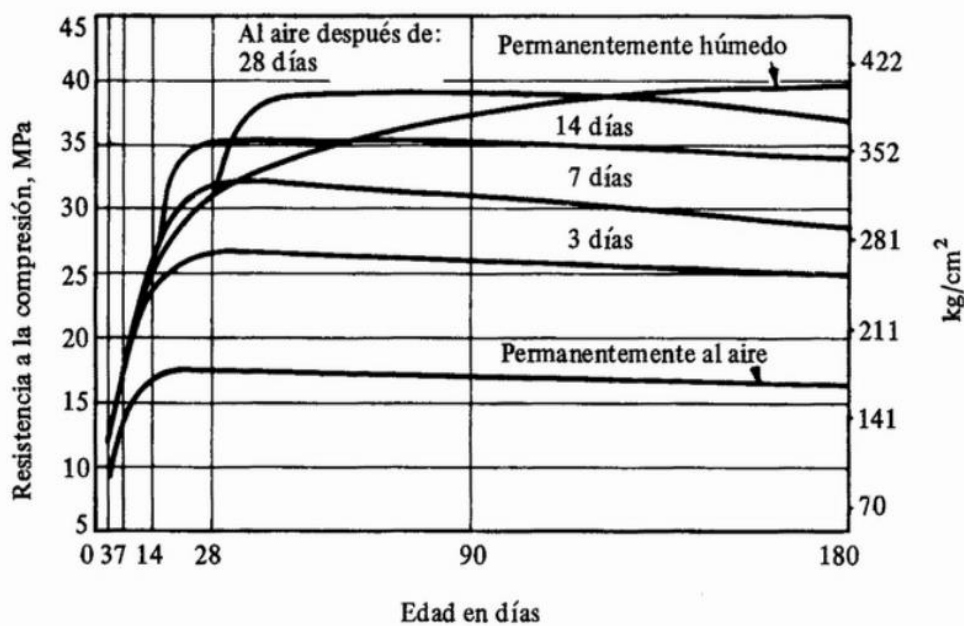


Figura 22: Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto. Solís R. y Moreno E. (2005, pág. 7)

También es necesario hablar de la influencia que ejerce el curado en la relación agua/cemento. Actualmente se conoce que a mayor porcentaje de vacíos el concreto se vuelve más absorbente. Cuando se realiza el proceso de curado húmedo en el concreto, gran parte del agua superficial penetra dentro de los poros y ayuda a mejorar la tasa de auto-desección (velocidad de secado) producida en los capilares o espacios vacíos. Sin embargo, los concretos con baja relación agua/cemento contienen un porcentaje de poros inferior a lo normal y por lo tanto su nivel de hidratación es bajo. Por otro lado, un nivel de relación agua/cemento elevado permite que la humedad en los capilares del concreto se evapore.

Se debe tener en cuenta la tasa de secado para el acondicionamiento del curado húmedo. Por otro lado, se conoce que en la zona de influencia de secado (superficie del concreto) el

concreto seca más rápido, mientras que en su interior el proceso es más lento. Para Kosmatka S. y otros (2004, pág. 7), los concretos recién colocados en obra poseen abundante agua, pero a medida que el proceso de secado continúa desde la superficie hacia el interior del concreto, el aumento de la resistencia continúa solo hasta profundidades donde la humedad relativa supera el 80%. También afirma que en elementos de concreto donde el área superficial es mucho mayor a su volumen (losas para pisos, por ejemplo) la tasa de secado es más alta en comparación con elementos de concreto con grandes volúmenes y áreas superficiales relativamente pequeñas (estribos de un puente, por ejemplo).

Resistencia a la compresión axial (kg/cm²): Se define como la capacidad que tiene el concreto de soportar cargas axiales máximas antes de su falla o ruptura. Generalmente se expresa en kg/cm² y se mide como la relación entre el esfuerzo o carga axial y el área transversal a ella. Es aceptado de manera universal tener un resultado de análisis a los 28 días de edad del concreto como índice general de resistencia. Sin embargo, para un mejor control de la resistencia también es aceptado un análisis a diferentes días de edad del concreto (7, 14, 28, 56, 90, etc.), en probetas cilíndricas de 6” de diámetro y 12” de altura (muestra estándar), para agregados cuyo tamaño máximo sea de 2”. Antes de la edición 2008 de la norma ACI 318, se dependía únicamente de cilindros de 6” por 12”, pero ahora el uso de cilindros con diámetro de 4” y 8” de altura está aprobado y regulado en el ACI 318-08. Además, el tamaño y la forma de la muestra influyen en la resistencia final del elemento. Se debe considerar una muestra estándar con 6” de diámetro y 12” de altura cuya relación de altura/diámetro (A/D) es 2.00, para no afectar la resistencia a compresión indicada en el ensayo. Caso contrario si la relación A/D es inferior a 2.00, se establecen factores de corrección dentro de la norma ASTM C39 y ASTM C42, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 15: Factores de corrección para probetas con relación altura/diámetro mayor a 2

Altura entre Diámetro (A/D)	Factor de corrección
2.00	-
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Fuente: ASTM C39 y C42

Para Kosmatka S. y otros (2004, pág. 8), el valor de la resistencia a compresión en concretos ensayados a diferentes edades debe ser proporcional a un concreto ensayado a los 28 días de edad. De esta manera para 7 días la resistencia puede variar hasta un 75% de la resistencia normal o estandarizada (28 días de edad) y para resistencias de 56 y 90 días esta puede variar hasta 110% y 115% respectivamente. En pruebas de laboratorio la resistencia característica no debe de variar más del 5% de la resistencia de campo. Por su parte Jorge A. (2002, pág. 6), afirma que la resistencia a compresión del concreto in situ varía de acuerdo con el elemento estructural analizado (columna, viga, pilar, etc.), debido principalmente a la diferencia de compactación, exudación y curado. A la vez la resistencia in situ tiende a ser un poco menor que la proyectada en los ensayos de laboratorio.

A su vez, la resistencia de cada material embebido en el concreto, influye directamente en la resistencia final del producto. Para ACI 318-08 Standard, la resistencia a la compresión de un concreto estructural no debe ser menor a 17 MPa o 175 kgf/cm². Mayta J. (2014, pág. 70), divide a los concretos según su resistencia en: concretos de resistencia a compresión normal que no supera los 420 kgf/cm², concretos de alta resistencia a compresión cuyo rango se encuentra entre los 420 y 1000 kg/cm² y por último concretos de ultra alta resistencia a compresión mayor a 1000 kgf/cm².

Módulo de elasticidad (Ec): En general es un parámetro que evalúa la rigidez relativa de un material y se expresa en kgf/cm². Si un concreto se deforma bajo cargas, entonces existe un factor que evalúa su comportamiento y actúa evitando una deformación permanente en la estructura de concreto. El módulo de elasticidad se evalúa por la pendiente que genera la curva de esfuerzo/deformación unitaria, bajo la acción de cargas incrementales dentro de la región elástica del concreto.

El cálculo del módulo de elasticidad se obtiene mediante el trazo de la curva esfuerzo – deformación unitaria para después determinar el esfuerzo equivalente al 40% del esfuerzo máximo correspondiente a la deformación unitaria que ocurre en ese punto, como se expresa en la siguiente formula:

Ecuación 4: Modulo de elasticidad según la tangente del ángulo

$$Tg \Phi = Ec = 0.4 f'c / \epsilon$$

Dónde:

Tg Φ : Tangente del ángulo Φ

Ec: Modulo de elasticidad (kgf/cm²)

f'_c : Esfuerzo correspondiente (40% de la máxima resistencia) - kgf/cm^2

ϵ : Deformación unitaria que ocurre en ese punto



Figura 23: Esfuerzo vs deformación unitaria, para el cálculo del módulo de elasticidad. (ASTM C-469)

En un concreto convencional este valor varía generalmente entre 250 000 – 350 000 kg/cm^2 , y se relaciona muy a menudo con la resistencia a compresión. Normalmente a mayor resistencia a compresión mayor es la capacidad de deformación (Luque R., 2001, pág. 153). Por otra parte, para Serrano M. y Perez D. (2010, pág. 4), la porosidad y el módulo de elasticidad de los materiales pétreos están relacionados. Se producen módulos de elasticidad muy altos en concretos, mientras menor sea la capacidad de absorción y mayor la densidad en el agregado. A su vez también afirma que relaciones de agua/cemento bajas producen incrementos en el módulo de elasticidad de un concreto.

2.10. Concreto Reciclado (CR)

Se denomina concreto reciclado a la trituración de estructuras de construcción y demolición para obtener un agregado secundario y posteriormente elaborar un nuevo concreto. Durante los últimos años se ha venido estudiando en el uso de pavimentos, edificios y otras estructuras generando ahorro en materias primas y costo de energía.

2.10.1. Propiedades físicas del concreto reciclado en estado fresco

Trabajabilidad: Los concretos con agregado grueso reciclado (AGR) en comparación con el concreto con agregados grueso natural (AGN) tienen menor trabajabilidad debido a la mayor

absorción de los agregados reciclados dado como resultado una mezcla seca y menos trabajable. Por otro lado, la trabajabilidad también se ve afectada por la trituración, que en su mayoría de casos los AGR tienden a formar una superficie angular en comparación con los AGN que son más lisas y con superficie más esférico. Como consecuencia, los AGR sufren mayor fricción interna requiriendo una mayor cantidad de cemento para tener una trabajabilidad igual que un concreto con AGN.

Para, Topcu I. & Sengel S. (2004, pág. 6), afirman que la trabajabilidad también se ve afectada debido al porcentaje de AGR presente en la mezcla de concreto fresco. Encontraron que el concreto con AGR producido con 50% o más, cuenta con una trabajabilidad reducida debido al mortero adherido y su mayor absorción de agua. Por otro lado, Sagoe K. y otros (2001, pág. 4), encontraron que el AGR elaborado en plantas concreteras es más suave (mejora su trabajabilidad) que la producción de un AGR elaborado en laboratorios.

En la mayoría de casos el AGR influye significativamente en la trabajabilidad del concreto en su estado fresco. Bezerra A. (2007, pág. 89), plantea una medida de solución para tener una mejor trabajabilidad. Si la adición de AGR es un porcentaje considerable dentro la mezcla debe asignarse 10 L/m³ o 5% más de agua en relación a su agua/cemento (a/c). Caso contrario si la adición de AGR se da en su totalidad debe asignarse 25 L/m³ o 15 % más de agua en relación a su a/c.

Peso Específico (g/cm³): Las mezclas de concreto que incorporan agregado grueso reciclado (AGR) son típicamente más bajas que las del concreto hecho solo con agregados naturales (AN). La parte de mortero del AGR tiene una estructura de aire arrastrado que es menos densa que la roca a la que está adherida. Por lo tanto, a medida que se incorpore más AGR en una mezcla de concreto, el peso específico del concreto resultante será menor (Anderson K. y otros, 2009, pág. 9).

Asimismo, la reducción del peso específico al ser reemplazado el agregado grueso natural (AGN) con agregado grueso reciclado (AGR) en su totalidad varía de 4.87% a 6.26% (Poon C. y otros, 2004, pág. 464). De igual forma para Kho P. y otros (2018, pág. 6) el porcentaje de variación del peso específico para un concreto sustituyendo al 100 % de AGR es de 5%. Sin embargo, para Etxeberria M. y otros (2007, pág. 4), encontraron que el porcentaje de variación es de 3% y finalmente para Dong J. y otros (2013, pág. 3) sustituyendo un 50% de AGR el peso específico varía en un porcentaje de 0.8% frente a un concreto patrón. Los

autores concluyen que a medida que la sustitución de AGN por AGR aumenta, el contenido de aire también aumenta contribuyendo así la reducción de la masa específica.

Contenido de Aire (%): Generalmente el contenido de aire de un concreto con agregado reciclado (AGR) es mayor a las mezclas de un concreto con agregado grueso natural (AGN) debido al aire atrapado en el mortero que se encuentra adherido al AGR. Por lo que se recomienda al momento de triturar el concreto, retirar el mayor mortero adherido al AGR antes de iniciar la mezcla de concreto (Ruelas E., 2015, pág. 58).

2.10.2. Propiedades mecánicas del concreto reciclado en estado endurecido

El efecto de los agregados reciclados en las propiedades del concreto en estado endurecido puede ser despreciable o significativo dependiendo de su fuente, tipo, contenido, gradación y propiedades físicas (Safiuddin y otros, 2013, pág. 5).

“Las mezclas con agregados naturales tienden a desarrollar propiedades mecánicas mayores que las desarrolladas por mezclas que incorporan agregados reciclados, la diferencia oscila entre un 5% y 15%” (Hernández y Cárdenas, 2014, pág. 55).

Resistencia a la Compresión Axial (kg/cm²): Al igual que el concreto convencional la resistencia a compresión es la relación que existe entre los esfuerzos generados por cargas en un área transversal determinada y se expresa en kg/cm² generalmente. Para muchos autores citados por Meireles P. (2005, pág. 41), la resistencia a compresión de los concretos reciclados está situada entre 60% y 100% del concreto convencional. Poon C. y otros (2002, pág. 1) concluye que se puede elaborar concretos estructurales con una sustitución parcial del agregado natural por agregados reciclado en cantidades no mayores de 40%. Por su parte Bezerra A. (2007, pág. 92), cita varios investigadores que concluyen que existe cambio de resistencia entre un concreto convencional y otro hecho con agregados de concreto reciclado.

De esta manera los concretos con agregados reciclados producen una resistencia menor que dista cerca de 45% de los concretos producidos con agregados naturales. En cambio, Alejos P. y otros (2004, pág. 5), expresa que la pérdida de resistencia a compresión en concretos con agregado reciclado se sitúa por debajo de 5%, siempre que la sustitución parcial del agregado natural por el agregado reciclado sea menor al 20%. Debido a eso, los concretos reciclados necesitan mayor consumo de cemento dentro de la mezcla para poder satisfacer mayores demandas de resistencia. Según Alejos P. y otros (2004, pág. 5) este aumento de cemento podría variar en un rango de 7 a de 17%, cuando se hace un concreto con 100% agregados reciclados. Asimismo, para Hansen T. (1992, pág. 29) solo es necesario un 5% a más de

cemento cuando se reemplazan agregados gruesos. En cambio, sí se sustituyen ambos agregados el contenido puede superar el 15%.

También es necesario recalcar que el tipo de curado influye significativamente en la resistencia a la compresión de un concreto reciclado. Para Dolora E. y otros (1998, pág. 5) en concretos hechos por una sustitución de un 50% y 100% de agregados naturales por reciclados, el curado húmedo aumenta en un 10% con respecto a los resultados obtenidos por concretos curados al aire.

Por otra parte, para Cuadros A. (2018, pág. 27), la resistencia compresión también se ve afectada por el aumento de la relación agua/cemento necesario para cumplir con la trabajabilidad de la mezcla. Además, los estudios de Nunes W. (2007, pág. 78), afirma que la absorción del agregado reciclado consigue disminuir el contenido de agua libre dentro del concreto, por lo tanto, la resistencia a compresión se incrementa siempre y cuando el agregado sea utilizado seco. Para Leite M. (2005, pág. 174), la precipitación de cristales de hidratación entre los poros del agregado y la pasta (zona de transición), es responsable de un aumento en la resistencia del concreto. Sin embargo, para Otsuki N. y Miyasato S. (2000, pág. 4), la resistencia se ve afectada significativamente si la relación agua/cemento decrece en función al material utilizado y de la fuente de producción. A su vez Rahal K.(2007, pág. 5) observo que, a medida que la relación agua/cemento disminuye, la diferencia de resistencias a compresión entre concretos hechos con agregados gruesos naturales y agregados gruesos reciclados iba en aumento.

Afirmando las ideas anteriores Ryu J. (2002, pág. 1) en su investigación realizó una comparación entre diferentes relaciones de agua/cemento (0.55 y 0.25) para concretos de distintas resistencias producidos con agregados reciclados. Finalmente encontró resistencias a compresión casi idénticas para relaciones de agua/cemento de 0.55. Pero para relación de agua/cemento de 0.25, encontró que mientras menor sea la resistencia original de los concretos reciclados menor será la resistencia del concreto nuevo producido con estos materiales. Por su parte Masce N. y otros (2003, pág. 3) en su experimento encontraron que, para concretos hechos con agregados reciclados con relaciones agua/cemento de 0.40, 0.55 y 0.70 las resistencias se mantenían con respecto a los concretos hechos con agregados naturales en las mismas relaciones de agua/cemento, pero para relaciones de agua/cemento de 0.25 las resistencias del concreto fueron menores que las de concreto con agregados naturales.

Entonces Bezerra A. (2007, pág. 94), afirma que es posible producir concretos con agregados reciclados con la misma o hasta superior resistencia a compresión que los concretos originales, para una misma relación agua/cemento e idéntico control. Esto también tiene sustento en investigaciones que confirman la idea anterior: Nagataki S. y otros (2000); Limbachiya M. y otros (2000); Shayan A. y otros (2003); Dhir R. y otros (2004) y Hansen T. (1992) citado por Bezerra A. (2007, pág. 94).

A continuación se presenta una tabla describiendo los diferentes resultados obtenidos de la resistencia a compresión con diferentes porcentajes de adición de agregados grueso reciclado. Los resultados son variados, pero en general mientras mayor sea reemplazado el agregado reciclado, menor será su resistencia.

Tabla 16: Resistencia a la compresión en función al porcentaje de agregado grueso reciclado

Investigadores	Porcentaje de adición de AGR	f'c de diseño	Resistencia a la compresión
Jordán y Viera, 2014	0%	175	201.2
	25%	175	180.25
	50%	175	192.82
Kanungo, 2018	0%	280	331.41
	10%	280	326.31
	30%	280	321.21
	50%	280	303.88
Marroquin, 2012	0%	210	175.3
	100%	210	172.49
Caceres y valencia, 2018	0%	210	265.31
	25%	210	252.98
	50%	210	199.92
Bojaca N., 2013	0%	210	265.13
	20%	210	280.42
	40%	210	249.83
Chango y Tulcan., 2018	0%	210	272.26
	100%	210	269.2
	0%	210	284.88
Cruz y Moreno., 2016	20%	210	269.14
	40%	210	289.45
	0%	250	348
Cuadros A, 2018	20%	250	313
	30%	250	306
	40%	250	294

Fuente: Base de datos, Elaboración propia

Módulo de elasticidad (kg/cm²): Es un parámetro que mide la capacidad que tiene un cuerpo a deformarse en estado elástico bajo cargas axiales incrementales y se expresa en kg/cm². Por otra parte, para obtener el módulo de elasticidad (E_c) se calcula la pendiente que pasa por los puntos A y B, por lo cual es necesario obtener el trazo de la curva esfuerzo – deformación Unitaria. Luego se determina el esfuerzo S_1 en kg/cm² equivalente a la deformación unitaria de e_1 (0.00005), después se determina el esfuerzo S_2 equivalente al 40% del esfuerzo máximo y el e_2 equivalente al esfuerzo S_2 , como se expresa en la siguiente formula:

Ecuación 5: Modulo de elasticidad

$$E_c = (S_2 - S_1)/e_2 - 0.00005$$

Dónde:

E_c = Modulo de elasticidad (kg/cm²)

S_2 = Esfuerzo correspondiente (40%) de la máxima resistencia (kg/cm²)

S_1 = Correspondiente a la deformación unitaria e_1 (kg/cm²)

e_2 = Deformación unitaria que ocurre en ese punto correspondiente al S_2

e_1 = Deformación unitaria que ocurre en ese punto correspondiente al S_1

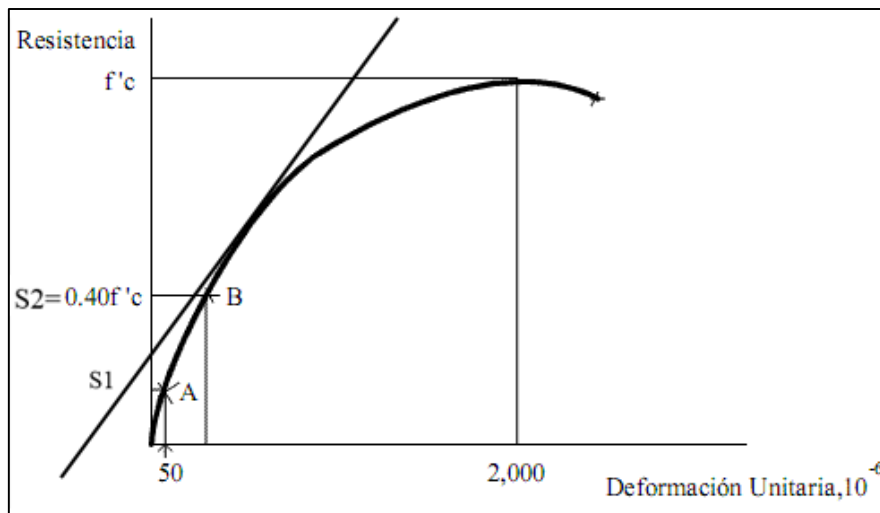


Figura 24: Esfuerzo vs deformación unitaria, para el cálculo del módulo de elasticidad. (ASTM C-469)

Generalmente los concretos reciclados presentan mayores módulos de elasticidad que los concretos convencionales debido a que son más deformables. Este hecho ocurre porque el agregado reciclado contiene mortero adherido a su superficie y mayor porosidad en los materiales reciclados de la fuente. Hansen T. (1992, pág. 23), cita varios autores que concluyen que el módulo de elasticidad en un concreto reciclado oscila entre 15 a 40% del concreto convencional. Bojaca (2008), en su investigación encuentra una disminución en el módulo de elasticidad del 35% para el concreto elaborado con agregado grueso reciclado (AGR).

López (2008) citado por Bojaca N. (2013, pág. 94), afirma que en concretos reciclados con porcentajes de sustitución del agregado grueso del 30% presentan una disminución del módulo de elasticidad entre el 4% y el 10%. Asimismo, para porcentajes de sustitución hasta un 50% del AGR, el módulo de elasticidad puede llegar hasta una disminución del 20%. Sin embargo, si la sustitución es del 100% la disminución puede llegar hasta el 50%.

Por otro lado, existen factores que pueden influenciar en el módulo de elasticidad del concreto. El módulo de elasticidad está ligado a la fracción volumétrica, peso específico, módulo de elasticidad del agregado, módulo de elasticidad de la pasta de cemento y a las características de la zona de transición. Por ende, se debe tener en cuenta los factores mencionados para un buen desempeño en un concreto reciclado.

2.11. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla se realiza con la intención de obtener un producto que contenga propiedades adecuadas en su estado fresco (trabajabilidad, durabilidad, consistencia, exudación mínima, entre otros) y estado endurecido (resistencia a la compresión). Para lograr este resultado es indispensable la correcta combinación de materiales tales como los agregados (finos y gruesos) y relación agua/cemento con la finalidad de obtener un concreto más económico posible (Arauco S. 2010, pág. 70).

Por otra parte, Batista M. (2001, pág. 59), afirma que los diseños de mezcla tanto para concretos convencionales (agregados naturales) y concretos reciclados (agregados reciclados) se debe realizar del mismo modo, sin embargo se debe tener en cuenta la cantidad de agua, sin en caso hay mucha agua en la mezcla, requerirá más uso de cemento y por lo tanto no es recomendable por un tema económico. De igual modo Debieb F. & Kenai S. (2005, pág. 3), opina que el diseño de mezcla para un concreto convencional y un concreto reciclado debe realizarse igual, pero recomienda que se debe realizar un previo humedecimiento del

agregado reciclado para equilibrar la alta tasa de absorción de agua que presenta este material.

Sin embargo, se debe crear un sistema de dosificación al momento de utilizar agregados gruesos reciclados, debido que cuenta con propiedades y características muy distintas en relación a un agregado natural. Es por eso que se recomienda realizar ajustes durante la dosificación para obtener un concreto con propiedades deseables.

2.11.1. Método del ACI - Comité 211.1

Este método fue desarrollado por Duff Abrams y se basa en seguir una serie de procedimientos sugeridos por el Comité ACI 211.1 (Proporcionamiento de mezclas de concreto normal, pesado y masivo) teniendo en consideración la relación agua/cemento, para lo cual se utilizan las tablas de la norma ASTM C 33 (con mención a las consideraciones granulométricas).

Este método de diseño se basa en la optimización de los materiales, principalmente del cemento, por ser más costoso, de modo que la mezcla de concreto sea lo más económico posible y garantizando una trabajabilidad aceptable. Para obtener este resultado es importante la combinación de agregados juntamente con la relación agua/cemento, obteniendo una excelente resistencia a la compresión de un concreto en estado endurecido (Tesillo A., 2004, pág. 34).

El procedimiento del diseño de mezcla tiene una serie de pasos a realizar. En primer lugar, se selecciona la resistencia promedio requerida (f'_{cr}) en función de la resistencia a compresión especificada (f'_c). A continuación se escoge el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Luego se elige el tipo de asentamiento deseado, para posteriormente encontrar el volumen unitario de agua, contenido de aire, relación agua/cemento por resistencia y durabilidad. Luego de este procedimiento se calcula el volumen unitario del agregado grueso. Asimismo, se determina el volumen unitario del agregado fino por el método de volúmenes absolutos. Finalmente, para tener un buen proporcionamiento en estado húmedo de los agregados dentro de la mezcla se determina una corrección por humedad y aportación de agua a la mezcla.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en la Universidad Peruana Unión – Ñaña – distrito de Lurigancho – Chosica, provincia y departamento de Lima; dentro de los laboratorios de concreto y ensayos de materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

3.2. Población y Muestra

Población: Todas las probetas de concreto elaborados con agregados naturales (AN).

Muestra: La determinación de la muestra son las probetas elaboradas con la adición de agregado grueso reciclado (AGR) y las probetas del grupo control, elaborados con agregado grueso natural.

Para que la muestra sea representativa dentro de la investigación debe cumplir con dos parámetros importantes: primero un buen tamaño de muestra, garantizado por una fórmula de tamaño muestral y segundo un tipo de muestro probabilístico, donde todas las unidades de estudio deben tener la misma probabilidad de ser elegidas. Sin embargo en trabajos de investigación explicativa, se busca una relación causa efecto y esto permite trabajar solo con un grupo de estudio en particular, donde la muestra está conformado por criterios de selección del investigador y un juicio emitido por expertos en el tema de investigación.

Por lo tanto en la presente investigación se buscó trabajar con un grupo de estudio que lo conforma el grupo experimental y el grupo control, donde el tamaño exacto de la muestra se basó en criterios del investigador y juicio de expertos. Por ende el tamaño muestral se conforma de 192 unidades de estudio, las cuales 144 de AGR-C y 12 de AGR-CL pertenecen al grupo experimental y 36 de AGN al grupo control.

Tabla 17: Variables dependientes e independientes

Variabes	Descripción	Abreviaturas	Numero de niveles
Dependientes	Resistencia a la compresión	Vd	-
	AGR-C	Vi.1	4 (10%,20%,30% y 40%)
	AGR-CL	Vi.2	1 (0%)
Independientes		Vi.3	1 (10%)
	Resistencia de diseño	Vi.4	4 (140,175,210 y 280 kg/cm ²)
	Tiempo de curado AGR-C	Vi.5	3 (7d,14,28 días)
	Tiempo de curado AGR-CL	Vi.6	1 (28 días)

Fuente: Elaboración propia, 2019

Grupo experimental para AGR-C

$$\#Muestra = (Vi.1*\#Niveles)*(Vi.4*\#Niveles)*(Vi.5*\#Niveles)$$

$$\#Muestra = (1*4)*(1*4)*(1*3)$$

$$\#Muestra = 48 \text{ probetas}$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = \#Muestra*(\#r\u00e9plicas)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 48*(3)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 144 \text{ probetas}$$

Grupo experimental para AGR-CL

$$\#Muestra = (Vi.3*\#Niveles)*(Vi.4*\#Niveles)*(Vi.6*\#Niveles)$$

$$\#Muestra = (1*1)*(1*4)*(1*1)$$

$$\#Muestra = 4 \text{ probetas}$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = \#Muestra*(\#r\u00e9plicas)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 4*(3)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 12 \text{ probetas}$$

Grupo control

$$\#Muestra = (Vi.2*\#Niveles)*(Vi.3*\#Niveles)*(Vi.5*\#Niveles)$$

$$\#Muestra = (1*1)*(1*4)*(1*3)$$

$$\#Muestra = 12 \text{ probetas}$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = \#Muestra*(\#r\u00e9plicas)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 12*(3)$$

$$N^{\circ} \text{ Ensayos} = 36 \text{ probetas}$$

El criterio utilizado es del tipo no probabil\u00edstico con tres r\u00e9plicas hermanas de la misma unidad de estudio seg\u00fan la NTP 339.034, para los 7, 14 y 28 d\u00edas de curado seg\u00fan ACI 318S - 14. Para mayor visualizaci\u00f3n se presenta la siguiente figura donde se aprecia el total de probetas utilizadas en esta investigaci\u00f3n:

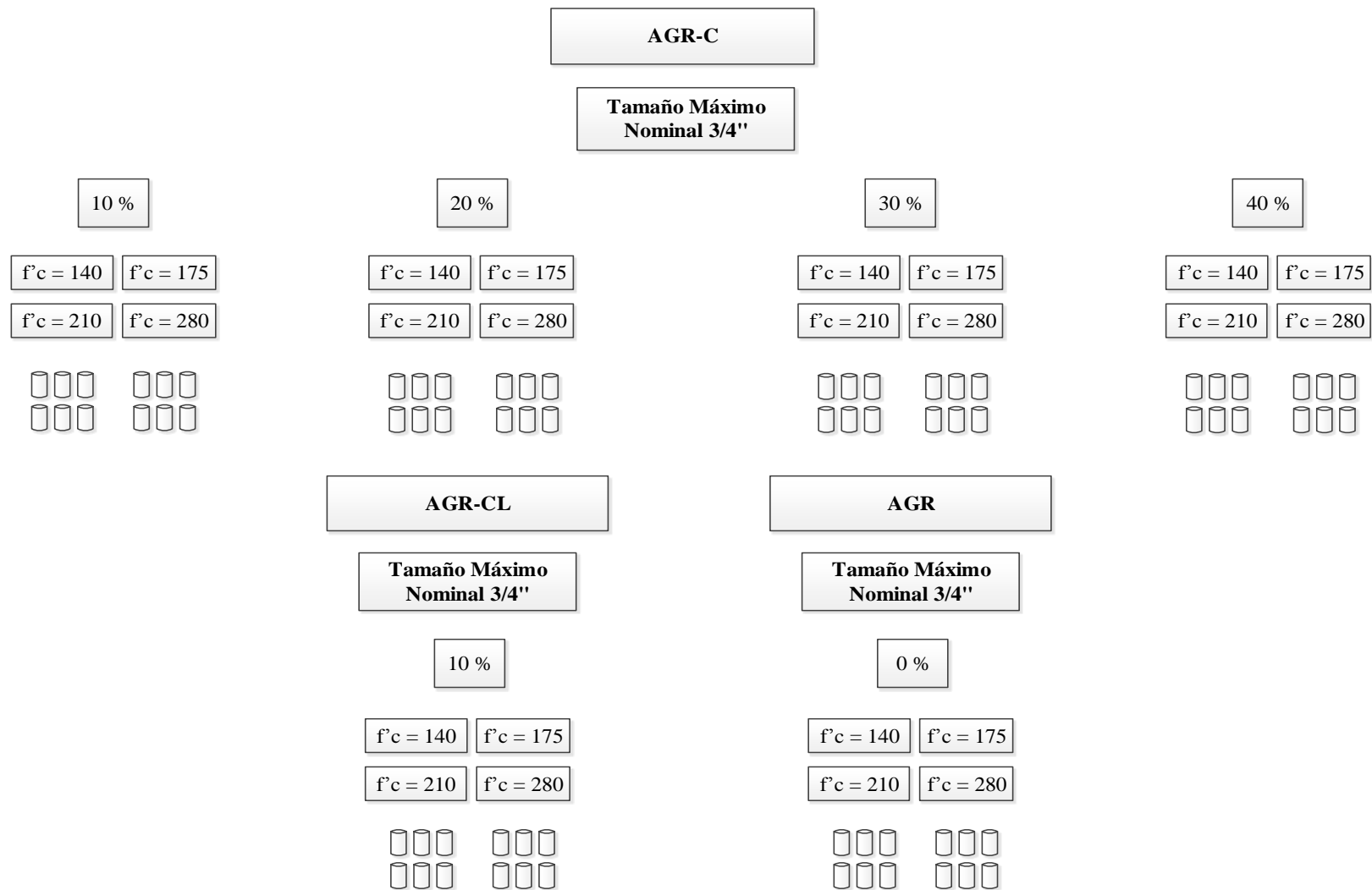


Figura 25: Árbol metodológico de las probetas a ensayar

3.3. Diseño de la Investigación

Nivel de investigación: La presente investigación es de nivel explicativo, debido a que existe una relación cuasi experimental de causa - efecto.

Cuasi experimental: La investigación cuasi experimental es aquella en la que existe una exposición, una respuesta y una hipótesis para contrastar, en los que se prueba una variable, sin ningún tipo de selección aleatoria o proceso de preselección, así como también puede ser una comparación antes de la intervención y posterior a ésta.

Es por ello que el proyecto tiene un propósito de comprobar una relación causal entre una resistencia de concreto convencional y un concreto reciclado, haciendo así una comparación y posteriormente dando un uso en la construcción según los resultados logrados.

3.4. Formulación de la Hipótesis

3.4.1. Hipótesis General

- La elaboración de un concreto con agregado grueso reciclado no influye significativamente en su resistencia a compresión frente a un concreto convencional.

3.4.2. Hipótesis Específicas

- Para la elaboración de un concreto convencional, las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado influyen negativamente en la resistencia a compresión.
- Con la utilización de diferentes cantidades de agregado grueso reciclado, sí se puede mantener la resistencia a compresión requerida.
- La resistencia a compresión de un concreto reciclado varía de manera aceptable frente a un concreto convencional según el tiempo de curado.

3.5. Identificación de las Variables

3.5.1. Dependientes

- Resistencia a la Compresión del concreto en estado endurecido.

3.5.2. Independientes

- Adición de agregado grueso reciclado (AGR).
- Resistencia de diseño
- Propiedades físico-mecánicas de los agregados
- Tiempo de curado

3.5.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 18: Operacionalización de variables

	Variables		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de recolección de datos
Independientes	Definición: El agregado grueso reciclado será obtenido de las demoliciones de estructuras de concreto.	Adición de agregado grueso reciclado	Granulometría	Parámetros granulométricos de estándares internacionales Suelto y compactado Peso específico de agregado de peso normal Perdida menor a 50% Porcentaje de humedad 19mm (3/4") Agregado angular de concreto	Guías para ensayos de Laboratorio Normas Técnicas Peruanas
		Resistencia de diseño	Peso Unitario Peso Especifico		
		Propiedades físico-mecánicas de los agregados	Resistencia al Desgaste Contenido de Humedad Tamaño		
		Tiempo de curado	Tipo		
Dependientes	Definición: Resistencia a compresión para un concreto con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado y para un concreto convencional con agregados naturales.	Resistencia a la compresión del concreto reciclado y convencional	Concreto en estado fresco		Equipo de medición y programas Registros y formatos de recolección de datos (fichas)
			Asentamiento	Slump	
			Concreto en estado endurecido		
			Curado	7, 14 y 28 días	
			Resistencia a la compresión	≤ 280 kgf/cm ²	

Fuente: Base de datos, Elaboración Propia

3.6. Procedimiento Experimental (Metodología)

Para poder evaluar los concretos reciclados (CR), se deben mezclar tres indicadores importantes (agregados, agua y cemento), obteniendo previamente sus propiedades físicas (granulometría, porcentaje de humedad, asentamiento o Cono de Abrams, peso unitario y peso específico) y posteriormente las propiedades mecánicas.

En esta investigación se elaboró un diseño de mezcla para las resistencias requeridas (140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm²), siendo las más utilizadas y comerciales para elementos estructurales y no estructurales. La demolición de las probetas recicladas y cascote de ladrillo se realizó manualmente con la utilización de una comba y el equipo de protección personal (EPP) correspondiente. Posteriormente se elaboraron probetas con concretos convencionales (grupo control o patrón) para las distintas resistencias mencionadas, y concretos reciclados con diferentes porcentajes (10%, 20%, 30% y 40%) de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C), ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curados. Por otro lado se realizó un concreto reciclado con el 10% de adición de agregado grueso de cascote de ladrillo (AGR-CL) curados a los 28 días de edad.

El concreto patrón (0% de AGR), ayuda a analizar el comportamiento de resistencia frente a un concreto reciclado (AGR-C y AGR-CL). Además, se estableció mayor al 10 % debido a revisiones bibliográficas y a su influencia en la resistencia a compresión. Sin embargo, si utilizamos porcentajes menores al 10% no sería muy notable su intervención en la resistencia y como consecuencia genera más trabajo laboral. Por otro lado, el límite superior al 40% de AGR, demanda excesivas demoliciones y como consecuencia genera mayores costos de producción lo que resultaría antieconómico.

A continuación, se presenta el siguiente esquema a seguir:

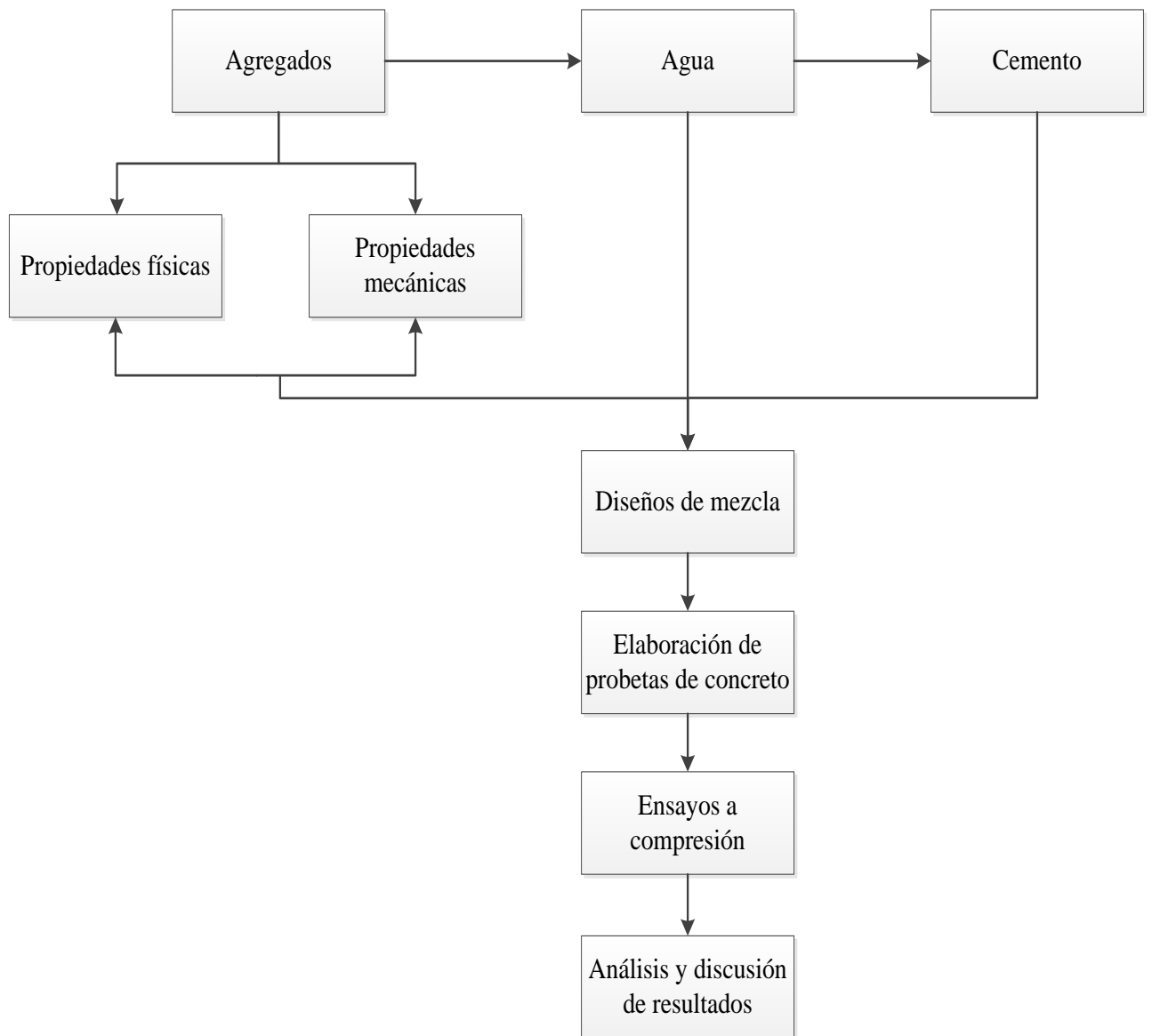


Figura 26: Procedimiento para la elaboración de un concreto reciclado

3.7.Procedencia de los agregados gruesos reciclados (AGR)

3.7.1.Procedencia del agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)

Para poder elaborar las probetas de concreto reciclado se utilizó el agregado grueso triturado de las probetas recicladas que se encuentran ubicadas en el centro de acopio del laboratorio de concreto y ensayo de materiales de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión.



Figura 27: Procedencia de las probetas recicladas

A continuación se presenta las coordenadas UTM del lugar de extracción del AGR-C:

Tabla 19: Coordenadas UTM de las AGR-C

Zona	Norte (m)	Este (m)	Altitud (msnm)
18 L	8674087.50	299441.01	553

Fuente: Google Earth, Elaboración propia

3.7.2. Procedencia del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)

Para poder elaborar las probetas de concreto reciclado se utilizó los desechos de cascote de ladrillo, producto de una demolición de una construcción ubicada en la Urb. Lobaton Mz.G, Lt. 21 – Ñaña, Lurigancho -Chosica, para posteriormente ser triturado y obtener un agregado grueso reciclado con cascote de ladrillo.



Figura 28: Procedencia del cascote de ladrillo

A continuación se presenta las coordenadas UTM del lugar de extracción del AGR-CL:

Tabla 20: Coordenadas UTM de las AGR-CL

Zona	Norte (m)	Este (m)	Altitud (msnm)
18 L	8674499.00	300354.00	534

Fuente: Google Earth, Elaboración propia

3.8. Procedencia de los Agregados Naturales

Los agregados finos se extrajeron de la cantera “MINERA ESTRELLA AZUL SAC”, ubicada a la altura del km 4.5 de la Av. Bernard Balaguer, en la Asoc. El Vallecito, distrito de Lurigancho - Chosica, provincia y departamento de Lima, aproximadamente en las coordenadas UTM mostradas a continuación:

Tabla 21: Coordenadas UTM de la cantera "Minera Estrella Azul S.A.C"

Zona	Norte (m)	Este (m)	Altitud (msnm)
18 L	8680089.00	306875.00	1114

Fuente: Google Earth, Elaboración propia



Figura 29: Cantera "Minera Estrella Azul S.A.C - Vallecito"

Los agregados gruesos se extrajeron de la cantera “ADMACON S.A.C”, ubicada en la Av. principal S/N de la asociación de vivienda rural agropecuaria Huancayo tercera etapa de la localidad de Carapongo, distrito de Lurigancho-Chosica, provincia y departamento de Lima.

Tabla 22: Coordenadas UTM de la cantera “Admacon S.A.C”

Zona	Norte (m)	Este (m)	Altitud (msnm)
18 L	8673956.37	296220.80	509

Fuente: Google Earth, Elaboración propia



Figura 30: Cantera “Admacon S.A.C”

3.9. Método de Trituración del AGR

Para la elaboración de un concreto reciclado, es importante conocer el método de trituración del agregado. En éste caso se realizó manualmente con el uso de herramientas (comba) y equipos de protección personal (guantes, guardapolvo, lentes y zapato de seguridad), hasta lograr un tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ ” aproximadamente, se optó por éste tamaño debido a su uso comercial y por alcanzar las resistencias requeridas (140, 175, 210 y 280 kg/cm²) según especificaciones técnicas. Se trituró 120 probetas recicladas de concreto y 50 kg de cascote de ladrillo aproximadamente, golpeando cuidadosamente hasta quitar el mayor porcentaje de mortero adherido al agregado. El tiempo para realizar toda la demolición fue de dos semanas con la participación de tres personas.

Una vez culminado la trituración se realizó un previo análisis granulométrico clasificándolo según su tamaño desde la malla $\frac{3}{4}$ ” hasta la malla N°4. Éste proceso se realizó con la finalidad de obtener una curva granulométrica que esté dentro de los parámetros permisibles y posteriormente generar un mejor comportamiento para la resistencia a compresión. El volumen obtenido de agregado grueso reciclado de concreto fue aproximadamente 0.7m³.

3.10. Diseño de Mezcla

3.10.1. Método ACI- 211.1

Las estimaciones del diseño se realizaron bajo la norma ACI 211.1, las cuales se rigen a procedimientos que a continuación se describen:

- a) Se calcula la resistencia a compresión requerida (f'_{cr}) según la resistencia a compresión especificada (f'_c), usando las siguientes formulas.

Cuando se tiene datos de desviación estándar (S) en probetas específicas, se usa el máximo valor de:

Ecuación 6: Resistencia requerida en función de la desviación estándar

$$f'_{cr} = f'_c + 1.33*S \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33*S \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Cuando no se tiene registro de resistencia a compresión de probetas correspondientes a obras anteriores:

Tabla 23: Registro de resistencias según su resistencia a compresión requerida

f'_c (kgf/cm ²)	f'_{cr} (kgf/cm ²)
Menor de 210	$f'_c + 70$
210 - 350	$f'_c + 84$
Mayor de 350	$f'_c + 98$

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

Teniendo en cuenta el control de calidad en la obra

Tabla 24: Resistencia a compresión requerida según la calidad de obra

Nivel de control	f'_{cr} (kgf/cm ²)
Regular a malo	$1.3*f'_c$ a $1.5*f'_c$
Bueno	$1.2*f'_c$
Excelente	$1.1*f'_c$

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

- b) Calculamos el contenido de aire atrapado con la siguiente tabla:

Tabla 25: Porcentaje de aire atrapado

Tamaño Máximo del Agregado	% de aire atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

c) Se calcula el volumen unitario de agua en L/m³ de concreto según la siguiente tabla:

Tabla 26: Requisitos aproximados de agua de mezclado

Cantidades aproximadas de agua de mezcla en kgf o L por 1m ³ de concreto en función del Slump y el tamaño máximo del agregado								
Slump	Tamaño máximo del agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Sin aire incorporado								
1" a 2 "	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4 "	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7 "	243	228	216	202	190	178	160	-
Con aire incorporado								
1" a 2 "	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4 "	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7 "	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

d) Calculamos la relación agua/cemento por resistencia usando la siguiente tabla:

Tabla 27: Relación agua/cemento en función a resistencia a compresión a los 28 días de curado

Relación de agua/cemento en peso		
f'c (kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

e) Calculamos la cantidad de cemento en función a la relación agua/cemento (a/c) según la siguiente fórmula:

Ecuación 7: Cantidad de cemento

$$\text{Cant. de Cemento} = \frac{\text{Cant. de Agua}}{\text{factor a/c}}$$

Dónde:

Cant. De Cemento: Es la cantidad de cemento requerida por metro cubico de concreto (kgf).

Cant. De Agua: Cantidad de agua para la mezcla de concreto por unidad de volumen (L).

Factor a/c: factor de la relación agua cemento por resistencia según ACI 211.1.

f) Cálculo del peso del agregado grueso por metro cubico de concreto según la siguiente tabla:

Tabla 28: Volumen de agregado grueso en función al módulo de finura de la arena

Volumen de agregado grueso por 1m ³ de concreto vs módulo de fineza de la arena (b/bo)				
Tamaño máximo de agregado grueso	Módulo de fineza de la arena			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.45	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

Por lo tanto, la cantidad de agregado grueso sería la multiplicación del factor por el peso unitario suelto compactado del agregado grueso.

Ecuación 8: Cantidad de agregado grueso

$$Cant. de AG = \frac{b}{bo} * PUSC$$

Dónde:

Cant. de AG: Es la cantidad de agregado grueso para un metro cúbico de concreto (kgf).

b/bo: Es el factor de relación para agregados en un metro cúbico de concreto.

PUSC: Es el peso unitario seco compactado del agregado grueso (kgf/m³).

g) Se calcula el volumen de agregado fino por el método de volúmenes absolutos según la siguiente expresión:

Ecuación 9: Cantidad de agregado fino

$$Cant. de AF = 1 - (AG + Agua + Aire + Cant. de cemento)$$

Dónde:

Cant. de AF: Cantidad de agregado fino para un metro cúbico de concreto (kgf).

AG: Cantidad de agregado grueso en función al volumen unitario del concreto (m³).

Agua: Cantidad de agua en función al volumen unitario del concreto (m³).

Aire: Cantidad de aire atrapado en función del volumen unitario del concreto (m³).

Cant. de cemento: Cantidad de cemento en función del volumen unitario del concreto (m³).

h) Se realiza la corrección por humedad y el aporte del agua a la mezcla en los agregados y finalmente se ordena los resultados como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29: Proporciones del diseño final de mezcla

Diseño de mezcla según su resistencia (ACI 211.1)					
Materiales	Unidad	Porcentaje de adición de agregado grueso reciclado			
		10%	20%	30%	40%
Cemento	kgf				
Agregado fino	kgf				
Agregado grueso natural	kgf				
Agregado grueso reciclado	kgf				
Agua	L				

Fuente: ACI 211.1, Elaboración propia

3.11. Ensayos de laboratorio

3.11.1. Análisis Granulométrico de los agregados

Consiste en determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada, la distribución de partículas de agregados finos y gruesos en una mezcla de peso conocido. Si los agregados tienen una buena gradación, están cumpliendo las especificaciones de la norma y en consecuencia ayuda a obtener datos necesarios para el control de la producción de agregados en planta.

Tabla 30: Cantidades de muestras mínimas de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal - Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(plg)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 ½)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 ½)	35
65.0	(3)	60

Fuente: NTP 400.012

Procedimiento: En primer lugar, se obtiene la cantidad de muestra de agregado grueso de acuerdo a la tabla 30, para luego cuartear y obtener una muestra representativa. Luego se ingresa la muestra seleccionada al horno durante 24 h con una temperatura de 110 °C ±5 hasta obtener un peso constante. Una vez secado la muestra se toma los tamices en su orden correspondiente para después introducir la muestra y posteriormente zarandear. Por último, se pesa la muestra retenido en cada tamiz y calcular la curva granulométrica.

Para determinar los resultados de la granulometría global de agregados naturales y reciclados, es necesario tener en cuenta el siguiente modelo de tabla como se muestra a continuación:

Tabla 31: Modelo ficha de resultados para un ensayo de granulometría

ENSAYO DE GRANULOMETRIA GLOBAL						
FECHA						
OPERADOR						
ENSAYO N°						
Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Ret. Acumulada	% Que pasa	NTP 400.037:2014	
					Mínimo	Máximo
3" (75mm)						
2" (50mm)						
1 1/2" (37.5mm)						
1" (25mm)						
3/4" (19mm)						
1/2" (12.5mm)						
3/8" (9.5mm)						
N°4 (4.75mm)						
N°8 (2.36mm)						
N°16 (1.18 mm)						
N°30 (0.60mm)						
N°50 (0.30mm)						
N°100 (0.15mm)						
CURVA GRANULOMÉTRICA						



Fuente: Laboratorio de concreto y ensayo de materiales – UpeU

3.11.2. Contenido de humedad en los agregados

Los agregados poseen poros y pueden estar llenos con agua, es decir tienen un cierto grado de humedad. Este ensayo consiste en pesar una muestra de agregado grueso a un proceso de secado y comparar su peso antes y después, para luego determinar el porcentaje de humedad.

Procedimiento: En primer lugar, se dispone de la muestra según el tamaño del agregado (ver tabla 32). Luego se deposita la muestra en un recipiente para luego tarar y calcular la masa en una balanza calibrada con sensibilidad de 0.1%. Seguidamente se ingresa la muestra al horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 h. Al momento de retirar la muestra del horno se deja reposar un tiempo determinado para que pueda enfriar y evitar daños. Finalmente se calcula el porcentaje del contenido de humedad mediante la siguiente fórmula.

Ecuación 10: Contenido de humedad de los agregados

$$P(\%) = \frac{W - D}{D} * 100$$

Dónde:

P = Contenido de humedad en porcentaje (%)

W = Masa inicial de la muestra (g).

D = Masa de la muestra seca (g).

Tabla 32: Tamaño de la muestra del agregado

Tamaño máximo nominal del agregado (pulgadas)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
0.0187" (N°4)	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2.0
3/4"	3.0
1	4.0
1 1/2"	6.0
2"	8.0
2 1/2"	10.0
3	13.0

Fuente: NTP 339.185

Para poder determinar los resultados del ensayo, es necesario tener el siguiente formato como se muestra a continuación:

Tabla 33: Modelo de resultados del ensayo contenido de humedad

Contenido de Humedad			
N° Tara	T - 01	T - 02	T - 03
Peso de tara (gr)			
Peso de Muestra Humedad (gr)			
Peso de tara + Muestra Seca (gr)			
Peso Agua (gr)			
Peso de muestra seca (gr)			
Contenido de Humedad (%)			
Contenido de Humedad Promedio (%)			

Fuente: Laboratorio de concreto y ensayo de materiales – UpeU

3.11.3. Peso Unitario de los agregados

Determina el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de vacíos de los agregados finos, gruesos o la mezcla de ambos. Se determinará el peso unitario según la norma NTP 400.017:2011 (AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados, 3a. Edición (Basada ASTM C29/C29M-2009)).

De la muestra general se cuarteo hasta obtener una cantidad adecuada, de acuerdo a la capacidad del recipiente:

Tabla 34: Capacidad de recipientes de medida

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de Recipiente de Medida	
milímetros	pulgadas	L (m3)	Pie3
12.5	1/2	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3(0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0(0.014)	1/2
75.0	3	28.0(0.028)	1
112.0	4 ½	70.0(0.070)	2 ½
150.0	6	100.0(0.100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017

Procedimiento del ensayo peso unitario suelto: Para determinar el peso unitario suelto primeramente se llena el recipiente con una pala o cuchara hasta que rebose el recipiente desde una altura de 2”, luego se enraza y finalmente calcular el peso unitario suelto.

Procedimiento del ensayo peso unitario compactado: Para poder determinar el peso unitario compactado se llena el recipiente con una pala o cuchara en tres partes iguales (3 capas) y con una varilla de acero estandarizada se apisona dando 25 golpes en cada capa, y en la última capa enrasar. Posteriormente se procede a calcular el peso unitario compactado.

Los resultados del ensayo se detallan de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 35: Esquemmatización de resultado del ensayo peso unitario

Peso unitario (kg/m3)			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (gr)			
Volumen del Molde (m3)			
Peso del molde más muestra (gr)			
Peso de muestra (gr)			
P.U Suelto (kg/m3)			
P.U Suelto promedio (kg/m3)			

Fuente: Laboratorio de concreto y ensayo de materiales – UpeU

3.11.4. Peso Específico de los agregados

Con este ensayo se calcula el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción, luego de 24 horas de saturación.

La cantidad (kg) requerida de agregado a ensayar será de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 36: Peso mínimo para la muestra de ensayos de peso específico

Tamaño máximo nominal mm (plg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo - kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 ½)	12 (26)
75,0 (3)	18(40)

Fuente: NTP 400.021:

Procedimiento: El procedimiento del peso específico se realiza por medio del cuarteo del agregado grueso en un promedio de 3 kg para tamaño de 3/4” (ver tabla 36). Posteriormente se satura la muestra durante 24 horas para luego ser secada superficialmente, pesar sobre una balanza calibrada y determinar el peso sumergido. A continuación, se pesa la muestra en la canastilla sumergida sobre un recipiente con agua. Seguidamente se extrae la muestra para ser llevada al horno y determinar su peso seco, no olvidar pesar la canastilla sumergida. Y por último se procede a calcular el peso específico.

Para poder determinar los resultados del ensayo, se realiza con la siguiente tabla que se muestra a continuación:

Tabla 37: Esquemización de resultado del ensayo peso específico

N° Ensayo	Peso específico (gr/cm ³)		
	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de tara (gr)			
Peso de muestra seca (gr) + tara			
Peso de Muestra SSS (gr)			
Peso de Muestra saturada en agua (gr)			
P.E Masa (gr/cm ³)			
P.E Masa promedio (gr/cm ³)			
P.E Masa SSS (gr/cm ³)			
P.E Masa SSS promedio (gr/cm ³)			
P.E Aparente (gr/cm ³)			
P.E Aparente promedio (gr/cm ³)			
% Absorción (%)			
Absorción promedio (%)			

Fuente: Laboratorio de concreto y ensayo de materiales – UpeU

3.11.5. Resistencia al desgaste por abrasión de los agregados gruesos en la máquina los Ángeles

Permite determinar la resistencia a la degradación en los agregados gruesos sometidos a la máquina los Ángeles, quien en su interior contiene un cierto número de bolas de acero acorde con la gradación de la muestra del ensayo. Este equipo simula las acciones de abrasión o desgaste, impacto o trituración del agregado, que luego de un cierto número de revoluciones se procede a tamizar el agregado para medir su porcentaje de desgaste.

Tabla 38: Peso de las esferas de acero según su gradación

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: NTP 400.019

Tabla 39: Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (gr)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
1 ½"	1"	1 250 ± 25			
1"	¾"	1 250 ± 25			
¾"	½"	1 250 ± 25	2 500 ±10		
½"	3/8"	1 250 ± 25	2 500 ±10		
3/8"	¼"			2 500 ±10	
¼"	Nº 4			2 500 ±10	
Nº 4	Nº 8				5 000 ±10
TOTAL		5 000 ±10	5 000 ±10	5 000 ±10	5 000 ±10

Fuente: NTP 400.019

Procedimiento: Para determinar la resistencia al desgaste primeramente se selecciona la muestra de ensayo y se procede hacer un tamizado según el tamaño retenido en los tamices (ver tabla 39), luego se pesa el material de cada tamaño según su peso indicado en la tabla N°38 descartando el peso de la tara. A continuación, se ingresa la muestra al tambor cilíndrico junto con las esferas de acero (ver tabla 38) y se gira a una velocidad de 30 rpm a 33 rpm por 500 revoluciones. Después se retira el material de la máquina y se procede hacer una separación del tamiz de 4.75mm (N°4) para posteriormente lavar el agregado más grueso que la malla 4.75 mm. Una vez lavado la muestra se ingresa al horno a una temperatura de 110 °C ±5 hasta obtener un peso constante. Por último, se calcula el porcentaje de abrasión los ángeles con la siguiente fórmula:

Ecuación 11: Porcentaje de desgaste

$$\text{Desgaste (\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Dónde:

P_i = Peso Inicial de la muestra (kg)

P_f = Peso final de la muestra (kg)


3.11.6. Resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido

Consiste en un esfuerzo máximo que puede resistir un material al ser aplastado, la resistencia a compresión falla debido al tipo de fractura que se puede definir. Las probetas elaboradas con agregado grueso reciclado de concreto de 3/4" será un total de 144 probetas para resistencias $f'c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm^2 para 7, 14 y 28 días de curado. De igual modo las probetas elaboradas con agregado grueso de cascote de ladrillo será un total de 12, para las resistencias ya mencionadas, curado sólo a los 28 días de edad. Asimismo las probetas elaboradas con agregado grueso natural serán un total de 36 probetas para las mismas resistencias y días de curado ya mencionadas.

Procedimiento: Se selecciona las probetas individualmente para ensayar en la máquina a compresión. Seguidamente se procede a ejecutar el ensayo hasta que la probeta falle a compresión. Luego se verifica la resistencia alcanzada y finalmente se limpia la máquina para realizar los siguientes ensayos.

Para determinar los resultados del ensayo de resistencia a compresión se realizará con el siguiente formato como se muestra a continuación:

Tabla 40: Ficha de resultados para la resistencia a compresión de las probetas de concreto

EDAD FECHA OPERADOR F°C				UNIVERSIDAD PERUANA UNION - UPeU		
Resistencia promedio a la compresión a los 07,14 o 28 días de edad.						
Nombre de Probeta	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Fuerza de falla (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
0% de AGR						
10 % de AGR						
20 % de AGR						
30 % de AGR						
40 % de AGR						

Fuente: Laboratorio de concreto y ensayo de materiales - UPeU

3.12. Resultados Esperados

Resistencia a la compresión en función de la adición del agregado grueso reciclado (AGR). - Según la revisión bibliográfica existen opiniones distintas acerca del remplazo de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado. Un primer grupo afirma que al sustituir un cierto porcentaje se obtiene resultados de compresión reducidos con respecto a un concreto convencional. Por otra parte, otro grupo afirma que al sustituir un cierto porcentaje de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado la resistencia a compresión no varía o incluso aumenta en cierto porcentaje con respecto a un concreto convencional.

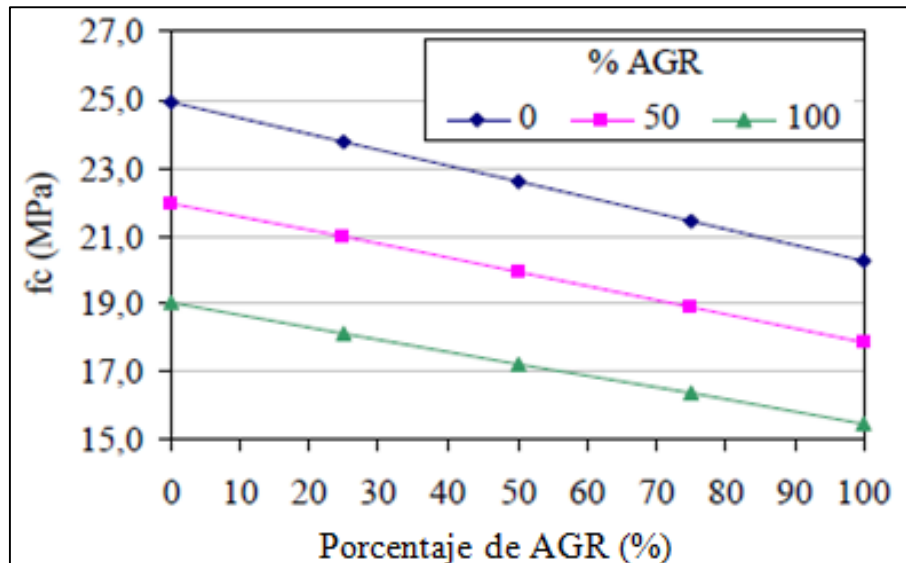


Figura 31: Resultados esperados: Curva de variación de resistencia a la compresión según el porcentaje adicionado. Silveira P. (2007, pág. 105)

En nuestra investigación se pretende realizar una resistencia a compresión similar a la figura anterior, pero con un rango de variación mínima para las distintas resistencias (140, 175, 210 y 280 kg/cm²) con diferentes cantidades de agregado grueso reciclado de 10%, 20%, 30% y 40%. Además, se pretende evaluar qué porcentaje es el más ideal para la elaboración de un concreto convencional.

Resistencia a la compresión en función al periodo de curado del concreto reciclado (CR). - Los resultados que se esperan en esta investigación para la resistencia a compresión con respecto al tiempo de curado se apoyan en investigaciones anteriores, cuyas conclusiones fueron que a mayor tiempo de curado la gráfica de resistencia se mantiene. También puede existir una variación de resistencia según el AGR adicionado. Es decir, mientras más AGR la curva de resistencia baja considerablemente. Es así que en nuestra investigación no se utiliza 100 % de AGR para evitar una variación exagerada respecto a su resistencia y a los días de curado.

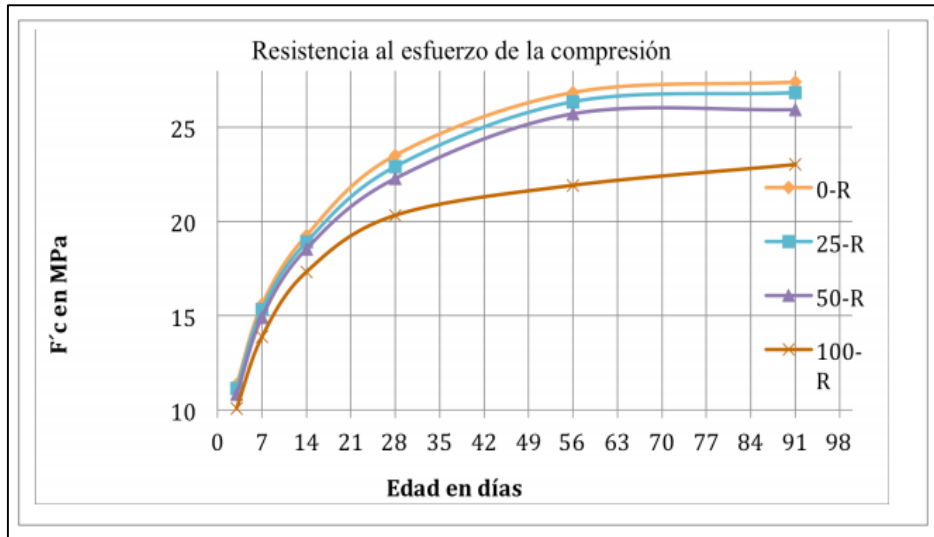


Figura 32: Resultados esperados: Curva de variación de resistencia a la compresión según los días de curado. Bedoya C. (2015, pág. 102).

Granulometría del agregado grueso reciclado. - La variación de la granulometría del agregado grueso reciclado se especifica en la NTP 400.037. En este proyecto se utilizó el Huso 67 de la norma ASTM C 33/C 33M: 2013 para una mayor gradación en los agregados y mantenerse dentro de los rangos establecidos. Debido a que la norma es flexible en los resultados de la granulometría, se puede obtener resultados fuera del huso granulométrico establecido. Esto es aceptable siempre y cuando los resultados esperados demuestren un concreto con la calidad requerida o existan investigaciones previas afirmando lo mismo.

A continuación, se muestra una figura de lo esperado para la presente investigación:

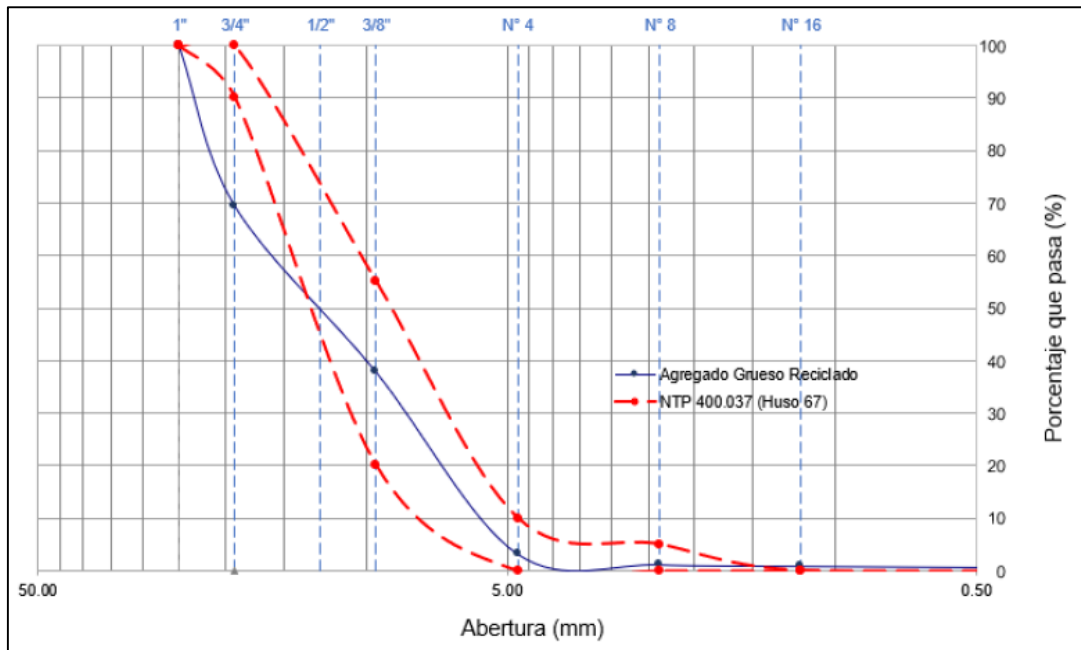


Figura 33: Curva granulométrica del AGR. Gonzales E. (2018, pág. 115)

Resultados de las propiedades físicas de los agregados naturales y reciclados. - Según investigaciones se dice que las propiedades físicas de los agregados influyen de alguna u otra forma en la calidad del concreto, es por ello que se necesita saber los resultados y variaciones que existen respecto a los ensayos de peso específico, abrasión los Ángeles, contenido de humedad y peso unitario. Es necesario conocer estas propiedades debido a la utilidad para realizar un buen diseño mezcla y ver su aporte en la trabajabilidad del concreto.

En la siguiente tabla se muestra un rango de valores obtenidos para las distintas propiedades físicas:

Tabla 41: Rango de valores para las propiedades físicas de los agregados

Agregados	Peso Específico (g/cm ³)	Abrasión (%)	Contenido de Humedad (%)	Peso unitario seco (kg/m ³)	
				Suelto	Compactado
Naturales	2.03 - 2.71	16.7 - 35.7	0.04	1061	1138
Reciclados	1.99 - 2.36	26.1 - 43.4	3.33	1129	1176
Arena	2.10 - 2.31	-	6.93	1200	1290

Fuente: Base de datos. Elaboración propia

Basados en revisiones bibliográficas, se puede mantener estos parámetros (tabla 41) en nuestra investigación. Caso contrario las bases teóricas confirman que es posible obtener un concreto de calidad variando las propiedades físicas de los agregados.

3.13. Materiales y Equipos

Materiales: Los materiales más destacados en la utilización del proyecto fueron: agregados naturales (finos y gruesos), agregados grueso reciclados de concreto (AGR-C), agregados grueso reciclados de cascote de ladrillo (AGR-CL), cemento Portland Tipo I, agua, pala, baldes, combas, espátulas, taras, cucharón, bandejas, probetas de PVC de 6pulg x 12pulg, entre otros.

Equipos: Para el desarrollo de los ensayos se utilizó los siguientes equipos: balanzas, tamices, mezcladora de concreto, carretillas, máquina de resistencia a la compresión, máquina los ángeles y horno.

3.14. Instrumentos de Recolección de Datos

Para las pruebas de laboratorio se necesitó hojas de excel para poder anotar y procesar los ensayos realizados. Las guías de excel cuentan con su respectivo membrete, fecha, N° de ensayo y el operador quien hará la prueba. Todos los ensayos se ejecutaron en el laboratorio de concreto y ensayo de materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Peruana Unión, ya que cuenta con todos los equipos necesarios para tal investigación.

3.15. Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de datos se utilizó los siguiente softwares y equipos que se detallan a continuación:

Software: Los principales softwares que se utilizó son: Excel, Statistica v10 y Microsoft Word.

Equipos: Se utilizó Laptop o computadora y cámara fotográfica.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

4.1.1. Análisis Granulométrico del agregado grueso natural (AGN)

En la tabla 42, se presenta el análisis granulométrico del AGN y sus características. Por otro lado, en la figura 34, se muestra la curva granulométrica y los límites establecidos en la norma NTP 400.037:2014

Tabla 42: Análisis granulométrico del AGN

Análisis granulométrico del AGN							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Límites de la NTP 400.037	
						% Límite inferior	% Límite superior
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	303.00	4.73	4.73	95.27	90	100
1/2"	12.50	2159.00	33.68	38.41	61.59	55	77.5
3/8"	9.50	1681.00	26.22	64.63	35.37	20	55
N 04	4.75	1991.00	31.06	95.69	4.31	0	10
N 08	2.36	252.00	3.93	99.63	0.37	0	5
Fondo		24.00	0.37	100.00	0.00		
Total		6410.00					

Características del agregado del AGN	
Peso de ingreso:	6410.00 gr
MF:	6.65
D10:	6.65
D30:	9.13
D60	12.36
Cu:	1.86
Cc:	1.01

Fuente: Elaboración propia, 2019

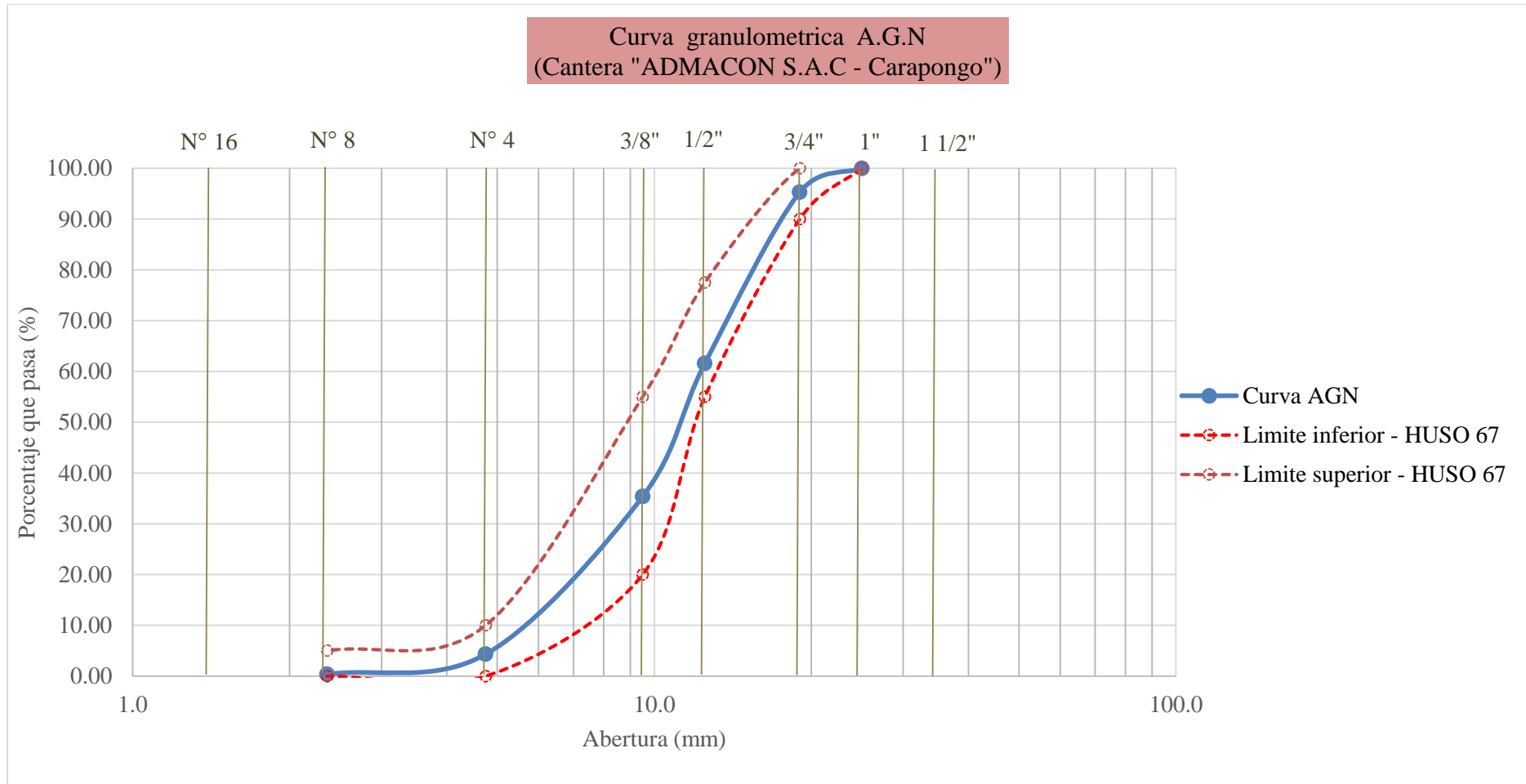


Figura 34: Curva granulométrica del AGN

La granulometría de huso 67 del agregado grueso natural (AGN) está dentro de los parámetros que otorga la norma NTP 400.037:2014 según su tamaño máximo ($\frac{3}{4}$ ""). Así mismo se obtuvo un módulo de finura (MF) de 6.65 que coincide con la investigación de Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 83), la cual obtuvo un MF de 6.71 caracterizándose como un material óptimo para la elaboración de concreto. Además, la granulometría no tiene que pasar del 65% del retenido en cualquier malla, en ese caso el máximo porcentaje retenido en el tamiz de $\frac{1}{2}$ " es de 33.68% (ver tabla 42). Por otro lado, es importante conocer el tamaño máximo del agregado para un diseño de mezcla de concreto.

4.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)

En la tabla 43, se presenta el análisis granulométrico del AGR-C y sus características. Por otro lado, en la figura 35, se muestra la curva granulométrica y los límites establecidos en la norma NTP 400.037:2014.

Tabla 43: Análisis granulométrico del AGR-C

Análisis granulométrico del AGR-C							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Límites de la NTP 400.037	
						% Límite inferior	% Límite superior
1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19	611.00	6.11	6.11	93.89	90	100
1/2"	12.5	2630.00	26.30	32.41	67.59	55	77.5
3/8"	9.5	3032.00	30.32	62.73	37.27	20	55
N 04	4.75	2848.00	28.48	91.21	8.79	0	10
N 08	2.36	808.00	8.08	99.29	0.71	0	5
Fondo		71.00	0.71	100.00	0.00		
Total		10000.00					

Características del agregado del AGR-C	
Peso de ingreso:	10000.00 gr
MF:	6.59
D10:	5.17
D30:	8.79
D60:	11.90
Cu:	2.30
Cc:	1.25

Fuente: Elaboración propia, 2019

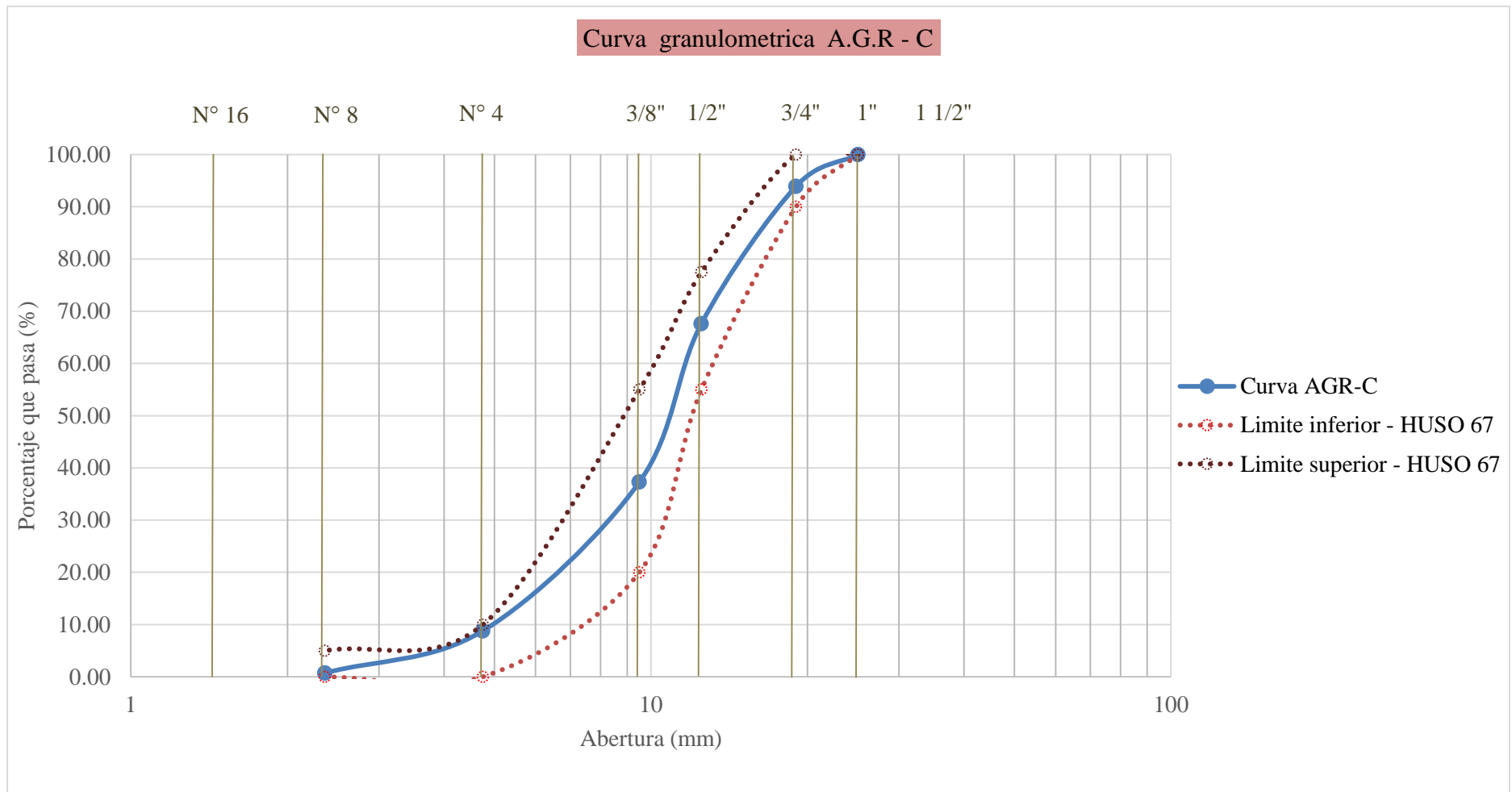


Figura 35: Curva granulométrica del AGR-C

En la tabla 43, se muestra la granulometría del agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C), lo cual cumple con los parámetros establecidos por la NTP 400.037:2014 (ver figura 35). El AGR-C se trituró manualmente dando como resultado un agregado de forma angulosa e irregular con textura áspera y porosa (Venegas y Robles , 2008, pág. 32). Se realizó un tamizado para obtener una granulometría graduada de acuerdo al huso 67 con tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ ". Además, la NTP menciona que, en caso no cumpla con los parámetros establecidos de granulometría, también se puede utilizar siempre y cuando haya estudios garantizando que ese material producirá concreto de resistencias requeridas.

En la tabla 43 el módulo de finura (MF) es de 6.59, lo cual es un material aceptable para la elaboración de un concreto. Así también Asencio A. (2014, pág. 11) en su investigación realizaron su propia granulometría de AGR-C para un tamaño máximo nominal de 1" con un MF de 7.68, garantizando una curva granulométrica satisfactoria cumpliendo con los parámetros de la norma. Por lo tanto, queda aceptable ejercer una propia granulometría para optimizar la gradación del AGR-C, por ende, es necesario conocer el tamaño del agregado para saber la cantidad de agua requerida para un diseño de mezcla.

4.1.2. Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo de arcilla (AGR - CL)

En la tabla siguiente, se presenta el análisis granulométrico del AGR-CL y sus características. Por otro lado, en la figura 36, se muestra la curva granulométrica y los límites establecidos en la norma NTP 400.037:2014.

Tabla 44: Análisis granulométrico del AGR - CL

Análisis granulométrico del AGR - CL							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Límites de la NTP 400.037	
						% Límite inferior	% Límite superior
1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19	1779.00	35.56	35.56	64.44	90	100
1/2"	12.5	1806.00	36.10	71.66	28.34	55	77.5
3/8"	9.5	522.00	10.43	82.09	17.91	20	55
N 04	4.75	452.00	9.03	91.13	8.87	0	10
N 08	2.36	336.00	6.72	97.84	2.16	0	5
Fondo		108.00	2.16	100.00	0.00		
Total		5003.00					

Características del agregado del AGR -CL	
Peso de ingreso:	5003.00 gr
MF:	7.07
D10:	5.56
D30:	12.99
D60:	17.40
Cu:	3.13
Cc:	1.74

Fuente: Elaboración propia, 2019

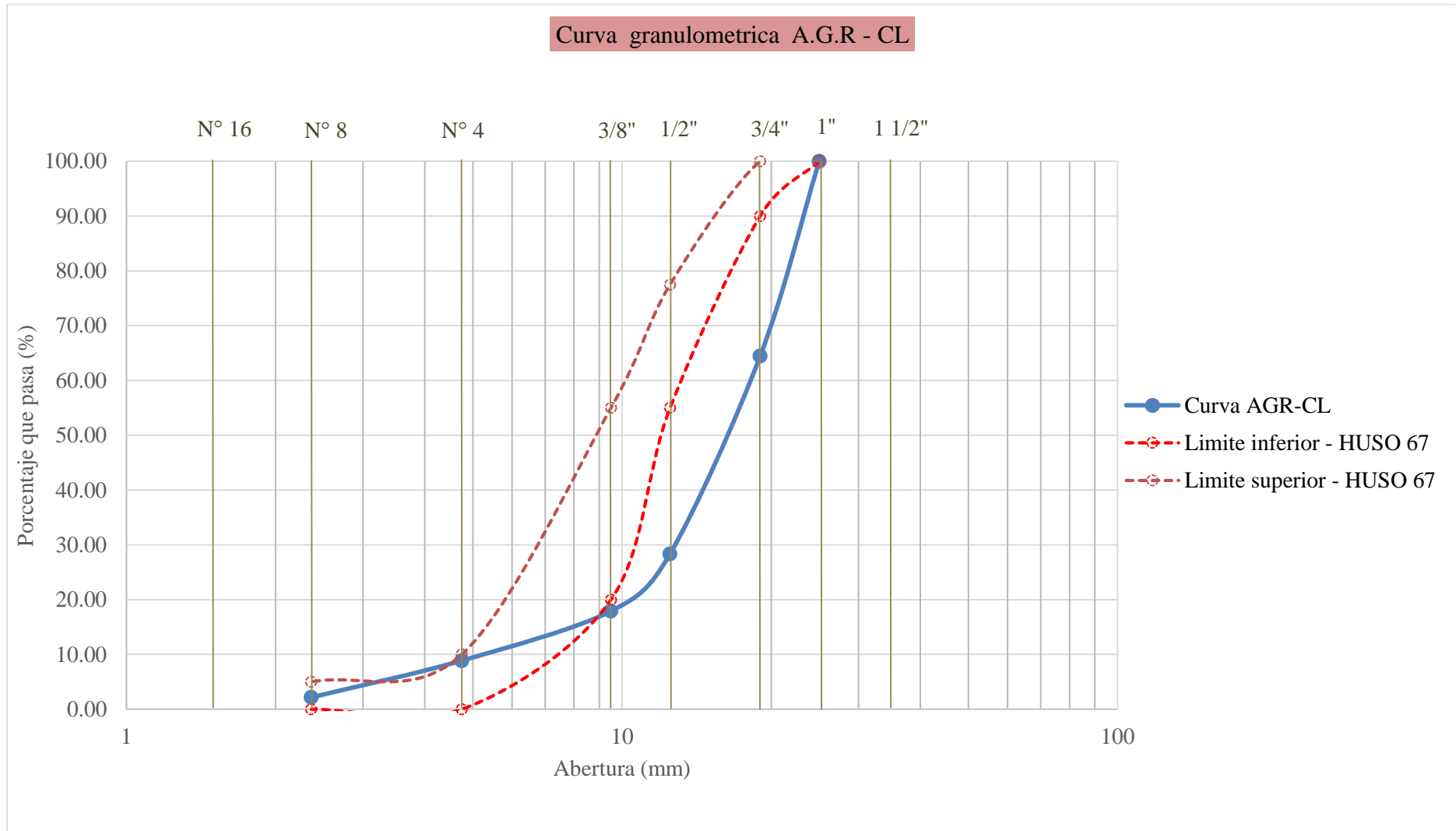


Figura 36: Curva granulométrica del AGR- CL

El análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo de arcilla (AGR-CL) se realizó tal y como se trituró, con un tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " de huso 67. La trituración se realizó manual al igual que el agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C); pero en este caso no se generó una propia granulometría como tal es el caso del AGR-C que si se hizo. Por ende es que la granulometría no cumple en su totalidad con los parámetros permitidos de la norma NTP 400.037, generando dificultad en la trabajabilidad de la mezcla y por ende en la resistencia a compresión. De igual manera Pérez A. (2012, pág. 7) coincide, obteniendo una granulometría muy diferente en comparación a su granulometría patrón, y no cumpliendo con los parámetros de la norma, interviniendo directamente en la trabajabilidad y en la resistencia a compresión del concreto. Por otro lado el rango permitido del módulo de finura se desconoce, es variable; pero acorde con otros investigadores se encuentra en un rango de 6 a 8 aproximadamente, es así que el módulo de finura del AGR – CL queda dentro de lo permitido con 7.07 y puede ser utilizado para la elaboración de un concreto convencional.

4.1.3. Análisis granulométrico del agregado fino (AF)

En la tabla siguiente, se presenta el análisis granulométrico del agregado fino y sus características. Por otro lado en la figura 37, se muestra la curva granulométrica y los límites establecidos en la norma NTP 400.037:2014.

Tabla 45: Análisis granulométrico del agregado fino (AF)

Análisis granulométrico del AF							
Malla	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Límites de la NTP 400.037	
						% Límite inferior	% Límite superior
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N 04	4.750	22.30	2.82	2.82	97.18	95	100
N 08	2.360	116.80	14.78	17.61	82.39	80	100
N 16	1.180	202.20	25.59	43.20	56.80	50	85
N 30	0.600	175.00	22.15	65.35	34.65	25	60
N 50	0.300	161.30	20.42	85.77	14.23	5	30
N 100	0.150	85.70	10.85	96.62	3.38	0	10
N 200	0.075	17.30	2.19	98.81	1.19	0	0
Fondo		9.40	1.19	100.00	0.00		
Total		790.00					

Características del agregado del AF	
Peso de ingreso:	790.00 gr
MF:	3.09
D10:	0.26
D30:	0.55
D60	1.35
Cu:	5.14
Cc:	0.85

Fuente: Elaboración propia, 2019

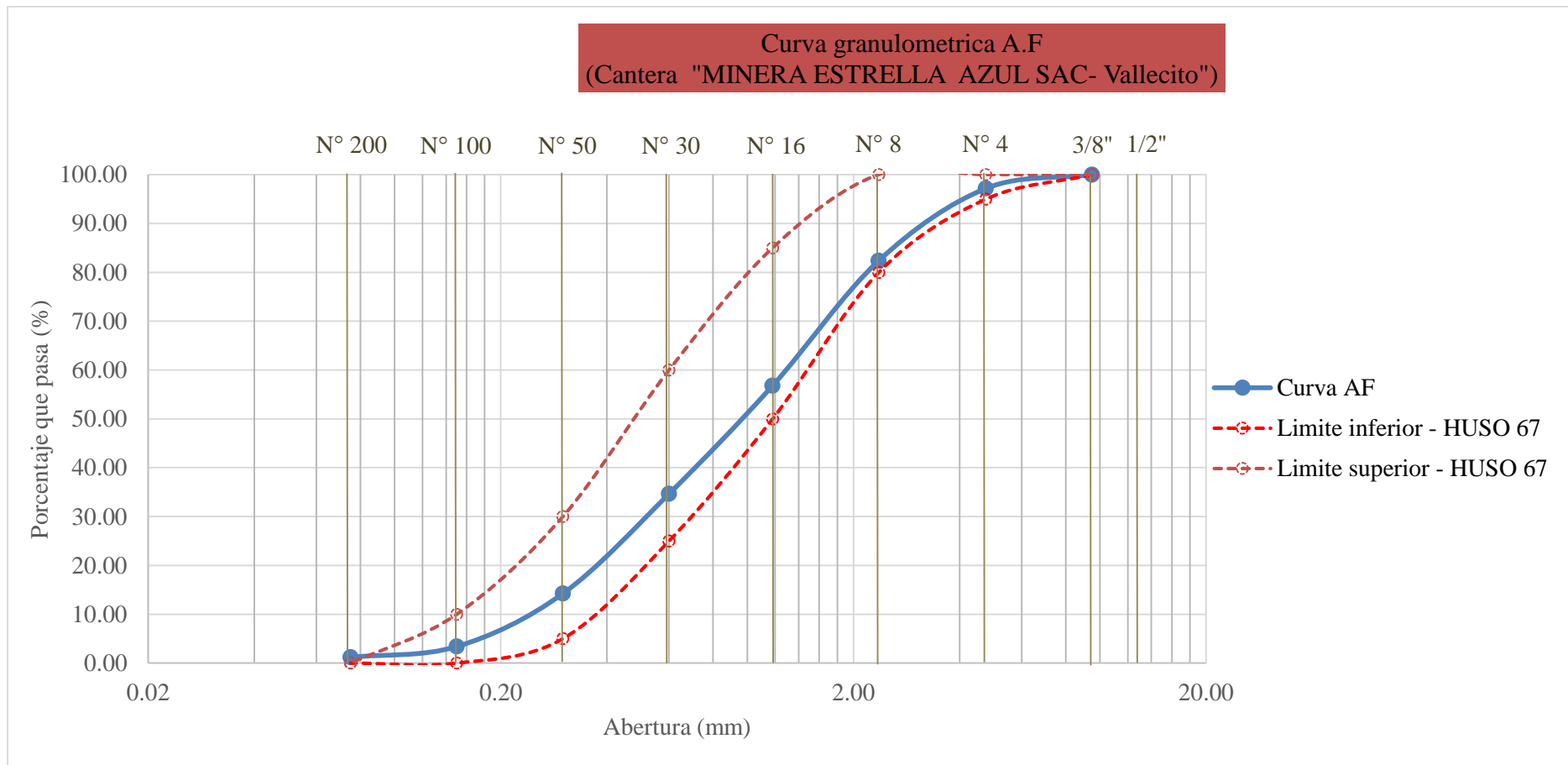


Figura 37: Curva granulométrica del AF

En la tabla 45 se aprecia la granulometría del agregado fino (AF) con un módulo de finura (MF) de 3.09 lo cual está dentro del rango que asigna la NTP 400.037:2014, considerándose un agregado fino con partículas de mayor tamaño. Los límites permitidos por la norma varían de 2.3 a 3.1, así como también debe estar libre de impurezas orgánicas. Por otro lado, Burgos E. (2012) muestra que mientras mayor sea el módulo de finura del agregado fino mayor será la fluidez y menor será la exudación del concreto en estado fresco. Huerta C. (2013), también indica que mientras mayor sea el MF, las partículas del agregado serán de mayor tamaño. La granulometría está casi al límite, pero cumple con los parámetros de la norma y por lo tanto es aceptable trabajar con este material, además la norma tolera un 0.20 de variación al MF máximo y mínimo. El agregado fino se adquirió de la cantera de “Minera Estrella Azul S.A.C – Valecito” por ser un material muy usado en las construcciones y por la cercanía a la zona de Ñaña – Lurigancho, Chosica.

4.1.4. Contenido de humedad de los agregados

En la siguiente tabla se presenta el contenido de humedad de los agregados naturales y agregados reciclados. Se realizó tres muestras, la cual se tomó el resultado promedio según la norma NTP 400.037:2014.

Tabla 46: Contenido de humedad de los agregados

Descripción	Contenido de Humedad (%)			
	T-01	T-02	T-03	Promedio
Agregado grueso natural (AGN)	0.27	0.27	0.27	0.27
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	1.28	1.11	1.28	1.22
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	0.74	0.74	0.64	0.7
Agregado fino (AF)	3.18	3.26	2.73	3.06

Fuente: Elaboración propia, 2019

El contenido de humedad del agregado depende mucho del lugar en que se encuentra (cantera o botaderos), sus resultados no son conocidos ni tienen un rango establecido. Principalmente el contenido de humedad influye mucho en la resistencia a compresión variando la relación agua/cemento (a/c). El AGN contiene un 0.27 % de humedad, caso contrario en los agregados reciclados (AGR-C y AGR-CL) contienen 1.22% y 0.70% respectivamente, así también el AF con un 3.06%. Se puede decir que el agregado fino contiene más humedad, lo cual altera la relación a/c para el diseño de mezcla, así como también el AGR-C tiene mayor humedad debido a la porosidad que atribuye la pasta de cemento.

4.1.5. Peso unitario suelto y compactado de los agregados

En la siguiente tabla se muestra el peso unitario suelto y compactado de los agregados naturales (AGN y AF) y reciclados (AGR-C y AGR-CL), donde se realizó tres ensayos, lo cual se tomó el resultado promedio de cada uno según la norma NTP 400.037: 2014.

Tabla 47: Peso unitario suelto de los agregados

Peso Unitario Suelto (kgf/m ³)				
Descripción	E-01	E-02	E-03	Promedio
Agregado grueso natural (AGN)	1169.47	1194.94	1153.96	1172.79
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	1013.66	1008.72	1018.68	1013.69
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	848.51	841.54	845.42	845.16
Agregado fino (AF)	1161.72	1140.30	1172.47	1158.16

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 48: Peso unitario compactado de los agregados

Peso Unitario Compactado (kgf/m ³)				
Descripción	E-01	E-02	E-03	Promedio
Agregado grueso natural (AGN)	1288.80	1284.22	1268.88	1280.63
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	1118.18	1104.34	1121.97	1114.83
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	910.20	933.46	918.48	920.71
Agregado fino (AF)	1340.53	1378.34	1360.27	1359.71

Fuente: Elaboración propia, 2019

El peso unitario es un valor utilizado para algunos métodos de diseño de mezclas, así como también puede utilizarse para convertir los pesos en volúmenes (NTP 400.017:2011). Generalmente el peso unitario no tiene un rango establecido; pero algunos autores acreditan que varía de 1200 kg/m³ a 1760 kg/m³ aproximadamente. Es notable que el PUS del AGRC y AGR-CL es más liviano que el AGN en 13.57% y 27.94 %, asimismo el PUC varía entre 12.95% y 28.13% respectivamente. De igual manera coincide Hernandez y Cardenas (2014) diciendo que el peso unitario del AGR-C es menor en un 16% en comparación al AGN. Mientras que el peso unitario del AGR-CL es mucho menor debido a su granulometría y a la forma angulosa de sus partículas ocupando así un mayor volumen con respecto al agregado grueso convencional. También Masías K.(2018, pág. 47), muestra la variación de peso unitario de un AGR-CL varia en un 49.88% en relación al AGN.

4.1.6. Peso específico de los agregados

En la tabla siguiente se muestra el peso específico de los agregados (naturales y reciclados). Se realizó tres ensayos y se tomó el resultado promedio según la norma NTP 400.037: 2014.

Tabla 49: Peso específico de los agregados

Peso específico (gr/cm ³)			
Descripción	P.E masa promedio	P.E masa SSS promedio	P.E aparente promedio
Agregado grueso natural (AGN)	2.68	2.70	2.75
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	2.30	2.46	2.72
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	1.72	1.93	2.20
Agregado fino (AF)	2.49	2.57	2.71

Fuente: Elaboración propia, 2019

El peso específico (P.E) es un indicador de calidad para un diseño de mezcla que permite la relación de su peso con respecto al peso de un volumen absoluto de agua, si se emplea una buena calidad de material, el concreto resultante será más denso. El peso específico varia aproximadamente entre 2.50 gr/cm³ a 2.75 gr/cm³, considerándose ligeros menores a 2.5 gr/cm³, pesado mayor a 2.75 gr/cm³ y normales varía entre 2.50 gr/cm³ a 2.75 gr/cm³. Se puede apreciar en la tabla anterior que el peso específico de los agregados reciclados (AGRC y AGR-CL) son menores en comparación con el AGN considerándose como agregados ligeros, y es lógico porque entre más bajo sea el peso específico mayor será la absorción. Esto se debe a la forma que atribuye el material reciclado que impide el acomodamiento de partículas y a su alta porosidad haciendo menos compacta su estructura.

4.1.7. Absorción de los agregados

En la tabla siguiente se muestra el porcentaje de absorción de los agregados (naturales y reciclados). Se realizó tres ensayos y se tomó el resultado promedio según la norma NTP 400.037: 2014.

Tabla 50: Porcentaje de absorción de los agregados

Descripción	Porcentaje de Absorción (%)			
	E -01	E -02	E -03	Promedio
Agregado grueso natural (AGN)	0.91	0.87	0.91	0.90
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	6.50	6.57	6.91	6.66
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	13.16	12.91	12.07	12.71
Agregado fino (AF)	2.46	3.31	3.95	3.24

Fuente: Elaboración propia, 2019

La absorción junto al contenido de humedad define la cantidad de agua en un diseño de mezcla. El agregado mientras más absorción tenga mayor será la cantidad de agua influyendo directamente en la durabilidad del concreto. La absorción del AGN es 0.9%, del AGR-C es 6.66%, del AGR-CL es 12.71% y del AF 3.34%, se puede apreciar que los agregados reciclados de concreto tiene demasiada absorción como el caso de la investigación de Regulo y Sangay (2014, pág. 115) con una absorción de 6.47% y Venegas y Robles (2008, pág. 33) con 7.74%, por ende, es necesario ajustar la cantidad de agua en la mezcla, es decir mantener constante el agua en la mezcla de concreto, caso contrario la resistencia a compresión y la trabajabilidad del concreto varía.

Por otro lado se considera que valores por encima de 2 a 3% de capacidad de absorción pueden ser un índice de alta porosidad. Y si los poros tienen valores por debajo de 0.004mm a 0.005mm, deben ser evitados dado que el agua no drena en ellos fácilmente (Neville, 1988) citado por Rosas H. (2018, pág. 36). Si se observa en la tabla anterior tanto el porcentaje absorción del AGRC y AGR-CL es alto, por lo que la porosidad de este material es elevada.

4.1.8. Resistencia al desgaste por abrasión de los agregados gruesos en la maquina los Ángeles

En la siguiente tabla se muestra el ensayo de abrasión del AGN, se realizó tres ensayos y se determinó el resultado promedio según la norma NTP 400.037: 2014.

Tabla 51: Abrasión los ángeles de los agregados gruesos

Descripción	Porcentaje de abrasión "Los ángeles" (%)			
	E -01	E -02	E -03	Promedio
Agregado grueso natural (AGN)	14.02	14.01	14.56	14.20
Agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C)	31.28	31.29	31.84	31.47
Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo (AGR-CL)	43.65	43.71	43.94	43.77

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la tabla N° 51 se muestra la resistencia al desgaste “Los Ángeles” del agregado natural. La norma NTP 400.037:2014 establece que el porcentaje de abrasión no debe ser mayor al 50% por lo tanto se obtuvo que el AGN tiene un 14.2% de desgaste y es apto para ser utilizado en una mezcla de concreto. De igual modo la resistencia al desgaste del AGR-C y AGR-CL se obtuvo un 31.47% y 43.77% (ver tabla N° 51) y también cumple con lo requerido y puede ser utilizado para la fabricación de un concreto. Además, según autores mencionan que el porcentaje de abrasión para un AGN varía entre 15 y 30% y para un AGR-C varía entre 20 y 45%, es decir en ambos casos cumple con los parámetros establecidos de la bibliografía.

4.2. Diseño de Mezcla

4.2.1. Diseño de mezcla por el método ACI 211.1

En la tabla 52, se muestra el diseño de mezcla para la elaboración de probetas cilíndricas (6x12 plg) para cada resistencia según el método ACI 211.1

Tabla 52: Resumen del diseño de mezcla en kg/m³

Diseño de mezcla más 10% de desperdicios por probeta					
F'c 140 kg/cm ²					
% ADICION DE AGR (kg)					
Materiales	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento =	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
AFN =	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23
AGN =	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR =	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua =	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
Diseño de mezcla más 10% de desperdicios por probeta					
F'c 175 kg/cm ²					
% ADICION DE AGR (kg)					
Materiales	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento =	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
AFN =	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
AGN =	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR =	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua =	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
Diseño de mezcla más 10% de desperdicios por probeta					
F'c 210 kg/cm ²					
% ADICION DE AGR (kg)					
Materiales	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento =	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
AFN =	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90
AGN =	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR =	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua =	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Diseño de mezcla más 10% de desperdicios por probeta					
F'c 280 kg/cm ²					
Materiales	% ADICION DE AGR (kg)				
	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento =	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
AFN =	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54
AGN =	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR =	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua =	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2019

El diseño de mezcla se realizó según las propiedades físicas de los agregados, donde el agregado con mayor peso representativo fue el agregado fino para todas las resistencias. Se realizó el mismo diseño para las cuarto resistencias con 10% de desperdicio. El total de cemento utilizado fue un aproximado de 8.5 bolsas para 192 probetas y el total de agregado fino fue de 1 m³ y 0.7 m³ de agregado grueso aproximadamente. También Cruz y Velazquez (2004, pág. 72) realizaron un diseño de mezcla semejante, siendo el agregado fino más representativo que le agregado grueso y sus resultados de resistencia a la compresión fueron satisfactorios. Por otro lado Regulo y Sangay (2014, pág.134), también obtiene una misma dosificación con peso de agregado fino mayor; pero sus resultados a la compresión no se ve afectada por el diseño de mezcla ya que sus resultados llegan y sobrepasan de lo esperado. Es por ello que se debe realizar un diseño de mezcla de acuerdo a las propiedades de los agregados, buena utilización de equipo (Trompo mezcladora), herramientas manuales y el correcto orden de mezclado de cada agregado.

4.3. Resultados de resistencia a la compresión

4.3.1. Influencia de la adición de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C) en la resistencia a compresión

En la tabla siguiente se muestra los resultados a compresión promedio (tres repeticiones) para concretos elaborados con AGR-C (f'c 140, 175, 210 y 280 kg/cm²) en estado endurecido a los 28 días de curado. Los porcentajes descritos son la cantidad (en peso) que ha sido reemplazado por el AGN.

Tabla 53: Resistencia a compresión promedio a los 28 días de curado con AGR-C

f'c de Diseño (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio en función del porcentaje de adición de AGR-C (kg/cm ²)				
	0%	10%	20%	30%	40%
140	154.29	136.16	135.93	135.86	134.44
175	191.53	169.03	168.74	168.65	165.48
210	221.37	211.35	202.49	195.2	197.27
280	298.75	279.85	268.11	258.46	261.19

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para poder evaluar el comportamiento del concreto y la resistencia a compresión que este alcanza, muchos investigadores sugieren comparar los resultados obtenidos a una edad de 28 días en condiciones normales. En la figura 38, se muestran los resultados para las resistencias de diseño: f'c = 140, 175, 210 y 280 kg/cm² en 28 días de curado.

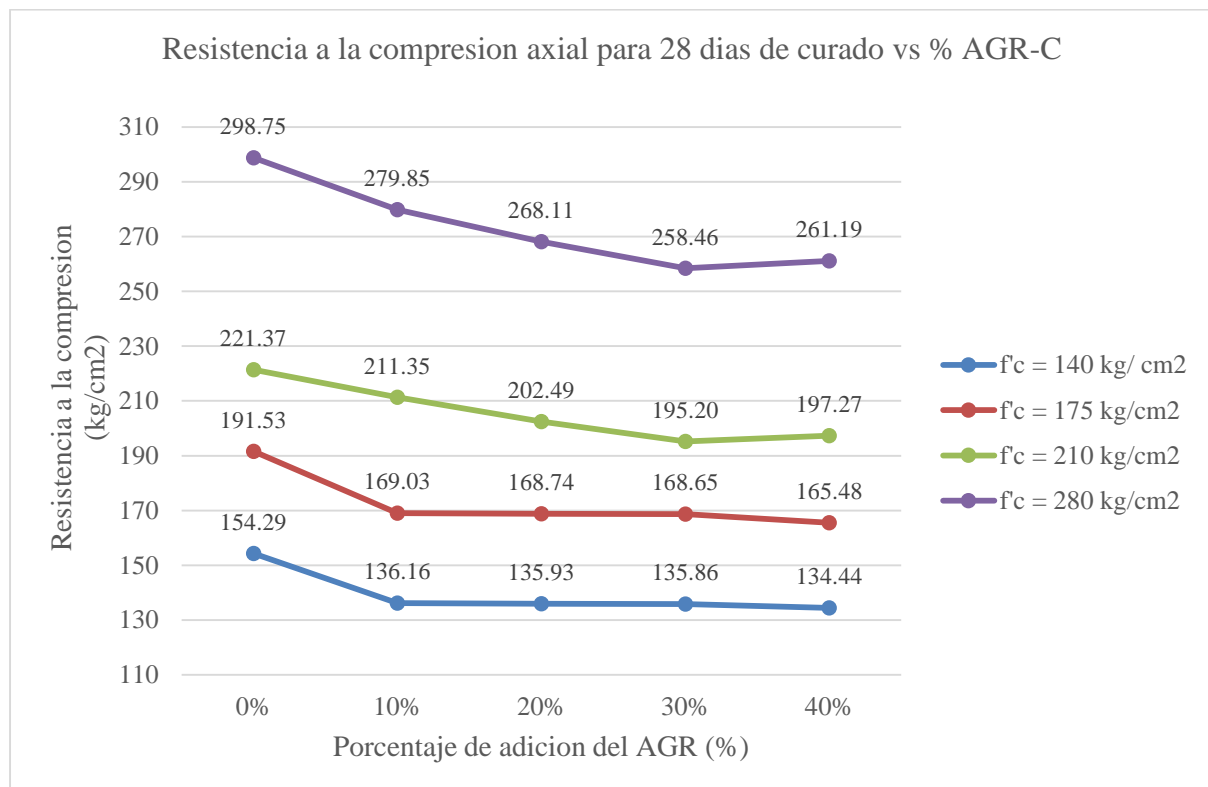


Figura 38: Resistencia a compresión para 28 días de edad de un concreto elaborado con AGR-C

Se observa en la figura anterior que el concreto patrón (0% AGR) se comporta un 10.21% mayor que la resistencia de diseño f'c = 140 kg/cm². Además, para un 10%, 20%, 30% y 40% de AGR el valor de la resistencia disminuye en un 11.75% a 12.87% respectivamente

con respecto al concreto patrón. Se observa que el comportamiento de la resistencia disminuye mientras mayor sea la sustitución de agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C).

Para una resistencia de diseño de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, el valor del concreto patrón es de 191.53 kg/cm^2 , siendo un 9.45% mayor que la resistencia de diseño. En los valores 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C se distingue una variación de 11.75% a 13.60% respectivamente en relación al concreto patrón. Se distingue un comportamiento similar a la resistencia de diseño $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

Para una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el concreto patrón obtuvo un resultado superior en 5.41% de la resistencia de diseño. Para 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C los resultados son menores en 4.53%, a 10.89% respectivamente comparado con el concreto patrón. Además, se aprecia que el concreto con 10% de adición AGR-C supera la resistencia de diseño en 0.643%. Por tanto, se establece que para un diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es admitido un 10% de AGR-C para no alterar la resistencia de diseño.

Para una resistencia de diseño de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, el resultado del concreto patrón se comporta en un 6.70% superior al concreto de diseño. Los resultados de la sustitución del 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C son inferiores en 6.33% a 12.57% respectivamente en función al concreto patrón. Entonces se puede considerar que a medida que se sustituye el AGN por AGR, la resistencia de diseño disminuye significativamente.

Por su parte Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 116), en su investigación discute que el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto disminuye a medida que la sustitución en peso del agregado natural por agregado reciclado aumenta. Siendo el límite de sustitución en 30% de AGR-C, para una relación agua/cemento de 0.65 (concreto estructural) y 15% de AGR-C, para una relación agua/cemento de 0.70 (concreto no estructural). Asimismo, Arriaga (2013) afirma que para obtener desempeños satisfactorios en un concreto estructural la máxima sustitución debe de ser en un 20% de AGR-C.

4.3.2. Análisis de un concreto elaborado con 10% de AGR-C y AGR-CL

En la tabla siguiente se muestra los resultados a compresión promedio (tres repeticiones) para concretos elaborados con AGR-C y AGR-CL ($f'c$ 140, 175, 210 y 280 kg/cm^2) en estado endurecido a los 28 días de curado. Los porcentajes descritos son la cantidad (en peso) que ha sido reemplazado en el AGN.

Tabla 54: Resistencia a compresión promedio a los 28 días de curado con AGR-C y AGR-CL

f _c de Diseño (kg/cm ²)	Resistencia a compresión promedio en función del 10% de adición de AGR (kg/cm ²)		
	0% AGR	10% AGR-C	10% AGR-CL
140	154.29	136.16	131.97
175	191.53	169.03	165.45
210	221.37	211.35	212.59
280	298.75	279.85	290.41

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la figura siguiente se muestra el comportamiento del concreto elaborado con una adición hasta el 10% AGR-C y AGR-CL. Los resultados obtenidos se comparan con el concreto patrón (0% AGR).

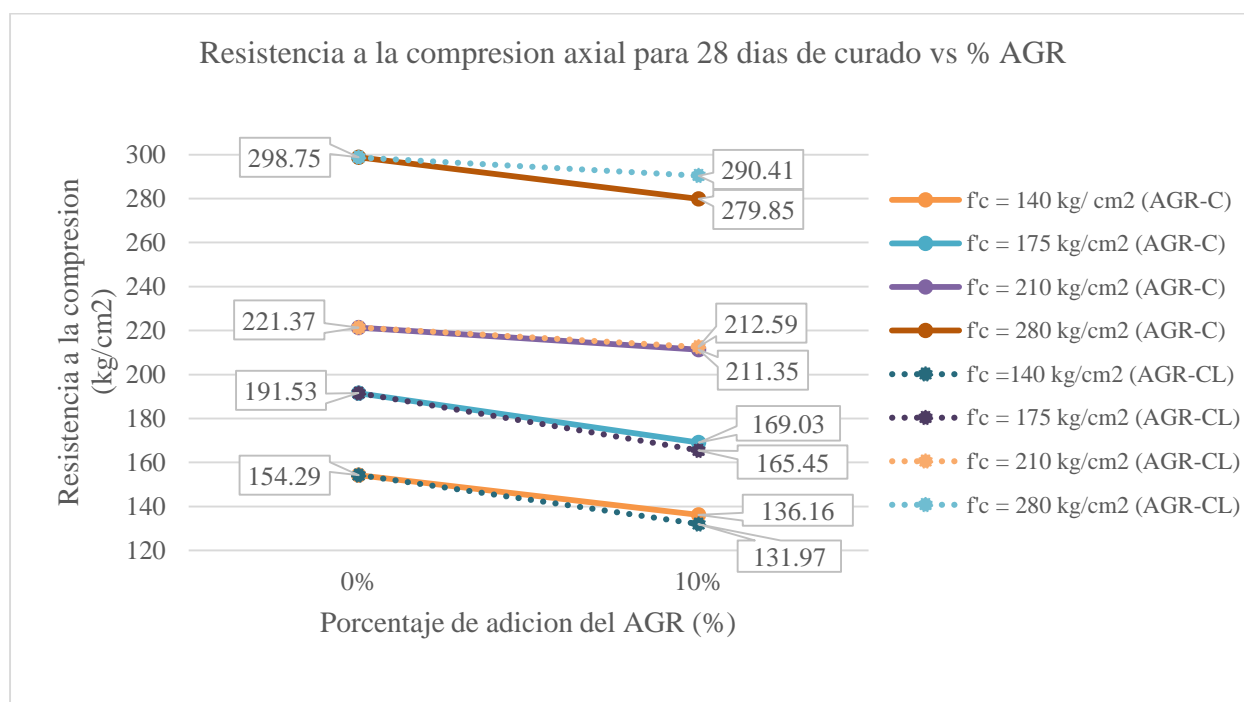


Figura 39: Resistencia a compresión para 28 días de edad de un concreto elaborado con AGR-C y AGR-CL

Según la figura anterior se puede rescatar que el concreto elaborado con AGR-C y AGR-CL tienen un similar comportamiento en la resistencia a compresión. Para la resistencia de diseño de 140 kg/cm² con adición de AGR-CL varía en 14.47% en relación al concreto patrón, en cambio el concreto elaborado con AGR-C varía en 11.75%, es decir la diferencia no es mucha variando tan solo 2.72 % entre ambos concretos reciclados. Así mismo para la

resistencia de diseño de 175 kg/cm² con adición de AGR-CL varía en 13.62% en relación al concreto patrón, en cambio el concreto elaborado con adición de AGR-C varía 11.75 %. Queda demostrado que la variación entre concretos reciclados es mínima, caracterizándose con menor resistencia el concreto con adición de AGR-CL.

Por otro lado en la resistencia de diseño 210 kg/cm², el concreto con adición de AGR-CL varía en 3.97% en relación al concreto patrón, en cambio el concreto con AGR-C varía 4.53%, obteniendo una diferencia mínima de 0.56% entre ambos concretos reciclados. Para la resistencia de diseño 280 kg/cm², el concreto con AGR-CL obtuvo un mejor resultado variando tan solo 2.79% en relación al concreto patrón, mientras que el concreto elaborado con AGR-C varía 6.33%. Para resistencias de diseño 210 y 280kg/cm² el concreto elaborado con AGR-CL tiene un mejor comportamiento con respecto al concreto elaborado con AGR-C, obteniendo resultados más cercanos al concreto patrón. Finalmente queda demostrado que se puede utilizar hasta un 10% de adición tanto para concreto elaborados con AGR-CL y AGR-C para resistencias desde 140 kg/cm² hasta 280 kg/cm² según los datos analizados anteriormente. Por su parte Gallon S. y otros, (2018, pág. 1) recomienda en su investigación que es viable utilizar hasta un 20% de AGR-CL para la elaboración de un concreto convencional.

4.3.3. Influencia del contenido de humedad de los agregados en la resistencia a compresión

En la figura siguiente se muestra los resultados del contenido de humedad del agregado grueso reciclado (AGR) de concreto y cascote de ladrillo y su influencia en la resistencia a compresión. Se compara con el 10% de adición de AGR para todas las resistencias de diseño.

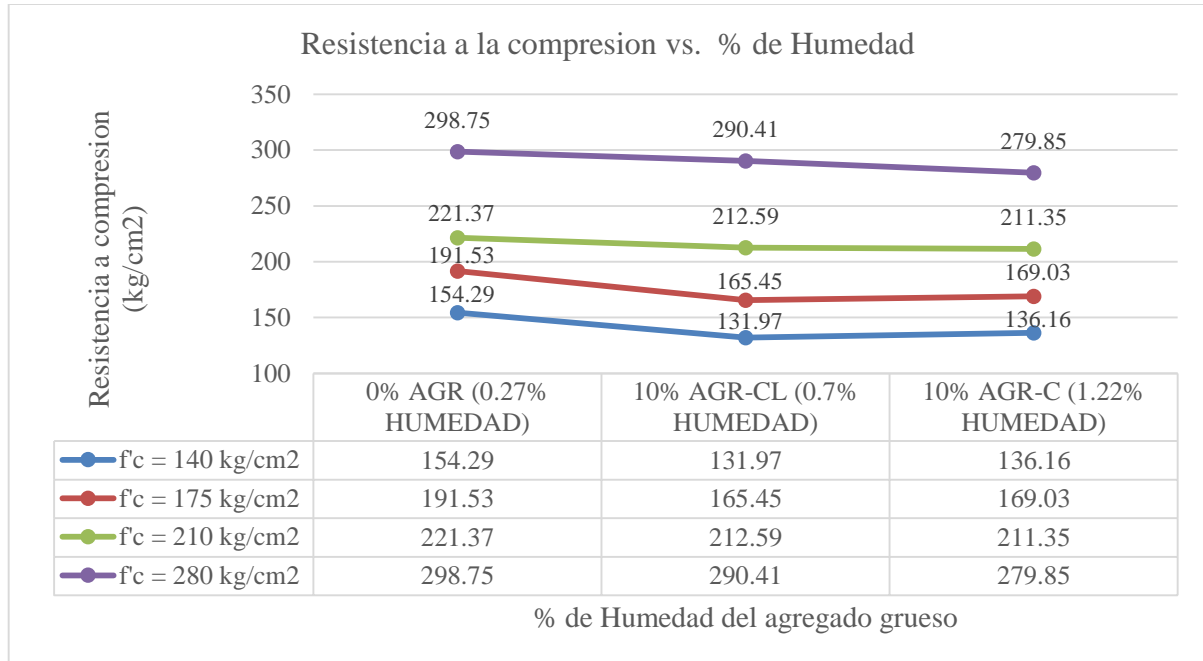


Figura 40: Resistencia a la compresión vs. porcentaje de humedad de los agregados

Según la figura anterior en máximo contenido de humedad tiene el agregado grueso reciclado (AGR) de concreto de 1.22% comparado con el agregado grueso natural y AGR de cascote de ladrillo con un contenido de humedad de 0.27% y 0.70 % respectivamente. Es notable ver que mientras mayor sea el contenido de humedad del agregado grueso, menor será su resistencia, esto se puede apreciar en el comportamiento del concreto con AGR de concreto.

4.3.4. Influencia del peso unitario de los agregados en la resistencia a compresión

En la figura siguiente se muestra los resultados del peso unitario del agregado grueso reciclado (AGR) de concreto y cascote de ladrillo y su influencia en la resistencia a compresión. Se compara con el 10% de adición de AGR para todas las resistencias de diseño.

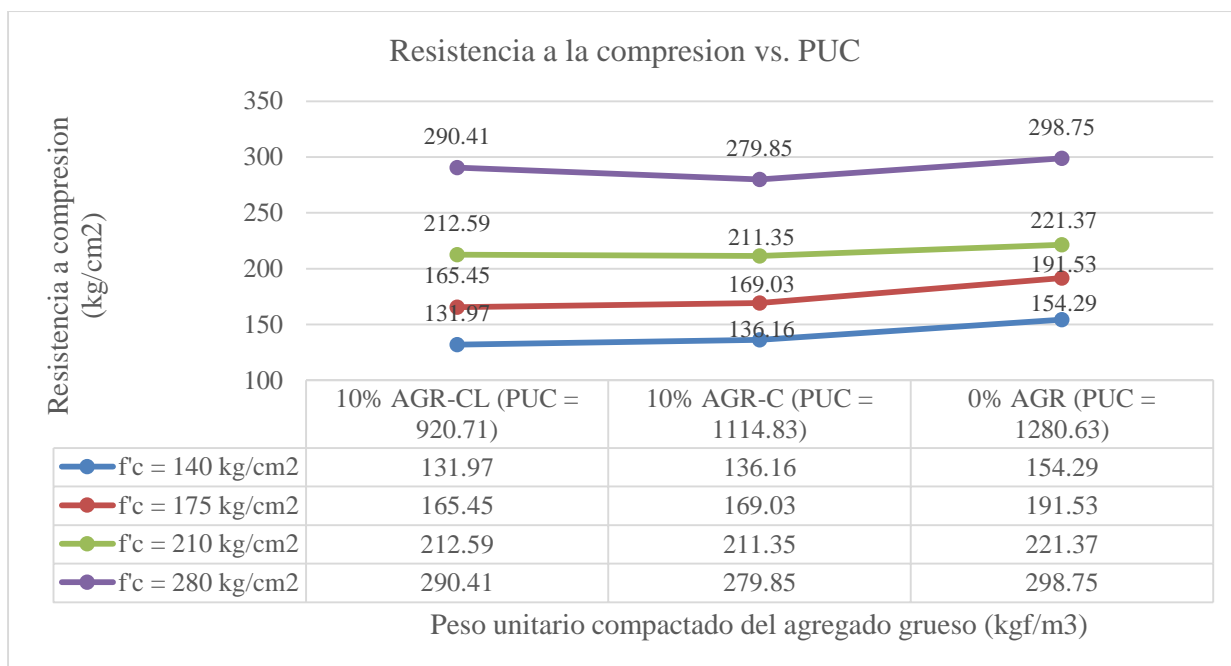


Figura 41: Resistencia a la compresión vs. PUC de los agregados

En la figura anterior el menor valor de peso unitario lo obtiene el agregado grueso reciclado (AGR) de cascote de ladrillo con un valor menor en 28.10% comparado con el agregado grueso natural (AGN). Por otro lado con respecto al AGR de concreto disminuye en 12.95% comparado con el AGN. Sin embargo se observa que en resistencias menores o iguales a 175 kg/cm² mientras mayor sea el peso unitario mayor será la resistencia a compresión. En cambio para resistencias mayores o iguales a 210 kg/cm² para concreto reciclados el peso unitario no afecta en la resistencia a compresión, obteniendo un comportamiento similar en ambos concretos reciclados.

4.3.5. Influencia del peso específico de los agregados en la resistencia a compresión

En la figura siguiente se muestra los resultados del peso específico del agregado grueso reciclado (AGR) de concreto y cascote de ladrillo y su influencia en la resistencia a compresión. Se compara con el 10% de adición de AGR para todas las resistencias de diseño.

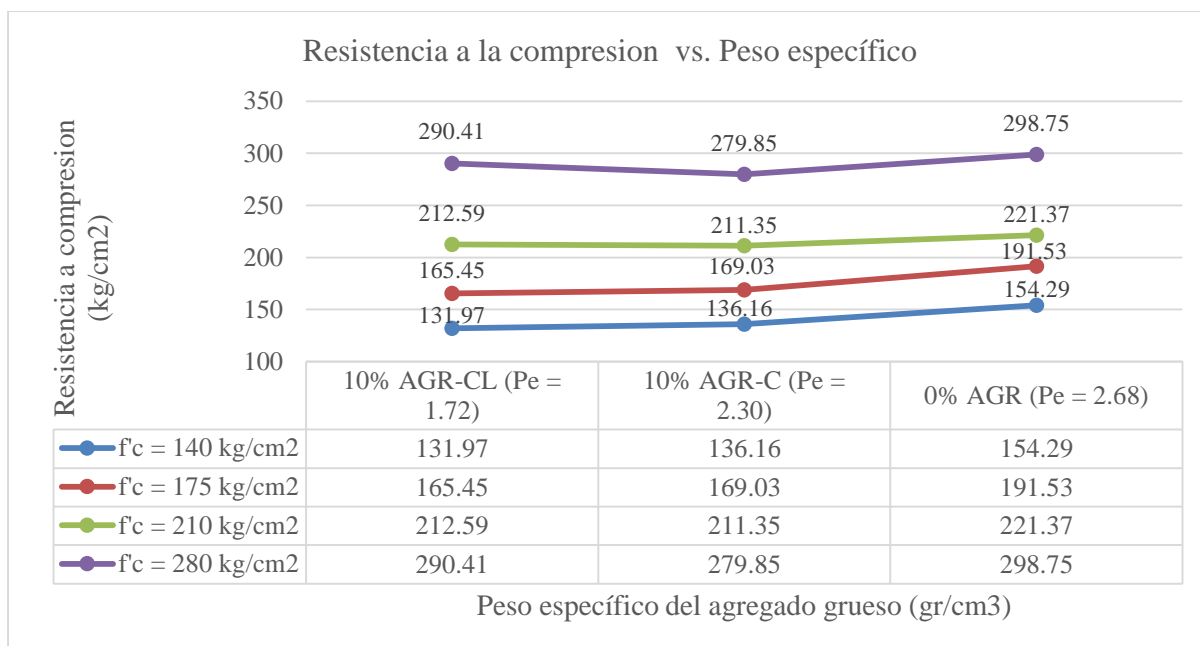


Figura 42: Resistencia a la compresión vs. peso específico de los agregados

En la figura anterior se muestra que el agregado con mayor peso específico lo obtuvo el agregado grueso natural (AGN) con 2.68 gr/cm³. Mientras que el agregado grueso reciclado (AGR) de concreto tiene un peso específico de 2.30 y el AGR de cascote de ladrillo 1.72 gr/cm³. Es notable que mientras mayor peso específico, mejor será su resistencia compresión para $f'c$ menores o iguales a 175kg/cm². En cambio para resistencias mayores o iguales a 210 kg/cm² el peso específico no altera considerablemente la resistencia a compresión, mostrando un comportamiento similar entre ambos concretos reciclados.

4.3.6. Influencia de la absorción de los agregados en la resistencia a compresión

Los concretos elaborados con agregados reciclados tienden a absorber el agua de la dosificación de la mezcla mientras mayor sea el porcentaje de adición de agregado grueso reciclado. Los resultados del porcentaje de absorción de hasta 10% de AGR, se muestran en la siguiente figura:

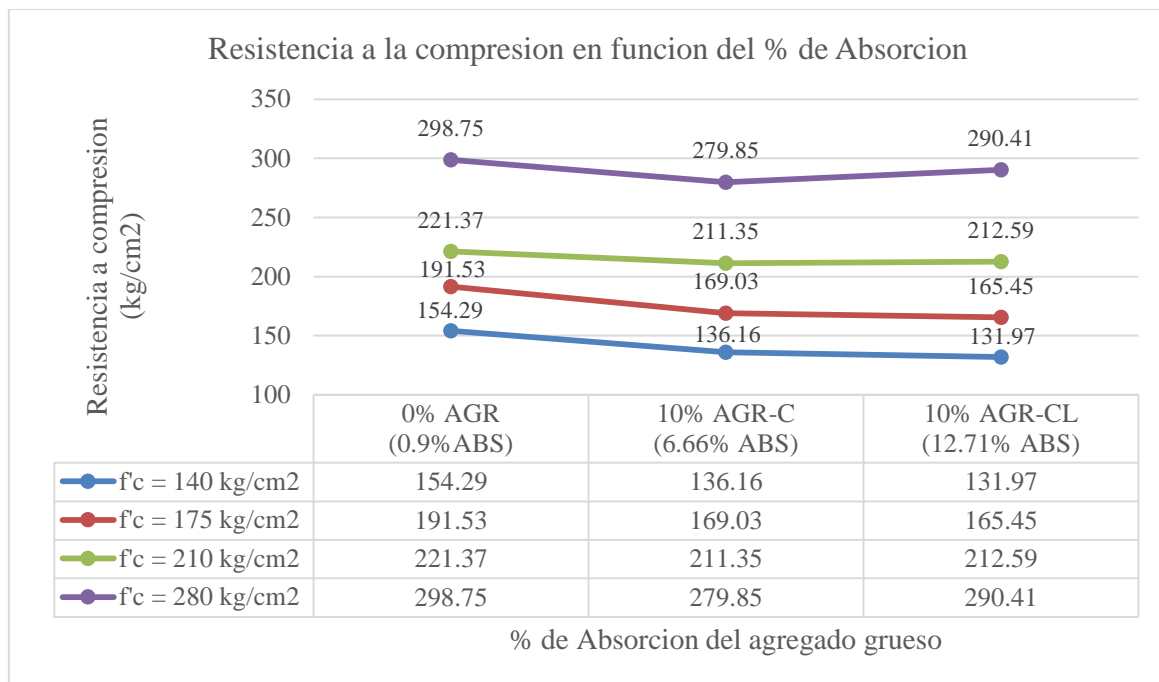


Figura 43: Resistencia a compresión vs. porcentaje de absorción de los agregados

En la figura anterior, se observa que para las resistencias de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 , con 10% de AGR-CL y 12.71% de absorción, la resistencia a compresión obtenida tiende a ser un poco mayor que para el 10% AGR-C y 6.66% de absorción en 3.773% y 0.587% respectivamente. Sin embargo en ambos casos siempre son menores al 0% AGR con 0.90% de absorción.

Por otro lado, para las resistencias de diseño $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 140 kg/cm^2 el comportamiento es siempre menor, ya sea para el 10% AGR-C o para el 10% AGR-CL en relación a 0% de AGR. A su vez, el porcentaje de variación es de 2.118% a 3.077% entre ambos agregados reciclados.

Este comportamiento se debe a que el mortero adherido en el agregado grueso reciclado tiende dar características absorbentes altas dentro del concreto (Kanungo J. y Sood H., 2018, pág. 2). Así mismo para Anderson y otros (2009, pág. 9), este problema se puede manejar limitando la cantidad de agregado reciclado dentro de la masa de concreto y agregar agua adicional a la mezcla humedeciendo previamente el agregado para evitar altas que la trabajabilidad y la resistencia de diseño se vean afectadas.

4.3.7. Influencia de la resistencia al desgaste por abrasión de los agregados en la resistencia a compresión

En la figura siguiente se muestra los resultados de la resistencia al desgaste por abrasión de los agregados gruesos reciclado (AGR) de concreto y cascote de ladrillo y su influencia en la resistencia a compresión. Se compara con el 10% de adición de AGR para todas las resistencias de diseño.

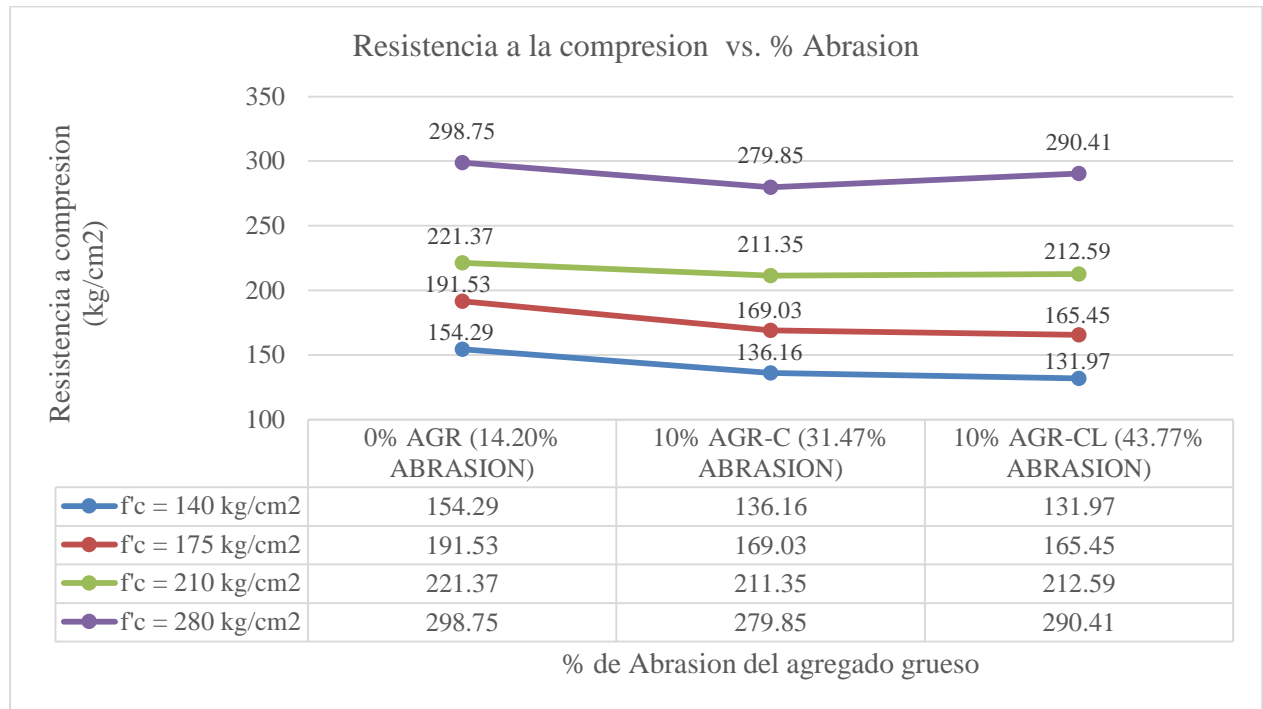


Figura 44: Resistencia a la compresión vs porcentaje de abrasión

En la figura anterior se muestra que el mayor porcentaje de abrasión lo obtuvo el AGR de cascote de ladrillo con 43.77%. Asimismo la NTP 400.039:2014 establece un parámetro máximo del 50% de resistencia al desgaste. Es así que los agregados gruesos cumplen con los parámetros establecidos por la norma. Además se puede concluir que para $f'c$ menores o iguales a 175 kg/cm² mientras mayor porcentaje de abrasión, menor resistencia a la compresión. Sin embargo para $f'c$ mayores o iguales a 210 kg/cm² la resistencia al desgaste influye de manera similar en la resistencia a compresión para ambos concretos reciclados.

4.3.8. Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el Slump del concreto en estado fresco

En la siguiente tabla siguiente se muestra los valores del ensayo de asentamiento cono de Abrams obtenidos en campo.

Tabla 55: Slump del concreto fresco para los diferentes porcentajes de adición de agregado grueso reciclado (AGR-C y AGR-CL)

f _c de diseño (kg/cm ²)	Asentamiento en pulgadas por % AGR					
	AGR	AGR-C	AGR-CL	AGR-C	AGR-C	AGR-C
	0%	10%	10%	20%	30%	40%
140	3.10	3.30	3.70	3.70	3.70	3.80
175	3.50	3.90	3.00	3.00	3.10	3.20
210	3.00	2.90	3.50	3.30	3.60	3.40
280	3.20	3.10	3.80	3.80	3.90	4.00

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Para poder evaluar el comportamiento del Slump en los diferentes porcentajes de adición de agregado grueso reciclado, se presenta la figura siguiente con los datos recopilados de la tabla anterior.

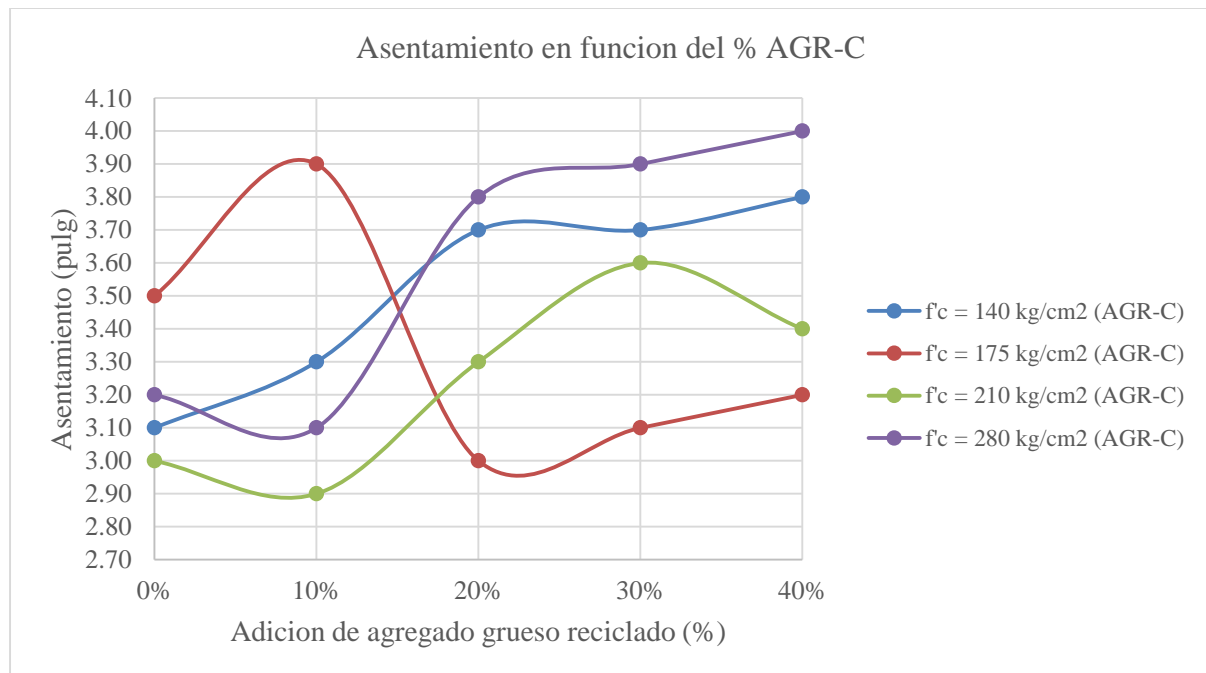


Figura 45: Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado de concreto en el Slump del concreto fresco

La figura anterior muestra que el asentamiento (Slump) del concreto patrón (0% AGR), está dentro de los valores de diseño para concreto con consistencia plástica (3 – 4 pulgadas). A la vez, el menor asentamiento lo obtuvo la resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 2.90 pulgadas para el 10% de AGR-C, demostrando la necesidad de utilizar un aditivo plastificante o aumentar el volumen de agua dentro de la mezcla. El máximo asentamiento observado fue de 4.00 pulgadas para la resistencia de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 40% de AGR-C.

Para Rodrich S. y Silva J. (2018, pág. 94), el concreto adicionado con 30% de AGR-C tuvo una consistencia seca debido a la alta absorción del agregado. Para evitar este problema utilizaron aditivo plastificante Sikament 290N en proporciones de 0.1% a 0.4% del volumen de cemento según la cantidad de agregado grueso reciclado.

Por otro lado, para evaluar el Slump del concreto con AGR-CL se construyó la siguiente figura en función a los datos de la tabla 55:

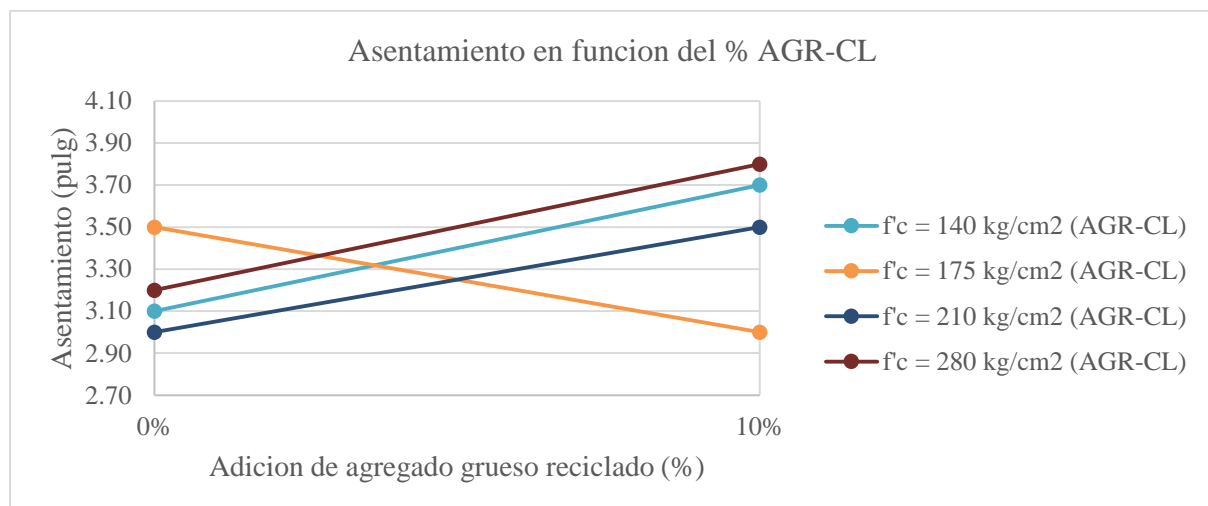


Figura 46: Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo en el Slump del concreto fresco

Se observa en la figura anterior que la resistencia de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de AGR-CL obtuvo 3.80 pulgadas en el Slump, siendo este un 15.79% mayor que el asentamiento del concreto patrón. Además el mínimo valor se obtuvo al elaborar el concreto con una resistencia de diseño $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con 10% AGR-CL, quien obtuvo un porcentaje de 14.29% menor que su concreto patrón (0% AGR).

Por su parte, Gallon S. y otros (2018, pág. 63) observó que el valor del asentamiento disminuye mientras mayor sea el porcentaje de adición de AGR-CL. Este comportamiento suele ocurrir aun cuando los agregados hayan sido triturados.

Finalmente, los valores del asentamiento deben estar dentro de una consistencia plástica para un concreto convencional con o sin agregado grueso reciclado (AGR-C y AGR-CL). De no cumplirse esa condición la mezcla no será homogénea y tiende a ser porosa o incluso llegar a las llamadas cangrejeras. Para evitar este tipo de problemas se corrige la relación a/c de diseño de mezcla o se usa de aditivos plastificantes. También es recomendable saturar los agregados antes de la mezcla de concreto.

4.3.9. Comportamiento del concreto a través del tiempo de curado

Para poder analizar el desarrollo del concreto se obtuvo resultados para la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado por inmersión. Los datos obtenidos en las pruebas se hicieron en condiciones normales siguiendo la NTP 339.034.

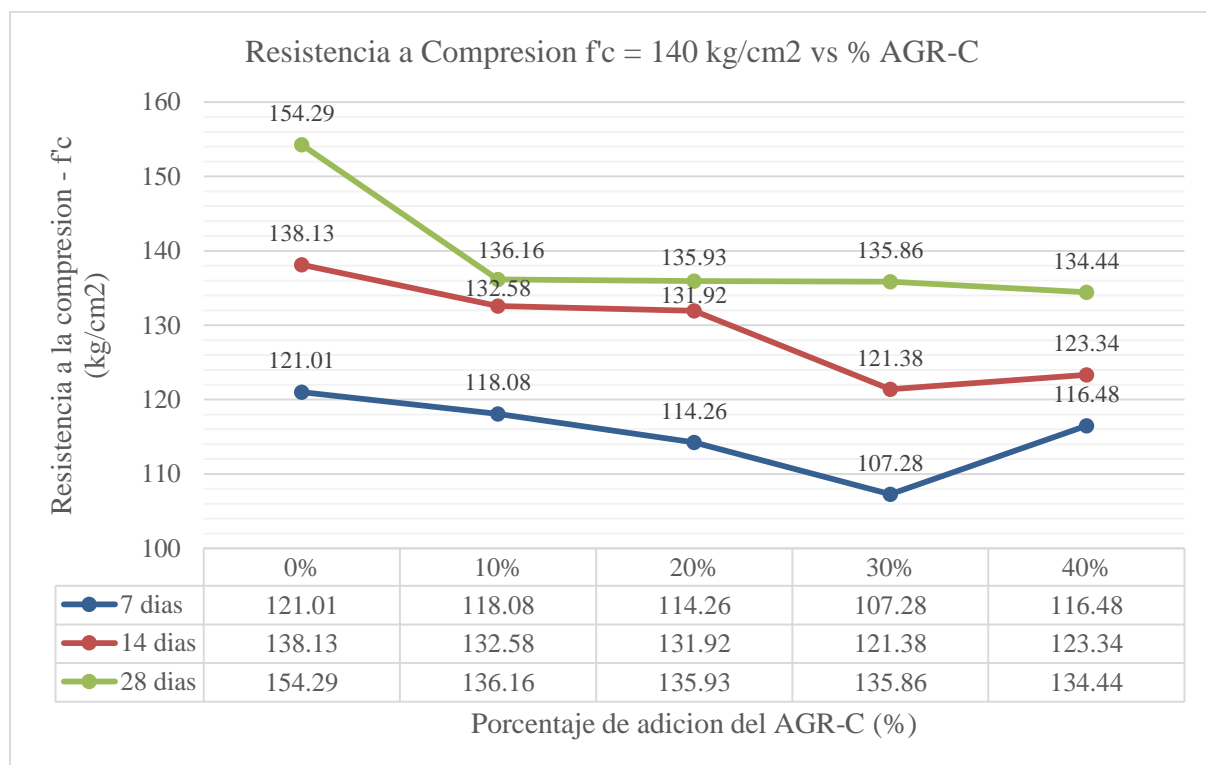


Figura 47: Resistencia de diseño $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado

Para la resistencia de diseño $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ el concreto patrón se comportó de acuerdo a lo esperado con un resultado de 154.29 kg/cm^2 a los 28 días de curado. Además, a los 7 y 14 días de curado el resultado varió de 86.44% hasta 98.66% respectivamente en función a la resistencia de diseño (ver figura 47). El mejor comportamiento lo obtuvo el concreto con

10% de AGR, que obtuvo un 84.34%, 94.7% y 97.26%, a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, con respecto a la resistencia de diseño.

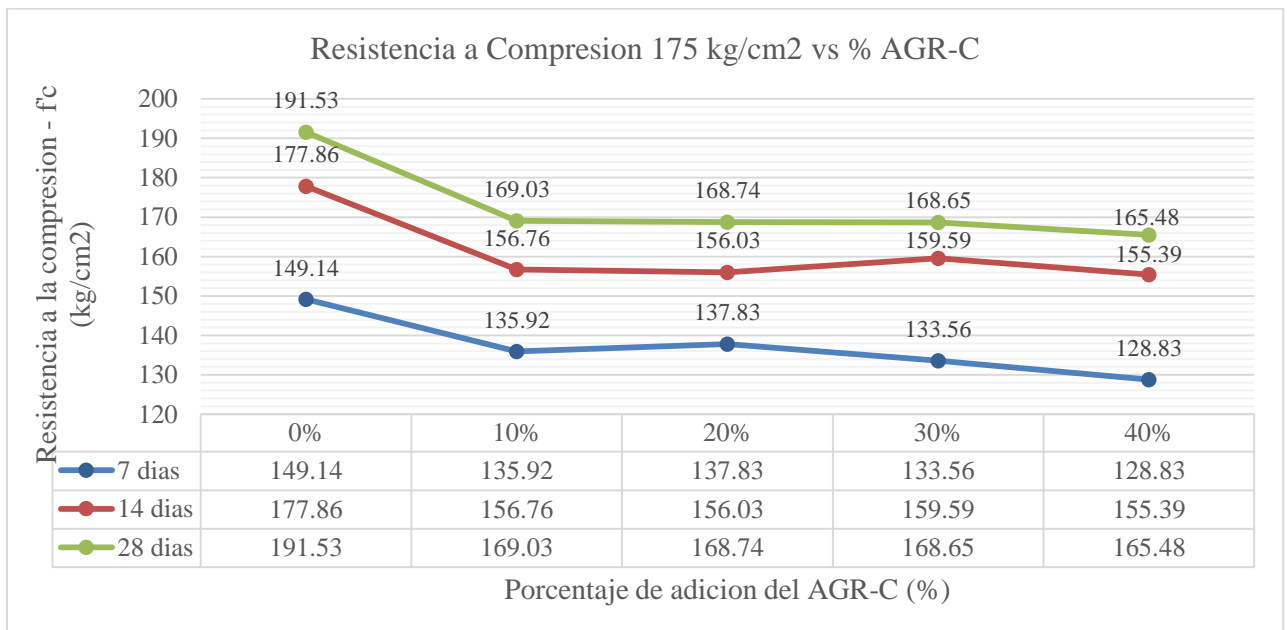


Figura 48: Resistencia de diseño $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado

En la figura anterior, se muestran los resultados obtenidos para una resistencia de diseño $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$. De los datos obtenidos el 10% de adición de AGR-C obtuvo un resultado de 169.03 kg/cm^2 , llegó a un 96.59% de la resistencia de diseño a los 28 días de curado. A su vez para 7 y 14 días de curado el concreto se comportó con un 77.67% y 89.58% respectivamente.

El concreto patrón obtuvo un resultado esperado de 191.53 kg/cm^2 superando el 100% de la resistencia de diseño. Para 7 y 14 días de curado se obtuvo un 85.22% y 101.63% respectivamente (ver figura 48).

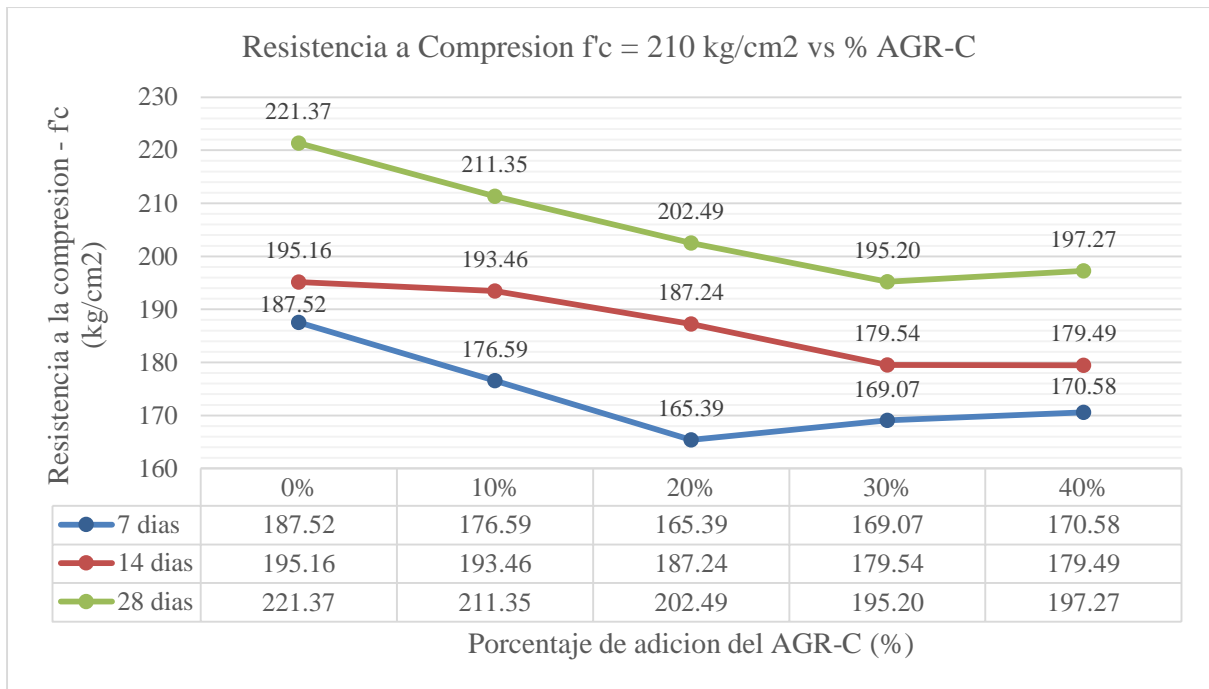


Figura 49: Resistencia de diseño $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado

La figura anterior muestra los resultados para una resistencia de diseño $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para el concreto patrón el resultado obtenido fue de 221.37 kg/cm^2 para 28 días de curado. A la vez para 7 y 14 días de curado la variación fue de 89.30% y 92.93% respectivamente.

Si consideramos un 5% de variación en la resistencia a compresión, entonces podríamos sustituir hasta un 20% de AGR-C para una resistencia de diseño de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ debido a que el comportamiento con respecto del tiempo de curado es de 78.76%, 89.16% y 96.42% para 7, 14 y 28 días de curado respectivamente.

También se puede observar que el mejor comportamiento en relación al agregado grueso reciclado de concreto (AGR-C), es de 10% debido a que alcanzó una resistencia a compresión de 211.35 kg/cm^2 a los 28 días de curado. A la vez el comportamiento a los 7 y 14 días de curado vario de 84.08% hasta 92.12% respectivamente en relación a la resistencia de diseño.

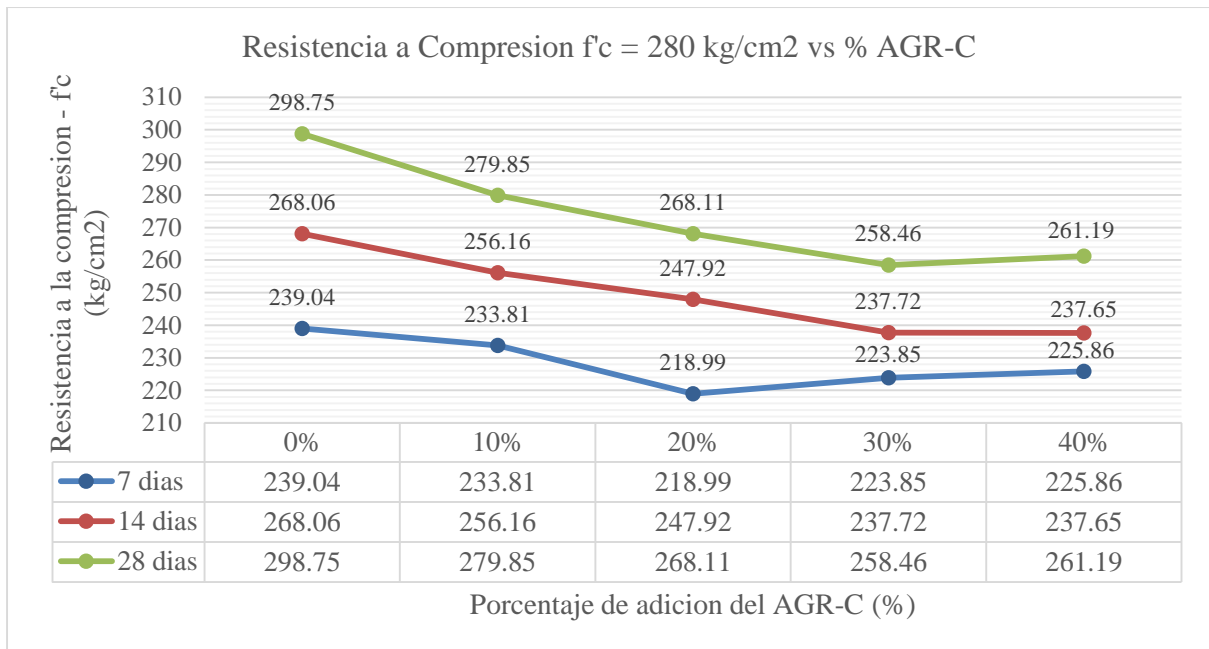


Figura 50: Resistencia de diseño $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a través del tiempo de curado

La figura anterior muestra los resultados de la resistencia a la compresión $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, en donde el concreto patrón obtuvo un resultado de 298.75 kg/cm^2 a los 28 días de curado. Los resultados de 7 y 14 días de curado obtuvieron un 85.37% y 95.74% respectivamente en función a la resistencia de diseño.

Para la resistencia de diseño $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ el mejor comportamiento con respecto a la adición de AGR lo obtuvo el concreto con 10% de AGR-C, que alcanzó un 83.50%, 91.48% y 99.95% a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente en función a la resistencia de diseño.

Considerando el tiempo de curado de la mayoría de concretos convencionales logran desarrollar su máxima resistencia a los 28 días de curado. Por su parte Kosmatka S y otros. (2004) afirman que el aumento de la resistencia continua mientras exista el cemento no hidratado dentro de la masa de concreto o que la humedad relativa del aire este por encima de 80% y que la temperatura del concreto este favorable o haya espacio para la formación del cristal de hidratación.

Según Cuadros A. (2018) para un concreto convencional la resistencia a compresión en el tiempo de curado es inversamente proporcional a la adición de AGR, es decir que la resistencia a compresión disminuye a medida que la sustitución de AGN por AGR sea mayor, esto también se aplica para el desarrollo del concreto en el tiempo. A su vez resalta que la diferencia entre un concreto convencional y un concreto reciclado debe ser en el orden de 8%

a 12% para 7 días de curado, 4% a 9% para 14 días de curado y 10% a 19% para 28 días de curado, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 56: Valores de variación en el porcentaje de concreto reciclado

Edad (días)	Porcentaje de reemplazo					
	0% ACR	20% ACR	30% ACR	40% ACR	50% ACR	100% ACR
7	-	9%	8%	10%	12%	-
14	-	4%	8%	8%	9%	-
28	-	10%	12%	16%	16%	19%

Fuente: Cuadros A. (2018, pág.71)

Por otro lado, para Hernandez y Cardenas (2014) esta disminución de resistencia a compresión se atribuye a la adherencia entre la pasta antigua (la del concreto reciclado) con la nueva pasta. Esta interfaz o zona de transición se vuelve más débil debido a la calidad de los concretos reciclados.

Mientras que las similitudes en la resistencia a compresión entre un concreto convencional y un concreto reciclado, se deben a que el concreto nuevo activa la interfaz o zona de transición haciéndola más resistente en algunos casos y contribuyendo a la resistencia final del concreto. Prueba de ello son los resultados obtenidos en la resistencia a compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para el 10% del AGR, que llegaron hasta un 100.643% de la resistencia de diseño. Sin embargo, también puede influenciar el tipo de agregado reciclado y el método de demolición utilizado para su extracción, es decir a mayor resistencia del elemento demolido mayor será la resistencia del concreto reciclado.

4.4. Estimación de costos para un m³ de concreto según la adición de AGR

En la siguiente tabla se muestra la estimación de costo para un concreto con adición de agregado grueso reciclado para diferentes resistencias de diseño. Los valores obtenidos están en función a precios de mercado, según la revista costos del año 2019.

Tabla 57: Estimación de costos para un m3 de concreto según la adición de AGR

Resistencia a compresión de diseño (kg/cm ²)	Precio del concreto por m3 para cada porcentaje de adición de AGR (s/.)				
	0% AGR	10% AGR	20% AGR	30% AGR	40% AGR
140	266.46	265.86	265.26	264.66	264.06
175	279.64	279.04	278.44	277.84	277.24
210	300.24	299.64	299.04	298.44	297.84
280	336.71	336.11	335.51	334.91	334.31

Fuente: Elaboración Propia, 2019

A continuación, se muestra la siguiente figura con los datos obtenidos en la tabla anterior:

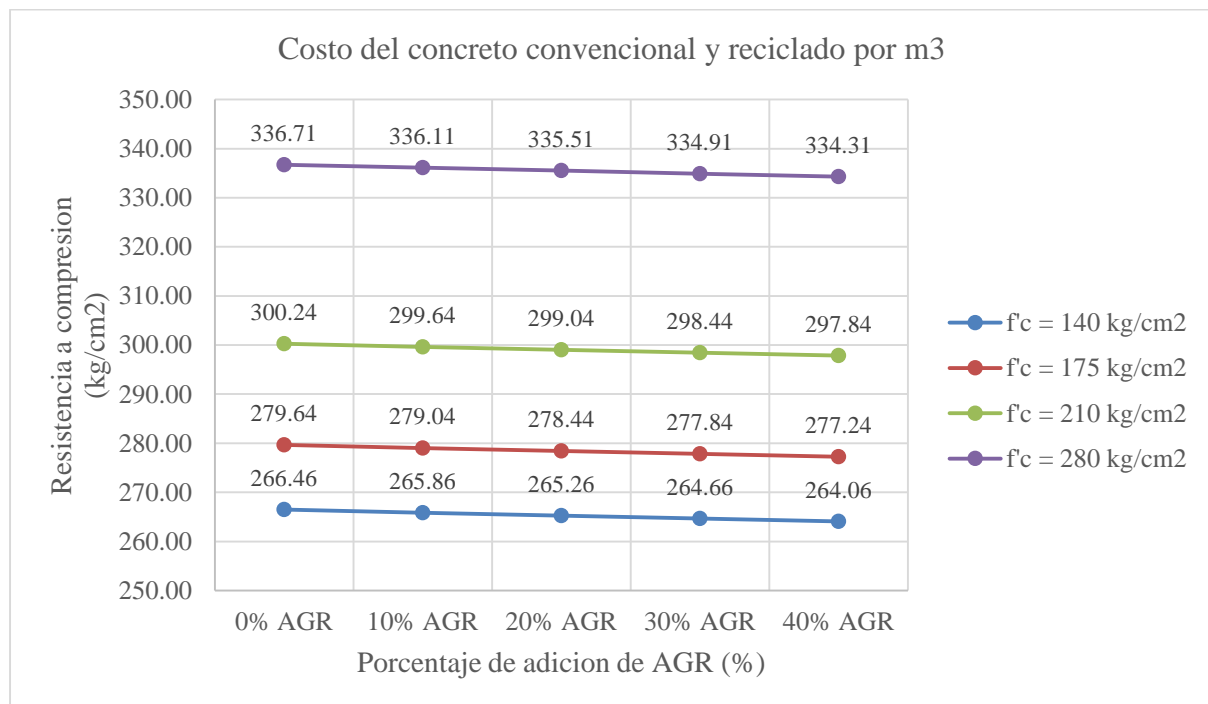


Figura 51: Comparación de costos del concreto convencional y reciclado por m3

En la figura anterior se aprecia que el concreto patrón tiene un costo aceptable comparado con el precio del mercado. Además mientras mayor sea la resistencia de diseño mayor será el costo de producción.

Por otro lado, el concreto elaborado con agregado grueso reciclado tiene un precio que varía en función del porcentaje de AGR y su costo de producción es menor que el concreto convencional. Además mientras mayor sea el porcentaje de AGR menor será el costo de dicho concreto.

4.5. Diseño estadístico

Para poder analizar la significancia de las variables tiempo, resistencia de diseño y dosificación dentro de la resistencia a compresión obtenida; se realizó un tratamiento estadístico a los 180 resultados obtenidos para ver el nivel de significancia en las hipótesis planteadas. El tratamiento estadístico se realizó por el método de Diseño Aleatorio por Bloques al Azar o Factoría al azar, quien a su vez se apoya en el análisis de varianza ANOVA.

Se realizó el análisis estadístico con un grado de confianza de 95% y un nivel de confianza $\alpha = 0.05$, para poder aceptar o rechazar la hipótesis planteada. Los resultados del análisis de la variancia se apoyan en el software Statistica v10, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 58: Análisis estadístico ANOVA

Efecto	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Valor de prueba de Fisher (F)	Probabilidad de P valor
Intercepto o coeficiente independiente	5899875.15	1	5899875.15	355013.74	0.000000
Tiempo (días)	34837.83	2	17418.92	1048.15	0.000000
Resistencia de diseño(kg/cm ²)	371290.31	3	123763.44	7447.23	0.000000
Dosificación (%)	10869.12	4	2717.28	163.51	0.000000
Tiempo x Resistencia de diseño	2200.51	6	366.75	22.07	0.000000
Tiempo x Dosificación	765.54	8	95.69	5.76	0.000003
Resistencia de diseño x Dosificación	1349.98	12	112.50	6.77	0.000000
Tiempo x Resistencia de diseño x Dosificación	889.01	24	37.04	2.23	0.002452
Error	1994.25	120	16.62		

Fuente: Elaboración propia, 2019

De la tabla anterior, se deduce que el nivel de significancia para el grupo de estudio es confiable, debido que el P valor es menor a $\alpha = 0.05$. Por lo tanto los factores estadísticos producen un grado de confianza mayor a 95% causando un efecto significativo alto en la variable dependiente (resistencia a la compresión). Además entre factores, la resistencia de

diseño sobresalió con un mejor tratamiento respecto al tiempo y dosificación con un F de Fisher de 7447.23. Sin embargo, el menor valor de significancia se da cuando interactúan las tres variables a la vez (tiempo, resistencia de diseño y dosificación), con un F de Fisher de 2.23. Finalmente se rechaza la hipótesis general de la investigación debido a que el nivel de confianza $\alpha = 0.05$ es mayor que el P valor de todos factores analizados.

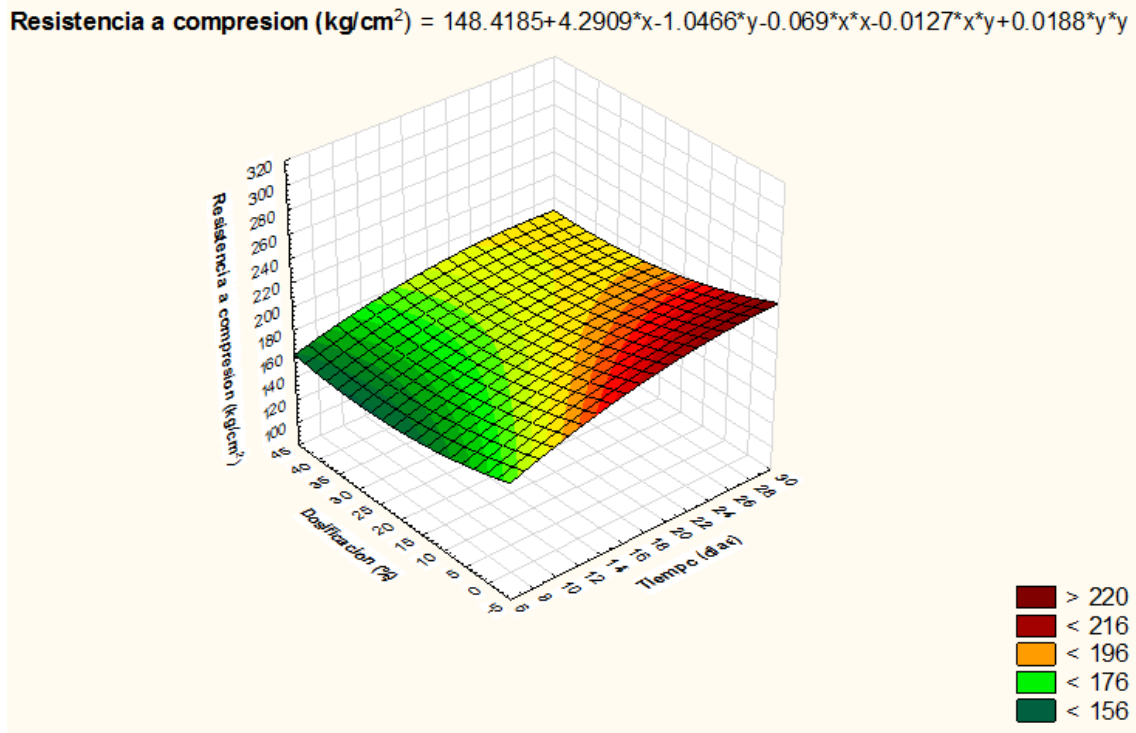


Figura 52: Análisis de los factores tiempo vs dosificación vs resistencia a compresión

Para analizar la estadística de los factores tiempo vs dosificación, es necesario interpretar la leyenda de colores de la figura anterior, mientras más oscuro sea el color, mejor será su comportamiento. En este caso se aprecia que el tiempo tiene un mejor tratamiento a los 28 días y la dosificación más resaltante es hasta un 10% aproximadamente para resistencias mayores de 210 kg/cm² y para resistencias menores se puede utilizar hasta un 20% de AGR. Por ende se puede concluir que mientras mayor sea la adición de agregado grueso reciclado menor será la resistencia.

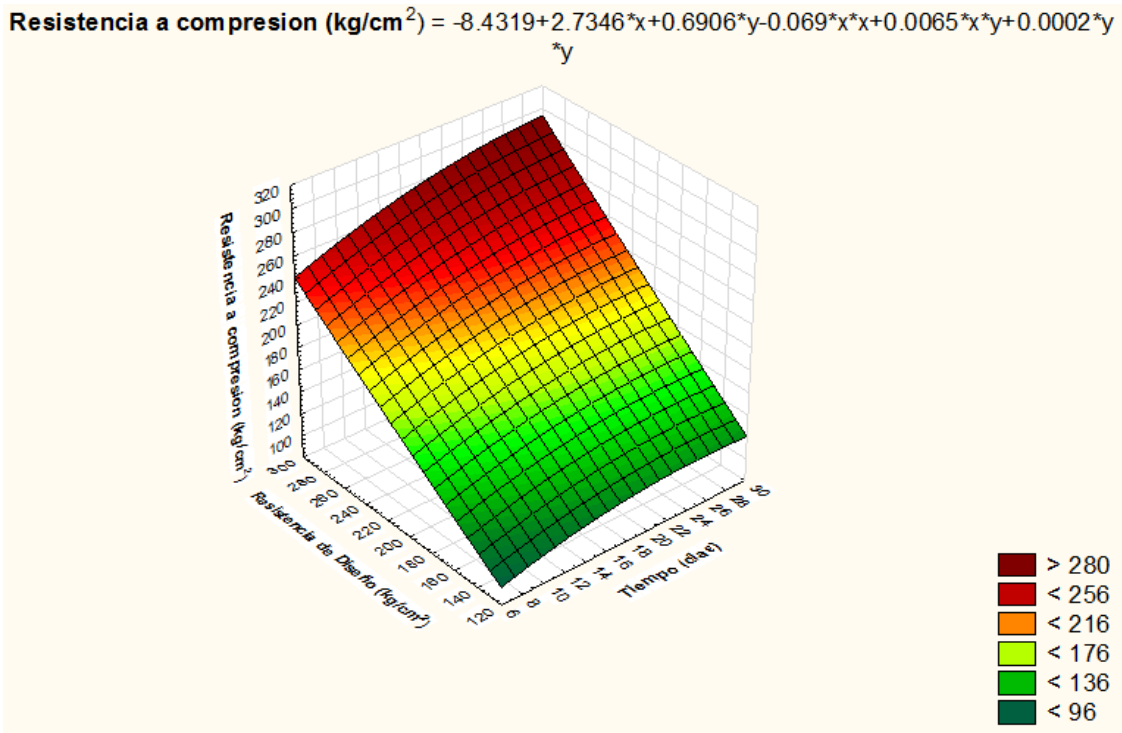


Figura 53: Análisis de los factores tiempo vs resistencia de diseño vs resistencia a compresión

Según el análisis estadístico para los factores tiempo vs resistencia de diseño. Según la figura anterior se aprecia claramente que mientras mayor sea el tiempo de curado, mejor será su resistencia, es por ello que a los 28 días tiene un mejor tratamiento estadístico ya que el color rojo es más oscuro, considerándose como el más significativo. Por lo tanto, resistencias mayores de 210 kg/cm² presentan un mejor comportamiento respecto a los días de curado.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

a) Influencia del porcentaje de adición del agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión del concreto

Se establece que para un concreto elaborado con AGR-C y curado hasta los 28 días, el 10 % de adición ejerce una influencia buena en la resistencia a compresión. Los valores disminuyen en 4.53% a 11.75% en función al concreto patrón para todas las resistencias de diseño. A su vez el mejor comportamiento lo obtuvo el $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ superando en 0.643% a la resistencia de diseño. Además a mayor adición de agregado grueso reciclado, menor será la resistencia a compresión.

Por otro lado para el concreto elaborado con AGR-CL con 10% de sustitución, la resistencia a compresión disminuye de 2.79% a 14.47% para todas las resistencias de diseño. Cabe resaltar que resistencias menores o iguales a 175 kgf/cm^2 , el mejor comportamiento lo obtuvo el concreto elaborado con AGR-C con una variación menor hasta 11.75% en función al concreto patrón. Sin embargo para resistencias mayores o iguales a 210 kgf/cm^2 , el mejor comportamiento lo obtuvo el concreto con AGR-CL con una variación menor de 2.79 % a 3.97%.en función al concreto patrón.

En relación a la hipótesis principal se concluye que la resistencia a compresión se ve influenciada de acuerdo al porcentaje de adición del AGR y está en función a la resistencia adquirida en el concreto patrón. Además de acuerdo al análisis estadístico, para resistencias a compresión que varían de 140 kg/cm^2 a 280 kg/cm^2 es ideal trabajar hasta con un 10% de AGR.

b) Influencia del tiempo de curado por inmersión en la resistencia a compresión del concreto

Según el tiempo de curado, la resistencia a compresión del concreto reciclado varía de manera aceptable frente al concreto patrón. Los porcentajes de resistencia alcanzados son variables según los días de curado, para los 7 días varía de 77.67% a 84.34%, mientras para los 14 días varia 89.58% hasta 94.70% y finalmente a los 28 días varía entre 96.59% hasta 100.643%. Los porcentajes presentados son en base al 10% de AGR-C por ser el valor más notable dentro de todas las resistencias de diseño. Por lo tanto, a mayor tiempo de curado mayor será la resistencia a compresión.

c) Influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso en la resistencia a compresión del concreto.

Influencia del contenido de humedad en la resistencia a compresión

El contenido de humedad del AGR-C obtuvo mayor porcentaje en comparación al AGN y AGR-CL. Se establece que para resistencia de diseño mayor o iguales a 210 kg/cm² la resistencia a compresión disminuye mientras más contenido de humedad tenga el agregado grueso. Por lo tanto, la relación agua/cemento también se ve afectada dentro de la mezcla.

Influencia del peso unitario en la resistencia a compresión

El peso unitario de los agregados reciclados disminuye en un rango de 12.95% a 28.10% con respecto al agregado natural. Además, mientras mayor peso unitario obtenga el agregado, la resistencia a compresión aumenta. Esto se debe a la forma angulosa del agregado que permite la adherencia entre pasta y agregado.

Influencia del peso específico en la resistencia a compresión

El peso específico del AGR de concreto y AGR de cascote de ladrillo (2.30 gr/cm³ y 1.72 gr/cm³ respectivamente) son menores en comparación al agregado natural (2.68 gr/cm³). Además, el peso específico de un agregado normal varía entre 2.50 a 2.75 gr/cm³; por lo tanto, solo el AGN natural cumple con dicho parámetro teniendo un mejor comportamiento en la resistencia a compresión.

Influencia de la absorción en la resistencia a compresión

La absorción para un AGR-CL es de 12.71% y para el AGR-C es de 6.66%, siempre la absorción es mayor en comparación con el AGN (0.90%) influyendo directamente en la trabajabilidad dentro del concreto debido al alto índice de porosidad que presenta el agregado reciclado. Finalmente, su comportamiento se ve reflejado en la resistencia a compresión, mientras mayor sea el porcentaje de absorción menor será su resistencia.

Influencia porcentaje de desgaste por abrasión en la resistencia a compresión

El porcentaje de desgaste por abrasión del agregado natural es 14.20%, para el AGR-C es 31.47% y para el AGR-CL es 43.77%. Estos valores cumplen con la NTP 400.037:2014 que permite un desgaste máximo de 50% para agregados gruesos dentro de concretos estructurales.

Además, para resistencias de diseño menores o iguales a 175 kg/cm², se observa que mientras mayor porcentaje de abrasión, menor resistencia a la compresión.

Influencia de la adición del agregado grueso reciclado en la trabajabilidad del concreto fresco (Slump)

El slump del concreto patrón (0% AGR) está dentro de los valores de diseño para concretos de consistencia plástica (3 a 4 pulgadas). Además, el menor asentamiento lo obtuvo la resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm² con 2.90 pulgadas para el 10% de AGR de concreto. A su vez, el concreto elaborado con 10 % de AGR de cascote de ladrillo para una resistencia de diseño $f'c = 175$ kg/cm², obtuvo un 14.29% menor que el asentamiento del concreto patrón. Por lo tanto, el asentamiento se refleja en la adición del agregado reciclado. Finalmente, los valores del asentamiento deben estar dentro de una consistencia plástica. De no cumplirse esa condición, la mezcla tiende a ser porosa e incluso llegar a tener cangrejas.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda establecer mayores porcentajes de adición de agregado grueso reciclado y mayores rangos de variación, para obtener datos de más amplitud y mayor análisis.

El comportamiento del concreto es variable según el tiempo de curado y el porcentaje de adición del agregado grueso reciclado, por ello se recomienda realizar previos ensayos de compresión (probetas de concreto) para obtener un ajuste del diseño de mezcla real.

Se recomienda realizar este tipo de investigación para mitigar los impactos ambientales y promover el desarrollo sostenible en construcciones resilientes.

Triturar el agregado reciclado en una planta chancadora para facilitar el proceso mecánico y obtener una granulometría más uniforme.

Se recomienda utilizar agregado fino reciclado para determinar la influencia dentro del concreto convencional.

Para obtener datos estadísticos que no superen el rango de variación normal, se recomienda mezclar el concreto en una misma tanda para los diferentes días de curado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alejos P., Sanchez M., Dapena E., Vazquez E., Barra M., Etxeberria M., Mari A., Agullo L., Martinez F., Fonteboa B., Polanco A., Francisco G., Aleza F., Parra J. & Burón M. (2004). Draft of spanish regulations for the use of recycled aggregate in the production of structural concrete . España.
- Abanto F. (2017). Tecnología del Concreto. Lima.
- ACI 318S - 14. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. EE.UU.
- Alexandra Elbakyan. (2011). Construcción de hormigón y mortero decorativo. En Materiales decorativos de construcción (pág. 18).
- Alvarez A., Arámbula E. & Caro S. (2008). Tomografía computarizada con rayos-x y sistema de imágenes de agregados (AIMS) para el estudio de mezclas asfálticas y agregados.
- Amoros J., Centurion M. y Hoyos M. . (2018). Uso de material reciclado en la fabricación de concreto. Cajamarca.
- Anderson K., Uhlmeier J. & Russel M. (2009). Use of Recycled Concrete Aggregate in PCCP: Literature Search.
- Anderson, Keith W, Jeff S Uhlmeier, & Mark Russel. (2009). Use of Recycled Concrete Aggregate in PCCP: Literature Search. Washington.
- Arauco S. (2010). Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la república dominicana quisquey a portland- tipo 1. Lima.
- Arauco S. (2010). Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la república dominicana quisquey a portland- tipo 1. Lima.
- Arriaga, E. (2013). Utilización de agregado grueso de concreto reciclado en elementos estructurales de concreto reforzado. Bogotá.
- Banthia N. & Chan C. (2000). Use of recycled aggregate in the plain and fiber-reinforced shotcrete.
- Barboza J. . (2015). Concreto reciclado. Chiclayo.
- Barra M. & Vasquez E. (1997). Particularidades do processo de carbonatação em concretos de. Porto Alegre.
- Batista M. (2001). Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Porto Alegre.
- Batista M. (2001). Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Porto Alegre.

- Bazán I. (2018). Caracterización de residuos de construcción de lima y callao (estudio de caso). Lima.
- Bazuco R. (1999). Utilizacao de agregados reciclados de concreto para a producao de novos concretos. Santa Catarina - Brasil.
- Bedoya C. (2015). Concrete with recycled aggregates as urban sustainability project. Colombia .
- Bedoya, C. (2003). El concreto reciclado con escombros. Medellin.
- Bedoya, C. M. (s.f.). Viviendas de Interés Social y Prioritario Sostenibles en Colombia – VISS y VIPS –. Sostenibilidad, Ttecnologia y Humanismo, 10.
- Bezerra A. (2007). Modelagem de propriedades mecanicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando- se a variabilidade da composicao do RCD. Sao Carlos .
- Biblioteca en Linea. (Diciembre de 2007). Obtenido de Biblioteca en Linea: <https://wol.jw.org/es/wol/d/r4/lp-s/102007443#h=3>
- Bojaca. (2008). Concreto sostenible como alternativa estructural, ambiental y economica en la construccion de obras civiles. Bogotá.
- Bojaca N. (2013). Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. Bogota, D.C.
- Burgos E. (2012). Variacion del modulo de finura del agregado fino de 3.0 a 3.60 en concretos de mediana a baja resistencia. Lima.
- Cáceres A. (2015). Estudio del hormigón simple elaborado con ladrillo reciclado y su incidencia en el peso específico y resistencia a compresión. Ecuador.
- Cáceres E. & Valencia V. (2018). Estudio de la influencia del tipo y porcentaje de reemplazo de los agregados reciclados en las propiedades del concreto, para diseños de $f'c$ 175, 210 y 280 kg/cm², en la ciudad de arequipa. Arequipa.
- Camilo Cruz y Fernando Moreno. (2016). Agregados para el concreto con materiales reutilizados de la demolición de Estructuras " Pruebas de Resistencia a la Compresión". Bogotá - Colombia.
- Carizaile A. & Anquise E. (2015). Viabilidad del uso de concreto reciclado para el uso de viviendas en la ciudad de Tacna. Tacna.
- Chan Yam J., Solis Carcaño. y Moreno E. (2003). Influencia de los agregados petreos en las características del concreto. Ingenieria , 39-46.
- Chango T. & Tulcan A. (2018). Correlacion del modulo de roptura del hormigon simple en vigas elaboradas con agregados petreos naturales y agregados reciclados. Quito.

- Chen H., Yen T., & Chen K. (2003). Use building rubbles as recycled aggregates. Taiwan.
- Chinen K. (2002). Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal. Lima.
- Contreras B. & Herrera A. (2015). Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construccion para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote-Santa- Ancash. Chimbote .
- Corrales S. (2015). Analisis de la resistencia a compresion desarrollada en el concreto al ser curado con compuestos liquidos formadores de membrana . Costa Rica.
- Coutinho A. (1997). Fabrico e propiedades do betão. Lisboa.
- Cruz y Moreno. (2016). Agregados para el concreto con materiales reutilizados de la demolición de estructuras “pruebas de resistencia a la compresión”. Colombia.
- Cruz y Velazquez. (2004). Concreto Reciclado. Mexico.
- Cuadros A. (2018). Estudio tecnológico del concreto $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados reciclados usados en edificaciones. Cajamarca.
- David E. (2015). Capítulo 4 - Métodos para verificar la limpieza de los dispositivos médicos. En Desarrollos en Contaminación y Limpieza de Superficies. (pág. 29).
- Debieb F. & Kenai S. (2005). The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete.
- Delgado R. y Delgado E. (2008). Mejoramiento de la resistencia a la flexion del concreto con adición de viruta de acero con porcentajes de 6,8,10,12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla. Bucaramanga.
- Devenny A. & Khalaf F. (1999). The use of crushed brick as coarse aggregate in concrete.
- Dhir R., Paine K., Dyer T. & Tang A. (2004). Value - added recycling of domestic, industrial and construction arisings as concrete aggregate.
- Dolora E., Di Niro G. & Carins R. (1998). RAC prestressed beams . London.
- Dong J., Wang Q. & Guan Z. (2013). Structural behaviour of recycled aggregate concrete filled steel tube columns strengthened by CFRP.
- El Comercio . (8 de Enero de 2018). Los puntos criticos de acumulacion de basuras en Lima . El Comercio .
- El Comercio. (26 de Agosto de 2017). En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos. El Comercio.
- Espinoza N. (2016). Hombre vs naturaleza. revista adventista, 1.

- Etxeberria M., Vazquez E. y Mari A. (2006). Microstructure analysis of hardened recycled aggregate concrete.
- Etxeberria M., Vázquez E., Marí A. & Barra M. (2007). Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete.
- Feras Al - Adday y otros. (2019). Fresh and hardened properties of recycled concrete aggregate modified by iron powder and silica. Japan.
- Flor G. (2012). Aprovechamiento de hormigón reciclado en obras viales. La plata-Argentina.
- Galán E. y Aparicio P. (2006). Materiales primas para la industria cerámica . Materiales primas para la industria cerámica .
- Gallon S., López E., García C. (2018). Análisis de residuos de ladrillo como agregado grueso para la fabricación de concreto. Revista colombiana de materiales , 17.
- García A. (2008). Mejoramiento del concreto con adición de viruta de acero a porcentaje de 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla. Bucaramanga.
- García, E. y Guerrero, I. . (2009). Análisis experimental del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango y reterdanate, para el control de la consistencia y resistencia del concreto hidráulico utilizado en carreteras. El Salvador.
- Girio J. . (2015). Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/m², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, barranca - 2015. Huaraz.
- Gómez ,Agulló y Vázquez . (2005). Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos.
- Guerrero J. (2018). Influencia del uso de residuos de construcción y demolición en diferentes porcentajes sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo 2018. Trujillo.
- Gutiérrez L. . (2003). El concreto y otros Materiales para La construcción . Colombia.
- Gutiérrez L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Colombia.
- Hamassaki L.,Sbrighi C., & Florindo M. (1996). Uso de entulho como agregado para argamassas de alvenaria. Sao Paulo.
- Hansen T. & Narud H. (1983). Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate.
- Hansen T. & Narud H. (1985). Elasticity and drying shrinkage of recycled - aggregate concrete .
- Hansen T. (1986). Recycled aggregates and recycled aggregate concrete second RILEM state - of- the - Art Report Developments 1945 - 1985.

- Hansen T. (1992). Recycled aggregates and recycled aggregate concrete: third state of the art report 1945 -1989. London.
- Hayes W. (2016). Hombre vs Naturaleza. Revista adventista, 1.
- Hernandez F. (2006). Pruebas de Resistencia a compresion del Concreto. Imcyc, 6.
- Hernandez y Cardenas. (2014). Caracterización de los agregados de concreto reciclado propiedades técnicas y uso. ZIPAQUIRÀ.
- Huerta C. (2013). Granulometria de los agregados . Lima.
- ICCYC. (s.f.). Tipos de cemento y sus usos. 4.
- Jordan Jose y Viera Neiser . (2014). Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra. chimbote .
- Jordan y Viera. (2014). Estudio de la Resistencia del Concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de Obra. Chimbote - Peru.
- Jorge A. . (2002). Avaliacao da resistencia do concreto usando diferentes ensaios nao destrutivos. Rio de Janeiro.
- Joseph A. (2013). Chapter 2 - Component: The Rock/Sediment Type. EE.UU.
- Kanungo J. y Sood H. (2018). Effect of use of recycled coarse Aggregate in Concrete. Chandigarh, India.
- Kanungo J. y Sood H. (2018). Effect of use of recycled coarse Aggregate in Concrete. Chandigarh, India.
- Kho P., Warda A. & Yizheng C. (2018). Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new. Estados Unidos .
- Kikuchi M., Miura T. & Dosho Y. (1998). Aplicacion of recycled aggregate concrete for structural. Part 1 - Experimental study on the quality of recycled aggregate and recycled aggregate concrete . London.
- Kosmatka S, Kerkhoff B., Panarese W. & Tanesi J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Illinois.
- Leandro A. (2007). Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción.
- Leite M. (2005). Avaliacao de propiedades mecanicas de concretos produzidos com agregados reciclados de residuos de contrucao e demolicao. Rio Grande del Sur l.
- Levi S. (1997). Reciclagem do entulho de construcao civil, para utilizacao como agregado de argamassas e concretos. Sao Paulo.

- Lima J. (1999). Proposicao de diretrizes para producao e normalizacao de residuo de construcao reciclado e de suas aplicacoes em argamassas e concretos. Sao Paulo.
- Limbachiya M., Leelawat T. & Dhir R. (2000). Use of recycled concrete aggregate in high - strength concrete .
- Lopez. (2008). Influencia de la Variación de los Parámetros de Dosificación y Fabricación de Hormigón Reciclado Estructural sobre sus Propiedades Físicas y Mecánica. España.
- Luque R. (2001). Analisis y propiedades del concreto por influencia de un aditivo fluidificante utilizando cemento portland Tipo IP. Lima.
- Luque R. (2001). Analisis y propiedades del concreto por influencia de un admvo fluidificante utiuzando cemento portland tipo ip. Lima.
- Marroquin, I. (2012). Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas. Guatemala.
- Martinez D. (2010). Concreto Liviano Estructural con arcilla expandida termicamente extraida de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogota. Bogota.
- Masce N., Miyazato S. & Yodsudjai W. (2003). Influencia of recycled aggregate on interfacial transition zone, strength, chloride penetration and carbonation of concrete.
- Masías K. (2018). Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. Piura.
- Mayta J. (2014). Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecanica del concreto, en la ciudad de Huancayo. Huancayo.
- Mehta K. & Monteiro P. (1994). Concreto estrutura, propiedades e materiais. Sao Paulo.
- Meireles P. (2005). Analise da influencia da massa especifica de agregados graudos provenientes de residuos de construcao e demolicao no desempenho mecanico do concreto . Sao Paulo.
- Mena C. & Valdés Y. (2014). Dosificación óptima de una mezcla de concreto con materiales reciclados procedenetes de residuos de construcción y demolición (RCD) de la ciudad de Cali para uso de obras viales de bajo transito. Cali.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales.
- Mjelde D. (2013). Evaluation or recycled concreto for use as aggregates in new concrete pavements. Pulman - Washington.
- Mogahzy, Y. E. (2009). Desarrollo de productos textiles técnicos: materiales y aplicaciones.

- Mony L. (2001). Contribuicao ao estudo da durabilidade de concreto, produzidos com residuos de concreto e alvenaria. Sao Paulo.
- Moy N., y Remuzgo J. (2013). Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losa aligerada a 3200m.s.n.m. Huancayo.
- Nagataki S., Iida K., Seki T. & Hisada M. (2000). Properties of recycled aggregate and recycled aggregate concrete . Niigata - Japon .
- NTP 400.037. (2014). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima.
- Nunes W. (2007). Influencia do agregado graudo reciclado de residuos da construação predial nas propriedades do concreto fresco e endurecido. Goiania.
- Otsuki N. & Miyasato S. (2000). The influence of recycled aggregate on ITZ, permeability and strength of concrete. Niigata - Japon.
- Pacheco L. (2017). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Moquegua.
- Pérez A. (2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. 10.
- Peter G. (2015). Capítulo 18 - Tecnologías emergentes, tendencias y materiales. En P. G. Nicholson, Mejora de suelos y métodos de modificación de suelo (pág. 6).
- Piertersen H. & Fray A. (1998). Performance of concrete with recycled aggregate. Suecia.
- Ponce C. (2014). Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento Portland tipo I. Lima - Perú.
- Poon C., Kou S. & Lam L. (2002). Use of recycled aggregates in molde concrete bricks in blocks.
- Poon C., Shui Z. & Lam L. (2004). Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates.
- Powers T. (1947). A discussion of cement hydration in relation to the curing of concrete. Washington .
- Quevedo, E. (2016). AGREGADOS. 41.
- Rahal K. (2007). Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate .
- Rashwan M. & Abourizk S. (1997). The properties of recycled aggregate concrete.
- Ravindrarajah S. & Tam C. (1985). Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate.

- Regulo y Sangay. (2014). Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto. Cajamarca.
- Regulo y Sangay. (2014). Efecto de los Agregados de concreto rreciclado en la resistencia a la compresion sobre el concreto $f'c$ 210kg/cm². Cajamarca - Perú.
- Reyna J, Sanchez M y Solano E. (2010). Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. Universitaria.
- Rivera G. (2013). Dosificacion de mezcla de concreto. Cauca.
- Rodrich S. & Silva J. (2018). Influencia del agregado de conreto reciclado sobre las propiedades mecánicas de un concreto convencional, Trujillo 2018 . Trujillo.
- Rosas A. (2014). Mobiliario Urbano Pre fabricado en concreto con agregado grueso reciclado. Bogotá.
- Rosas H. (2018). Uso de ladrillo de arcilla con exceso de coccion como agregado grueso en concretos hidraulicos . Piura.
- Ruelas E. (2015). Uso de Pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto. Puno- Perú.
- Ruelas E. (2015). Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de puno, como agregado grueso para la producción de concreto”. Puno.
- Ryu J. (2002). Improvement on strength and impermeability of recylced concrete made from crushed concrete coarse aggregate.
- Safiuddin, Johnson U., Rahman M., Salam A. & Zamin M. (2013). Use of recycled concrete aggregate in concrete: a review.
- Sagoe - Crenstsil K. Taylor A. & Brown T. (1998). Properties if concrete incorporating fly ash and recycled demolition waste. Suecia.
- Sagoe K., Brown T., & Taylor A. (2001). Performance of Concrete Made with Commercially Produced Coarse Recycled Concrete Aggregate.
- Salazar F. (2017). Concreto Autocurable de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², con un porcentaje de traquita en el agregado grueso comparado con los procesos mas usados de curado. Cajamarca.
- Sanchez de Guzman D. (2001). Tecnologia del concreto y del mortero. Colombia.
- Sanchez F. & Tapia R. . (2015). Relacion de la resistencia a la compresion de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 dias respecto a la resistencia a la compresion de cilindros de concreto a edad de 28 dias. Trujillo.

- Serrano M. & Perez D. (2010). Análisis de Sensibilidad para Estimar el Módulo Elástico del Concreto. Mexico.
- Serrano M.& Perez D. (2010). Analisis de sensibilidad para estimar el módulo de elasticidad estático del concreto. Mexico .
- Shayan A. & Xu A. . (2003). Performance in properties of estructural concrete made with recycled concrete aggregate .
- Silveira P. (2007). Verificao dos parametros de controle de agregados reciclados de residuos de contrucao e demolicao para utilizacao em concreto. Porto Alegre .
- Solis. (2004). Predicción de la resistencia del concreto con base en la velocidad de pulso ultrasónico y un índice de calidad de los agregados. Universidad Autonoma de Yucatan.
- Solis R. & Moreno E. (2005). Influencia del curado humedo en la resistencia a compresion del concreto en clima calido subhúmedo. Merida.
- Tesillo A. (2004). Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con cemento pórtland tipo 1 y utilizando un aditivo plastificante. Lima.
- Thomas, J. T. (2018). Resistencia y durabilidad del concreto que contiene agregados de concreto reciclado. . Jornal Of Building Engineering, 64.
- Topcu I. & Sengel S. (2004). Properties of Concretes Produced with Waste Concrete Aggregate.
- Torres C. & Vera S. (2017). Analisis de la posibilidad de utilizacion del reciclado de la losa de pavimento de la autopista terminal terrestre Pascuales. Guayaquil, Ecuador.
- Uddin, M. K. (2007). Una revisión sobre la adsorción de metales pesados por minerales arcillosos, con especial énfasis en la última década. Revista de Ingenieria Quimica , 24.
- UNE80309 . (2006). Obtenido de Google:
http://www.cannabric.com/media/documentos/09426_CEMENTO_NATURAL_ficha_tecnica.pdf
- Venegas y Robles . (2008). Estudio Experimental de las propiedades mecanicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales . Bogota .
- Verian K., Warda A.& Yizheng C. (2017). Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production. Estados Unidos .
- Verian, K. A. (2018). Propiedades del agregado de concreto reciclado y su influencia en la nueva producción de concreto. ELSEVIER, 20.
- Vialidad y transporte . (2015). Inseguridad Vial. Lima, Perú.

- Vilca K. (2017). Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS. Trujillo-Perú.
- Villarino A. (2016). Materiales cerámicos.
- Vilson Abreu, J. d. (2018). El efecto del reciclaje múltiple en el rendimiento mecánico de los agregados gruesos reciclados de hormigón. Construcción y Materiales de Construcción , 9.
- WBCSD. (2009). Reciclado Concreto. Cement Sustainability Initiative. Ginebra, Suiza.
- Young, J. (2001). Cementos de Portland. En Enciclopedia de Materiales: Ciencia y Tecnología (Segunda Edición) (pág. 6).
- Zordan S. . (1997). A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. Campinas, SP.

ANEXOS

Anexo A: Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición



Decreto Supremo

N° 019 - 2016- VIVIENDA

DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA EL REGLAMENTO PARA LA GESTIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LAS ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 003-2013-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el primer párrafo del artículo 6 de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, señala que la gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial, de actividades de la construcción, de servicios de saneamiento o de instalaciones especiales, son normados, evaluados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores o de fiscalización correspondientes, sin perjuicio de las funciones técnico normativas y de vigilancia que ejerce la actual Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA del Ministerio de Salud y las funciones que ejerce el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Ministerio del Ambiente;



Que, el sub numeral 3 del numeral 49.1 del artículo 49 de la Ley N° 27314, establece que la autoridad a cargo del Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es competente para ejercer funciones de supervisión, fiscalización y sanción, respecto de los residuos de la construcción, de instalaciones de saneamiento y otros en el ámbito de su competencia;



Que, el numeral 1 del artículo 7 del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, señala que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tiene a su cargo la regulación de la gestión y el manejo de los residuos sólidos generados por la actividad de la construcción y por los servicios de saneamiento;

Que, el artículo 54 del citado Reglamento establece que el generador aplicará estrategias de minimización y reaprovechamiento de residuos sólidos, las cuales estarán promovidas por las autoridades sectoriales y municipalidades provinciales;



Que, el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA regula la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por las actividades y procesos de construcción y demolición, a fin de minimizar posibles impactos al ambiente, prevenir riesgos

Anexo B: Botaderos aprobados y desaprobados en la ciudad de Lima

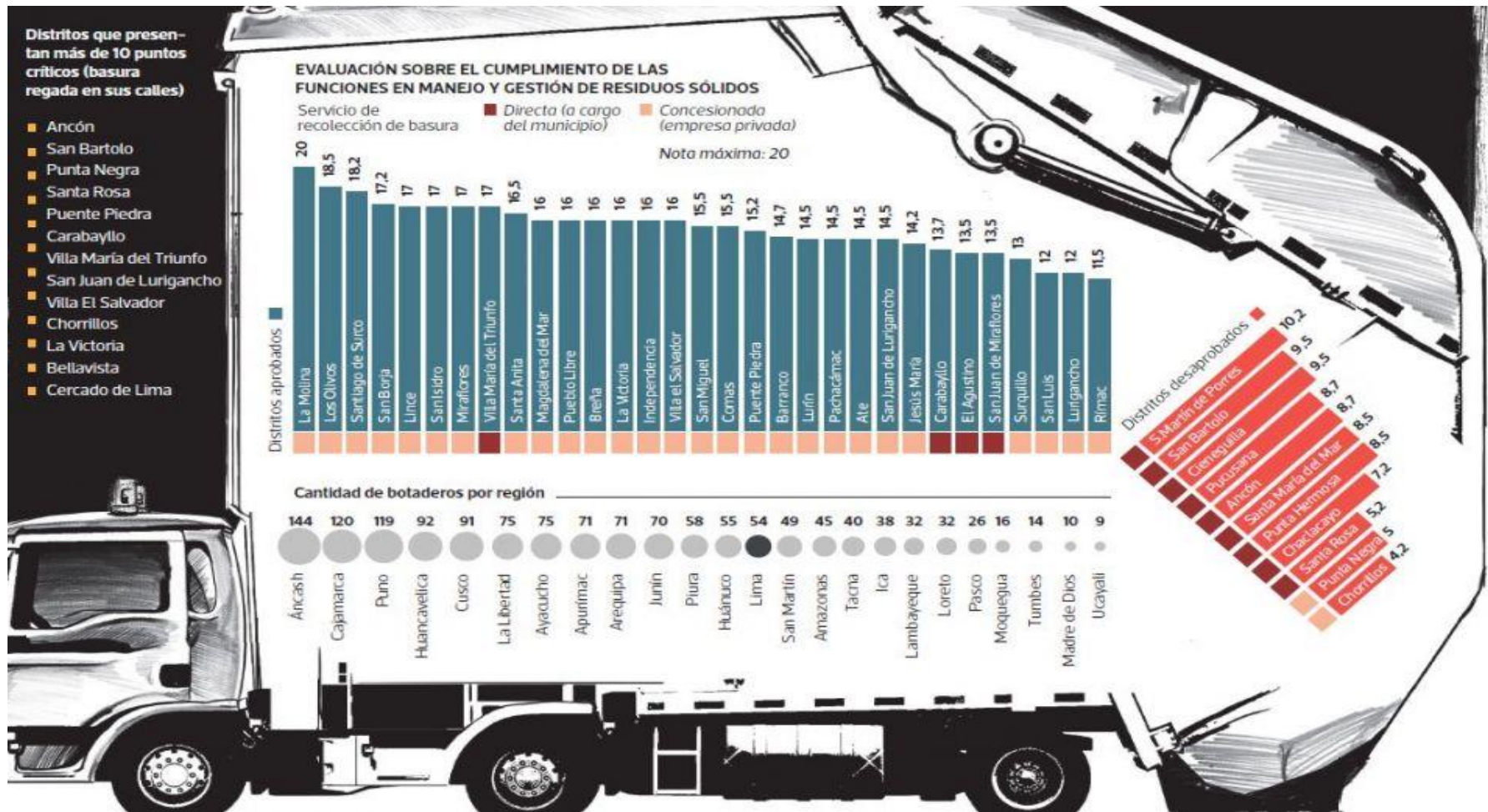


Figura 54: Botaderos aprobados y desaprobados en la ciudad de Lima. (El Comercio, 2018)

Anexo C: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados naturales

Tabla 59: Cálculo del porcentaje de humedad del AGN

N° de Tara	Procedimiento
T - 01	% Humedad = $(3002-(3221-227)) \times 100 / (3221-227) = 0.27\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 02	% Humedad = $(3007-(3210-211)) \times 100 / (3210-211) = 0.27\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 03	% Humedad = $(3004-(3227-231)) \times 100 / (3227-231) = 0.27\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
% Humedad promedio = $(0.27+0.27+0.27)/3 = 0.27\%$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 60: Resultados del porcentaje de humedad del AGN

Contenido de humedad - AGN				
N° tara	T - 01	T - 02	T - 03	
Peso de tara (gr)	227	211	231	
Peso de Muestra Húmeda (gr)	3002	3007	3004	
Peso de tara + Muestra Seca (gr)	3221	3210	3227	
Peso Agua (gr)	8.0	8.0	8.0	
Peso de muestra seca (gr)	2994	2999	2996	
Contenido de Humedad (%)	0.27	0.27	0.27	
Contenido de Humedad Promedio (%)	0.27			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 61: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGN

Peso unitario suelto (PUS)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	PUS = $(18.128-4.858)/0.011347 = 1169.47 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 02	PUS = $(18.417-4.858)/0.011347 = 1194.94 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 03	PUS = $(17.952-4.858)/0.011347 = 1153.96 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
PUS promedio = $(1169.47+1194.94+1153.96)/3 = 1172.79 \text{ kg/m}^3$	
Peso unitario compactado (PUC)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	PUC = $(19.482-4.858)/0.011347 = 1288.80 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 02	PUC = $(19.430-4.858)/0.011347 = 1284.22 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 03	PUC = $(19.256-4.858)/0.011347 = 1268.88 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
PUC promedio = $(1288.80+1284.22+1268.88)/3 = 1280.63 \text{ kg/m}^3$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 62: Resultados del peso unitario suelto del AGN

Peso unitario suelto AGN			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	18.128	18.417	17.952
Peso de muestra (kgf)	13.270	13.559	13.094
P.U Suelto (kgf/m3)	1169.47	1194.94	1153.96
P.U Suelto promedio (kgf/m3)	1172.79		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 63: Resultados del peso unitario compactado del AGN

Peso unitario compactado AGN			
N° DE ENSAYO	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	19.482	19.430	19.256
Peso de muestra (kgf)	14.624	14.572	14.398
P.U Compactado (kgf/m3)	1288.80	1284.22	1268.88
P.U Compactado promedio (kgf/m3)	1280.63		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 64: Cálculo del peso específico del AGN

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$P.E \text{ Masa} = (3184-211)/(3000-1890) = 2.68 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa} = (3205-231)/(3000-1893) = 2.69 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa} = (3200-227)/(3000-1889) = 2.68 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa promedio} = (2.68+2.69+2.68)/3 = 2.68 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Masa SSS} = 3000/(3000-1890) = 2.70 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa SSS} = 3000/(3000-1893) = 2.71 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa SSS} = 3000/(3000-1889) = 2.70 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa SSS promedio} = (2.70+2.71+2.70)/3 = 2.70 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Aparente} = (3184-211)/(3184-211-1890) = 2.75 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Aparente} = (3205-231)/(3205-231-1893) = 2.75 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Aparente} = (3200-227)/(3200-227-1889) = 2.74 \text{ gr/cm}^3$

P.E Aparente promedio = $(2.75+2.75+2.74)/3 = 2.75$ gr/cm ³	
E - 01	% Absorción = $(3000-3184+211) \times 100 / (3184-211) = 0.91$ %
E - 02	% Absorción = $(3000-3205+231) \times 100 / (3205-231) = 0.87$ %
E - 03	% Absorción = $(3000-3200+227) \times 100 / (3200-227) = 0.91$ %
% Absorción promedio = $(0.91+0.87+0.91)/3 = 0.90$ %	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 65: Resultados del peso específico del AGN

Peso específico del AGN			
Nº Ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de tara (gr)	211	231	227
Peso de muestra seca (gr) + tara	3184	3205	3200
Peso de Muestra SSS (gr)	3000	3000	3000
Peso de Muestra saturada en agua (gr)	1890	1893	1889
P.E Masa (gr/cm ³)	2.68	2.69	2.68
P.E Masa promedio (gr/cm ³)		2.68	
P.E Masa SSS (gr/cm ³)	2.70	2.71	2.70
P.E Masa SSS promedio (gr/cm ³)		2.70	
P.E Aparente (gr/cm ³)	2.75	2.75	2.74
P.E Aparente promedio (gr/cm ³)		2.75	
% Absorción (%)	0.91	0.87	0.91
Absorción promedio (%)		0.90	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 66: Cálculo de abrasión los ángulos del AGN

Nº de Ensayo	Procedimiento
E - 01	% Desgaste = $(5008-4306) \times 100 / 5008 = 14.02$ % <i>ver ecuación N°11</i>
E - 02	% Desgaste = $(5010-4308) \times 100 / 5010 = 14.01$ % <i>ver ecuación N°11</i>
E - 03	% Desgaste = $(5006-4277) \times 100 / 5006 = 14.56$ % <i>ver ecuación N°11</i>
% Desgaste promedio = $(14.02+14.01+14.56)/3 = 14.20$ %	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 67: Resultados de abrasión los ángeles del AGN

Abrasión los ángeles - AGN			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Tipo de gradación	B	B	B
Peso seco Inicial (gr)	5008	5010	5006
Peso luego del proceso de abrasión (gr)	4306	4308	4277
Pérdida de Peso	702	702	729
% Desgaste	14.02%	14.01%	14.56%
Promedio del % de Desgaste		14.20%	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 68: Cálculo del porcentaje de humedad del AF

N° de Tara	Procedimiento
T - 01	% Humedad = $(1005 - (1184 - 210)) \times 100 / (1184 - 210) = 3.18\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 02	% Humedad = $(1013 - (1187 - 206)) \times 100 / (1187 - 206) = 3.26\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 03	% Humedad = $(1015 - (1199 - 211)) \times 100 / (1199 - 211) = 2.73\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
	% Humedad promedio = $(3.18 + 3.26 + 2.73) / 3 = 3.06\%$

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 69: Resultados del porcentaje de humedad del AF

Contenido de humedad - AF			
N° tara	T - 01	T - 02	T - 03
Peso de tara (gr)	210	206	211
Peso de Muestra Húmeda (gr)	1005	1013	1015
Peso de tara + Muestra Seca (gr)	1184	1187	1199
Peso Agua (gr)	31	32	27
Peso de muestra seca (gr)	974	981	988
Contenido de Humedad (%)	3.18	3.26	2.73
Contenido de Humedad Promedio (%)		3.06	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 70: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AF

Peso unitario suelto (PUS)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUS = (18.040-4.858)/0.011347 = 1161.72 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 02	$PUS = (17.797-4.858)/0.011347 = 1140.30 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 03	$PUS = (18.162-4.858)/0.011347 = 1172.47 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
PUS promedio = $(1161.72+1140.30+1172.47)/3 = 1158.16 \text{ kg/m}^3$	
Peso unitario compactado (PUC)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUC = (20.069-4.858)/0.011347 = 1340.53 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 02	$PUC = (20.498-4.858)/0.011347 = 1378.34 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
E - 03	$PUC = (20.293-4.858)/0.011347 = 1360.27 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación N° 03</i>
PUC promedio = $(1340.53+1378.34+1360.27)/3 = 1359.71 \text{ kg/m}^3$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 71: Resultados del peso unitario suelto del AF

Peso unitario suelto - AF			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	18.040	17.797	18.162
Peso de muestra (kgf)	13.182	12.939	13.304
P.U Suelto (kgf/m3)	1161.72	1140.30	1172.47
P.U Suelto promedio (kgf/m3)	1158.16		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 72: Resultados del peso unitario compactado del AF

Peso unitario compactado - AF			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	20.069	20.498	20.293
Peso de muestra (kgf)	15.211	15.640	15.435
P.U Compactado (kgf/m3)	1340.53	1378.34	1360.27
P.U Compactado promedio (kgf/m3)	1359.71		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 73: Cálculo del peso específico del AF

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$P.E \text{ Masa} = (642-154)/(500-(956-500-148)) = 2.54 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa} = (636-152)/(500-(952-500-148)) = 2.47 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa} = (639-158)/(500-(952-500-148)) = 2.45 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa promedio} = (2.54+2.47+2.45)/3 = 2.49 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Masa SSS} = 500/(500-(956-500-148)) = 2.60 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa SSS} = 500/(500-(952-500-148)) = 2.55 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa SSS} = 500/(500-(952-500-148)) = 2.55 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa SSS promedio} = (2.60+2.55+2.55)/3 = 2.57 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Aparente} = (642-154)/[(500-(956-500-148))-(500-(642-154))] = 2.71 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Aparente} = (636-152)/[(500-(952-500-148))-(500-(636-152))] = 2.69 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Aparente} = (639-158)/[(500-(952-500-148))-(500-(639-158))] = 2.72 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Aparente promedio} = (2.71+2.69+2.72)/3 = 2.71 \text{ gr/cm}^3 \text{ ver}$	
E - 01	$\% \text{ Absorción} = (500-642+154) \times 100 / (642-154) = 2.46 \%$
E - 02	$\% \text{ Absorción} = (500-636+152) \times 100 / (636-152) = 3.31 \%$
E - 03	$\% \text{ Absorción} = (500-639+158) \times 100 / (639-158) = 3.95 \%$
$\% \text{ Absorción promedio} = (2.46+3.31+3.95)/3 = 3.24 \%$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 74: Resultados del peso específico del AF

Peso específico - AF			
N° Ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de la tara (gr)	154	152	158
Peso de Muestra SSS (gr)	500	500	500
Peso de Fiola (gr)	148	148	148
Peso de Muestra SSS + Peso de Fiola + Peso de Agua (gr)	956	952	952
Peso de Agua (gr)	308	304	304
Peso de muestra seca (gr)	642	636	639
Volumen de Fiola (cm3)	500	500	500
P.E Masa (gr/cm3)	2.54	2.47	2.45
P.E Masa promedio (gr/cm3)		2.49	
P.E Masa SSS (gr/cm3)	2.60	2.55	2.55
P.E Masa SSS promedio (gr/cm3)		2.57	
P.E Aparente (gr/cm3)	2.71	2.69	2.72
P.E Aparente promedio (gr/cm3)		2.71	
% Absorción (%)	2.46	3.31	3.95
Absorción promedio (%)		3.24	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo D: Propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado de concreto y de cascote de ladrillo.

Tabla 75: Cálculo del porcentaje de humedad del AGR-C

N° de Tara	Procedimiento
T - 01	% Humedad = $(3008-(3197-227)) \times 100 / (3197-227) = 1.28\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 02	% Humedad = $(3014-(3212-231)) \times 100 / (3212-231) = 1.11\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 03	% Humedad = $(3005-(3178-211)) \times 100 / (3178-211) = 1.28\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
% Humedad promedio = $(1.28+1.11+1.28)/3 = 1.22\%$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 76: Resultados del porcentaje de humedad del AGR-C

Contenido de humedad – AGR-C			
N° tara	T - 01	T - 02	T - 03
Peso de tara (gr)	227	231	211
Peso de Muestra Húmeda (gr)	3008	3014	3005
Peso de tara + Muestra Seca (gr)	3197	3212	3178
Peso Agua (gr)	38	33	38
Peso de muestra seca (gr)	2970	2981	2967
Contenido de Humedad (%)	1.28	1.11	1.28
Contenido de Humedad Promedio (%)	1.22		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 77: Cálculo del porcentaje de humedad del AGR-CL

N° de Tara	Procedimiento
T - 01	% Humedad = $(3003-(3192-211)) \times 100 / (3192-211) = 0.74\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 02	% Humedad = $(3001-(3210-231)) \times 100 / (3210-231) = 0.74\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
T - 03	% Humedad = $(3002-(3209-226)) \times 100 / (3209-226) = 0.64\%$ <i>ver ecuación N°10</i>
% Humedad promedio = $(0.74+0.74+0.64)/3 = 0.70\%$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 78: Resultados del porcentaje de humedad del AGR-CL

Contenido de humedad – AGR-CL			
N° tara	T - 01	T - 02	T - 03
Peso de tara (gr)	211	231	226
Peso de Muestra Húmeda (gr)	3003	3001	3002
Peso de tara + Muestra Seca (gr)	3192	3210	3209
Peso Agua (gr)	22	22	19
Peso de muestra seca (gr)	2981	2979	2983
Contenido de Humedad (%)	0.74	0.74	0.64
Contenido de Humedad Promedio (%)	0.70		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 79: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGR-C

Peso unitario suelto (PUS)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUS = (16.360 - 4.858) / 0.011347 = 1013.66 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 02	$PUS = (16.304 - 4.858) / 0.011347 = 1008.72 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 03	$PUS = (16.417 - 4.858) / 0.011347 = 1018.68 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
$PUS \text{ promedio} = (1013.66 + 1008.72 + 1018.68) / 3 = 1013.69 \text{ kg/m}^3$	
Peso unitario compactado (PUC)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUC = (17.546 - 4.858) / 0.011347 = 1118.18 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 02	$PUC = (17.389 - 4.858) / 0.011347 = 1104.34 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 03	$PUC = (17.589 - 4.858) / 0.011347 = 1121.97 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
$PUC \text{ promedio} = (1118.18 + 1104.34 + 1121.97) / 3 = 1114.83 \text{ kg/m}^3$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 80: Resultados del peso unitario suelto del AGR-C

Peso unitario suelto – AGR-C			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	16.360	16.304	16.417
Peso de muestra (kgf)	11.502	11.446	11.559
P.U Suelto (kgf/m3)	1013.66	1008.72	1018.68
P.U Suelto promedio (kgf/m3)	1013.69		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 81: Resultados del peso unitario compactado del AGR-C

Peso unitario compactado – AGR-C			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	17.546	17.389	17.589
Peso de muestra (kgf)	12.688	12.531	12.731
P.U Compactado (kgf/m3)	1118.18	1104.34	1121.97
P.U Compactado promedio (kgf/m3)	1114.83		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 82: Cálculo del peso unitario suelto y compactado del AGR-CL

Peso unitario suelto (PUS)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUS = (14.486 - 4.858) / 0.011347 = 848.51 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 02	$PUS = (14.407 - 4.858) / 0.011347 = 841.54 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 03	$PUS = (14.451 - 4.858) / 0.011347 = 845.42 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
PUS promedio = $(848.51 + 841.54 + 845.42) / 3 = 845.16 \text{ kg/m}^3$	
Peso unitario compactado (PUC)	
N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$PUC = (15.186 - 4.858) / 0.011347 = 910.20 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 02	$PUC = (15.450 - 4.858) / 0.011347 = 933.46 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
E - 03	$PUC = (15.280 - 4.858) / 0.011347 = 918.48 \text{ kg/m}^3$ <i>ver ecuación 03</i>
PUC promedio = $(910.20 + 933.46 + 918.48) / 3 = 920.71 \text{ kg/m}^3$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 83: Resultados del peso unitario suelto del AGR-CL

Peso unitario suelto – AGR-CL			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	14.486	14.407	14.451
Peso de muestra (kgf)	9.628	9.549	9.593
P.U Suelto (kgf/m3)	848.51	841.54	845.42
P.U Suelto promedio (kgf/m3)	845.16		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 84: Resultados del peso unitario compactado del AGR-CL

Peso unitario compactado – AGR-CL			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de Molde (kgf)	4.858	4.858	4.858
Volumen del Molde (m3)	0.011347	0.011347	0.011347
Peso del molde más muestra (kgf)	15.186	15.450	15.280
Peso de muestra (kgf)	10.328	10.592	10.422
P.U Compactado (kgf/m3)	910.20	933.46	918.48
P.U Compactado promedio (kgf/m3)	920.71		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 85: Cálculo del peso específico del AGR-C

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$P.E \text{ Masa} = (3035-218)/(3000-1784) = 2.32 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa} = (3032-217)/(3000-1780) = 2.31 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa} = (2940-134)/(3000-1772) = 2.29 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa promedio} = (2.32+2.31+2.29)/3 = 2.30 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Masa SSS} = (3000)/(3000-1784) = 2.47 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa SSS} = (3000)/(3000-1780) = 2.46 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa SSS} = (3000)/(3000-1772) = 2.44 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Masa SSS promedio} = (2.47+2.46+2.44)/3 = 2.46 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$P.E \text{ Aparente} = (3035-218)/(3035-218-1784) = 2.73 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Aparente} = (3032-217)/(3032-217-1780) = 2.72 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Aparente} = (2940-134)/(2940-134-1772) = 2.71 \text{ gr/cm}^3$
$P.E \text{ Aparente promedio} = (2.73+2.72+2.71)/3 = 2.72 \text{ gr/cm}^3$	
E - 01	$\% \text{ Absorción} = (3000-3035+218) \times 100 / (3035-218) = 6.50 \%$
E - 02	$\% \text{ Absorción} = (3000-3032+217) \times 100 / (3032-217) = 6.57 \%$
E - 03	$\% \text{ Absorción} = (3000-2940+134) \times 100 / (2940-134) = 6.91 \%$
$\% \text{ Absorción promedio} = (6.50+6.57+6.91)/3 = 6.66 \%$	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 86: Resultados del peso específico del AGR-C

Peso específico del AGR-C			
N° ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de tara (gr)	218	217	134
Peso de muestra seca (gr) + tara	3035	3032	2940
Peso de Muestra SSS (gr)	3000	3000	3000
Peso de Muestra saturada en agua (gr)	1784	1780	1772
P.E Masa (gr/cm ³)	2.32	2.31	2.29
P.E Masa promedio (gr/cm ³)		2.30	
P.E Masa SSS (gr/cm ³)	2.47	2.46	2.44
P.E Masa SSS promedio (gr/cm ³)		2.46	
P.E Aparente (gr/cm ³)	2.73	2.72	2.71
P.E Aparente promedio (gr/cm ³)		2.72	
% Absorción (%)	6.50	6.57	6.91
Absorción promedio (%)		6.66	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 87: Cálculo del peso específico del AGR-CL

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	$P.E \text{ Masa} = (2863-211)/(3001-1540) = 1.82 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa} = (2883-226)/(3000-1340) = 1.60 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa} = (2894-217)/(3000-1453) = 1.73 \text{ gr/cm}^3$
	$P.E \text{ Masa promedio} = (1.82+1.60+1.73)/3 = 1.72 \text{ gr/cm}^3$
E - 01	$P.E \text{ Masa SSS} = (3001)/(3001-1540) = 2.05 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Masa SSS} = (3000)/(3000-1340) = 1.81 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Masa SSS} = (3000)/(3000-1453) = 1.94 \text{ gr/cm}^3$
	$P.E \text{ Masa SSS promedio} = (2.05+1.81+1.94)/3 = 1.93 \text{ gr/cm}^3$
E - 01	$P.E \text{ Aparente} = (2863-211)/(2863-211-1540) = 2.38 \text{ gr/cm}^3$
E - 02	$P.E \text{ Aparente} = (2883-226)/(2883-226-1340) = 2.02 \text{ gr/cm}^3$
E - 03	$P.E \text{ Aparente} = (2894-217)/(2894-217-1453) = 2.19 \text{ gr/cm}^3$
	$P.E \text{ Aparente promedio} = (2.38+2.02+2.19)/3 = 2.20 \text{ gr/cm}^3$
E - 01	$\% \text{ Absorción} = (3001-2863+211) \times 100 / (2863-211) = 13.16 \%$
E - 02	$\% \text{ Absorción} = (3000-2883+226) \times 100 / (2883-226) = 12.91 \%$
E - 03	$\% \text{ Absorción} = (3000-2894+217) \times 100 / (2894-217) = 12.07 \%$
	$\% \text{ Absorción promedio} = (13.16+12.91+12.07)/3 = 12.71 \%$

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 88: Resultados del peso específico del AGR-CL

Peso específico del AGR - CL			
N° ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Peso de tara (gr)	211	226	217
Peso de muestra seca (gr) + tara	2863	2883	2894
Peso de Muestra SSS (gr)	3001	3000	3000
Peso de Muestra saturada en agua (gr)	1540	1340	1453
P.E Masa (gr/cm ³)	1.82	1.60	1.73
P.E Masa promedio (gr/cm ³)		1.72	
P.E Masa SSS (gr/cm ³)	2.05	1.81	1.94
P.E Masa SSS promedio (gr/cm ³)		1.93	
P.E Aparente (gr/cm ³)	2.38	2.02	2.19
P.E Aparente promedio (gr/cm ³)		2.20	
% Absorción (%)	13.16	12.91	12.07
Absorción promedio (%)		12.71	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 89: Cálculo de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-C

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	% Desgaste = $(5013-3445) \times 100 / 5013 = 31.28\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
E - 02	% Desgaste = $(5011-3443) \times 100 / 5011 = 31.29\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
E - 03	% Desgaste = $(5009-3414) \times 100 / 5009 = 31.84\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
	% Desgaste promedio = $(31.28+31.29+31.84)/3 = 31.47\%$

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 90: Resultados de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-C

Abrasión los ángeles – AGR-C			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Tipo de gradación	B	B	B
Peso seco Inicial (gr)	5013	5011	5009
Peso luego del proceso de abrasión (gr)	3445	3443	3414
Pérdida de Peso (gr)	1568	1568	1595
% Desgaste	31.28%	31.29%	31.84%
Promedio del % de Desgaste		31.47%	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 91: Cálculo de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-CL

N° de Ensayo	Procedimiento
E - 01	% Desgaste = $(5010-2823) \times 100 / 5010 = 43.65\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
E - 02	% Desgaste = $(5008-2819) \times 100 / 5008 = 43.71\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
E - 03	% Desgaste = $(5005-2806) \times 100 / 5005 = 43.94\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>
	% Desgaste promedio = $(43.65+43.71+43.94)/3 = 43.77\%$ <i>ver ecuación N° 11</i>

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 92: Resultados de resistencia al desgaste por abrasión en la maquina los ángeles del AGR-CL

Abrasión los ángeles AGR-CL			
N° de ensayo	E - 01	E - 02	E - 03
Tipo de gradación	B	B	B
Peso seco Inicial (gr)	5010	5008	5005
Peso luego del proceso de abrasión (gr)	2823	2819	2806
Pérdida de Peso (gr)	2187	2189	2199
% Desgaste	43.65%	43.71%	43.94%
Promedio del % de Desgaste		43.77%	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo E: Propiedades de los materiales para el diseño de mezcla – Método ACI 211

Tabla 93: Propiedades de los materiales para el diseño de mezcla $f'c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm^2

Propiedades de los agregados		
Agregados	Fino	Grueso
Perfil		Angular
PUS (kg/m ³)	1158.16	1172.79
PUC (kg/m ³)	1359.71	1280.63
Pe (kg/m ³)	2488.38	2680.30
MF	3.09	6.65
TMN		3/4"
% Absorción	3.24	0.90
% Humedad	3.06	0.27
Propiedades del cemento sol tipo 1		
Pe cem = 3.15 gr/cm^3		
Requerimientos del concreto		
Slump = 3 – 4 pulg.		
Propiedades del agua		
Pe H ₂ O = 1000 kgf/m^3		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo F: Diseño de mezcla de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211

a) Cálculo de $f'c$ requerido

Por tabla 22, se tiene lo siguiente:

$f'c$	$f'cr$
< 210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

$$f'cr = 140 + 70 = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Contenido de aire

Según tabla N°24 el porcentaje de aire atrapado para un TMN 3/4'' = 2%

c) Contenido de agua

Según tabla N° 25 para un Slump de 3'' - 4'' = 205 L/m³

d) Relación agua/cemento (a/c) por resistencia

Según tabla N°26 si:

200	=>	0.7
210	=>	a/c
250	=>	0.62

$$\frac{(200 - 210)}{(200 - 250)} = \frac{(0.7 - a/c)}{(0.7 - 0.62)} \quad \Rightarrow \quad a/c = 0.68$$

e) Contenido de Cemento

Según la ecuación N°07:

$$Cant. de Cemento = \frac{205}{0.68} = 299.71 \text{ kgf}$$

Luego, obtenemos el número de bolsas a utilizar

$$\#Bolsas = \frac{299.71}{42.5} = 7.05 \text{ bolsas}$$

f) Peso del agregado grueso

Según la tabla N°27 se busca encontrar el factor de relación para agregados en un metro cubico según su módulo de finura.

MF = 3.09

$$\frac{(3.09 - 3.0)}{(3.09 - 2.80)} = \frac{(b/bo - 0.60)}{(b/bo - 0.62)} \quad \Rightarrow \quad b/bo = 0.59$$

Según la ecuación N°08 se determina lo siguiente:

$$Cant. de AG = 0.59 * (1280.63) = 756.854 \text{ kgf/m}^3$$

g) Volumen del agregado fino (AF)

$$Vol. Cemento = \frac{299.71}{3.15 * 1000} = 0.0951 \text{ m}^3$$

$$Vol. Agua = \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$Vol. Aire = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$Vol. AG = \frac{755.57}{2680.30} = 0.2824 \text{ m}^3$$

Luego, se suma todos los volúmenes obtenidos:

$$\sum (0.0951 + 0.205 + 0.02 + 0.2819) = 0.6025$$

Según la ecuación N° 09, se consigue lo siguiente:

$$Vol. de AF = 1 - (0.6020) = 0.3975 \text{ m}^3$$

h) Peso del agregado fino (AF)

$$Peso \text{ del } AF = Vol. AF * Pe$$

$$Peso \text{ del } AF = 0.3975 * 2488.38$$

$$Peso \text{ del } AF = 989.08 \text{ kgf/m}^3$$

i) Diseño de mezcla en estado seco

Tabla 94: Resumen del diseño de mezcla en estado seco ($f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$)

Cemento =	299.71	kg/m ³
AF =	989.08	kg/m ³
AG =	756.85	kg/m ³
Agua =	205	L/m ³

Fuente: Elaboración propia, 2019

j) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Peso del agregado} = \text{peso seco} * \left(\frac{\% \text{ Humedad}}{100} + 1 \right)$$

Por lo tanto:

$$\text{Peso del AF} = 989.08 \text{ kgf/m}^3 * \left(\frac{3.06}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Peso del AF} = 1019.33 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Peso del AG} = 756.85 \text{ kgf/m}^3 * \left(\frac{0.27}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Peso del AF} = 758.87 \text{ kgf/m}^3$$

k) Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Peso del agregado} = \frac{(\% \text{ Humedad} - \% \text{ Absorción}) * \text{Agregado seco}}{100}$$

Por lo tanto:

$$AF = \frac{(3.06 - 3.24) * 1019.33}{100} = -1.81 \text{ L/m}^3$$

$$AG = \frac{(0.27 - 0.90) * 758.87}{100} = -4.78 \text{ L/m}^3$$

$$\sum (-1.81 + (-4.78)) = -6.61 \text{ L/m}^3$$

Como resultado se tiene:

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-6.61) = 211.61 \text{ L/m}^3$$

l) Diseño de mezcla en estado húmedo

Tabla 95: Resumen del diseño de mezcla en estado húmedo ($f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$)

Cemento =	299.71	kg/m ³
AF =	1019.33	kg/m ³
AG =	758.87	kg/m ³
Agua =	211.61	L/m ³

Fuente: Elaboración propia, 2019

m) Proporcionamiento

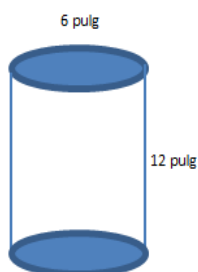
Tabla 96: Proporcionamiento de mezcla para $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

Proporcionamiento por bolsa de cemento			
Cemento	AF	AG	Agua
299.71/299.71	1019.33/299.71	758.87/299.71	211.61/7.05
1.00	3.40	2.53	30.01

Fuente: Elaboración propia, 2019

n) Diseño de mezcla por probeta

Tabla 97: Diseño de mezcla por probeta para $f'c = 140$ en kg/cm^2



Volumen de probeta = 0.005560 m^3		
Cemento =	1.67	kg/m^3
AF =	5.67	kg/m^3
AG =	4.22	kg/m^3
Agua =	1.18	L/m^3

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 98: Diseño de mezcla con 10% de desperdicio por probeta ($f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$)

Diseño de mezcla más 10% de desperdicios por probeta					
Materiales	% Adición de AGR (kg)				
	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
AFN	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23
AGN	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo G: Diseño de mezcla de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211

Tabla 99: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de diseño $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$					
f'cr = $175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$ (ver tabla N° 23)					
Contenido de agua = 205 L/m^3 (ver tabla N° 26)					
Relación a/c = 0.63 (ver tabla N° 27)					
Contenido de cemento = 326.43 kg/m^3					
Relación de peso del agregado grueso - b/bo = 0.59 (ver tabla N°28)					
Peso del AG = $0.59 \times 1280.63 = 756.85 \text{ kg/m}^3$ (ver ecuación N° 08)					
Volumen del AF = $1 - (0.1036 + 0.205 + 0.02 + 0.2824) = 0.3890$ (ver ecuación N°09)					
Peso del AF = $0.389 \times 2488.38 = 967.96 \text{ kg/m}^3$					
Diseño de mezcla en estado seco					
Cemento: 326.43 kg/m^3					
Agregado fino: 967.96 kg/m^3					
Agregado grueso: 756.85 kg/m^3					
Agua: 205.00 L/m^3					
Corrección por humedad					
Peso del AF = $967.96 (1 + 0.0306) = 997.57 \text{ kg/m}^3$					
Peso del AG = $756.85 (1 + 0.0027) = 758.87 \text{ kg/m}^3$					
Aporte de agua a la mezcla					
Aporte del AF = $(0.0306 - 0.0324) \times 997.57 = -1.79 \text{ L/m}^3$					
Aporte del AG = $(0.0027 - 0.009) \times 758.87 = -4.78 \text{ L/m}^3$					
Agua efectiva = $205 - (-1.79 - 4.78) = 211.57 \text{ L/m}^3$					
Diseño de mezcla en estado húmedo					
Materiales	Diseño en m3 de concreto		Proporción por bolsa de cemento		
Cemento	326.43 kg/m^3		1		
Agregado fino	997.57 kg/m^3		3.06		
Agregado grueso	758.87 kg/m^3		2.32		
Agua	211.57 L/m^3		27.54		
Diseño de mezcla por probeta					
Volumen de la probeta: 0.005560 m^3					
Cemento: 1.81 kg/m^3					
Agregado fino: 5.55 kg/m^3					
Agregado grueso: 4.22 kg/m^3					
Agua: 1.18 L/m^3					
Diseño de mezcla con 10% de desperdicio por probeta					
Materiales	% Adición de AGR (kg)				
	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
AFN	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
AGN	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo H: Diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211

Tabla 100: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$					
$f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$ (ver tabla N° 23)					
Contenido de agua = 205 L/m ³ (ver tabla N° 26)					
Relación a/c = 0.56 (ver tabla N° 27)					
Contenido de cemento = 367.12 kg/m ³					
Relación de peso del agregado grueso - b/bo = 0.59 (ver tabla N°28)					
Peso del AG = 0.59 x 1280.63 = 756.85 kg/m ³ (ver ecuación N° 08)					
Volumen del AF = 1- (0.1165+0.205+0.02+0.2824) = 0.3761 (ver ecuación N°09)					
Peso del AF = 0.3761 x 2488.38 = 935.82 kg/m ³					
Diseño de mezcla en estado seco					
Cemento: 367.12 kg/m ³					
Agregado fino: 935.82 kg/m ³					
Agregado grueso: 756.85 kg/m ³					
Agua: 205.00 L/m ³					
Corrección por humedad					
Peso del AF = 935.82 (1+0.0306) = 964.45 kg/m ³					
Peso del AG = 756.85 (1+0.0027) = 758.87 kg/m ³					
Aporte de agua a la mezcla					
Aporte del AF = (0.0306-0.0324) x 964.45 = -1.73 L/m ³					
Aporte del AG = (0.0027-0.009) x 758.87 = -4.78 L/m ³					
Agua efectiva = 205 - (-1.73-4.78) = 211.51 L/m ³					
Diseño de mezcla en estado húmedo					
Materiales	Diseño en m³ de concreto			Proporción por bolsa de cemento	
Cemento	367.12 kg/m ³			1	
Agregado fino	964.45 kg/m ³			2.63	
Agregado grueso	758.87 kg/m ³			2.07	
Agua	211.51 L/m ³			24.49	
Diseño de mezcla por probeta					
Volumen de la probeta: 0.005560 m ³					
Cemento: 2.04 kg/m ³					
Agregado fino: 5.36 kg/m ³					
Agregado grueso: 4.22 kg/m ³					
Agua: 1.18 L/m ³					
Diseño de mezcla con 10% de desperdicio por probeta					
Materiales	% Adición de AGR (kg)				
	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
AFN	5.90	5.90	5.90	5.90	5.90
AGN	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo I: Diseño de mezcla de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Método ACI 211

Tabla 101: Resumen del diseño de mezcla para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Calculo de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$					
f'cr = $280 + 84 = 364 \text{ kg/cm}^2$ (ver tabla N° 23)					
Contenido de agua = 205 L/m^3 (ver tabla N° 26)					
Relación a/c = 0.47 ((ver tabla N° 27)					
Contenido de cemento = 439.91 kg/m^3					
Relación de peso del agregado grueso - b/bo = 0.59 (ver tabla N°28)					
Peso del AG = $0.59 \times 1280.63 = 756.85 \text{ kg/m}^3$ (ver ecuación N° 08)					
Volumen del AF = $1 - (0.1397+0.205+0.02+0.2824) = 0.3530$ (ver ecuación N°09)					
Peso del AF = $0.3530 \times 2488.38 = 878.32 \text{ kg/m}^3$					
Diseño de mezcla en estado seco					
Cemento: 439.91 kg/m^3					
Agregado fino: 878.32 kg/m^3					
Agregado grueso: 756.85 kg/m^3					
Agua: 205.00 L/m^3					
Corrección por humedad					
Peso del AF = $878.32 (1+0.0306) = 905.19 \text{ kg/m}^3$					
Peso del AG = $756.85 (1+0.0027) = 758.87 \text{ kg/m}^3$					
Aporte de agua a la mezcla					
Aporte del AF = $(0.0306-0.0324) \times 905.19 = -1.62 \text{ L/m}^3$					
Aporte del AG = $(0.0027-0.009) \times 758.87 = -4.78 \text{ L/m}^3$					
Agua efectiva = $205 - (-1.62-4.78) = 211.40 \text{ L/m}^3$					
Diseño de mezcla en estado húmedo					
Materiales	Diseño en m3 de concreto		Proporción por bolsa de cemento		
Cemento	439.91 kg/m^3		1		
Agregado fino	905.19 kg/m^3		2.06		
Agregado grueso	758.87 kg/m^3		1.73		
Agua	211.40 L/m^3		20.42		
Diseño de mezcla por probeta					
Volumen de la probeta: 0.005560 m^3					
Cemento: 2.45 kg/m^3					
Agregado fino: 5.03 kg/m^3					
Agregado grueso: 4.22 kg/m^3					
Agua: 1.18 L/m^3					
Diseño de mezcla con 10% de desperdicio por probeta					
Materiales	% Adición de AGR (kg)				
	0%	10%	20%	30%	40%
Cemento	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
AFN	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54
AGN	4.64	4.18	3.71	3.25	2.78
AGR	0.00	0.46	0.93	1.39	1.86
Agua	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo J: Certificado del ensayo de resistencia a compresión del concreto

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – E.P. INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS								
SOLICITANTE		: Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera										
OBRA		: Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil										
UBICACIÓN		: Ñaña										
ASUNTO		: Roptura de probetas cilíndricas de concreto										
EXPEDIENTE N°		: RP20190058										
RECIBO N°		: B100-00020484										
FECHA DE EMISIÓN		: 10/09/2019										
1. DE LA MUESTRA		: Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm										
2. DE EQUIPO		: FORNEY F-1100 KN - VFD										
3. METODO DE ENSAYO		: ASTM C39, NTP 339.034										
4. RESULTADOS												
N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DIAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	01/05/19	08/05/19	7	30.10	15.10	179.08	21349.75	119.22	140	85.16%	TIPO 3
2	0% AGR	01/05/19	08/05/19		30.30	15.20	181.46	21274.18	117.24	140	83.74%	TIPO 3
3	0% AGR	01/05/19	08/05/19		30.20	15.10	179.08	22665.98	126.57	140	90.41%	TIPO 2
4	10% AGR	01/05/19	08/05/19	7	30.20	15.10	179.08	21294.24	118.91	140	84.94%	TIPO 2
5	10% AGR	01/05/19	08/05/19		30.20	15.20	181.46	21695.17	119.56	140	85.40%	TIPO 3
6	10% AGR	01/05/19	08/05/19		30.10	15.00	176.71	20456.48	115.76	140	82.69%	TIPO 3
7	20% AGR	01/05/19	08/05/19	7	30.10	15.00	176.71	20037.67	113.39	140	80.99%	TIPO 2
8	20% AGR	01/05/19	08/05/19		30.10	15.00	176.71	19797.34	112.03	140	80.02%	TIPO 2
9	20% AGR	01/05/19	08/05/19		30.20	15.10	179.08	21014.88	117.35	140	83.82%	TIPO 2
10	30% AGR	01/05/19	08/05/19	7	30.10	15.00	176.71	18199.84	102.99	140	73.56%	TIPO 3
11	30% AGR	01/05/19	08/05/19		30.10	15.10	179.08	19766.70	110.38	140	78.84%	TIPO 3
12	30% AGR	01/05/19	08/05/19		30.20	15.10	179.08	19422.87	108.46	140	77.47%	TIPO 3
13	40% AGR	01/05/19	08/05/19	7	30.30	15.30	183.85	22156.23	120.51	140	86.08%	TIPO 3
14	40% AGR	01/05/19	08/05/19		30.30	15.30	183.85	21218.57	115.41	140	82.44%	TIPO 2
15	40% AGR	01/05/19	08/05/19		30.10	15.40	186.27	21146.67	113.53	140	81.09%	TIPO 2
16	0% AGR	01/05/19	15/05/19	14	30.20	15.20	181.46	24845.28	136.92	140	97.80%	TIPO 3
17	0% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.20	181.46	23861.78	131.50	140	93.93%	TIPO 3
18	0% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.10	179.08	26140.11	145.97	140	104.26%	TIPO 3
19	10% AGR	01/05/19	15/05/19	14	30.10	15.20	181.46	22992.59	126.71	140	90.51%	TIPO 3
20	10% AGR	01/05/19	15/05/19		30.10	15.10	179.08	24535.56	137.01	140	97.86%	TIPO 2
21	10% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.20	181.46	24317.24	134.01	140	95.72%	TIPO 2
22	20% AGR	01/05/19	15/05/19	14	30.10	15.10	179.08	22447.51	125.35	140	89.54%	TIPO 2
23	20% AGR	01/05/19	15/05/19		30.10	15.10	179.08	24524.82	136.95	140	97.82%	TIPO 2
24	20% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.20	181.46	24219.25	133.47	140	95.34%	TIPO 3
25	30% AGR	01/05/19	15/05/19	14	30.20	15.20	181.46	22504.47	124.02	140	88.59%	TIPO 2
26	30% AGR	01/05/19	15/05/19		30.10	15.10	179.08	22141.28	123.64	140	88.31%	TIPO 2
27	30% AGR	01/05/19	15/05/19		30.10	15.10	179.08	20859.08	116.48	140	83.20%	TIPO 2
28	40% AGR	01/05/19	15/05/19	14	30.30	15.10	179.08	21584.35	120.53	140	86.09%	TIPO 2
29	40% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.20	181.46	22615.16	124.63	140	89.02%	TIPO 2
30	40% AGR	01/05/19	15/05/19		30.20	15.20	181.46	22658.71	124.87	140	89.19%	TIPO 2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales



Bach. Elías Felipe Tala Alca
Asistente Responsable de Laboratorio



Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

SOLICITANTE : Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera
OBRA : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil
UBICACIÓN : Ñaña
ASUNTO : Roptura de probetas cilíndricas de concreto
EXPEDIENTE N° : RP20190057
RECIBO N° : B100-00020484
FECHA DE EMISIÓN : 10/09/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100 KN - VFD

3. METODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

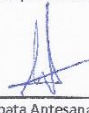
N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DIAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	01/05/19	29/05/19	28	30.10	15.20	181.46	27768.08	153.03	140	109.31%	TIPO 3
2	0% AGR	01/05/19	29/05/19		30.20	15.20	181.46	28708.03	158.21	140	113.01%	TIPO 3
3	0% AGR	01/05/19	29/05/19		30.30	15.10	179.08	27153.20	151.63	140	108.31%	TIPO 3
4	10% AGR	01/05/19	29/05/19	28	30.20	15.20	181.46	24312.20	133.98	140	95.70%	TIPO 3
5	10% AGR	01/05/19	29/05/19		30.10	15.10	179.08	25152.00	140.45	140	100.32%	TIPO 2
6	10% AGR	01/05/19	29/05/19		30.10	15.20	181.46	24324.91	134.05	140	95.75%	TIPO 2
7	20% AGR	01/05/19	29/05/19	28	30.30	15.10	179.08	24866.90	138.86	140	99.19%	TIPO 3
8	20% AGR	01/05/19	29/05/19		30.20	15.10	179.08	24147.01	134.84	140	96.31%	TIPO 3
9	20% AGR	01/05/19	29/05/19		30.10	15.20	181.46	24333.62	134.10	140	95.79%	TIPO 3
10	30% AGR	01/05/19	29/05/19	28	30.10	15.20	181.46	24746.89	136.38	140	97.41%	TIPO 3
11	30% AGR	01/05/19	29/05/19		30.10	15.10	179.08	23969.27	133.85	140	95.61%	TIPO 2
12	30% AGR	01/05/19	29/05/19		30.10	15.10	179.08	24596.05	137.35	140	98.11%	TIPO 3
13	40% AGR	01/05/19	29/05/19	28	30.30	15.10	179.08	23278.43	129.99	140	92.85%	TIPO 3
14	40% AGR	01/05/19	29/05/19		30.20	15.00	176.71	24397.22	138.06	140	98.61%	TIPO 2
15	40% AGR	01/05/19	29/05/19		30.20	15.00	176.71	23904.18	135.27	140	96.62%	TIPO 2
16	0% AGR	13/05/19	20/05/19	7	30.30	15.40	186.27	28615.71	153.63	175	87.79%	TIPO 2
17	0% AGR	13/05/19	20/05/19		30.30	15.30	183.85	27245.12	148.19	175	84.68%	TIPO 2
18	0% AGR	13/05/19	20/05/19		30.50	15.30	183.85	26770.78	145.61	175	83.21%	TIPO 2
19	10% AGR	13/05/19	20/05/19	7	30.30	15.30	183.85	25075.46	136.39	175	77.94%	TIPO 2
20	10% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.20	181.46	24527.37	135.17	175	77.24%	TIPO 2
21	10% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.30	183.85	25038.69	136.19	175	77.82%	TIPO 3
22	20% AGR	13/05/19	20/05/19	7	30.10	15.30	183.85	24758.86	134.67	175	76.95%	TIPO 3
23	20% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.20	181.46	24848.19	136.94	175	78.25%	TIPO 6
24	20% AGR	13/05/19	20/05/19		30.10	15.10	179.08	25408.75	141.89	175	81.08%	TIPO 6
25	30% AGR	13/05/19	20/05/19	7	30.40	15.20	181.46	23738.39	130.82	175	74.75%	TIPO 2
26	30% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.20	181.46	24344.46	134.16	175	76.66%	TIPO 6
27	30% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.20	181.46	24623.90	135.70	175	77.54%	TIPO 6
28	40% AGR	13/05/19	20/05/19	7	30.20	15.30	183.85	22460.69	122.17	175	69.81%	TIPO 5
29	40% AGR	13/05/19	20/05/19		30.30	15.20	181.46	23617.90	130.16	175	74.38%	TIPO 3
30	40% AGR	13/05/19	20/05/19		30.20	15.10	179.08	24024.47	134.16	175	76.66%	TIPO 3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales


 LABORATORIO DE EN-
DE MATERIALES Y CON.

Bach. Elías Felipe Tala Alica
Asistente Responsable de Laboratorio


 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 E.P. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIOS
 JEFATURA


 Mella Maira Zapata Antessana
 Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

SOLICITANTE : Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera
OBRA : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil
UBICACIÓN : Ñaña
ASUNTO : Ruptura de probetas cilíndricas de concreto
EXPEDIENTE N° : RP20190056
RECIBO N° : B100-00020484
FECHA DE EMISIÓN : 10/09/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100 KN - VFD

3. METODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

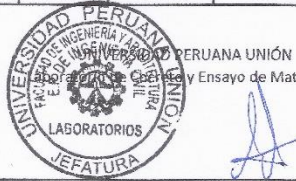
4. RESULTADOS :

N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DIAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	13/05/19	27/05/19	14	30.40	15.30	183.85	32821.22	178.52	175	102.01%	TIPO 3
2	0% AGR	13/05/19	27/05/19		30.50	15.30	183.85	32626.34	177.46	175	101.41%	TIPO 3
3	0% AGR	13/05/19	27/05/19		30.40	15.30	183.85	32650.24	177.59	175	101.48%	TIPO 6
4	10% AGR	13/05/19	27/05/19	14	30.40	15.30	183.85	29174.30	158.68	175	90.67%	TIPO 3
5	10% AGR	13/05/19	27/05/19		30.30	15.30	183.85	28232.97	153.56	175	87.75%	TIPO 3
6	10% AGR	13/05/19	27/05/19		30.30	15.30	183.85	29056.63	158.04	175	90.31%	TIPO 3
7	20% AGR	13/05/19	27/05/19	14	30.20	15.20	181.46	28014.09	154.38	175	88.22%	TIPO 3
8	20% AGR	13/05/19	27/05/19		30.30	15.20	181.46	28222.77	155.53	175	88.88%	TIPO 6
9	20% AGR	13/05/19	27/05/19		30.20	15.30	183.85	29084.39	158.19	175	90.40%	TIPO 6
10	30% AGR	13/05/19	27/05/19	14	30.20	15.20	181.46	29056.57	160.13	175	91.50%	TIPO 3
11	30% AGR	13/05/19	27/05/19		30.20	15.30	183.85	30335.52	165.00	175	94.29%	TIPO 3
12	30% AGR	13/05/19	27/05/19		30.20	15.20	181.46	27877.09	153.63	175	87.79%	TIPO 6
13	40% AGR	13/05/19	27/05/19	14	30.20	15.20	181.46	28952.60	159.56	175	91.18%	TIPO 5
14	40% AGR	13/05/19	27/05/19		30.30	15.20	181.46	28146.92	155.12	175	88.64%	TIPO 3
15	40% AGR	13/05/19	27/05/19		30.30	15.20	181.46	27486.41	151.48	175	86.56%	TIPO 3
16	0% AGR	13/05/19	10/06/19	28	30.40	15.20	181.46	34525.91	190.27	175	108.73%	TIPO 3
17	0% AGR	13/05/19	10/06/19		30.40	15.20	181.46	35465.86	195.45	175	111.69%	TIPO 3
18	0% AGR	13/05/19	10/06/19		30.40	15.20	181.46	34271.86	188.87	175	107.93%	TIPO 3
19	10% AGR	13/05/19	10/06/19	28	30.10	15.30	183.85	30675.83	166.85	175	95.34%	TIPO 3
20	10% AGR	13/05/19	10/06/19		30.20	15.20	181.46	31450.19	173.32	175	99.04%	TIPO2
21	10% AGR	13/05/19	10/06/19		30.10	15.20	181.46	30288.85	166.92	175	95.38%	TIPO2
22	20% AGR	13/05/19	10/06/19	28	30.20	15.20	181.46	31151.14	171.67	175	98.10%	TIPO 3
23	20% AGR	13/05/19	10/06/19		30.20	15.20	181.46	30421.68	167.65	175	95.80%	TIPO 6
24	20% AGR	13/05/19	10/06/19		30.20	15.20	181.46	30287.40	166.91	175	95.38%	TIPO 3
25	30% AGR	13/05/19	10/06/19	28	30.10	15.10	179.08	30294.91	169.17	175	96.67%	TIPO 5
26	30% AGR	13/05/19	10/06/19		30.20	15.10	179.08	29841.84	166.64	175	95.22%	TIPO 6
27	30% AGR	13/05/19	10/06/19		30.10	15.10	179.08	30468.62	170.14	175	97.22%	TIPO 6
28	40% AGR	13/05/19	10/06/19	28	30.10	15.10	179.08	29553.88	165.03	175	94.30%	TIPO 3
29	40% AGR	13/05/19	10/06/19		30.10	15.10	179.08	29933.53	167.15	175	95.51%	TIPO 2
30	40% AGR	13/05/19	10/06/19		30.10	15.10	179.08	29415.99	164.26	175	93.86%	TIPO 3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales



Bach. Elías Felipe Tala Allca
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fiorella Malra Zapata Antesana
 Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

SOLICITANTE : Herván Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera
OBRA : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil
UBICACIÓN : Ñaña
ASUNTO : Roptura de probetas cilíndricas de concreto
EXPEDIENTE N° : RP20190055
RECIBO N° : B100-00020484
FECHA DE EMISIÓN : 10/09/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100 KN - VFD

3. METODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

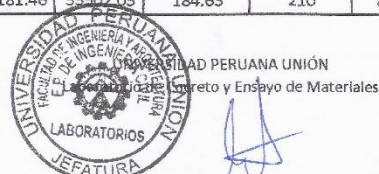
4. RESULTADOS :

N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DÍAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	14/05/19	21/05/19	7	30.40	15.20	181.46	34920.60	192.44	210	91.64%	TIPO 3
2	0% AGR	14/05/19	21/05/19		30.30	15.20	181.46	34514.14	190.20	210	90.57%	TIPO 2
3	0% AGR	14/05/19	21/05/19		30.40	15.20	181.46	32646.93	179.91	210	85.67%	TIPO 3
4	10% AGR	14/05/19	21/05/19	7	30.10	15.20	181.46	31819.90	175.36	210	83.50%	TIPO 2
5	10% AGR	14/05/19	21/05/19		30.30	15.20	181.46	32286.25	177.93	210	84.73%	TIPO 6
6	10% AGR	14/05/19	21/05/19		30.30	15.10	179.08	31604.95	176.49	210	84.04%	TIPO 6
7	20% AGR	14/05/19	21/05/19	7	30.10	15.10	179.08	29052.02	162.23	210	77.25%	TIPO 3
8	20% AGR	14/05/19	21/05/19		30.10	15.20	181.46	29850.00	164.50	210	78.33%	TIPO 2
9	20% AGR	14/05/19	21/05/19		30.20	15.20	181.46	30748.22	169.45	210	80.69%	TIPO 2
10	30% AGR	14/05/19	21/05/19	7	30.20	15.20	181.46	30787.17	169.67	210	80.80%	TIPO 3
11	30% AGR	14/05/19	21/05/19		30.20	15.20	181.46	30366.19	167.35	210	79.69%	TIPO 3
12	30% AGR	14/05/19	21/05/19		30.20	15.10	179.08	30474.74	170.18	210	81.04%	TIPO 3
13	40% AGR	14/05/19	21/05/19	7	30.20	15.20	181.46	29461.54	162.36	210	77.31%	TIPO 3
14	40% AGR	14/05/19	21/05/19		30.10	15.10	179.08	31730.90	177.19	210	84.38%	TIPO 3
15	40% AGR	14/05/19	21/05/19		30.10	15.20	181.46	31245.28	172.19	210	82.00%	TIPO 3
16	0% AGR	14/05/19	28/05/19	14	30.40	15.20	181.46	35062.71	193.23	210	92.01%	TIPO 3
17	0% AGR	14/05/19	28/05/19		30.40	15.20	181.46	35037.31	193.09	210	91.95%	TIPO 3
18	0% AGR	14/05/19	28/05/19		30.40	15.30	183.85	36617.67	199.17	210	94.84%	TIPO 3
19	10% AGR	14/05/19	28/05/19	14	30.30	15.20	181.46	35197.85	193.97	210	92.37%	TIPO 6
20	10% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.30	183.85	35386.72	192.47	210	91.65%	TIPO 3
21	10% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.30	183.85	35656.98	193.94	210	92.35%	TIPO 3
22	20% AGR	14/05/19	28/05/19	14	30.30	15.30	183.85	34121.44	185.59	210	88.38%	TIPO 6
23	20% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.20	181.46	33885.54	186.74	210	88.92%	TIPO 5
24	20% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.30	183.85	34821.92	189.40	210	90.19%	TIPO 3
25	30% AGR	14/05/19	28/05/19	14	30.10	15.10	179.08	32215.92	179.90	210	85.67%	TIPO 3
26	30% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.20	181.46	32016.19	176.44	210	84.02%	TIPO 5
27	30% AGR	14/05/19	28/05/19		30.20	15.10	179.08	32643.92	182.29	210	86.80%	TIPO 6
28	40% AGR	14/05/19	28/05/19	14	30.10	15.10	179.08	32783.31	183.07	210	87.18%	TIPO 3
29	40% AGR	14/05/19	28/05/19		30.30	15.30	183.85	31396.09	170.77	210	81.32%	TIPO 3
30	40% AGR	14/05/19	28/05/19		30.30	15.20	181.46	33502.03	184.63	210	87.92%	TIPO 5

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales



Bach. Elías Felipe Tala Ailca
 Asistente Responsable de Laboratorio



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana
 Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – E.P. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS



SOLICITANTE : Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera
OBRA : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil
UBICACIÓN : Ñaña
ASUNTO : Roptura de probetas cilíndricas de concreto
EXPEDIENTE N° : RP20190054
RECIBO N° : B100-00020484
FECHA DE EMISIÓN : 10/09/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm
2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100 KN - VFD
3. METODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DÍAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	14/05/19	11/06/19	28	30.40	15.30	183.85	41440.64	225.40	210	107.33%	TIPO 3
2	0% AGR	14/05/19	11/06/19		30.30	15.10	179.08	40142.25	224.16	210	106.74%	TIPO 3
3	0% AGR	14/05/19	11/06/19		30.40	15.20	181.46	38931.88	214.55	210	102.17%	TIPO 3
4	10% AGR	14/05/19	11/06/19	28	30.20	15.30	183.85	38613.54	210.02	210	100.01%	TIPO 2
5	10% AGR	14/05/19	11/06/19		30.30	15.20	181.46	39402.42	217.14	210	103.40%	TIPO 3
6	10% AGR	14/05/19	11/06/19		30.20	15.20	181.46	37544.28	206.90	210	98.52%	TIPO 2
7	20% AGR	14/05/19	11/06/19	28	30.10	15.10	179.08	36786.33	205.42	210	97.82%	TIPO 3
8	20% AGR	14/05/19	11/06/19		30.30	15.20	181.46	36545.72	201.40	210	95.90%	TIPO 3
9	20% AGR	14/05/19	11/06/19		30.30	15.20	181.46	36411.44	200.66	210	95.55%	TIPO 3
10	30% AGR	14/05/19	11/06/19	28	30.10	15.10	179.08	35917.86	200.57	210	95.51%	TIPO 3
11	30% AGR	14/05/19	11/06/19		30.20	15.10	179.08	34818.32	194.43	210	92.59%	TIPO 3
12	30% AGR	14/05/19	11/06/19		30.20	15.10	179.08	34132.44	190.60	210	90.76%	TIPO 2
13	40% AGR	14/05/19	11/06/19	28	30.20	15.10	179.08	35994.03	200.99	210	95.71%	TIPO 3
14	40% AGR	14/05/19	11/06/19		30.30	15.20	181.46	35385.41	195.01	210	92.86%	TIPO 5
15	40% AGR	14/05/19	11/06/19		30.20	15.10	179.08	35064.61	195.81	210	93.24%	TIPO 2
16	0% AGR	17/05/19	24/05/19	7	30.30	15.30	183.85	43445.18	236.30	280	84.39%	TIPO 3
17	0% AGR	17/05/19	24/05/19		30.40	15.30	183.85	44677.00	243.00	280	86.79%	TIPO 6
18	0% AGR	17/05/19	24/05/19		30.40	15.30	183.85	43726.48	237.83	280	84.94%	TIPO 2
19	10% AGR	17/05/19	24/05/19	7	30.10	15.30	183.85	42761.38	232.58	280	83.06%	TIPO 3
20	10% AGR	17/05/19	24/05/19		30.30	15.30	183.85	43233.89	235.15	280	83.98%	TIPO 3
21	10% AGR	17/05/19	24/05/19		30.30	15.30	183.85	42969.14	233.71	280	83.47%	TIPO 3
22	20% AGR	17/05/19	24/05/19	7	30.10	15.10	179.08	38650.45	215.83	280	77.08%	TIPO 5
23	20% AGR	17/05/19	24/05/19		30.10	15.20	181.46	39575.98	218.10	280	77.89%	TIPO 6
24	20% AGR	17/05/19	24/05/19		30.20	15.20	181.46	40474.20	223.05	280	79.66%	TIPO 3
25	30% AGR	17/05/19	24/05/19	7	30.20	15.20	181.46	40729.21	224.45	280	80.16%	TIPO 3
26	30% AGR	17/05/19	24/05/19		30.20	15.20	181.46	40308.23	222.13	280	79.33%	TIPO 2
27	30% AGR	17/05/19	24/05/19		30.20	15.10	179.08	40286.40	224.96	280	80.34%	TIPO 3
28	40% AGR	17/05/19	24/05/19	7	30.20	15.20	181.46	39492.65	217.64	280	77.73%	TIPO 5
29	40% AGR	17/05/19	24/05/19		30.10	15.10	179.08	41630.45	232.47	280	83.03%	TIPO 2
30	40% AGR	17/05/19	24/05/19		30.10	15.20	181.46	41276.38	227.47	280	81.24%	TIPO 3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CON.

Bach. Elias Felipe Tala Ailca
 Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales

 LABORATORIOS
 JEFATURA

Ing. Fiorella Maira Zapata Antecana
 Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

SOLICITANTE : Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josías Cabrera Herrera
OBRA : Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil
UBICACIÓN : Ñaña
ASUNTO : Ruptura de probetas cilíndricas de concreto
EXPEDIENTE N° : RP20190053
RECIBO N° : B100-00020484
FECHA DE EMISIÓN : 10/09/2019

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm

2. DE EQUIPO : FORNEY F-1100 KN - VFD

3. METODO DE ENSAYO : ASTM C39, NTP 339.034

4. RESULTADOS :

N°	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DIAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	0% AGR	17/05/19	31/05/19	14	30.40	15.20	181.46	47934.21	264.16	280	94.34%	TIPO 3
2	0% AGR	17/05/19	31/05/19		30.30	15.20	181.46	48785.25	268.85	280	96.02%	TIPO 3
3	0% AGR	17/05/19	31/05/19		30.50	15.20	181.46	49208.04	271.18	280	96.85%	TIPO 6
4	10% AGR	17/05/19	31/05/19	14	30.30	15.20	181.46	46574.56	256.67	280	91.67%	TIPO 2
5	10% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.30	183.85	46913.62	255.17	280	91.13%	TIPO 3
6	10% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.30	183.85	47183.89	256.64	280	91.66%	TIPO 3
7	20% AGR	17/05/19	31/05/19	14	30.30	15.30	183.85	45277.64	246.27	280	87.95%	TIPO 2
8	20% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.20	181.46	44896.39	247.42	280	88.36%	TIPO 2
9	20% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.30	183.85	45978.13	250.08	280	89.31%	TIPO 2
10	30% AGR	17/05/19	31/05/19	14	30.10	15.10	179.08	42635.37	238.08	280	85.03%	TIPO 3
11	30% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.20	181.46	42574.10	234.62	280	83.79%	TIPO 3
12	30% AGR	17/05/19	31/05/19		30.20	15.10	179.08	43063.37	240.47	280	85.88%	TIPO 2
13	40% AGR	17/05/19	31/05/19	14	30.10	15.10	179.08	43199.76	241.23	280	86.15%	TIPO 2
14	40% AGR	17/05/19	31/05/19		30.30	15.30	183.85	42090.30	228.93	280	81.76%	TIPO 3
15	40% AGR	17/05/19	31/05/19		30.30	15.20	181.46	44056.91	242.79	280	86.71%	TIPO 2
16	0% AGR	18/05/19	14/06/19	28	30.20	15.10	179.08	53184.78	296.99	280	106.07%	TIPO 3
17	0% AGR	19/05/19	14/06/19		30.40	15.10	179.08	52919.75	295.51	280	105.54%	TIPO 3
18	0% AGR	20/05/19	14/06/19		30.40	15.20	181.46	55120.02	303.76	280	108.49%	TIPO 2
19	10% AGR	21/05/19	14/06/19	28	30.20	15.40	186.27	51877.98	278.52	280	99.47%	TIPO 2
20	10% AGR	22/05/19	14/06/19		30.30	15.20	181.46	51831.23	285.64	280	102.01%	TIPO 5
21	10% AGR	23/05/19	14/06/19		30.20	15.20	181.46	49973.10	275.40	280	98.36%	TIPO 6
22	20% AGR	24/05/19	14/06/19	28	30.10	15.30	183.85	49831.89	271.04	280	96.80%	TIPO 3
23	20% AGR	25/05/19	14/06/19		30.30	15.20	181.46	48453.16	267.02	280	95.36%	TIPO 3
24	20% AGR	26/05/19	14/06/19		30.30	15.20	181.46	48318.88	266.28	280	95.10%	TIPO 3
25	30% AGR	27/05/19	14/06/19	28	30.10	15.10	179.08	47246.26	263.83	280	94.23%	TIPO 2
26	30% AGR	28/05/19	14/06/19		30.20	15.10	179.08	46146.72	257.69	280	92.03%	TIPO 2
27	30% AGR	29/05/19	14/06/19		30.20	15.10	179.08	45460.85	253.86	280	90.66%	TIPO 2
28	40% AGR	30/05/19	14/06/19	28	30.20	15.10	179.08	47442.29	264.92	280	94.61%	TIPO 2
29	40% AGR	31/05/19	14/06/19		30.30	15.20	181.46	46985.81	258.93	280	92.48%	TIPO 2
30	40% AGR	01/06/19	14/06/19		30.20	15.10	179.08	46512.87	259.73	280	92.76%	TIPO 3

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales



Bach. Elías Felipe Taña Allica
Asistente Responsable de Laboratorio

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales



Ing. Fiorella Maira Zapata Antesana
Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – E.P. INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS								
SOLICITANTE	: Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josias Cabrera Herrera											
OBRA	: Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil											
UBICACIÓN	: Ñaña											
ASUNTO	: Ruptura de probetas cilíndricas de concreto											
EXPEDIENTE N°	: 201900043											
RECIBO N°	: B100-00023327											
FECHA DE EMISIÓN	: 10-10-2019											
1. DE LA MUESTRA	: Consiste en 3 probetas cilíndricas de 15x30 cm											
2. DE EQUIPO	: FORNEY F-1100 KN - VFD											
3. METODO DE ENSAYO	: ASTM C39, NTP 339.034											
4. RESULTADOS												
N° MOLDE	ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (DIAS)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA DIAL (Kg)	RESISTENCIA TESTIGO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA DISEÑO (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ENSAYO									
1	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19	28	30.20	15.20	181.46	24480.55	134.91	140	96.36%	TIPO 3
2	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.10	179.08	24232.92	135.32	140	96.66%	TIPO 2
3	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.10	15.10	179.08	22504.81	125.67	140	89.76%	TIPO 3
4	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.20	181.46	28037.14	154.51	175	88.29%	TIPO 3
5	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.20	181.46	29886.20	164.70	175	94.11%	TIPO 2
6	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.30	15.20	181.46	32143.54	177.14	175	101.22%	TIPO 3
7	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.20	181.46	37304.22	205.58	210	97.90%	TIPO 3
8	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.20	181.46	38813.95	213.90	210	101.86%	TIPO 3
9	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.30	15.10	179.08	39091.08	218.29	210	103.95%	TIPO 3
10	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.40	15.10	179.08	51291.70	286.42	280	102.29%	TIPO 3
11	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.20	15.20	181.46	52459.62	289.10	280	103.25%	TIPO 3
12	10% AGR-CL	10/09/19	08/10/19		30.30	15.20	181.46	53660.88	295.72	280	105.61%	TIPO 2

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Ensayo de Materiales y Prep. De Muestras

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Laboratorio de Ensayo de Materiales y Prep. De Muestras


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CON.
Bach. Elias Felipe Tala Alca
Asistente Responsable de Laboratorio


UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
LABORATORIOS
Ing. Fiorella Miana Zapata Antesana
Jefe de Laboratorio

Notas:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

Anexo K: Estimación de costos para un m3 de concreto con adición de AGR

Tabla 102: Costo del agregado grueso reciclado por cada m3

Agregado grueso reciclado (m3)						
Actividad o Recurso	Unidad	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total	
Transporte de material reciclado	m3	1	10	10		
Chancado y tamizado	m3	1	10	10		30
Transporte de AGR a obra	m3	1	10	10		

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 103: Costo del concreto f'c 140 kg/cm2 (0% AGR)

Costo de Concreto f'c 140 kg/cm2 (0 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	266.46
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.6	40	24	
Agregado grueso reciclado	m3		0	30	0	
Agregado fino	m3		0.75	50	37.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.05	22.5	158.6	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.2	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 104: Costo de concreto f'c: 140 kg/cm2 (10% AGR)

Costo de Concreto f'c 140 kg/cm2 (10 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	265.86
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.54	40	21.6	
Agregado grueso reciclado	m3		0.06	30	1.8	
Agregado fino	m3		0.75	50	37.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.05	22.5	158.625	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 105: Costo de concreto f'c: 140 kg/cm2 (20% AGR)

Costo de Concreto f'c 140 kg/cm2 (20 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	265.26
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.48	40	19.2	
Agregado grueso reciclado	m3		0.12	30	3.6	
Agregado fino	m3		0.75	50	37.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.05	22.5	158.625	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 106: Costo de concreto f'c: 140 kg/cm2 (30% AGR)

Costo de Concreto f'c 140 kg/cm2 (30 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	264.66
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.42	40	16.8	
Agregado grueso reciclado	m3		0.18	30	5.40	
Agregado fino	m3		0.75	50	37.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.05	22.5	158.6255	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 107: Costo de concreto f'c: 140 kg/cm2 (40% AGR)

Costo de Concreto f'c 140 kg/cm2 (40 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	264.06
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.36	40	14.4	
Agregado grueso reciclado	m3		0.24	30	7.2	
Agregado fino	m3		0.75	50	37.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.05	22.5	158.625	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 108: Costo de concreto f'c: 175 kg/cm2 (0%AGR)

Costo de Concreto f'c 175 kg/cm2 (0 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	279.64
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.60	40	24	
Agregado grueso reciclado	m3		0	30	0	
Agregado fino	m3		0.73	50	36.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.68	22.5	172.8	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 109: Costo de concreto f'c: 175 kg/cm2 (10%AGR)

Costo de Concreto f'c 175 kg/cm2 (10 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	279.04
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.54	40	21.60	
Agregado grueso reciclado	m3		0.06	30	1.8	
Agregado fino	m3		0.73	50	36.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.68	22.5	172.8	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 110: Costo de concreto f'c: 175 kg/cm2 (20% AGR)

Costo de Concreto f'c 175 kg/cm2 (20 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	278.44
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.48	40	19.2	
Agregado grueso reciclado	m3		0.12	30	3.60	
Agregado fino	m3		0.73	50	36.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.68	22.5	172.8	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 111: Costo de concreto f'c: 175 kg/cm2 (30% AGR)

Costo de Concreto f'c 175 kg/cm2 (30 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	277.84
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.42	40	16.80	
Agregado grueso reciclado	m3		0.18	30	5.40	
Agregado fino	m3		0.73	50	36.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.68	22.5	172.8	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 112: Costo de concreto f'c: 175 kg/cm2 (40%AGR)

Costo de Concreto f'c 175 kg/cm2 (40 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	277.24
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.36	40	14.40	
Agregado grueso reciclado	m3		0.24	30	7.20	
Agregado fino	m3		0.73	50	36.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		7.68	22.5	172.8	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 113: Costo de concreto f'c: 210 kg/cm2 (0%AGR)

Costo de Concreto f'c 210 kg/cm2 (0 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	300.24
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.6	40	24	
Agregado grueso reciclado	m3		0	30	0	
Agregado fino	m3		0.71	50	35.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		8.64	22.5	194.4	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 114: Costo de concreto f'c: 210 kg/cm2 (10% AGR)

Costo de Concreto f'c 210 kg/cm2 (10 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	299.64
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.54	40	21.60	
Agregado grueso reciclado	m3		0.06	30	1.8	
Agregado fino	m3		0.71	50	35.40	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		8.64	22.5	194.4	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 115: Costo de concreto f'c: 210 kg/cm2 (20% AGR)

Costo de Concreto f'c 210 kg/cm2 (20 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	299.04
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.48	40	19.2	
Agregado grueso reciclado	m3		0.12	30	3.60	
Agregado fino	m3		0.71	50	35.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		8.64	22.5	194.4	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 116: Costo de concreto f'c: 210 kg/cm2 (30%AGR)

Costo de Concreto f'c 210 kg/cm2 (30 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	298.44
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.42	40	16.80	
Agregado grueso reciclado	m3		0.18	30	5.4	
Agregado fino	m3		0.71	50	35.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		8.64	22.5	194.4	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 117: Costo de concreto f'c: 210 kg/cm2 (40%AGR)

Costo de Concreto f'c 210 kg/cm2 (40 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	297.84
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.36	40	14.4	
Agregado grueso reciclado	m3		0.24	30	7.2	
Agregado fino	m3		0.71	50	35.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		8.64	22.5	194.4	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 118: Costo de concreto f'c: 280 kg/cm2 (0%AGR)

Costo de Concreto f'c 280 kg/cm2 (0 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	336.71
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.60	40	24	
Agregado grueso reciclado	m3		0	30	0	
Agregado fino	m3		0.67	50	33.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		10.35	22.5	232.88	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 119: Costo de concreto f'c: 280 kg/cm2 (10%AGR)

Costo de Concreto f'c 280 kg/cm2 (10 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	336.11
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.54	40	21.60	
Agregado grueso reciclado	m3		0.06	30	1.80	
Agregado fino	m3		0.67	50	33.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		10.35	22.5	232.88	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 120: Costo de concreto f'c: 280 kg/cm2 (20%AGR)

Costo de Concreto f'c 280 kg/cm2 (20 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	335.51
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.48	40	19.2	
Agregado grueso reciclado	m3		0.12	30	3.60	
Agregado fino	m3		0.67	50	33.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		10.35	22.5	232.88	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 121: Costo de concreto f'c: 280 kg/cm2 (30%AGR)

Costo de Concreto f'c 280 kg/cm2 (30 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	334.91
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.42	40	16.80	
Agregado grueso reciclado	m3		0.18	30	5.40	
Agregado fino	m3		0.67	50	33.5	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		10.35	22.5	232.88	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 122: Costo de concreto f'c: 280 kg/cm2 (40%AGR)

Costo de Concreto f'c 280 kg/cm2 (40 % AGR)						
Rendimiento	10	m3/DIA				
Actividad o Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial	Precio Total / m3
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.800	17.51	14.01	334.31
Peón	hh	2	1.600	15.78	25.2	
Materiales						
Agregado grueso natural	m3		0.36	40	14.40	
Agregado grueso reciclado	m3		0.24	30	7.20	
Agregado fino	m3		0.67	50	33.50	
Cemento Sol portland Tipo 1	Bol		10.35	22.5	232.88	
Agua	Lt		0.211	5.68	1.20	
Herramientas y equipos						
Mezcladora de concreto (Trompo 8HP - 9 P3)	hm	1	0.800	3.92	3.9	
Herramientas manuales	hm		5%	39.3	1.96	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo L: Panel fotográfico

a) Extracción del agregado grueso reciclado



Figura 55: Almacenamiento de probetas recicladas de concreto



Figura 56: Trituración manual de probetas recicladas de concreto



Figura 57: Trituración manual del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo



Figura 58: Agregado grueso reciclado de concreto – triturado



Figura 59: Agregado grueso reciclado de cascode de ladrillo - triturado

b) Propiedades físicas y mecánicas de los agregados



Figura 60: Análisis granulométrico mecánico del agregado grueso natural



Figura 61: Presentación de la granulometría del agregado grueso natural



Figura 62: Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 63: Presentación de la granulometría del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 64: Presentación de la granulometría del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo



Figura 65: Análisis granulométrico mecánico del agregado fino



Figura 66: Presentación de la granulometría del agregado fino

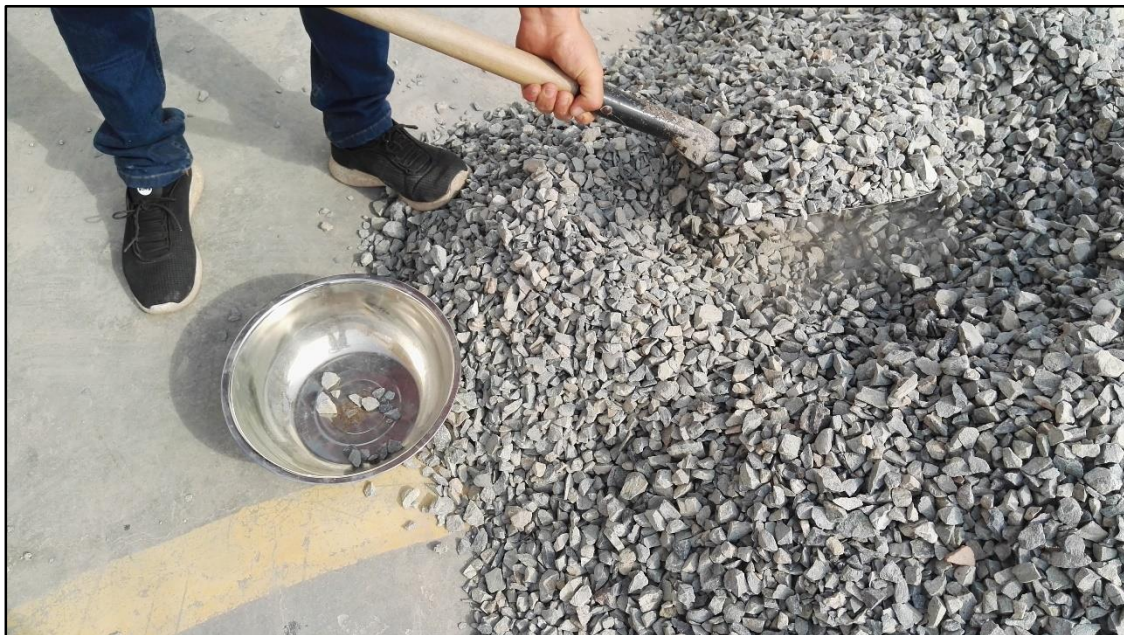


Figura 67: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso natural



Figura 68: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso natural



Figura 69: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 70: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo



Figura 71: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 72: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado grueso reciclado de casquete de ladrillo



Figura 73: Extracción de muestra para contenido de humedad del agregado fino



Figura 74: Muestras representativas para el contenido de humedad del agregado fino



Figura 75: Resistencia al desgaste del agregado grueso natural (Abrasión - Los Ángeles)



Figura 76: Resistencia al desgaste del agregado grueso reciclado (Abrasión - Los Ángeles)



Figura 77: Ensayo de peso unitario del agregado grueso natural



Figura 78: Ensayo de peso unitario del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 79: Ensayo de peso unitario del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo



Figura 80: Ensayo de peso unitario del agregado fino



Figura 81: Ensayo de peso específico del agregado grueso natural



Figura 82: Ensayo de peso específico del agregado grueso reciclado de concreto



Figura 83: Ensayo de peso específico del agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo



Figura 84: Ensayo de peso específico del agregado fino

c) Probetas de concreto y ensayo a compresión axial



Figura 85: Elaboración de probetas de concreto



Figura 86: Control de calidad – cono de Abrams (Slump)



Figura 87: Curado por inmersión en probetas de concreto



Figura 88: Toma de datos para el ensayo de resistencia a la compresión axial



Figura 89: Ensayos de resistencia a la compresión axial en probetas de concreto