

Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente**

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**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**

Tesis presentada por:

Cáceres Vilca Edson Alberto

Valencia Salas Victor André

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Díaz Galdós Miguel Renato

Arequipa- Perú

2018

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

⁴
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/cm^2 , EN LA CIUDAD

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

DE ALEQUIA⁴

EDSON ALBERTO CACENER VILCA

VÍCTOR ANDRÉ VALENZUELA SALAS

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO

OBSERVACIONES:

—
—
—

Arequipa, 19 de SEPTIEMBRE del 2018

1949 2778 1938

DEDICATORIA

Dios

Por brindarme salud, sabiduría, fortaleza, y fe en cada momento de mi vida y haberme permitido llegar hasta aquí.

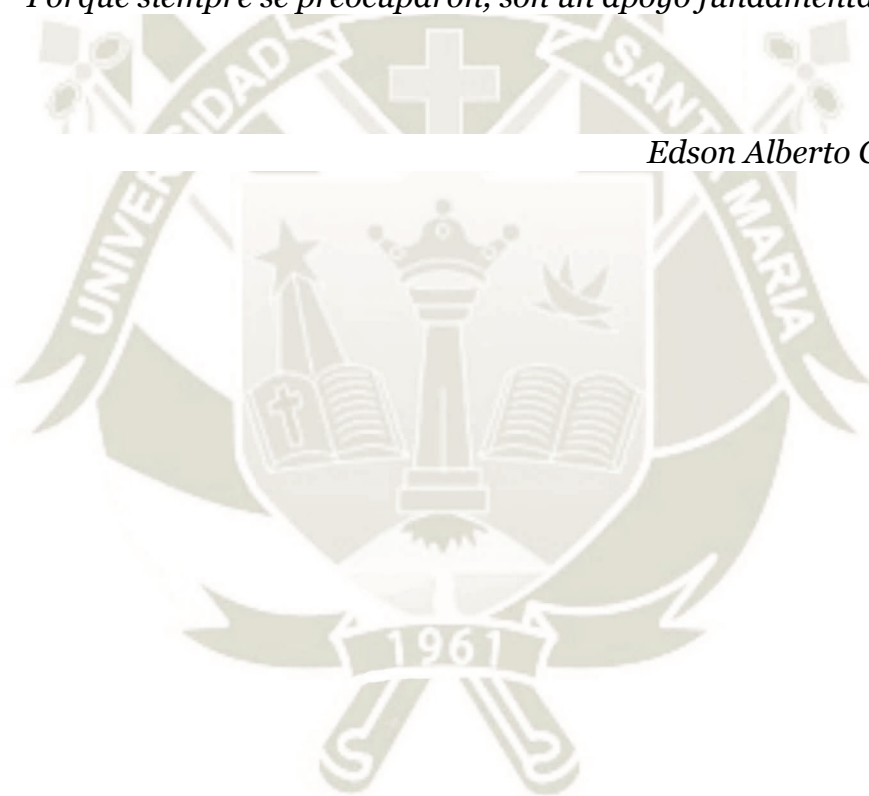
Mis padres y hermano

Por cada enseñanza impartida. Por el apoyo que siempre me dieron. Y el amor que me dan. Todos mis logros son gracias a ustedes.

Mi familia

Porque siempre se preocuparon, son un apoyo fundamental en mi vida.

Edson Alberto Cáceres Vilca



AGRADECIMIENTO

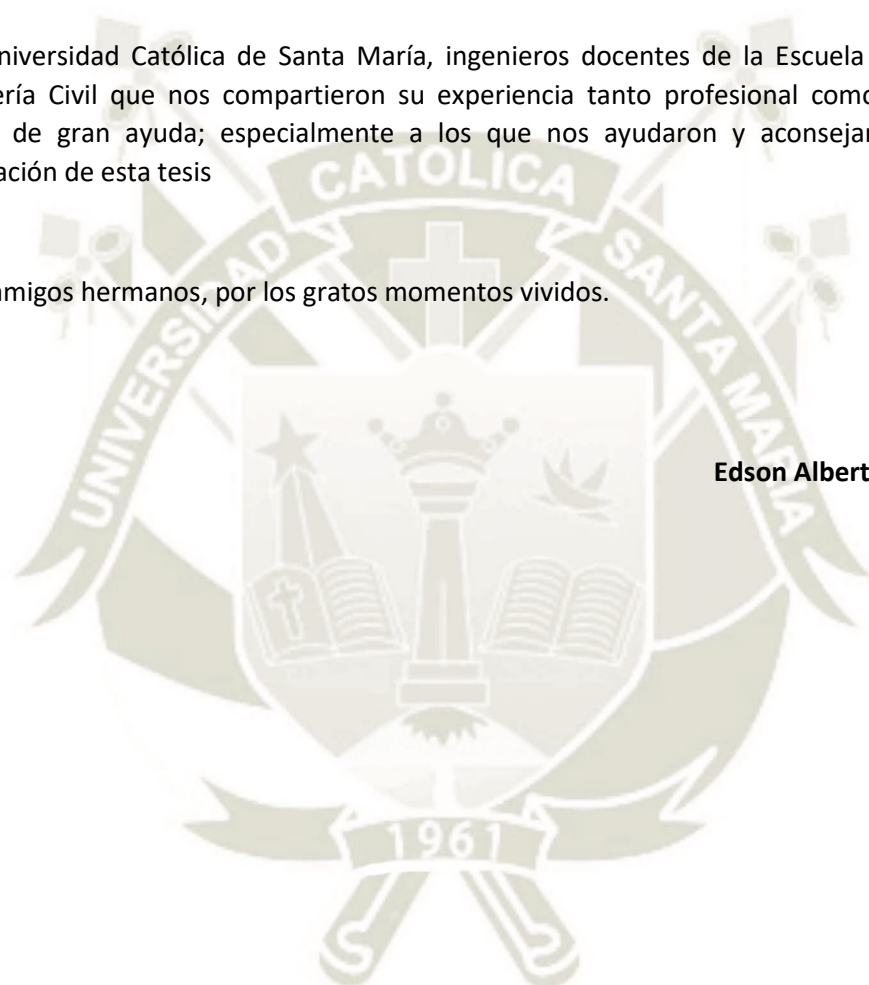
Agradezco a Dios y a la Virgen de Chapí por ayudarme en los momentos más difíciles.

A mi familia, especialmente a mis padres Alberto y Dione, gracias por todo el apoyo brindado. Apoyándome en cada una de mis metas, y por buscar en cada instante lo mejor para mí.

A la Universidad Católica de Santa María, ingenieros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que nos compartieron su experiencia tanto profesional como personal que fueron de gran ayuda; especialmente a los que nos ayudaron y aconsejaron durante la elaboración de esta tesis

A mis amigos hermanos, por los gratos momentos vividos.

Edson Alberto Cáceres Vilca



DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

A mis padres

Victor y Mercedes, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo es por y para ustedes.

A mis hermanos

José y Eduardo, y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de mi carrera universitaria

Victor André Valencia Salas



AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser los principales impulsores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí; gracias por cada consejo y sus palabras que me guiaron a lo largo de mi vida

A mis hermanos que cada día me dan la oportunidad de aprender y disfrutar de la vida al lado de ellos

A la Universidad Católica Santa María, por todas vivencias, experiencias y conocimiento que me brindó a lo largo de estos años de la carrera universitaria.

A mi Asesor Ing. Renato Díaz, por todo el apoyo y conocimiento brindado a lo largo de esta investigación.

A todos los docentes de la Universidad Católica de Santa María, gracias a ellos por todo el conocimiento brindado, siempre estaré orgulloso y agradecido de haber sido su alumno.

A todos mis amigos que hicieron de la universidad uno de los mejores recuerdos que llevare siempre en mi corazón.

Gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Victor André Valencia Salas

INTRODUCCION

En todo el mundo, la industria de la construcción es la mayor consumidora de recursos naturales, como lo son los agregados utilizados en la preparación de concretos. Anualmente se producen cerca de 11 billones de toneladas de concreto, empleando para ello alrededor de 8 billones de toneladas de agregados naturales, ya que más de las tres cuartas partes del volumen de concreto está compuesto por agregados. Paralelamente, la cantidad de concreto demolido de edificios antiguos o reconstrucción está aumentando rápidamente en el mundo, al mismo tiempo que el costo del vertido está aumentando debido a la falta de disponibilidad de un sitio apropiado cerca.

Una cantidad tan grande de consumo de agregados naturales y vertederos de concreto residual sería responsable de la destrucción del medio ambiente. Por lo tanto, debe darse importancia a la reutilización efectiva de los productos de desecho de demolición, lo que también puede conducir a la conservación de los recursos naturales no renovables.

Una manera efectiva de reutilizar estos residuos es reinsertándolos de nuevo en el ciclo de vida de la construcción a través del reciclaje, obteniendo así nuevos materiales para la construcción. En los últimos años, diversos estudios internacionales han demostrado que las propiedades físicas y mecánicas del concreto constituido por adiciones racionales de agregado de concreto reciclado en su mezcla garantizan la utilización adecuada de este material.

El RILEM recomienda continuar con estos estudios para ampliar y profundizar en el conocimiento de estos materiales, los cuales por su naturaleza son de características muy diversas en cada región y es así como cada país deberá hacer esfuerzos enfocados al uso de los materiales reciclados atendiendo a su realidad y necesidades particulares. De allí la importancia de estudiar los diferentes materiales resultantes del reciclaje de los residuos de cada región, atendiendo a su realidad tecnológica y económica al estudiar materia prima heterogénea.

En nuestro país, lamentablemente, los Residuos de Construcción y Demolición no son adecuadamente valorados y muchas veces se descartan como basura o, en el mejor de los casos, se utilizan para relleno; no es el caso de otros países como EEUU, México o Brasil, donde se realizan estudios con el objetivo de lograr el reciclado de los residuos de construcción y así hacer un uso responsable de sus recursos; así mismo, en varios países de Europa ya se manejan guías para regular la incorporación de los agregados de concreto reciclado en mezclas como reemplazo parcial o total del agregado natural. Todo esto muestra que en Perú estamos atrasados en este sentido porque aún no aprovechamos estos recursos

En la ciudad de Arequipa se genera gran cantidad de residuos de concreto de demolición, producto de la actividad de la construcción, que por su procedencia van a generar diferentes tipos de agregados reciclados producto del reciclaje de concreto; lamentablemente el uso del concreto de demolición se ha restringido a aplicaciones de menor grado debido a la falta de normas y leyes que regulen la aplicación de dichos agregados, así como pautas en su dosificación que logren brindar seguridad en su aplicación, de ahí la necesidad de caracterizar el comportamiento de los distintos tipos de agregados provenientes de concreto reciclado, y determinar su influencia en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido.

En consecuencia, consideramos de importancia iniciar el desarrollo de experiencias orientadas a la utilización de agregados provenientes de concreto reciclado en la elaboración de concreto; con el propósito de intensificar las aplicaciones del concreto reciclado en la ciudad de Arequipa.



RESUMEN

La presente investigación lleva por nombre “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”, y tiene por objetivo determinar la influencia del tipo y el tamaño del agregado de concreto reciclado en las propiedades del concreto, usando distintos niveles de reemplazo del agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado.

Con el objetivo de estudiar diferentes tipos de agregados de concreto reciclado, se fabricaron 3 tipos de concreto primario de 150, 250 y 350 kg/cm², utilizando el método de diseño del comité ACI 211. Para cada una de las mezclas anteriores, se realizaron 300 probetas, luego de 28 días se procedió a triturar cada probeta, para obtener dos tamaños de agregado reciclado de cada tipo de concreto primario, siendo los tamaños seleccionados de 3/4" y 1/2"

Posteriormente dichos agregados fueron usados en sustitución del 25%, 50% y 100% del agregado grueso, en diseños para las resistencias 175, 210 y 280 kg/cm², siendo un total de 54 mezclas de concreto reciclado y 6 mezclas de concreto patrón para hacer las comparaciones respectivas

Para cada diseño planteado se realizará doce probetas y nueve especímenes cúbicos. El método de diseño a utilizar será el del comité ACI 211 de diseño de mezcla. Se utilizará cemento Yura tipo IP, con agregados provenientes de la cantera La Poderosa para todas las mezclas, con el propósito de mantener constante dichos parámetros.

El asentamiento, la exudación, la temperatura y el peso unitario se registraron para el concreto fresco. Las resistencias a compresión, tracción y desgaste también se midieron para el concreto endurecido.

Finalmente se procedió a realizar un análisis costo-beneficio para cada diseño planteado, teniendo en cuenta el tipo, tamaño y nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado y así poder determinar la viabilidad de aplicación de dichos agregados en la ciudad de Arequipa.

Este trabajo presenta los resultados de una investigación elaborada en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María, y el triturado del concreto se realizó en el Parque Industrial de Rio Seco de la Universidad Nacional de San Agustín.

Palabras clave: concreto reciclado, agregados, diseño de mezclas

ABSTRACT

This research is entitled "Study of the influence of the type and percentage of replacement of recycled material in concrete properties, for text designs 175, 210 and 280 kg / cm², in the city of Arequipa", and aims to determine the influence of the type and size of the concrete aggregate on the properties of the concrete, using different levels of replacement of the coarse medium by the aggregate of recycled concrete

In order to study different types of aggregates of recycled concrete, 3 types of primary concrete of 150, 250 and 350 kg / cm² were manufactured, using the design method of the ACI 211 committee. For each of the above mixtures, was made 300 test pieces, after 28 days a crusher was processed each test piece, to obtain the size of each concrete size, with the selected measurements of 3/4 "and 1/2"

Subsequently said aggregates were used to replace 25%, 50% and 100% of the coarse aggregate, in designs for the 175, 210 and 280 kg/cm² resistors, with a total of 54 mixtures of recycled concrete and 6 concrete mixtures pattern to make the respective comparisons

For each proposed design, twelve specimens and nine cubic specimens were made. The design method is the ACI 211 mix design committee. Yura type IP cement will be used, with aggregates from the La Poderosa quarry for all mixtures, over time in the eyes of all parameters.

Settlement, exhumation, temperature and unit weight were recorded for fresh concrete. Resistance to compression, traction and wear were also measured for hardened concrete.

Finally, a cost-benefit analysis was carried out for each proposed design, taking into account the type, size and replacement level, in order to determine the viability of the application of said aggregates in the city of Arequipa.

This paper presents the results of a research carried out in the Civil Engineering Laboratory of the Catholic University of Santa María, and the crushing of the concrete was carried out in the Rio Seco Industrial Park of the National University of San Agustín.

Keywords: recycled concrete, aggregates, mix design

ÍNDICE

INTRODUCCION

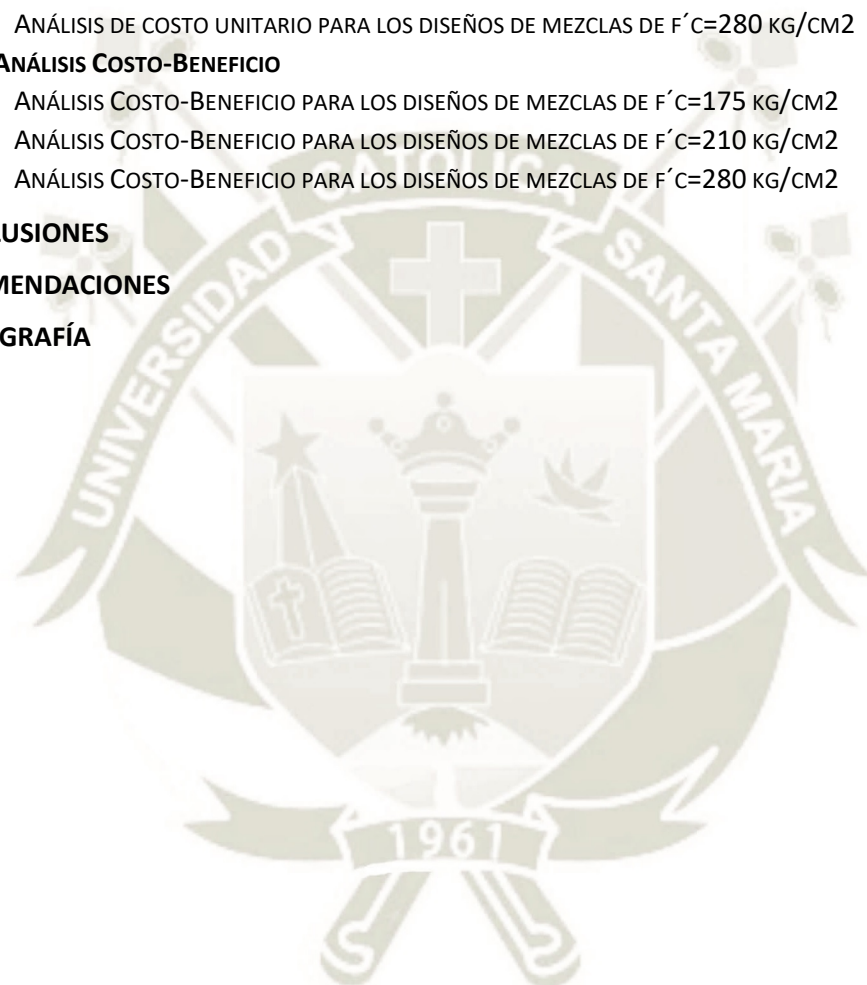
RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA	1
1.3. ANTECEDENTES	1
1.4. OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. HIPÓTESIS	3
1.6. VARIABLES O INDICADORES	3
1.7. ALCANCE	3
1.8. MARCO METODOLÓGICO	4
1.8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	4
1.8.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.8.3. MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO Y NIVELES DE LA VARIABLE DE ESTUDIO	5
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	6
2.2. RECICLADO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	6
2.3. GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	7
2.4. APLICACIONES DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	8
2.4.1. COMO AGREGADO	8
2.4.2. COMO BLOQUES EN SU FORMA ORIGINAL	9
2.5. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	9
2.6. CLASIFICACIONES INTERNACIONALES DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN	10
2.7. NORMATIVAS INTERNACIONALES PARA EL USO DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	12
2.8. NORMA TÉCNICA PERUANA 400.050	13
3. CAPÍTULO III: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	16
3.1. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO	16
3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO	16
3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.	16
3.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD	18
3.1.4. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	18
3.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	20
3.1.6. IMPUREZAS ORGÁNICAS	21
3.2. PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO	22
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO	22
3.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	22
3.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD	25
3.2.4. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	26
3.2.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	28
3.2.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE	30

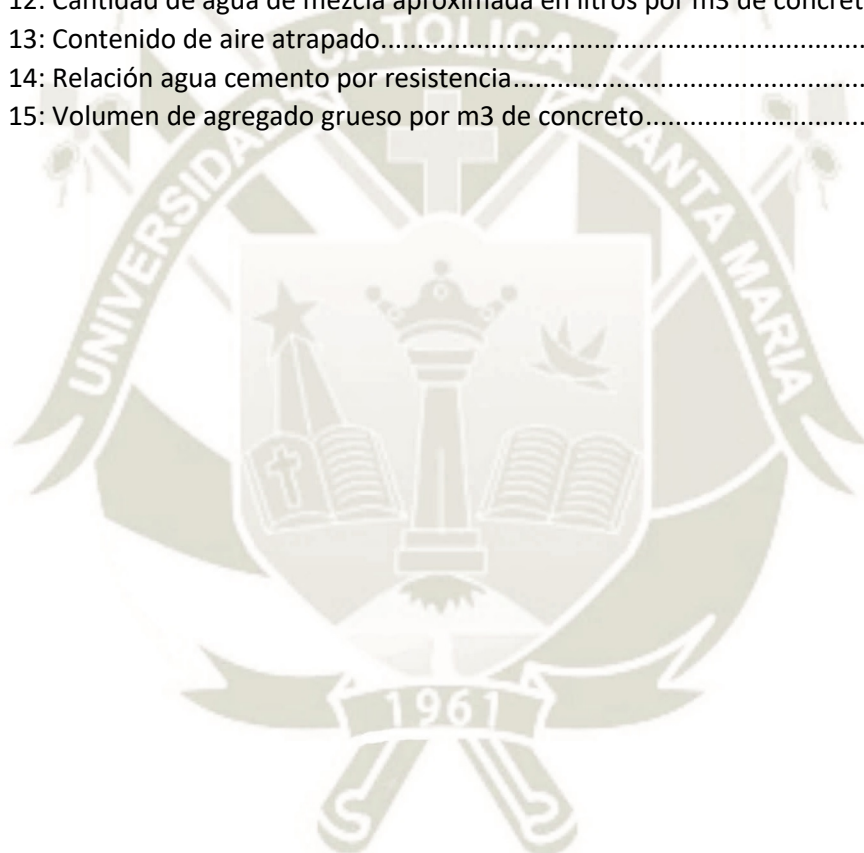
3.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO	31
3.3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	31
3.3.2. CONTENIDO DE HUMEDAD	38
3.3.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO	40
3.3.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	43
3.3.5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE	46
3.4. TABLA RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	47
4. CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS	48
4.1. MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI	48
4.2. CÁLCULOS Y DISEÑOS DE LAS VARIABLES A ANALIZAR	50
4.2.1. DISEÑO DE MEZCLAS PARA $F'C=175$ KG/CM ²	50
4.2.2. DISEÑO DE MEZCLAS PARA $F'C=210$ KG/CM ²	70
4.2.3. DISEÑO DE MEZCLAS PARA $F'C=280$ KG/CM ²	90
4.3. RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA	110
4.3.1. TABLA RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS $F'C: 175$ KG/CM ²	110
4.3.2. TABLA RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS $F'C: 210$ KG/CM ²	111
4.3.3. TABLA RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS $F'C: 280$ KG/CM ²	112
5. CAPÍTULO V: PROPIEDADES DEL CONCRETO	113
5.1. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	113
5.1.1. PESO UNITARIO	113
5.1.2. ASENTAMIENTO	115
5.1.3. EXUDACIÓN	117
5.1.4. TEMPERATURA	124
5.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	126
5.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	126
5.2.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	148
5.2.3. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	158
6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS	161
6.1. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	161
6.1.1. GRANULOMETRÍA	161
6.1.2. MÓDULO DE FINEZA	163
6.1.3. PESO ESPECÍFICO	163
6.1.4. PORCENTAJE ABSORCIÓN	164
6.1.5. PESO UNITARIO SUELTO	165
6.1.6. PESO UNITARIO COMPACTADO	165
6.1.7. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	166
6.2. DISEÑO DE MEZCLAS	167
6.2.1. AGREGADO GRUESO	167
6.2.2. AGREGADO RECICLADO	168
6.2.3. AGREGADO FINO	170
6.2.4. AGUA	172
6.3. CONCRETO EN ESTADO FRESCO	174
6.3.1. ASENTAMIENTO	174
6.3.2. PESO UNITARIO	177
6.3.3. TEMPERATURA	180
6.3.4. EXUDACIÓN	182

6.4. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	185
6.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	185
6.4.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	197
6.4.3. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	200
7. CAPITULO VII: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	203
7.1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	203
7.1.1. COSTO DE HABILITACIÓN DEL AGREGADO RECICLADO	203
7.1.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=175$ KG/CM ²	204
7.1.3. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=210$ KG/CM ²	207
7.1.4. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=280$ KG/CM ²	210
7.2. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	213
7.2.1. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=175$ KG/CM ²	213
7.2.2. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=210$ KG/CM ²	215
7.2.3. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE $F'c=280$ KG/CM ²	217
CONCLUSIONES	220
RECOMENDACIONES	226
BIBLIOGRAFÍA	227



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Variables de estudio	4
Cuadro 2: Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de estudio	5
Cuadro 3: Datos sobre recuperación de RCD	7
Cuadro 4 Proceso de Producción del Agregado Reciclado	10
Cuadro 5: Clasificación de los residuos de la construcción y demolición	11
Cuadro 6: Normativas internacionales para el uso de los agregados reciclados.....	13
Cuadro 7: Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la construcción.....	14
Cuadro 8: Opciones de aprovechamiento de los Residuos de la Actividad de la Construcción .	14
Cuadro 9: Obtención del granulado reciclado en función del uso previsto.....	15
Cuadro 10: Características del agregado fino	16
Cuadro 11: Cuadro de Codificación para los Agregados Reciclados	31
Cuadro 12: Cantidad de agua de mezcla aproximada en litros por m ³ de concreto.....	48
Cuadro 13: Contenido de aire atrapado.....	48
Cuadro 14: Relación agua cemento por resistencia.....	48
Cuadro 15: Volumen de agregado grueso por m ³ de concreto.....	49



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría del Agregado Fino	17
Tabla 2: Contenido de humedad del Agregado Fino.....	18
Tabla 3: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.....	19
Tabla 4: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.....	19
Tabla 5: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino	21
Tabla 6: Contenido de Impurezas del Agregado Fino	21
Tabla 7: Características del Agregado Grueso.....	22
Tabla 8: Granulometría del Agregado Grueso de 3/4"	23
Tabla 9: Granulometría del Agregado Grueso de 1/2"	24
Tabla 10: Contenido de Humedad del Agregado Grueso de 3/4"	25
Tabla 11: Contenido de Humedad del Agregado Grueso de 1/2"	25
Tabla 12: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 3/4"	27
Tabla 13: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso de 3/4"	27
Tabla 14: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"	27
Tabla 15: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso de 1/2"	27
Tabla 16: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de 3/4"	29
Tabla 17: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de 1/2"	29
Tabla 18: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso	30
Tabla 19: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	32
Tabla 20: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	33
Tabla 21: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	34
Tabla 22: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	35
Tabla 23: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	36
Tabla 24: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	37
Tabla 25: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	38
Tabla 26: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	38
Tabla 27: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	38
Tabla 28: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	39
Tabla 29: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	39
Tabla 30: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	39
Tabla 31: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	40
Tabla 32: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	40
Tabla 33: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	40
Tabla 34: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	40
Tabla 35: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	41
Tabla 36: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	41
Tabla 37: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	41
Tabla 38: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	41
Tabla 39: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	42
Tabla 40: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	42
Tabla 41: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	42
Tabla 42: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	42
Tabla 43: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	43
Tabla 44: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	43
Tabla 45: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	44
Tabla 46: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	44

Tabla 47: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	45
Tabla 48: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	45
Tabla 49: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo I	46
Tabla 50: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo II	46
Tabla 51: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo III	46
Tabla 52: Tabla Resumen de las Propiedades de los Agregados.....	47
Tabla 53: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 175 kg/cm ²	110
Tabla 54: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 210 kg/cm ²	111
Tabla 55: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 280 kg/cm ²	112
Tabla 56: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	113
Tabla 57: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	114
Tabla 58: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	115
Tabla 59: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	116
Tabla 60: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	116
Tabla 61: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	117
Tabla 62: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	118
Tabla 63: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	119
Tabla 64: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	120
Tabla 65: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	121
Tabla 66: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	122
Tabla 67: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	123
Tabla 68: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	124
Tabla 69: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	125
Tabla 70: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	125
Tabla 71: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	133
Tabla 72: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	140
Tabla 73: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	147
Tabla 74: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	151
Tabla 75: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	154
Tabla 76: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	157
Tabla 77: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	159
Tabla 78: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	159
Tabla 79: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	160
Tabla 80: Costo de Habilitación del Agregado Reciclado	203
Tabla 81: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	206
Tabla 82: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	209
Tabla 83: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	212
Tabla 84: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c$ =175 kg/cm ²	213
Tabla 85: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c$ =210 kg/cm ²	215
Tabla 86: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c$ =280 kg/cm ²	217

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Jerarquía de procesos de gestión de los residuos	7
Gráfica 2: Proceso de producción de los agregados reciclados	10
Gráfica 3: Diagrama de flujo para la obtención del agregado de concreto reciclado.....	15
Gráfica 4: Granulometría del agregado fino	17
Gráfica 5: Granulometría del Agregado Grueso de 3/4".....	23
Gráfica 6: Granulometría del Agregado Grueso de 1/2".....	24
Gráfica 7: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"	32
Gráfica 8: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"	33
Gráfica 9: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"	34
Gráfica 10: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"	35
Gráfica 11: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"	36
Gráfica 12: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"	37
Gráfica 13: Granulometría de los agregados Patrón y Reciclados de 3/4"	161
Gráfica 14: Granulometría de los agregados Patrón y Reciclados de 1/2"	162
Gráfica 15: Módulo de fineza de los agregados Patrón y Reciclados.....	163
Gráfica 16: Peso específico de los agregados Patrón y Reciclados	163
Gráfica 17: Porcentaje de absorción de los agregados Patrón y Reciclados.....	164
Gráfica 18: Peso Unitario Suelto de los agregados Patrón y Reciclados.....	165
Gráfica 19: Peso Unitario Compactado de los agregados Patrón y Reciclados	165
Gráfica 20: Resistencia a la abrasión de los agregados Patrón y Reciclados	166
Gráfica 21: Agregado grueso - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	167
Gráfica 22: Agregado grueso - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	167
Gráfica 23: Agregado grueso - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	168
Gráfica 24: Agregado reciclado - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	168
Gráfica 25: Agregado reciclado - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	169
Gráfica 26: Agregado reciclado - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	169
Gráfica 27: Agregado fino - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	170
Gráfica 28: Agregado fino - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	171
Gráfica 29: Agregado fino - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	171
Gráfica 30: Agua - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	172
Gráfica 31: Agua - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	173
Gráfica 32: Agua - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	173
Gráfica 33: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	174
Gráfica 34: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	175
Gráfica 35: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	176
Gráfica 36: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	177
Gráfica 37: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	178
Gráfica 38: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	179
Gráfica 39: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	180
Gráfica 40: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	180
Gráfica 41: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	181
Gráfica 42: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	182
Gráfica 43: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	183
Gráfica 44: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	184
Gráfica 45: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	185
Gráfica 46: Evolución de la resistencia a la compresión - 175 kg/cm^2 - 25%	186

Gráfica 47: Evolución de la resistencia a la compresión - 175 kg/cm ² - 50%	187
Gráfica 48: Evolución de la resistencia a la compresión - 175 kg/cm ² - 100%	188
Gráfica 49: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm ²	189
Gráfica 50: Evolución de la resistencia a la compresión - 210 kg/cm ² - 25%	190
Gráfica 51: Evolución de la resistencia a la compresión - 210 kg/cm ² - 50%	191
Gráfica 52: Evolución de la resistencia a la compresión - 210 kg/cm ² - 100%	192
Gráfica 53: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm ²	193
Gráfica 54: Evolución de la resistencia a la compresión - 280 kg/cm ² - 25%	194
Gráfica 55: Evolución de la resistencia a la compresión - 280 kg/cm ² - 50%	195
Gráfica 56: Evolución de la resistencia a la compresión - 280 kg/cm ² - 100%	196
Gráfica 57: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=175$ kg/cm ²	197
Gráfica 58: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm ²	198
Gráfica 59: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm ²	199
Gráfica 60: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=175$ kg/cm ²	200
Gráfica 61: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm ²	201
Gráfica 62: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm ²	202
Gráfica 63: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=175$ kg/cm ²	206
Gráfica 64: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=210$ kg/cm ²	209
Gráfica 65: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=280$ kg/cm ²	212
Gráfica 66: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=175$ kg/cm ² de 1/2"	214
Gráfica 67: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=175$ kg/cm ² de 3/4"	214
Gráfica 68: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=210$ kg/cm ² de 1/2"	216
Gráfica 69: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=210$ kg/cm ² de 3/4"	216
Gráfica 70: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=280$ kg/cm ² de 1/2"	218
Gráfica 71: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=280$ kg/cm ² de 3/4"	218

LISTA DE ECUACIONES

(1) Contenido de humedad del agregado fino	18
(2) Peso unitario suelto del agregado fino	19
(3) Peso unitario compactado del agregado fino	19
(4) Peso específico del agregado fino.....	20
(5) Peso específico de la masa superficialmente seca del agregado fino	20
(6) Peso específico aparente del agregado fino	20
(7) Porcentaje de absorcion del agregado fino	20
(8) Contenido de humedad del agregado grueso	25
(9) Peso unitario suelto del agregado gruesp	26
(10) Peso unitario compactado del agregado grueso	26
(11) Peso específico del agregado grueso	28
(12) Peso específico de la masa superficialmente seca del agregado grueso.....	28
(13) Peso específico aparente del agregado grueso	28
(14) Porcentaje de absorción del agregado grueso	28
(15) Resistencia al desgaste del agregado grueso.....	30
(16) Exudación por unidad de área	117
(17) Exudacion en porcentaje	117
(18) Volumen de agua en el Molde	117
(19) Resistencia a la compresión del concreto.....	126
(20) Resistencia a la tracción del concreto.....	148
(21) Resistencia al desgaste del concreto	158

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

En la industria de la construcción se vienen investigando y formulando distintas formas de reutilizar los residuos de construcción para lograr una forma alternativa de aprovechamiento de este material. Los agregados provenientes de concreto de demolición son una alternativa para solucionar en parte estos problemas, en la ciudad de Arequipa existe gran cantidad de concreto dañado que se genera a partir de la actividad de la construcción y demolición, esta situación genera una gran cantidad de materia prima para ser reutilizada en nuevas estructuras, pero no existe un estudio donde se trate de caracterizar el comportamiento de los distintos tipos de agregados provenientes del concreto de demolición, y determinar su influencia en las propiedades del concreto.

1.2. Desarrollo de la problemática

En la ciudad de Arequipa se genera gran cantidad de residuos de concreto de demolición, producto de la actividad de la construcción, que por su procedencia van a generar diferentes tipos de agregados reciclados producto del reciclaje de concreto; lamentablemente el uso del concreto de demolición se ha restringido a aplicaciones de menor grado debido a la falta de normas y leyes que regulen la aplicación de dichos agregados, así como pautas en su dosificación que logren brindar seguridad en su aplicación, de ahí la necesidad de caracterizar el comportamiento de los distintos tipos de agregados provenientes de concreto reciclado, y determinar su influencia en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido.

Es por lo cual con la presente tesis se busca hacer un análisis sobre la influencia del tipo y el tamaño del agregado reciclado en las propiedades del concreto, usando distintos niveles de reemplazo del agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado, y así conocer las ventajas y desventajas que ofrecen los distintos tipos de agregados de concreto reciclado y proporcionar criterios para la utilización de estos agregados en el concreto, además de realizar un análisis costo-beneficio para ver la viabilidad de su aplicación

1.3. Antecedentes

Erick Christian Paredes Ruelas, en su tesis “Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto”, realizada en la Universidad Nacional del Altiplano en el año 2015, desarrolla un trabajo cuyo objetivo es evaluar las propiedades del concreto fresco y endurecido elaborado con pavimento rígido reciclado y determinar su potencial de uso. Para esto elabora concretos con reemplazos del 0%, 20%, 40% y 60% del agregado grueso natural por el agregado reciclado del pavimento rígido de tamaño nominal máximo de $\frac{3}{4}$ ", ensayando diseños para 4 resistencia 140, 175, 210 y 245 kg/cm², evaluando las propiedades en estado fresco de asentamiento, exudación y temperatura, y para el estado endurecido ensaya la resistencia a la compresión a los 28 días usando un curado normal

Los resultados obtenidos mostraron que las propiedades del concreto fresco fueron similares en los grupos patrón y experimentales. Para la resistencia a la compresión se concluye que el agregado reciclado puede usarse para una resistencia de $f'c=140$ kg/cm², con un nivel de reemplazo de hasta el 40%, además concluye que este material se podría usar en mayores niveles de reemplazo para concretos de menores resistencias

José Carlos Jordan Saldaña y Neiser Viera Caballero, en su tesis “Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra”, realizada en la universidad Nacional del Santa en el año 2014, desarrollaron un trabajo cuyo objetivo fue conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, para su respectiva utilización, determinando las resistencias a la compresión. Para ello recolectaron escombros de concreto de demolición de una obra y los llevaron a triturar a una planta chancadora, luego ellos diseñaron siguiendo el método del comité ACI 211 de diseño de mezclas, para las resistencias $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 , usando 4 niveles de reemplazo del agregado grueso por el reciclado de 0%, 25%, 50% y 100%, ensayando únicamente su resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Los resultados obtenidos muestran que la resistencia a la compresión se ve afectada por el nivel de reemplazo del agregado reciclado, llegando a la conclusión que el porcentaje de reemplazo ideal para ambos diseños era del 50%.

Cesar Paulino Ponce Portocarrero, en su tesis “Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento portland tipo I”, realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería en el año 2014, desarrollo un trabajo cuyo objetivo fue utilizar agregado grueso y fino reciclado en reemplazo de los agregados naturales y determinar su influencia en las propiedades del concreto. Para ello trituraron probetas de concreto provenientes del laboratorio de su universidad, ensayando las propiedades del concreto de slump, peso unitario, fragua, exudación, fluidez, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y absorción del concreto

Llego a la conclusión que, dada la resistencia obtenida para el concreto reciclado, es posible su uso para elementos no estructurales, y en caso que se requiera su uso en elementos estructurales, a base de agregado fino y agregado grueso reciclado se requieren estudios para encontrar un nivel de reemplazo óptimo de los agregados naturales que no modifique las propiedades del concreto sustancialmente.

Asencio Sangay Armando Régulo, en su tesis “Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca en el año 2014, presento una investigación cuyo objetivo era conocer efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual utilizo agregado proveniente de concreto demolido de la ciudad de Cajamarca, la utilizo en reemplazo de agregado grueso y fino, ensayando únicamente su resistencia la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Al finalizar su investigación llego a la conclusión que el concreto elaborado con agregado de concreto reciclado resiste un 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales, además determino que la deformación y módulo de elasticidad del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado es menor en 18.7% y 12.98% respectivamente que del concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días.

1.4. Objetivo del estudio

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del tipo, tamaño y porcentaje de reemplazo del agregado de concreto reciclado, en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, para diseños $f'c = 175, 210$ y 280 kg/cm^2 , en la ciudad de Arequipa – Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de los agregados naturales y reciclados.
- Realizar diseños de mezcla, para las diferentes resistencias.
- Determinar las propiedades del concreto en estado fresco
- Determinar las propiedades del concreto en estado endurecido
- Hacer cuadro comparativo entre propiedades obtenidas del estado fresco y endurecido para los diferentes tipos de ensayos.
- Analizar los resultados encontrados
- Realizar el análisis costo-beneficio

1.5. Hipótesis

Utilizando distintos tipos y tamaños de agregados de concreto reciclado en sustitución parcial del agregado grueso, se logrará obtener concretos con propiedades similares a las del concreto convencional.

1.6. Variables o indicadores

Variable independiente:

- Tipo, tamaño y nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado utilizado en la elaboración de concreto.

Variable dependiente:

- Diseño de mezcla.
- Propiedades del concreto en estado fresco.
- Propiedades del concreto en estado endurecido.

1.7. Alcance

La presente investigación pretende determinar la influencia del tipo y tamaño del agregado grueso de concreto reciclado en las propiedades del concreto, usando distintos niveles de reemplazo del agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado

Con el objetivo de estudiar diferentes tipos de agregados de concreto reciclado, se fabricarán 3 tipos de concreto primario de 150, 250 y 350 kg/cm^2 . Para cada una de las mezclas anteriores, se realizarán 300 probetas, para luego de 28 días llevarlas a triturar, para obtener dos tamaños de agregado reciclado de cada tipo de concreto primario, siendo los tamaños seleccionados de $3/4"$ y $1/2"$

Posteriormente dichos agregados serán usados en sustitución del 25%, 50% y 100% del agregado grueso, en diseños para las resistencias 175, 210 y 280 kg/cm^2 , siendo un total de 54 mezclas de concreto reciclado y 6 mezclas de concreto patrón para hacer las comparaciones respectivas.

Para cada diseño planteado se realizarán doce probetas y nueve especímenes cúbicos. El método de diseño a utilizar será el del comité ACI 211 de diseño de mezcla. Se utilizará cemento Yura IP, con agregados provenientes de la cantera La Poderosa para todas las mezclas, con el propósito de mantener constante dichos parámetros.

Se medirán las propiedades de asentamiento, exudación, temperatura y peso unitario para el estado fresco; y la resistencia a la compresión, tracción y desgaste para el estado endurecido.

1.8. Marco metodológico

La presente investigación se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María, provincia y departamento de Arequipa. Así mismo la presente investigación se realizó desde el mes de febrero al mes de julio del año 2018.

1.8.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se ha desarrollado es experimental, debido a que para obtener los resultados medibles se realizará bajo pruebas y ensayos normados, además se podrá controlar las variables en el momento de realizar el diseño de mezcla para lograr obtener los resultados requeridos

1.8.2. Diseño de la investigación

Tipo	Variable	Indicador	Medición	Rango de variabilidad
Independiente	Agregado grueso de concreto reciclado	Nivel de reemplazo del agregado grueso reciclado	% en peso	25%, 50%, 100%
		Tipo de agregado de concreto reciclado	Resistencia del concreto original	150, 250 , 350 Kg/cm ²
		Tamaño del agregado grueso reciclado	Pulgadas	3/4" y 1/2"
Dependiente	Diseño de mezcla	Dosificación de la mezcla	Cantidad de materiales por mezcla	-
	Propiedades del concreto en estado fresco	Slump	Pulgadas	-
		Peso unitario	Kg/m ³	-
		Exudación	MI/cm ² - %	-
		Temperatura	C	-
	Propiedades del concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	-
		Resistencia la tracción	Kg/cm ²	-
		Resistencia a la abrasión	%	-

Cuadro 1: Variables de estudio
(Fuente propia)

1.8.3. Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de estudio

Resistencia (kg/cm ²)	Tamaño del agregado (pulg)	Tipo de ACR	Nivel de reemplazo			
			0%	25%	50%	100%
175	1/2	Tipo I	175-1/2-P	175-1/2-I-25	175-1/2-I-50	175-1/2-I-100
		Tipo II		175-1/2-II-25	175-1/2-II-50	175-1/2-II-100
		Tipo III		175-1/2-III-25	175-1/2-III-50	175-1/2-III-100
	3/4	Tipo I	175-3/4-P	175-3/4-I-25	175-3/4-I-50	175-3/4-I-100
		Tipo II		175-3/4-II-25	175-3/4-II-50	175-3/4-II-100
		Tipo III		175-3/4-III-25	175-3/4-III-50	175-3/4-III-100
210	1/2	Tipo I	210-1/2-P	210-1/2-I-25	210-1/2-I-50	210-1/2-I-100
		Tipo II		210-1/2-II-25	210-1/2-II-50	210-1/2-II-100
		Tipo III		210-1/2-III-25	210-1/2-III-50	210-1/2-III-100
	3/4	Tipo I	210-3/4-P	210-3/4-I-25	210-3/4-I-50	210-3/4-I-100
		Tipo II		210-3/4-II-25	210-3/4-II-50	210-3/4-II-100
		Tipo III		210-3/4-III-25	210-3/4-III-50	210-3/4-III-100
280	1/2	Tipo I	280-1/2-P	280-1/2-I-25	280-1/2-I-50	280-1/2-I-100
		Tipo II		280-1/2-II-25	280-1/2-II-50	280-1/2-II-100
		Tipo III		280-1/2-III-25	280-1/2-III-50	280-1/2-III-100
	3/4	Tipo I	280-3/4-P	280-3/4-I-25	280-3/4-I-50	280-3/4-I-100
		Tipo II		280-3/4-II-25	280-3/4-II-50	280-3/4-II-100
		Tipo III		280-3/4-III-25	280-3/4-III-50	280-3/4-III-100

Cuadro 2: Matriz experimental de diseño y niveles de la variable de estudio
(Fuente propia)

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Residuos de construcción y demolición

Los residuos procedentes de la construcción y demolición, son todos aquellos materiales que se generan durante la ejecución de una obra, pudiendo generarse en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura

Según (Burgos, 2010) los RCD son aquellos materiales que se generan durante la ejecución de los trabajos de construcción de una nueva planta, reparación o acondicionamiento de una obra. (Martel, 2008) define a los residuos de construcción como todos aquellos excedentes que no forman parte de la estructura o que han sido descartados por el proceso constructivo.

2.2. Reciclado de los residuos de la construcción y demolición

La industria de la construcción genera una gran cantidad de desechos, ya sea por el mismo proceso de construcción o por demoliciones, de hecho, es la mayor fuente de residuos industriales en los países desarrollados, los cuales se han evaluado en cerca de 450 kg/hab/año (Hansen & Narud, 1983). Estudios realizados en Hong Kong muestran que un 55% de la composición de los escombros generados en la construcción son de concreto, y si a ese porcentaje le agregamos otros residuos como los morteros o ladrillos, entre otros, este porcentaje se vería incrementado pudiendo llegar a ser hasta un 85% del total, situación que genera una gran cantidad de materia prima para ser reutilizada en nuevas estructuras. (Hansen & Narud, 1983)

La necesidad de reciclar los escombros que produce la industria de la construcción está tomando, hoy en día, gran importancia, y el Perú, no es ajeno a esa situación, ya que la falta de una correcta gestión de estos residuos, es un factor determinante en la disposición inadecuada de los residuos de construcción, lo que provoca impactos negativos en el medio ambiente (Montrone Pisculich & Quispe Cotrina, 2007).

La demanda reciclaje de los residuos de la construcción y demolición no es nuevo, ya en tiempos de posguerra los países europeos se encontraron con una gigantesca acumulación de escombros y los aprovecharon para ser utilizados como materiales de construcción obteniendo buenos resultados, sin embargo, es en los Estados Unidos donde inician las primeras investigaciones acerca del reciclado de los residuos de la construcción (Padmini, Mathews, & Ramamutthy, 2000)

Una manera de coadyuvar a preservar el medio ambiente y los recursos, es reinsertando estos desechos en el ciclo de vida de la construcción a través del reciclaje, obteniendo así nuevos materiales para la construcción. Sin embargo, en el Perú, muy poco se ha hecho al respecto a pesar de conocer la problemática. (Montrone Pisculich & Quispe Cotrina, 2007)

Algunos datos disponibles sobre el reciclado de los residuos de construcción se muestran en la siguiente tabla. Sin embargo, debido a las diferentes definiciones y diversos métodos de medición a menudo impiden una comparación adecuada. La CSI recomienda que estos datos sean utilizados como una referencia para incentivar la gestión y reutilización de los residuos de construcción y demolición. (Concrete Sustainability Initiative, 2006)

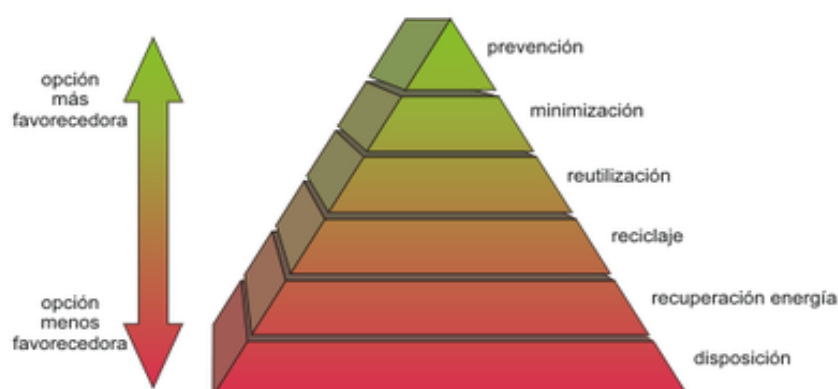
PAÍS	TOTAL RCD (Mt)	TOTAL RCD RECUPERADOS (Mt)	% DE RCD RECUPERADOS
Alemania ¹⁵	201	179	89
Australia ¹⁶	14	8	57
Bélgica ¹⁷	14	12	86
Canadá ¹⁸	No disponible	8 (concreto reciclado)	No disponible
España ¹⁹	39	4	10
Estados Unidos ²⁰	317 (incl. 155 de concreto)	127 (concreto reciclado)	82
Francia ²¹	309	195	63
Holanda ²²	26	25	95
Inglaterra ²³	90	46	50 – 90
Irlanda ²⁴	17	13	80
Japón ²⁵	77	62	80
Noruega ²⁶	No disponible	No disponible	50 – 70
Portugal	4	Mínimo	Mínimo
República Checa ²⁷	9 (incl. 3 de concreto)	1 (concreto reciclado)	45 (concreto)
Suiza ²⁸	7 (incl. 2 de concreto)	2	casi 100
Taiwán ²⁹	63	58	91
Tailandia ³⁰	10	No disponible	No disponible

Cuadro 3: Datos sobre recuperación de RCD
(Concrete Sustainability Initiative, 2006)

2.3. Gestión de residuos de la construcción y demolición

(Bazán Garay, 2018) define a la gestión de residuos como el conjunto de acciones encaminadas a destinar los residuos, que han sido producidos en un determinado lugar, hacia un mejor destino, desde una perspectiva económica y social. Por tanto, se puede decir que la gestión de residuos de construcción y demolición tiene por objetivo reducir la generación de éstos; para ello, toma en consideración todas sus etapas, desde su generación hasta su disposición final.

En los últimos años se ha venido desarrollando un concepto nuevo sobre la gestión de los residuos, siendo cada vez es más aceptada por diversos países, GIR o gestión integral de residuos, esta se basa en realizar una jerarquización de los procesos por los cuales debe pasar un residuo



Gráfica 1: Jerarquía de procesos de gestión de los residuos
(Bazán Garay, 2018)

Existen una serie de conceptos sobre la gestión de residuos, los cuales puede diferir en su uso entre diferentes regiones. Uno de los conceptos más utilizados por diversas organizaciones y gobiernos es el de las 3R, reducir, reutilizar y reciclar, el cual clasifica la estrategia del

tratamiento del residuo acorde con su conveniencia. Esta jerarquía ha tomado muchas formas desde la pasada década, pero el concepto básico se ha mantenido. El objetivo de la jerarquía del residuo es conseguir el máximo beneficio práctico de los productos y en generar la mínima cantidad posible de residuos.

Inclusive algunos expertos en la gestión de residuos han añadido una 'cuarta R': "Re-Think", teniendo el significado implícito en su nombre, este nuevo concepto se basa en la idea de que el actual sistema puede tener defectos, y de que el sistema efectivo para la gestión de residuos podría necesitar una forma totalmente nueva de percibir a los residuos, y que este pasa por generar una cultura de gestionar los residuos.

A. Reducir

Según (Burgos, 2010), reducir se refiere a las acciones que se realizan con el fin de evitar la generación de desperdicios mediante un uso controlado de productos y dándole especial énfasis a los residuos contaminantes. En el ámbito de la construcción se podría decir que éste se basa en la idea de disminuir la producción de residuos con miras a alcanzar la meta de cero desperdicios, mientras continua el proceso de construcción, el cual abarca desde la producción de materiales, construcción, ocupación, alteraciones sucesivas y hasta el fin de su vida útil, en donde las estructuras son demolidas.

B. Reutilizar

La reutilización se define como el uso de un material o residuo previamente empleado, sin que intervenga un proceso de transformación sobre él dándole la máxima utilidad con un mínimo proceso de recuperación. De acuerdo con (Burgos, 2010), en el ámbito de la construcción la reutilización de residuos puede clasificarse en: reutilización directa, en donde se hace uso de los materiales generados en la misma obra, generando un máximo ahorro. En cuanto a la reutilización indirecta, esta se produce al utilizar residuos que no se encuentran directamente en la obra, esta situación genera costos adicionales, aumentando el costo final del proyecto.

C. Reciclar

El reciclaje es un proceso que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos de forma parcial o total (Burgos, 2010). El objetivo de reciclar es reducir el uso de materia prima prolongándose la vida útil de los materiales dándoles el mismo uso u otros.

2.4. Aplicaciones de los residuos de construcción y demolición

2.4.1. Como agregado

Las aplicaciones más comunes de los RCD son como agregado para sub-bases y bases en las carreteras, normalmente en forma de agregado. La calidad del agregado reciclado depende fundamentalmente de la calidad del material original y del grado de procesamiento y separación. La presencia de otros materiales también afecta la calidad de este agregado. Una vez bien limpio, la calidad del concreto reciclado generalmente es comparable con aquella de los agregados vírgenes y sus posibilidades de uso son muy similares (Concrete Sustainability Initiative, 2006).

Respecto al uso de los RCD como agregado grueso en las mezclas de concreto, este no es muy común, debido a la desestimación que se les da a estos agregados por la creencia que estos son

de muy mala calidad. Sin embargo, en algunos países, como Alemania, Suiza y Australia el concreto con agregados reciclados ya está siendo comercializado.

El uso de los RCD como agregado fino, no es tan conocido como el uso que pueden tener estos como agregado grueso, debido que, para la fabricación del agregado fino procedentes de los RCD, se necesitan una serie de procesos adicionales para su fabricación, generando una serie de costos adicionales y no haciendo muy factible su producción. Actualmente son muy pocos los países que permiten el uso del agregado fino reciclado en mezclas de concreto.

2.4.2. Como bloques en su forma original

La reutilización de los RCD en su forma original o cortada en fracciones más pequeñas, acarrea un menor impacto ambiental pero el mercado existente es limitado, debido a que al no ser procesados estos residuos son de una calidad muy limitada, reduciendo sus posibles aplicaciones a relleno sanitario (Concrete Sustainability Initiative, 2006).

2.5. Procesos de producción de los agregados reciclados

Actualmente diversos países que ya cuentan con fábricas especializadas en reciclaje de los residuos de construcción, las cuales cobran por el servicio de recibir desechos teniendo en cuenta que esta va a ser su materia prima.

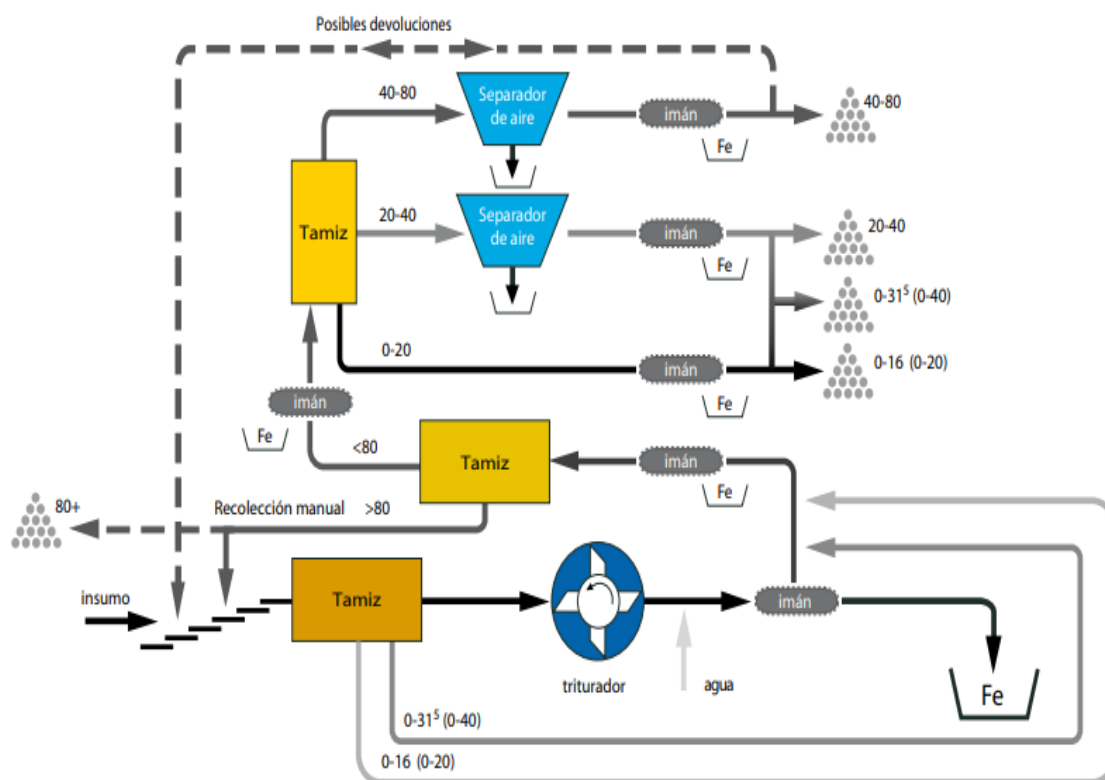
La guía española de áridos reciclados (GEAR, 2008), señala que todo proceso de fabricación de los agregados reciclados debe contar con los siguiente procesos básicos:

- A. Control de admisión: Proceso por el cual se realiza una clasificación inicial de los RCD y permite garantizar una calidad uniforme de estos.
- B. Clasificación: Proceso por el cual se separan los elementos que pudieran ser contaminantes de los RCD, este proceso se realiza de forma mecánica
- C. Reducción de tamaño: Proceso mecánico por el cual se reduce el tamaño de las partículas y se separa componentes de diferentes fracciones del material procesado.
- D. Limpieza: Es un proceso de separación más especializado de las partículas de residuos producidas que utiliza métodos de separación por gravedad, a través del uso de agua o aire, permitiendo también la eliminación de sustancias peligrosas.
- E. Cribado: Es el proceso de separar las partículas de los RCD procedentes de la trituración por los distintos usos granulométricos específicos, que le otorgan las características finales al producto.

Etapa	Tipo de proceso	Proceso
Control de admisión	Manual	Control organoléptico inicial (color, olor y textura)
	Manual	Identificación de contaminaciones
	Manual y/o informático	Pesaje
	Manual	Definición de acopios específicos por material de entrada
Pre tratamiento (separación de entrada)	Manual	Separación manual en acopio

	Mecánico	Separación mecánica de acopio
Pre cribado	Mecánico	Alimentador pre cribador
Clasificación y limpieza	Manual	Cabina de triaje
	Mecánico	Tromel
		Electroimanes
		Lavadoras
		Sopladoras
Trituración primaria y secundaria	Mecánica	Mandíbulas
		Impacto
		Conos
Cribado	Mecánico	Cintas y criba

Cuadro 4 Proceso de Producción del Agregado Reciclado
(GEAR, 2008)



Gráfica 2: Proceso de producción de los agregados reciclados
(Concrete Sustainability Initiative, 2006)

2.6. Clasificaciones internacionales de los residuos de la construcción

En el mundo existen diferentes tipos de clasificación del agregado reciclados de las cuales la mayoría se rigen por tener una clasificación según el origen del agregado a reciclar. A continuación, se mencionarán algunas clasificaciones

Clasificación según la Unión internacional de laboratorios y expertos en materiales de construcción	Señala tres tipos de agregados reciclados • TIPO I: Agregados procedentes en mayoría de fábrica de ladrillo (agregado cerámico). • TIPO II: Agregados procedentes en su mayoría de residuos de concreto • TIPO III: Agregados compuestos por una mezcla de agregados naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por una combinación de agregados tipo I y tipo II
Clasificación según la Norma de Japón - JIS	En Japón se clasifica el material en función de su utilización para obras civiles, en tres tipos de calidad, regulados por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023: • Tipo H: Concreto en masa o armado con fin estructural. Mayor calidad. • Tipo M: Concreto en masa o losas de concreto. • Tipo L: Concreto pobre.
Clasificación según la norma de Bélgica – PVT 406	Clasifican respecto al origen del agregado, similares a las RILEM • GBSB I: Originarios de residuos cerámicos • GBSB II: Originarios de residuos de concreto
Clasificación según la norma DIGEST 433	Realiza una clasificación similar al RILEM. • RCA I: Agregados procedentes de residuos de ladrillo. • RCA II: Agregados procedentes de residuos de concreto. • RCA III: Agregados compuestos por una mezcla de agregados naturales mayor al 80%, combinados con agregados tipo I y/o tipo II
Clasificación Norma alemana DIN 4223	Clasificación por el origen de los residuos. • Tipo 1: Agregados originarios de concreto >90%, con contenidos < 10% de ladrillo, clinker o arenisca • Tipo 2: Agregados originarios de concreto >70%, con contenidos < 30% de ladrillo clinker o arenisca • Tipo 3: Agregados originarios de residuos de ladrillo cerámicos >80%, con contenidos de materiales procedentes de concreto <20%. • Tipo 4: Agregados procedentes de mezclas de RCD, con un contenido mínimo del 80% de material procedente de escombros de concreto o ladrillo
Clasificación según la norma Australiana - CSIRO	Clasificación según el origen del agregado. • 1A: Agregados procedentes de completamente de concreto reciclado • 1B: Agregados procedentes hasta en un 70% de concreto con un máximo de 30% de agregados cerámicos en su composición

Cuadro 5: Clasificación de los residuos de la construcción y demolición
Fuente: (Ponce Portocarrero, 2014)

2.7. Normativas internacionales para el uso de los agregados reciclados

España - Instrucción EHE-08	La norma EHE-08 establece que el contenido de agregado grueso reciclado límite será del 20% en peso sobre el contenido total de agregado grueso natural utilizado en la fabricación de concreto estructural, para no alterar las propiedades finales del concreto, siendo necesaria la realización de estudios específicos para porcentajes superiores. No permite la utilización de agregado fino reciclado. Además, indica que los agregados reciclados solo pueden emplearse en concreto de una resistencia máxima de 400 N/mm ² , quedando excluido su uso de elementos pretensados.
Holanda - NEN 5905	Se permite la utilización de los agregados reciclados gruesos y finos en la elaboración de concreto en masa, armados, indicando que el uso de agregados finos no perjudica al concreto. Indica que para reemplazos del 20% de agregado grueso y fino con agregados reciclados no varían las características de los concreto y posibilitan la sustitución del 100% para agregados reciclados previa mezclas de prueba en un laboratorio. Además, recomienda que para compensar las diferencias de absorción entre los agregados naturales y los reciclados, propone pre saturar los agregados reciclados antes de agregarlos a la mezcla.
Alemania - DIN 4226-100	Con carácter general permite la sustitución del 5% del agregado natural sin establecer restricciones, mientras que para porcentajes mayores recomienda realizar comprobaciones adicionales. Además establece que los agregados reciclados deben tener una densidad mínima de 1500 kg/m ³ para ser usadas en mezclas de concreto.
Bélgica - PTV 406	No establece requisitos que deban cumplir los agregados reciclados, y tan solo solicita la declaración del fabricante en cuanto a los requisitos físicos, mecánicos y químicos, de acuerdo a la Norma Armonizada Europea EN 12620.
Noruega - NB 26	Para la elaboración de concreto estructural solo contempla la utilización de agregados reciclados que tengan un tamaño máximo de 32 mm. Los niveles de sustitución varían en función del tipo de concreto y el ambiente en el que se encuentren, variando entre un 0% y 30% de reemplazo.
Reino Unido - BRE Digest 433 - BS 8500	Estas normas permiten sustituciones hasta el 20%, considerando que no se compromete la capacidad estructural del concreto, pero aconseja estudiar los contaminantes e impurezas presentes en el agregado reciclado. Además, propone la aplicación del agregado reciclado a un uso no estructural, como la elaboración de bloques prefabricados de concreto con agregados reciclados de buena calidad, pero eliminando la fracción fina del agregado reciclado y añadiendo arena natural. También establecen algunos requisitos que han de cumplir los agregados reciclados; no permite la utilización de agregado fino, pero si el uso de agregados reciclados cerámicos en su fracción gruesa, no limitando el porcentaje de sustitución.
Suiza - OT 70085 y SIAM	La OT 70085, permite la sustitución total del agregado grueso, siempre y cuando solo provengan de concreto de demolición, admitiendo su uso en

	concreto armados de cualquier resistencia. En el caso de agregados reciclados mixtos establece su uso solo para concreto pobres. La SIAM permite la utilización de agregado fino en la producción de concreto estructural, a excepción de cuando sean necesarios requerimientos de durabilidad.
Australia - CSIRO	Establece las características que deben tener los agregados reciclados de concreto para su utilización en concreto no estructural, de resistencia inferior a 400 kg/cm². Las aplicaciones para los agregados reciclados gruesos de concreto y mixtos se expresan en función a diferentes grados de exigencia en la resistencia, y con limitaciones de sustitución hasta en el 30%. Además, recomienda pre saturar el agregado reciclado durante al menos 10 minutos, para evitar los efectos negativos debidos a la absorción.
China - DG/TJ07/008	En la DG/TJ07/008 se establecen los requisitos exigibles al agregado grueso para la fabricación de concreto, tanto estructural como no estructural. Pudiéndose realizar reemplazos totales, siempre y cuando estos agregados cumplan con los requisitos para agregado reciclados
Japón - BCSJ	La norma BCSJ no presenta ningún tipo de exigencia o restricción a la composición de los agregados reciclados tampoco impide la utilización de la fracción fina, permitiendo utilizar residuos de concreto y cerámicos, pero si limita su densidad.
Corea - Normas Industriales Coreanas	Los agregados reciclados son clasificados según las Normas Industriales Coreanas para ensayos de concreto. Dichos estándares clasifican según su porcentaje de absorción, a los agregados gruesos en tres grupos, y a los finos en dos grupos, permitiendo un reemplazo del 100% de dicho agregado en cada caso.

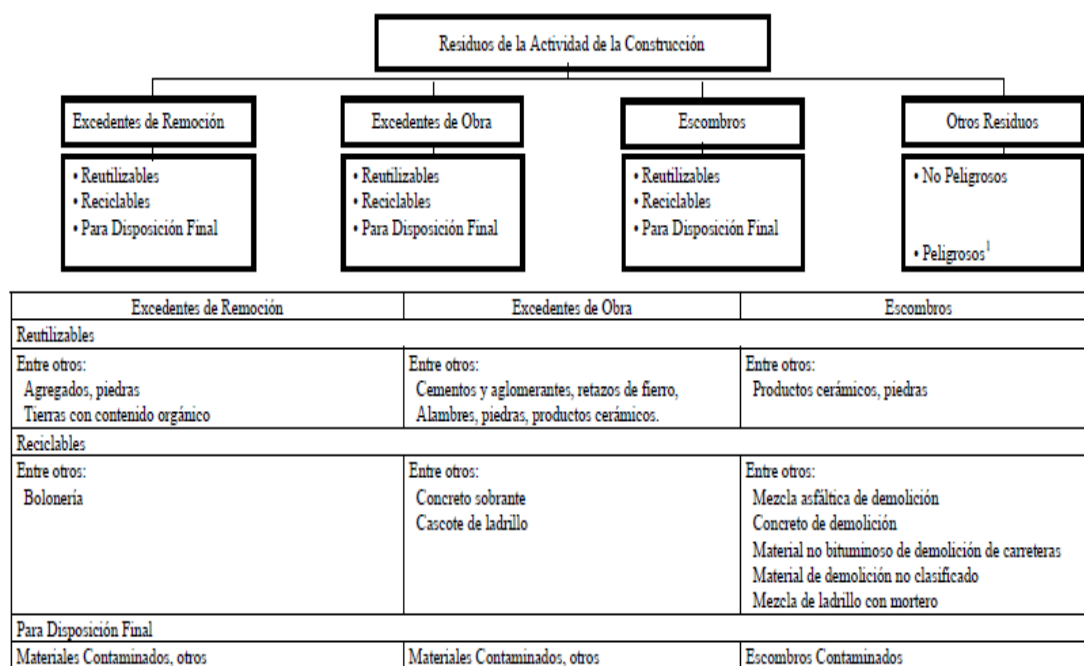
Cuadro 6: Normativas internacionales para el uso de los agregados reciclados
Fuente: (Muñoz Ruiperez, 2015)

2.8. Norma Técnica Peruana 400.050

La (NTP.400.050, 1999) "Manejo de residuos de la actividad de la construcción" establece, directrices o procedimientos para una óptima gestión de los residuos de la construcción y demolición, esta norma tiene por objetivos:

- Presentar las directrices para un adecuado manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición.
- Definir los tipos de residuos, así como establecer una clasificación de los mismos.
- Establecer las alternativas de reutilización, reciclaje o disposición final de los residuos de la actividad de la construcción

Esta norma clasifica en cuatro grupos los residuos de la actividad de la construcción y dictaminan las opciones de manejo de los residuos de la actividad de la construcción. En los tres primeros casos, es posible aun poder reutilizar o reciclar antes de aplicar la disposición final de los residuos.



*Cuadro 7: Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la construcción
(NTP.400.050, 1999)*

Además, esta norma brinda una serie de opciones de aprovechamiento de los residuos de la actividad de la construcción, también da recomendaciones sobre su uso en función del tipo de residuo de la actividad de la construcción.

Fracciones de Residuos		Mezcla Asfáltica de Demolición PNTF 400.051		Material no Bituminoso de Demolición de Carreteras PNTF 400.052	Concreto de Demolición PNTF 400.053		Materiales de Demolición no Clasificados PNTF 400.054	Excedentes de Remoción PNTF 400.055
Información Relevante								
Procedencia		Carpetas asfálticas	Tratamiento asfáltico superficial	Bases y subbases granuladas no tratadas de pavimentos	Losas de Concreto	Edificaciones, carreteras, canales		Suelos a remover
Procesos de Obtención de Fracciones de los Residuos		Fresado	Levantamiento / fresado	Remoción / fresado	Levantamiento / fresado	Demolición selectiva	Demolición	Levantamiento
Proceso de Obtención de Materiales Secundarios		-	Chancado	Chancado	Chancado / selección	Chancado / selección	Chancado / selección	-
Material Secundario Obtenido		Granulado de Asfalto		Granulado no Bituminoso de Carreteras	Granulado de Concreto		Granulado no clasificado	-
Usos		Nivel de Recomendación						
Carpeta Asfáltica		1						
Tipo I	Losas de Concreto				1			
	Morteros			2				
	Concreto			2	1	1		
	Ladrillos			1	1	1		
Tipo II	Bases sin Aglomerante	2		1	2		2	
	Sub-base	2		1	2			
	Capa Sub-rasante *	2		1	2		2	
Tipo III	Reellenos no portantes	3		3	3		3	1
	Taludes contra ruido	3		3	3		3	1
	Reellenos Sanitarios			3	3		3	1

Leyenda:

Usos: Tipo I: Opciones con uso de aglomerantes (cemento y asfalto).

Tipo II: Opciones sin necesidad de aglomerantes con mayor exigencia técnica.

Tipo III: Opciones sin necesidad de aglomerantes con mínima exigencia técnica.

Niveles de Recomendación:

1: Uso óptimo bajo el criterio de uso de materiales con la opción de mayor exigencia técnica posible.

2: Uso posible asumiendo pérdida en el potencial de reciclaje de la obra realizada con este material secundario.

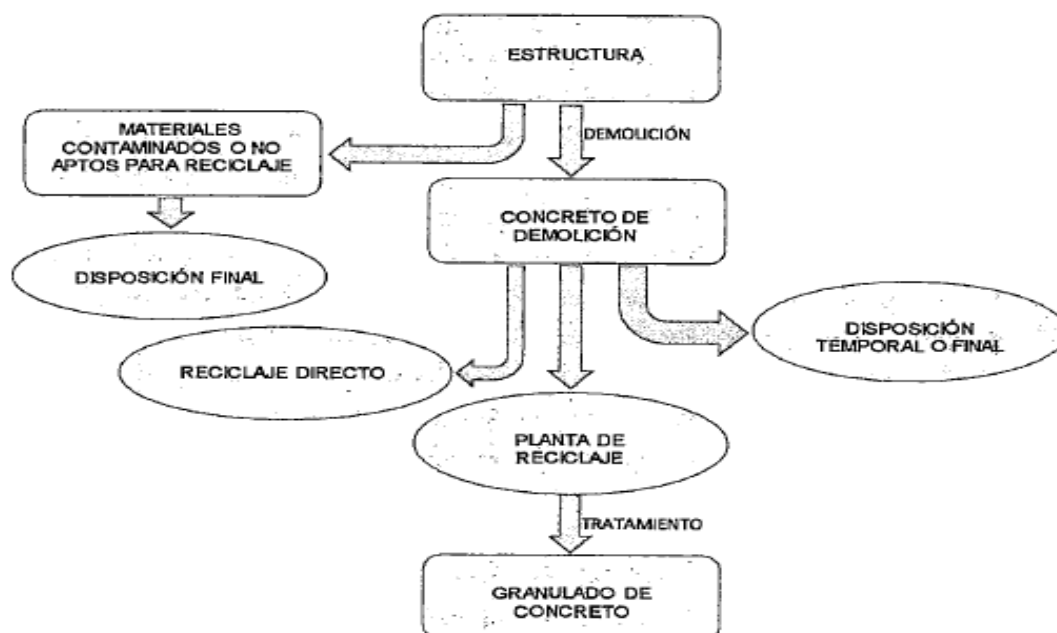
3: Opción menos recomendable.

■ No recomendable

* capa de espesor h ubicada debajo del nivel de sub-rasante

*Cuadro 8: Opciones de aprovechamiento de los Residuos de la Actividad de la Construcción
(NTP.400.050, 1999)*

En el caso específico de concreto de demolición, la NTP establece el manejo de los residuos provenientes de la demolición de estructuras, así como los usos previstos del granulado reciclado según la procedencia de estos residuos. En el grafico siguiente se muestra el proceso para la obtencion del concreto de demolicion y el granulado de concreto.



Gráfica 3: Diagrama de flujo para la obtención del agregado de concreto reciclado
Fuente: (Ponce Portocarrero, 2014)

Además, la norma establece una serie de usos previstos para los agregados procedentes del concreto de demolición según la procedencia de los residuos de la construcción y demolición.

PROCEDENCIA USOS	Concretos de mediana y baja resistencia	Losas de Pavimentos	Concretos estructurales
	(Veredas, pisos de viviendas)		(Columnas, placas y cimientos de edificios, puentes, concretos especiales)
Pavimentos de tráfico ligero	-	√	√
Ciclo vías	√	√	√
Losas deportivas	√	√	√
Veredas	√	√	√
Patios	√	√	√
Cimientos	√	√	√
Concreto simple masivo	√	√	√
Rellenos no Portantes	√	√	√

Cuadro 9: Obtención del granulado reciclado en función del uso previsto
(Ponce Portocarrero, 2014)

3. CAPÍTULO III: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.1. Propiedades del Agregado fino

3.1.1. Características del agregado

A continuación, se mencionan las principales características del agregado fino empelado en la presente investigación:

Tipo	Arena gruesa
Procedencia	La Poderosa

*Cuadro 10: Características del agregado fino
(Fuente propia)*

Para esta investigación, se hicieron 03 ensayos para cada propiedad del agregado fino a evaluar, todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María.

A continuación, se describe el procedimiento empleado para determinar cada propiedad y el resultado obtenido para el agregado fino.

3.1.2. Análisis granulométrico.

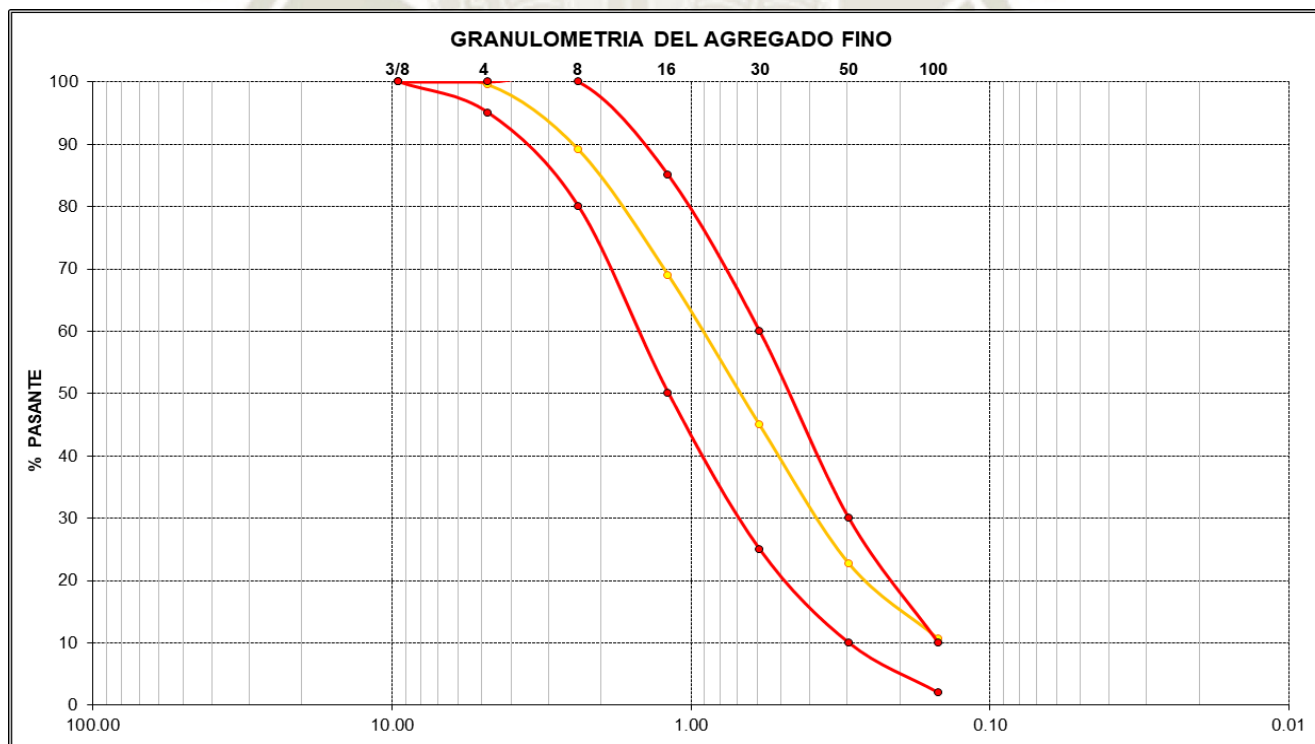
Para determinar la granulometría del agregado fino se procede según lo indica la MTC E-204 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Secar la muestra a temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener peso constante (la cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g. mínimo).
- Seleccionar la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar.
- Encajar los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Efectuar el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado (aprox. 3 min).
- Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza. El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada.

La siguiente tabla, muestra los valores obtenidos de la granulometría del agregado fino.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (gr)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (gr)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (gr)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 4	4.76	4.00	3.50	2.50	10.00	0.50	0.50	99.50
# 8	2.38	84.00	57.50	68.50	210.00	10.41	10.90	89.10
# 16	1.19	157.00	123.00	127.50	407.50	20.19	31.10	68.90
# 30	0.59	184.50	145.50	153.50	483.50	23.96	55.05	44.95
# 50	0.30	167.00	140.50	141.00	448.50	22.22	77.28	22.72
# 100	0.15	90.00	74.00	79.50	243.50	12.07	89.35	10.65
# 200	0.07	41.50	33.50	35.50	110.50	5.48	94.82	5.18
Fondo		39.50	32.50	32.50	104.50	5.18	100.00	0.00
TOTAL		767.5	610	640.5	2018	100	MODULO DE FINEZA	2.64

Tabla 1: Granulometría del Agregado Fino
(Fuente propia)



Gráfica 4: Granulometría del agregado fino
(Fuente propia)

3.1.3. Contenido de humedad

Establecido en la MTC E-215. El procedimiento es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula (24 horas).
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

El contenido de humedad de calcular usando la siguiente formula

$$\% \text{Contenido de Humedad} = \frac{W_i - W_s}{W_s} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

Wi = Masa inicial de la muestra (g)

Ws = Masa de la muestra seca (g)

ID	DESCRIPCION	UND	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	604.50	605.00	783.00
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	594.50	600.00	770.00
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	10.00	5.00	13.00
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.68	0.83	1.69
5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.40		

*Tabla 2: Contenido de humedad del Agregado Fino
(Fuente propia)*

3.1.4. Peso unitario suelto y compactado

Para la determinar el peso unitario suelto y compactado en el agregado fino se procede según lo indica la MTC E-203 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

PESO UNITARIO SUELTO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente. Eliminar el agregado sobrante con una regla.
- Determinar el peso del recipiente de medida más el contenido y el peso del recipiente, registrar los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

PESO UNITARIO COMPACTADO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Llenar la tercera parte del recipiente con el agregado, y emparejar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos

uniformemente, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Llenar las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonar como anteriormente se describe.

- Finalmente llenar el recipiente hasta colmarlo y apisonar otra vez de la manera antes mencionada. Al apisonar la primera capa, evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, aplicar la fuerza necesaria para que la varilla atraviese solamente la respectiva capa.
- Una vez colmado el recipiente, enrasar la superficie con la varilla, usándola como regla, determinar el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo, y registrar pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

El peso unitario suelto y compactado del agregado fino se calculará mediante las siguientes formulas:

$$PUs = \frac{Psuelto}{V} \quad (2)$$

$$PUc = \frac{Pcompactada}{V} \quad (3)$$

Dónde:

Psuelto = Peso de la muestra suelta.

Pcompactada = Peso de la muestra compactada

V = Volumen del recipiente.

El cuadro siguiente, muestra los resultados del peso unitario suelto del agregado fino.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	5.92	6.03	6.02
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	1.72	1.72	1.72
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.20	4.31	4.30
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.002830	0.002830	0.002830
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1484.81	1521.91	1519.26
6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1508.66		

Tabla 3: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino
(Fuente propia)

El cuadro siguiente, muestra los resultados del peso unitario compactado del agregado fino.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	6.33	6.40	6.36
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	1.72	1.72	1.72
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	4.61	4.68	4.64
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.002830	0.002830	0.002830
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1627.39	1654.24	1637.99
6	PROMEDIO DEL P. U. COMPACTADO	kg/m3	1639.87		

Tabla 4: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino
(Fuente propia)

3.1.5. Peso específico y absorción

La norma MTC E-205, establece el procedimiento de ensayo para determinar el peso específico y de la masa, peso específico de masa saturado superficialmente seco, peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado fino. El procedimiento es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo y obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg.
- Dejar la muestra saturando entre 20 – 24 horas en un recipiente.
- Extender la muestra en una bandeja y moverla en forma constante al aire, buscando el secado de la arena según indica la norma, pero para efectos más prácticos se usará la estufa para lograr un mejor resultado.
- Para obtener el estado SSS, realizar la prueba del cono, el cual consiste en introducir el agregado fino con mucho cuidado dentro del cono volteado y con la barra compactadora proporcionarle 25 golpes como indica la norma desde una altura pequeña.
 - Si el agregado no se derrumba y se queda en forma del cono, la muestra sigue húmeda.
 - Si el agregado se desploma al sacar del cono, la muestra está seca.
 - Si el agregado, queda en forma de un volcán (que solo se desplome una parte de la forma del cono), la muestra está saturada superficialmente seco.
- Separar una muestra de 500 g. aproximadamente en estado SSS.
- Pesar la probeta que se usará en el ensayo.
- Para eliminar las burbujas que se producen por los vacíos del agregado, se deberá agitar la probeta para saturar todo el agregado, posteriormente se dejará reposar toda la muestra en la probeta entre 15 a 20 mín.
- Determinar el peso total de la probeta + agua + muestra.
- Eliminar el agua y llevar la muestra al horno, dejarla por 24 horas.
- Retirar del horno, hacer enfriar la muestra por espacio de 1 hora y tomar el peso seco de la muestra.

El peso específico se calculará mediante las siguientes formula:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{P_s}{V - V_a} \quad (4)$$

$$\text{Peso específico de masa superficialmente seca} = \frac{P_{ss}}{V - V_a} \quad (5)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{P_s}{(V - V_a) - (P_{ss} - P_s)} \quad (6)$$

$$\text{Absorcion} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} * 100 \quad (7)$$

Dónde:

P_s = Peso de la muestra seca.

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

V = Volumen del balón.

V_a = Peso del agua añadida.

El siguiente cuadro, muestra los valores obtenidos para el agregado fino.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTR A N1	MUESTR A N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	570.00	514.00	546.00
2	PESO DE LA MUESTRA SUPERF. SECA + PESO DEL BALON + PESO DEL AGUA	gr	1611.00	1590.00	1594.00
3	PESO DEL BALON	gr	274.00	284.00	270.00
4	PESO DEL AGUA	gr	767.00	792.00	778.00
5	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	559.00	507.00	534.00
6	VOLUMEN DEL BALON	cc	1000.00	1000.00	1000.00
7	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.40	2.44	2.41
8	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.45	2.47	2.46
9	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.52	2.52	2.54
10	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.97	1.38	2.25

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.41
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.46
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.53
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.87

*Tabla 5: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino
(Fuente propia)*

3.1.6. Impurezas orgánicas

Se emplea el procedimiento señalado en la norma MTC E-213 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- La muestra de ensayo tendrá un peso de aproximadamente 450 g.
- Llenar la botella graduada con aproximadamente 130 mL de la muestra del agregado fino a ser ensayado. Guardar el resto de la muestra por si deba ser utilizada luego.
- Adicionar la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y el líquido, alcance un volumen de aproximadamente 200 mL.
- Tapar la botella, sacuda vigorosamente, y luego deje reposar por 24 horas.
- Luego de 24 horas, Si el color del líquido sobrenadante es más oscuro que aquel del color de referencia de la Solución estándar o del vidrio patrón, el agregado fino bajo prueba será considerado como que posiblemente contiene impurezas orgánicas dañinas y deberán realizarse pruebas adicionales antes de aprobar el agregado fino para uso en concreto.

MUESTRA	RESULTADO
Muestra 1	No contiene impurezas
Muestra 2	No contiene impurezas
Muestra 3	No contiene impurezas

*Tabla 6: Contenido de Impurezas del Agregado Fino
(Fuente propia)*

3.2. Propiedades del Agregado grueso

3.2.1. Características del agregado

Para efectos de esta investigación se necesitaba agregado grueso de dos tamaños diferentes, a continuación, se describen sus principales características:

Tamaño	3/4"	1/2"
Tipo	Angular	Angular
Procedencia	La Poderosa	La Poderosa

*Tabla 7: Características del Agregado Grueso
(Fuente propia)*

Para esta investigación, se hicieron 03 ensayos para cada propiedad de los 02 tipos de agregado grueso usados en la presente investigación, todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María.

A continuación, se describe el procedimiento empleado para determinar cada propiedad y el resultado obtenido para los dos tipos de agregado grueso usado.

3.2.2. Análisis granulométrico

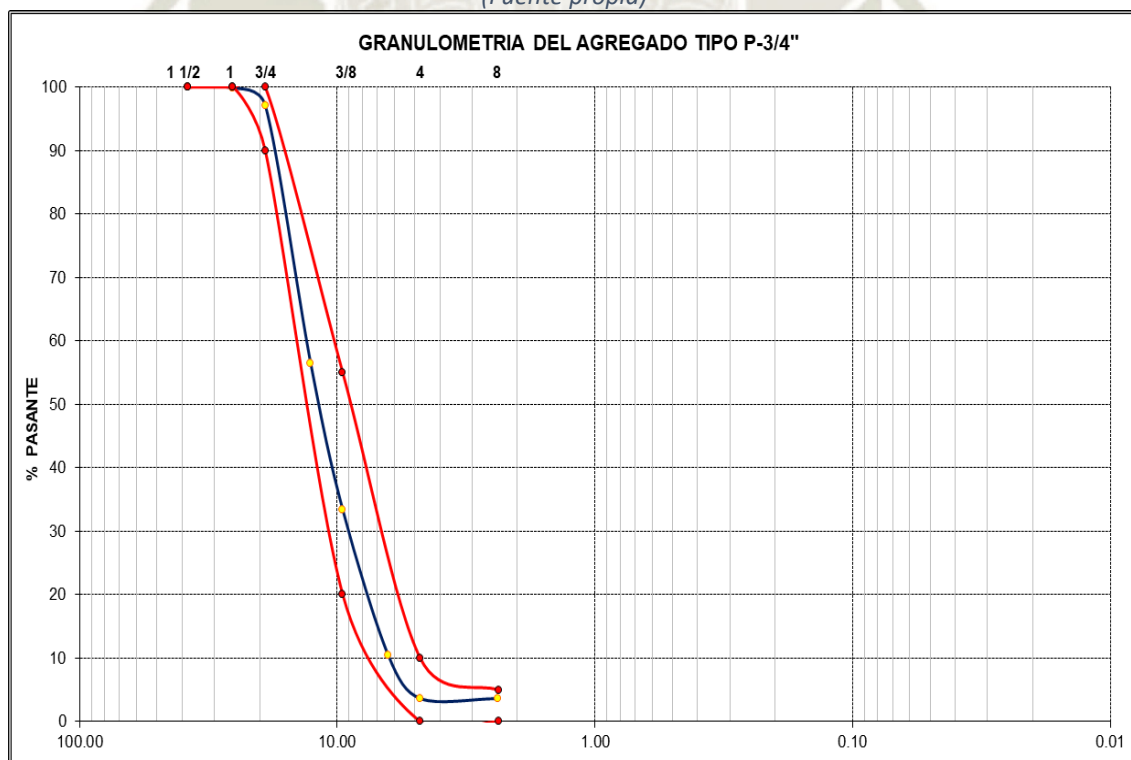
Para determinar la granulometría del agregado grueso se procede según lo indica la MTC E-204 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Secar la muestra a temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener peso constante.
- Seleccionar la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar.
- Encajar los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Efectuar el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado (aprox. 3 min).
- Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza. El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada.

3.2.2.1. Agregado Grueso Tipo 3/4"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.03	0.00	0.00	0.03	0.16	0.16	99.84
3/4"	19.05	0.19	0.15	0.12	0.46	2.76	2.93	97.07
1/2"	12.70	2.42	2.09	2.20	6.71	40.56	43.49	56.51
3/8"	9.53	1.27	1.36	1.20	3.83	23.16	66.65	33.35
1/4"	6.35	1.25	1.32	1.22	3.79	22.88	89.52	10.48
# 4	4.76	0.36	0.45	0.33	1.14	6.86	96.39	3.61
# 8	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
# 16	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
# 30	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
# 50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
# 100	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
# 200	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.39	3.61
Fondo		0.17	0.27	0.17	0.60	3.61	100.00	0.00
TOTAL		5.68	5.6395	5.238	16.5525	100	MODULO DE FINEZA	6.48

Tabla 8: Granulometría del Agregado Grueso de 3/4"
(Fuente propia)

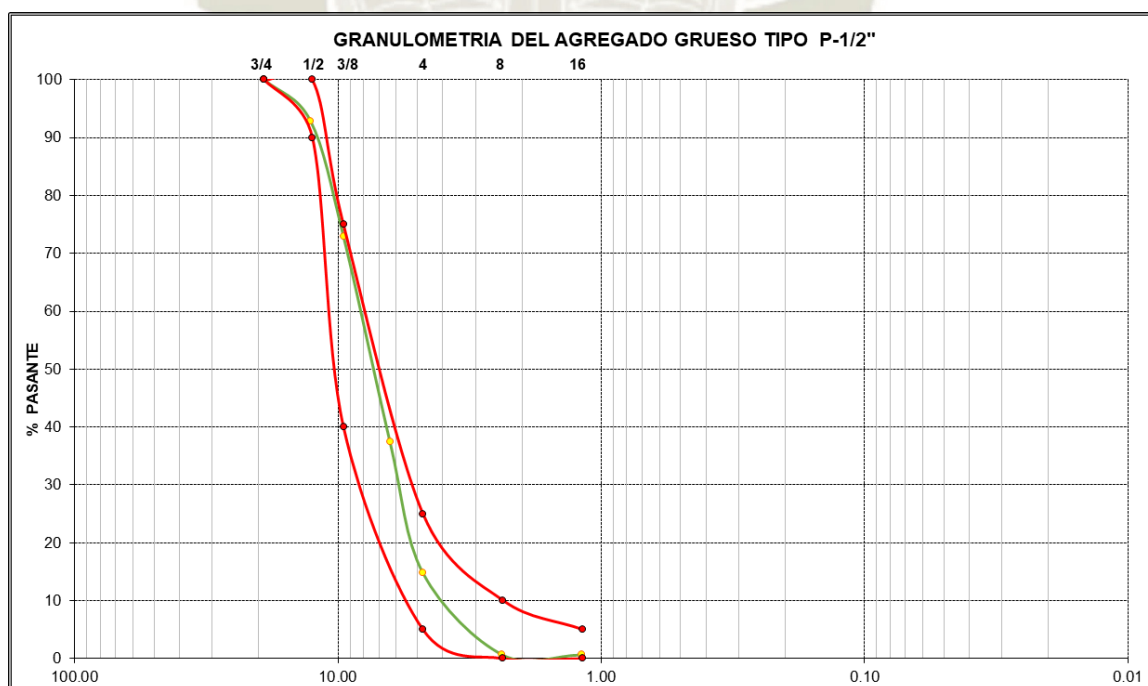


Gráfica 5: Granulometría del Agregado Grueso de 3/4"
(Fuente propia)

3.2.2.2. Agregado Grueso de 1/2"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.19	0.19	0.12	0.50	7.16	7.16	92.84
3/8"	9.53	0.47	0.47	0.45	1.39	19.93	27.09	72.91
1/4"	6.35	0.84	0.80	0.83	2.47	35.43	62.52	37.48
# 4	4.76	0.56	0.53	0.50	1.58	22.67	85.19	14.81
# 8	2.38	0.33	0.29	0.36	0.98	14.10	99.29	0.71
# 16	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.29	0.71
# 30	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.29	0.71
# 50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.29	0.71
# 100	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.29	0.71
# 200	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.29	0.71
Fondo		0.01	0.02	0.03	0.05	0.71	100.00	0.00
TOTAL		2.395	2.291	2.284	6.970	100	MODULO DE FINEZA	6.09

Tabla 9: Granulometría del Agregado Grueso de 1/2"
(Fuente propia)



Gráfica 6: Granulometría del Agregado Grueso de 1/2"
(Fuente propia)

3.2.3. Contenido de humedad

Establecido en la MTC E-215, siendo el procedimiento el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula (24 horas).
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

El contenido de humedad se calculará mediante la siguiente formula:

$$\% \text{Contenido de Humedad} = \frac{W_i - W_s}{W_s} * 100 \quad (8)$$

Dónde:

W_i = Masa inicial de la muestra (g)

W_s = Masa de la muestra seca (g)

3.2.3.1. Agregado Grueso de 3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	5699.50	5662.50	5260.50
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	5677.50	5641.50	5240.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	22.00	21.00	20.00
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.39	0.37	0.38

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.38		
---	-----------------------------------	---	------	--	--

Tabla 10: Contenido de Humedad del Agregado Grueso de 3/4"
(Fuente propia)

3.2.3.2. Agregado Grueso Tipo 1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	2127.00	2282.00	2214.50
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2123.00	2276.00	2209.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	4.00	6.00	5.00
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.19	0.26	0.23

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.23		
---	-----------------------------------	---	------	--	--

Tabla 11: Contenido de Humedad del Agregado Grueso de 1/2"
(Fuente propia)

3.2.4. Peso unitario suelto y compactado

Para la determinar el peso unitario suelto y compactado en el agregado grueso se procede según lo indica la MTC E-203, siguiendo el siguiente procedimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

PESO UNITARIO SUELTO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente. Eliminar el agregado sobrante con una regla.
- Determinar el peso del recipiente de medida más el contenido y el peso del recipiente, registrar los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

PESO UNITARIO COMPACTADO

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Llenar la tercera parte del recipiente con el agregado, y emparejar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Llenar las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonar como anteriormente se describe.
- Finalmente llenar el recipiente hasta colmarlo y apisonar otra vez de la manera antes mencionada. Al apisonar la primera capa, evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, aplicar la fuerza necesaria para que la varilla atraviese solamente la respectiva capa.
- Una vez colmado el recipiente, enrasar la superficie con la varilla, usándola como regla, determinar el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo, y registrar pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

El peso unitario suelto y compactado del agregado grueso se calculará mediante las siguientes formulas:

$$PUs = \frac{Psuelto}{V} \quad (9)$$

$$PUc = \frac{Pcompactada}{V} \quad (10)$$

Dónde:

- P. Suelto = Peso de la muestra suelta.
P. Compactada = Peso de la muestra compactada
V = Volumen del recipiente.

3.2.4.1. Agregado Grueso de 3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	19.34	19.27	19.17
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	5.20	5.20	5.20
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	14.15	14.07	13.98
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1549.93	1541.39	1531.09

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1540.80		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 12: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 3/4"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	20.65	20.41	20.22
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	5.20	5.20	5.20
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	15.46	15.22	15.02
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1693.43	1666.81	1645.45

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1668.57		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 13: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso de 3/4"
(Fuente propia)

3.2.4.2. Agregado Grueso de 1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	18.44	18.65	18.52
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	13.62	13.83	13.70
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1491.54	1514.55	1500.74

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1502.28		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 14: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	19.70	19.85	19.80
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	14.88	15.03	14.98
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1630.23	1646.88	1640.96

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1639.35		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 15: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso de 1/2"
(Fuente propia)

3.2.5. Peso específico y absorción

La norma MTC E-206, establece el procedimiento de ensayo para determinar el peso específico del agregado grueso, se sigue el siguiente procedimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo
- Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas. Hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto. Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.
- Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda.
- Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g o al 0,05% del peso de la muestra, la que sea mayor.
- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.
- Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar sea cómoda al tacto (aproximadamente 50°C) y se pesa.

El peso específico y la absorción se calcularán mediante las siguientes formula:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{P_s}{P_s - P_m} \quad (11)$$

$$\text{Peso específico de masa superficialmente seca} = \frac{P_{ss}}{P_{ss} - P_m} \quad (12)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{P_s}{P_{ss} - P_m} \quad (13)$$

$$\text{Absorcion} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_{sum}} * 100 \quad (14)$$

Dónde:

P_s = Peso en el aire de la muestra seca, en gramos.

P_{ss} = Peso en el aire de la muestra saturada, en gramos.

P_{sum} = Peso sumergido de la muestra, en gramos.

3.2.5.1. Agregado Grueso de 3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	3284.00	3128.00	3188.00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	2631.00	2572.00	2616.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	590.00	590.00	590.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	3256.00	3094.00	3157.00
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	2041.00	1982.00	2026.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.62	2.70	2.72
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.64	2.73	2.74
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.68	2.78	2.79
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	0.86	1.10	0.98

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.68
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.71
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.75
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	0.98

Tabla 16: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de 3/4"

(Fuente propia)

3.2.5.2. Agregado Grueso de 1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2245.00	2326.00	2283.50
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	2005.00	2051.00	2025.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	590.00	590.00	590.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	2212.00	2292.00	2249.00
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1415.00	1461.00	1435.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.67	2.65	2.65
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.70	2.69	2.69
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.78	2.76	2.76
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.49	1.48	1.53

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.66
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.70
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.77
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	1.50

Tabla 17: Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de 1/2"

(Fuente propia)

3.2.6. Resistencia a la abrasión y al desgaste

La norma MTC E-207, establece un procedimiento para determinar la resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado grueso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Obtención de la muestra por el método de cuarteo.
- Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a 110 ± 5 °C.

El Desgaste se calculará mediante la siguiente formula:

$$\%Desgaste = \frac{Pa - Pb}{Pa} * 100 \quad (15)$$

Dónde:

Pa = Peso inicial de la muestra

Pb = Peso final de la muestra seca

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	Agregado limpio lavado y secado al horno antes de someterlo a abrasión	gr	5000	5000	5000
2	Agregado retenido en el tamiz Nro. 12 lavado y secado al horno después de someterlo a abrasión	gr	4172	4058	4087
3	Porcentaje de desgaste	%	16.56	18.84	18.26

4	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE	%	17.89		
---	-------------------------------------	---	-------	--	--

Tabla 18: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso
(Fuente propia)

3.3. Propiedades de los agregados de concreto reciclado

Con el objetivo de caracterizar el agregado reciclado producido a partir de diferentes tipos de concreto original, se diseñaron tres tipos de concreto primario, 150, 250 y 350 kg/cm², adoptando el método del comité ACI 211 de diseño de mezcla. Utilizando cemento YURA IP, agregado fino y grueso procedente de la cantera la poderosa. Para cada una de las tres mezclas anteriores, se hicieron 300 probetas, ensayando su resistencia a la compresión a 28 días, siendo la fuerza media de estas mezclas de 182, 311 y 405 kg/cm² respectivamente.

Después de haber obtenido los 3 tipos de concretos primarios, se procedió a triturar cada probeta, utilizando una trituradora de quijada, cada probeta fue triturada y tamizada para obtener dos tamaños de agregado de cada tipo de concreto primario, siendo los tamaños seleccionados de 3/4" y 1/2". Una vez realizado el proceso de trituración se procedió a mezclar uniformemente y empaquetar independientemente cada tipo de agregado grueso de concreto reciclado

El cuadro que se muestra a continuación, muestra la codificación que se le asignó a los distintos tipos de agregado de concreto reciclado utilizado en la presente investigación, dicha codificación está en función del tipo de concreto primario del cual proceden y el tamaño del agregado al cual fueron reducidos.

		TAMAÑO TRITURADO	
		3/4"	1/2"
PROCEDENCIA	Concreto primario tipo I (150 kg/cm ²)	I-3/4	I-1/2
	Concreto primario tipo II (250 kg/cm ²)	II-3/4	II-1/2
	Concreto primario tipo III (350 kg/cm ²)	III-3/4	III-1/2

*Cuadro 11: Cuadro de Codificación para los Agregados Reciclados
(Fuente propia)*

Una vez obtenido los distintos tipos de agregado de concreto reciclado se procedió a evaluar las propiedades de contenido de humedad, granulometría, peso unitario, peso específico, porcentaje de absorción y desgaste de los agregados reciclados. Al finalizar se hace una comparación con las propiedades de los agregados naturales

Para esta investigación, se hicieron 03 ensayos para cada propiedad de los 6 tipos de agregados de concreto reciclado usados en la presente investigación, todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María.

A continuación, se menciona los resultados obtenidos para los distintos tipos de agregados de concreto reciclado.

3.3.1. Análisis granulométrico

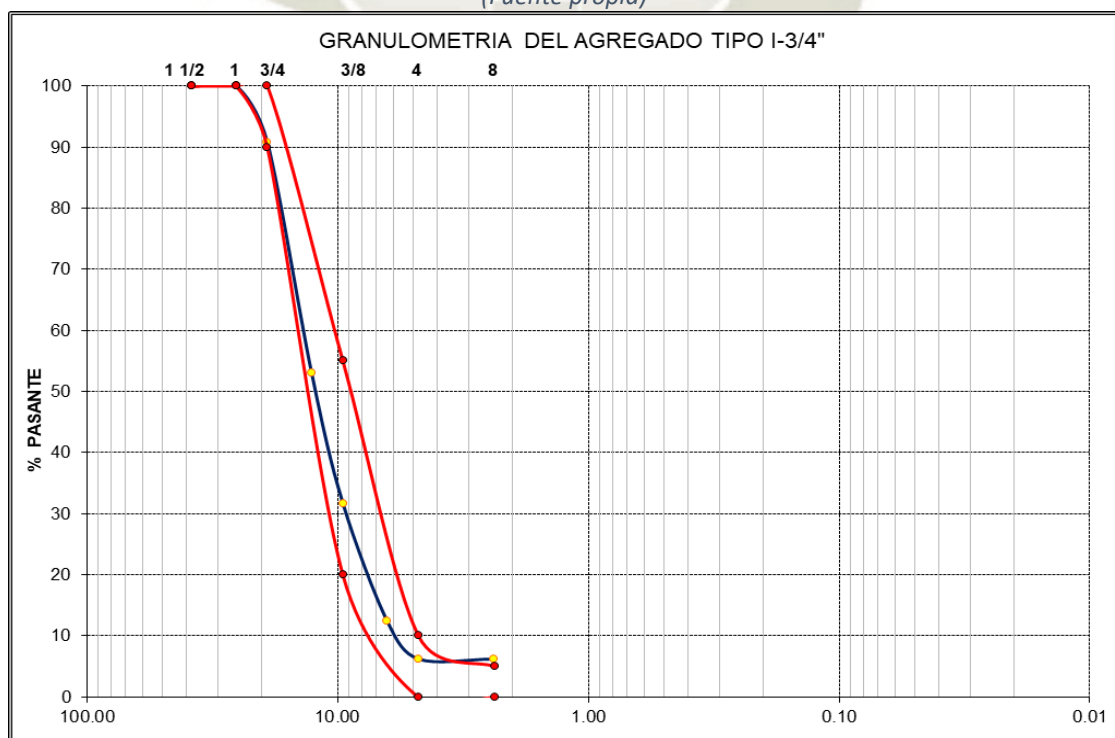
Para determinar la granulometría del agregado reciclado se procede según lo indica la MTC E-204 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

3.3.1.1. Agregado reciclado Tipo I

A. Tipo I-3/4"

TIPO I-3/4"								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.450	0.412	0.542	1.40	9.21	9.21	90.79
1/2"	12.70	1.845	1.914	1.984	5.74	37.69	46.91	53.09
3/8"	9.53	1.096	1.043	1.124	3.26	21.41	68.32	31.68
1/4"	6.35	0.984	1.017	0.933	2.93	19.26	87.58	12.42
# 4	4.76	0.402	0.320	0.230	0.95	6.25	93.82	6.18
# 8	2.38	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.82	6.18
Fondo		0.366	0.354	0.221	0.94	6.18	100.00	0.00
TOTAL		5.143	5.06	5.034	15.237	100	MODULO DE FINEZA	6.40

Tabla 19: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"
(Fuente propia)

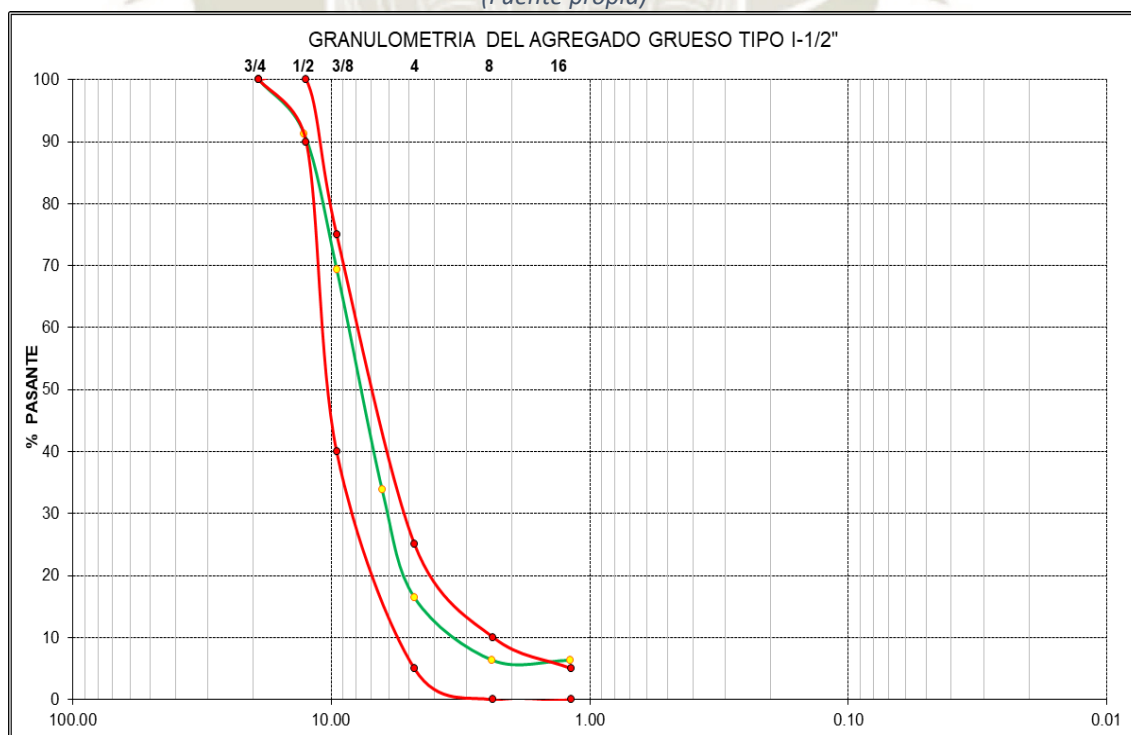


Gráfica 7: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo I-1/2"

TIPO I-1/2"								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.185	0.179	0.205	0.57	8.78	8.78	91.22
3/8"	9.53	0.460	0.484	0.467	1.41	21.78	30.56	69.44
1/4"	6.35	0.834	0.765	0.710	2.31	35.64	66.21	33.79
# 4	4.76	0.300	0.450	0.375	1.13	17.37	83.58	16.42
# 8	2.38	0.222	0.180	0.250	0.65	10.06	93.64	6.36
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.64	6.36
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.64	6.36
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.64	6.36
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.64	6.36
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	93.64	6.36
Fondo		0.127	0.159	0.126	0.41	6.36	100.00	0.00
TOTAL		2.128	2.217	2.133	6.478	100	MODULO DE FINEZA	5.82

Tabla 20: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"
(Fuente propia)



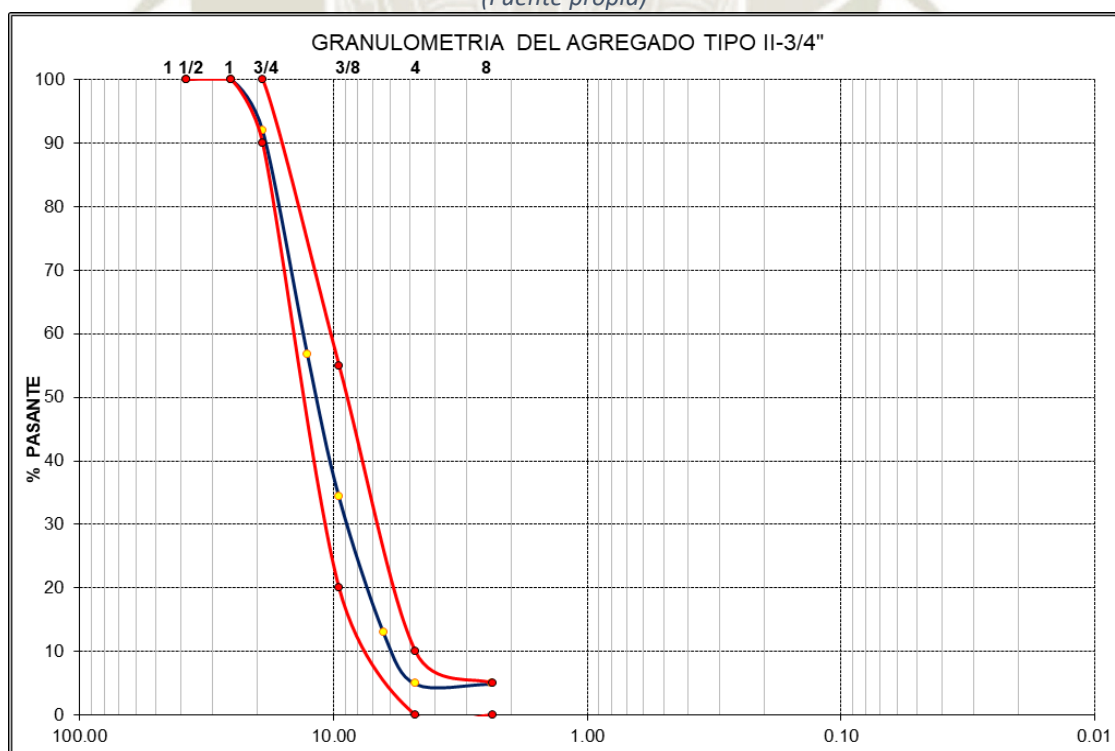
Gráfica 8: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"
(Fuente propia)

3.3.1.2. Agregado reciclado Tipo II

A. Tipo II-3/4"

TIPO II-A								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.370	0.442	0.403	1.22	8.08	8.08	91.92
1/2"	12.70	1.823	1.670	1.787	5.28	35.09	43.17	56.83
3/8"	9.53	1.104	1.159	1.121	3.38	22.49	65.66	34.34
1/4"	6.35	0.982	1.115	1.117	3.21	21.36	87.02	12.98
# 4	4.76	0.531	0.359	0.316	1.21	8.02	95.04	4.96
# 8	2.38	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.04	4.96
Fondo		0.201	0.258	0.288	0.75	4.96	100.00	0.00
TOTAL		5.011	5.003	5.032	15.046	100	MODULO DE FINEZA	6.44

Tabla 21: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

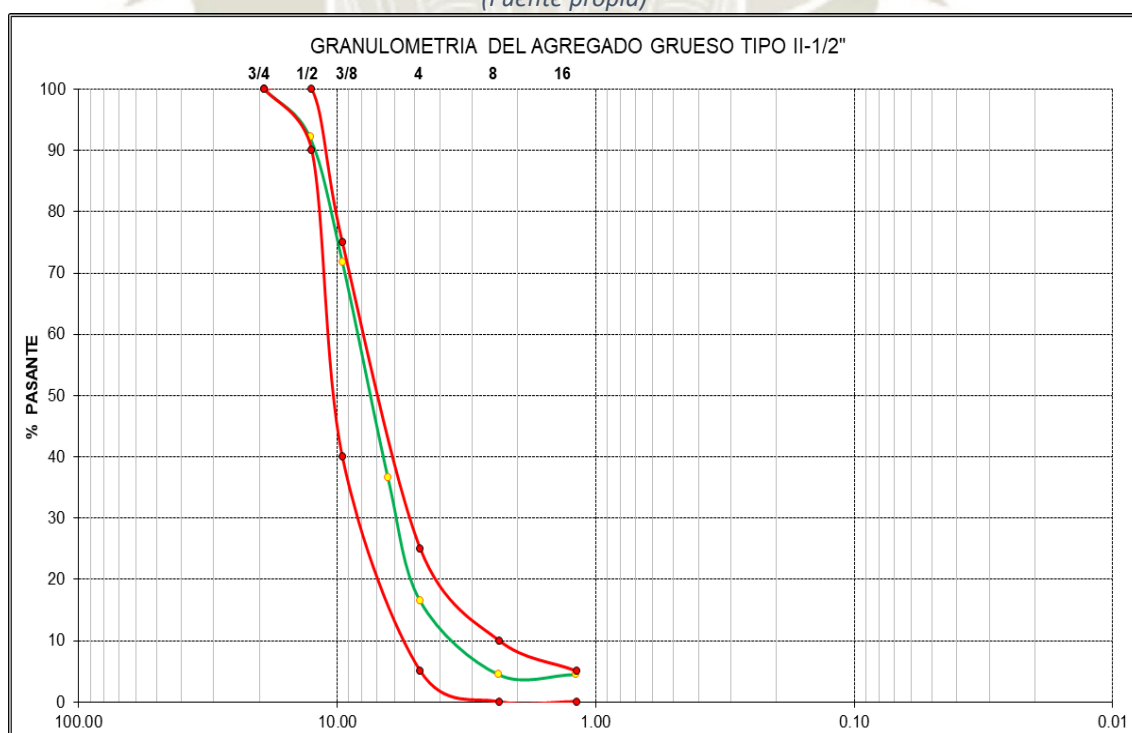


Gráfica 9: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo II-1/2"

TIPO II-1/2"								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.180	0.219	0.127	0.53	7.86	7.86	92.14
3/8"	9.53	0.453	0.461	0.445	1.36	20.31	28.17	71.83
1/4"	6.35	0.725	0.887	0.740	2.35	35.15	63.32	36.68
# 4	4.76	0.442	0.417	0.492	1.35	20.19	83.52	16.48
# 8	2.38	0.260	0.331	0.208	0.80	11.94	95.46	4.54
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.46	4.54
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.46	4.54
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.46	4.54
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.46	4.54
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.46	4.54
Fondo		0.074	0.124	0.106	0.30	4.54	100.00	0.00
TOTAL		2.134	2.439	2.118	6.691	100	MODULO DE FINEZA	5.89

Tabla 22: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"
(Fuente propia)



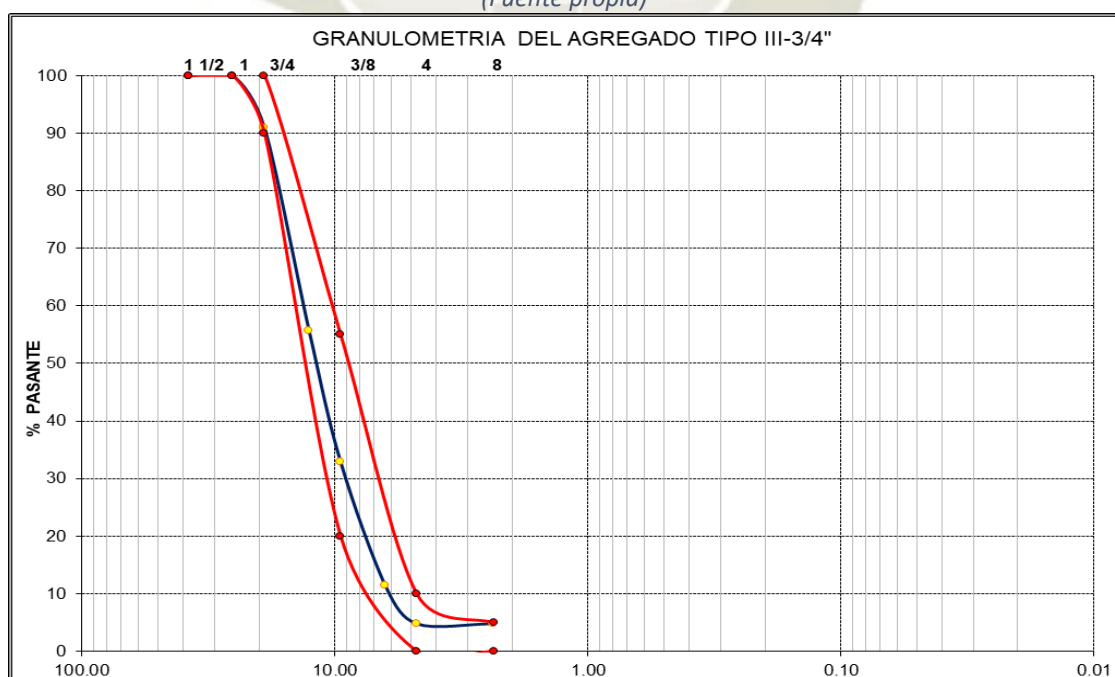
Gráfica 10: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"
(Fuente propia)

3.3.1.3. Agregado reciclado Tipo III

A. Tipo III-3/4"

TIPO III-3/4"								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.490	0.470	0.423	1.38	9.08	9.08	90.92
1/2"	12.70	1.922	1.753	1.680	5.36	35.16	44.24	55.76
3/8"	9.53	1.128	1.136	1.213	3.48	22.83	67.07	32.93
1/4"	6.35	1.046	1.060	1.152	3.26	21.39	88.46	11.54
# 4	4.76	0.337	0.355	0.327	1.02	6.69	95.15	4.85
# 8	2.38	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	95.15	4.85
Fondo		0.215	0.293	0.230	0.74	4.85	100.00	0.00
TOTAL		5.138	5.067	5.025	15.23	100	MODULO DE FINEZA	6.47

Tabla 23: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"
(Fuente propia)

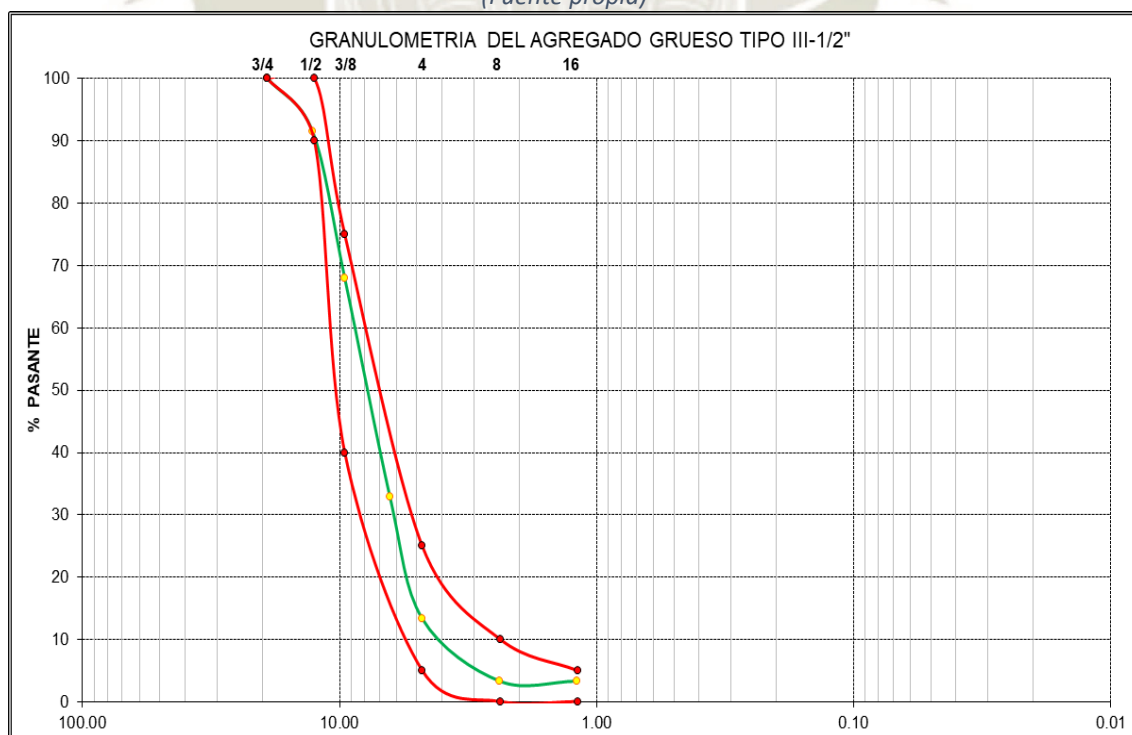


Gráfica 11: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo III-1/2"

TIPO III-1/2"								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO MUESTRA 1 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 2 (kg)	PESO RETENIDO MUESTRA 3 (kg)	PESO RETENIDO (kg)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
21/2"	63.50	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.198	0.247	0.196	0.64	8.54	8.54	91.46
3/8"	9.53	0.573	0.479	0.710	1.76	23.47	32.01	67.99
1/4"	6.35	0.839	0.998	0.803	2.64	35.16	67.17	32.83
# 4	4.76	0.547	0.418	0.496	1.46	19.46	86.63	13.37
# 8	2.38	0.216	0.255	0.282	0.75	10.03	96.66	3.34
# 16	1.19	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	96.66	3.34
# 30	0.59	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	96.66	3.34
# 50	0.30	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	96.66	3.34
# 100	0.15	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	96.66	3.34
# 200	0.07	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	96.66	3.34
Fondo		0.104	0.061	0.086	0.25	3.34	100.00	0.00
TOTAL		2.477	2.458	2.573	7.508	100	MODULO DE FINEZA	6.02

Tabla 24: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"
(Fuente propia)



Gráfica 12: Granulometría del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"
(Fuente propia)

3.3.2. Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad de las muestras de concreto reciclado se procedió según la norma MTC E-215 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

3.3.2.1. Agregado Reciclado Tipo I.

A. Tipo I-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	3000.00	3042.00	3014.00
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2936.00	2976.00	2949.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	64.00	66.00	64.50
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.18	2.22	2.19

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.19		
---	-----------------------------------	---	------	--	--

Tabla 25: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo I-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	2078.00	2082.00	2014.50
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2029.50	2033.00	1967.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	48.50	49.00	47.00
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.39	2.41	2.39

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.40		
---	-----------------------------------	---	------	--	--

Tabla 26: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"
(Fuente propia)

3.3.2.2. Agregado Reciclado Tipo II.

A. Tipo II-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	3002.00	3182.00	3074.00
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2914.00	3086.00	2981.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	88.00	96.00	92.50
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.02	3.11	3.10

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.08		
---	-----------------------------------	---	------	--	--

Tabla 27: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo II-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	2119.00	2272.00	2234.00
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2024.00	2170.50	2134.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	95.00	101.50	99.50
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.69	4.68	4.66

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.68
---	-----------------------------------	---	------

Tabla 28: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"

(Fuente propia)

3.3.2.3. Agregado Reciclado Tipo III.

A. Tipo I-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	3040.00	3012.00	3004.00
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	2878.00	2853.00	2843.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	162.00	159.00	160.50
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.63	5.57	5.64

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.62
---	-----------------------------------	---	------

Tabla 29: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"

(Fuente propia)

B. Tipo I-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO AMBIENTAL	gr	2050.00	2175.00	2034.50
2	PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	gr	1934.50	2050.00	1919.50
3	PESO DEL AGUA PERDIDA	gr	115.50	125.00	115.00
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.97	6.10	5.99

5	PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.02
---	-----------------------------------	---	------

Tabla 30: Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"

(Fuente propia)

3.3.3. Peso unitario suelto y compactado

Para determinar el peso unitario suelto y compactado en el agregado reciclado se procedió según lo indica la norma MTC E-203 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

3.3.3.1. Agregado Reciclado Tipo I.

A. Tipo I-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	17.30	17.50	17.35
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	12.48	12.68	12.53
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1367.21	1389.12	1372.69

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1376.34		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 31: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	16.12	16.25	16.06
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	11.30	11.43	11.24
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1237.84	1252.19	1231.27

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1240.43		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 32: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo I-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	17.20	17.17	17.11
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	12.38	12.35	12.29
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1356.26	1352.97	1346.40

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1351.88		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 33: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	16.00	16.05	16.03
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	11.18	11.23	11.21
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1224.91	1230.28	1228.20

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1227.80		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 34: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"
(Fuente propia)

3.3.3.2. Agregado Reciclado Tipo II.

A. Tipo II-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	17.13	17.20	17.16
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	12.31	12.38	12.34
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1348.59	1356.26	1351.88

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1352.24		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 35: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	15.95	15.98	15.92
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	11.13	11.16	11.10
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1219.33	1222.61	1215.93

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1219.29		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 36: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo II-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	16.91	16.95	16.85
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	12.09	12.13	12.03
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1324.49	1328.87	1317.92

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1323.76		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 37: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	15.63	15.82	15.50
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	10.81	11.01	10.68
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1183.84	1205.53	1169.60

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1186.32		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 38: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"
(Fuente propia)

3.3.3.3. Agregado Reciclado Tipo III.

A. Tipo III-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	16.75	16.70	16.72
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	11.93	11.88	11.90
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1306.96	1301.49	1303.68

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1304.04		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 39: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	15.55	15.51	15.60
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	10.73	10.69	10.78
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1175.51	1171.13	1180.99

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1175.88		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 40: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo III-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	16.60	16.47	16.55
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	11.78	11.65	11.73
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	1290.53	1276.29	1285.05

6	PROMEDIO DEL P.U. COMPACTADO	kg/m3	1283.96		
---	------------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 41: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"
(Fuente propia)

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA MAS RECIPIENTE	kg	15.33	15.21	15.25
2	PESO DEL RECIPIENTE	kg	4.82	4.82	4.82
3	PESO DE LA MUESTRA	kg	10.51	10.39	10.43
4	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	m3	0.00913	0.00913	0.00913
5	PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1151.41	1138.27	1142.65

6	PROMEDIO DEL P. U. SUELTO	kg/m3	1144.11		
---	---------------------------	-------	---------	--	--

Tabla 42: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"
(Fuente propia)

3.3.4. Peso específico y absorción

Se procede según la norma MTC E-206 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

3.3.4.1. Agregado Reciclado Tipo I.

A. Tipo I-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	3021.00	3038.00	3035.00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	2359.00	2368.00	2362.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	2816.50	2832.00	2830.00
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1770.00	1779.00	1773.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.25	2.25	2.24
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.41	2.41	2.40
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.69	2.69	2.68
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.26	7.27	7.24

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.25		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.41		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.69		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.26		

Tabla 43: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-3/4"

(Fuente propia)

B. Tipo I-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2061.00	2020.50	2051.50
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	1785.00	1763.00	1785.50
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	1909.50	1885.00	1899.50
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1196.00	1174.00	1196.50
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.21	2.23	2.22
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.38	2.39	2.40
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.68	2.65	2.70
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.93	7.19	8.00

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.22		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.39		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.68		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.71		

Tabla 44: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo I-1/2"

(Fuente propia)

3.3.4.2. Agregado Reciclado Tipo II.

A. Tipo II-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	3015.00	3028.00	3025
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	2343.00	2356.00	2350
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	2803.50	2823.50	2820.50
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1754.00	1767.00	1761.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.22	2.24	2.23
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.39	2.40	2.39
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.67	2.67	2.66
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.54	7.24	7.25

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.23		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.40		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.67		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	7.35		

Tabla 45: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo II-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2269.50	2017.00	2031.00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	1901.00	1761.00	1760.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	2094.50	1866.00	1875.00
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1312.00	1172.00	1171.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.19	2.21	2.18
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.37	2.39	2.36
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.68	2.69	2.66
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.36	8.09	8.32

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.19		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.37		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.68		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.26		

Tabla 46: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo II-1/2"
(Fuente propia)

3.3.4.3. Agregado Reciclado Tipo III.

A. Tipo III-3/4"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	3032.00	3008.00	3005.00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	2332.00	2326.00	2320.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	2795.00	2782.50	2779.50
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1743.00	1737.00	1731.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.17	2.19	2.18
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.35	2.37	2.36
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.66	2.66	2.65
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.48	8.10	8.11

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.18		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.36		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.66		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.23		

Tabla 47: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-3/4"
(Fuente propia)

B. Tipo III-1/2"

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2136.00	2036.50	2085.00
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA + PESO DE LA CANASTILLA	gr	1818.00	1753.00	1785.00
3	PESO DE LA CANASTILLA	gr	589.00	589.00	589.00
4	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr	1967.00	1865.00	1910.50
5	PESO DE LA MUESTRA SATURADA EN AGUA	gr	1229.00	1164.00	1196.00
6	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.17	2.14	2.15
7	PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.36	2.33	2.35
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cc	2.67	2.66	2.67
9	PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.59	9.20	9.13

11	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cc	2.15		
12	PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA	gr/cc	2.34		
13	PROMEDIO DEL PESO APARENTE	gr/cc	2.67		
14	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION	%	8.97		

Tabla 48: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Reciclado Tipo III-1/2"
(Fuente propia)

3.3.5. Resistencia a la abrasión y al desgaste

Para determinar la resistencia a la abrasión y al desgaste del agregado reciclado se procede según lo indica la norma MTC E-207 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

3.3.5.1. Agregado Reciclado Tipo I.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	MASA INICIAL	gr	5001	5000	5004
2	MASA FINAL	gr	3279	3270	3280
3	PORCENTAJE DE DESGASTE	%	34.43	34.60	34.45

4	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE	%	34.50		
---	-------------------------------------	---	-------	--	--

*Tabla 49: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo I
(Fuente propia)*

3.3.5.2. Agregado Reciclado Tipo II.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	MASA INICIAL	gr	5004	5001	5001
2	MASA FINAL	gr	3596	3591	3584
3	PORCENTAJE DE DESGASTE	%	28.14	28.19	28.33

4	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE	%	28.22		
---	-------------------------------------	---	-------	--	--

*Tabla 50: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo II
(Fuente propia)*

3.3.5.3. Agregado Reciclado Tipo III.

ID	DESCRIPCION	UND.	MUESTRA N1	MUESTRA N2	MUESTRA N3
1	MASA INICIAL	gr	5005	5001	5005
2	MASA FINAL	gr	3888	3951	3944
3	PORCENTAJE DE DESGASTE	%	22.32	21.00	21.20

4	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE	%	21.50		
---	-------------------------------------	---	-------	--	--

*Tabla 51: Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado Tipo III
(Fuente propia)*

3.4. Tabla Resumen de las Propiedades de los Agregados

COMPARACIÓN	UND.	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO		AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO					
			Tipo 3/4"	Tipo 1/2"	I-3/4"	I-1/2"	II-3/4"	II-1/2"	III-3/4"	III-1/2"
Tamaño Máximo	Pulg.	-	1"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.	-	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"	1/2"
Módulo de fineza	-	2.64	6.48	6.09	6.40	5.82	6.44	5.89	6.47	6.02
Peso Específico de la Masa	gr/cc	2.41	2.68	2.66	2.25	2.22	2.23	2.19	2.18	2.15
Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca	gr/cc	2.46	2.71	2.70	2.41	2.39	2.40	2.37	2.36	2.34
Peso Aparente	gr/cc	2.53	2.75	2.77	2.69	2.68	2.67	2.68	2.66	2.67
Peso Volumétrico Compactado Seco	Kg/m3	1639.87	1668.57	1639.35	1376.34	1351.88	1352.24	1323.76	1304.04	1283.96
Peso Volumétrico Suelto Seco	Kg/m3	1508.66	1540.80	1502.28	1240.43	1227.80	1219.29	1186.32	1175.88	1144.11
Porcentaje de Absorción	%	1.87	0.98	1.50	7.26	7.71	7.35	8.26	8.23	8.97
Contenido de Humedad	%	1.40	0.38	0.23	2.19	2.40	3.08	4.68	5.62	6.02
Porcentaje de Desgaste	%	-	17.89		34.50		28.22		21.50	

Tabla 52: Tabla Resumen de las Propiedades de los Agregados
(Fuente propia)

4. CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS

4.1. Método del Comité 211 del ACI

El Comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño bastante simple el cual, basándose en tablas preestablecidas, permite establecer valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto. A continuación, se detalla la secuencia de diseño

- Paso 1: Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión especificada.
- Paso 2: Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Paso 3: Selección del asentamiento.
- Paso 4: Selección del volumen unitario del agua de diseño.

CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE MEZCLA EN KILOGRAMOS O LITROS POR 1M3 DE CONCRETO EN FUNCION DEL SLUMP Y EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO								
Slump	Tamaño Máximo del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
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	

Cuadro 12: Cantidad de agua de mezcla aproximada en litros por m³ de concreto
(Lopez Rivva, 1999)

- Paso 5: Selección del contenido de aire.

Tamaño Máximo del Agregado	% aire atrapado
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
4"	0.20

Cuadro 13: Contenido de aire atrapado
(Lopez Rivva, 1999)

- Paso 6: Selección de la relación agua/cemento por resistencia

RELACION AGUA/CEMENTO EN PESO	
F'c(Kg/cm ²)	Sin Aire Incorporado
150	0.8
200	0.7
250	0.62
300	0.55
350	0.48
400	0.43
450	0.38

Cuadro 14: Relación agua cemento por resistencia
(Lopez Rivva, 1999)

- Paso 7: Determinación de la cantidad de cemento
- Paso 8: Determinación de la cantidad de agregado grueso

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR 1M3 DE CONCRETO VS MODULO DE FINEZA DE LA ARENA				
Tamaño Máximo Agregado Grueso	Módulo de Fineza de la Arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
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

*Cuadro 15: Volumen de agregado grueso por m3 de concreto
(Lopez Rivva, 1999)*

- Paso 9: Determinación de la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Paso 10: Determinación del volumen absoluto del agregado fino.
- Paso 11: Determinación del peso seco del agregado fino.
- Paso 12: Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Paso 13: Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción del agregado
- Paso 14: Determinación de la proporción en peso de diseño y de obra.
- Paso 15: Determinación de los pesos por tanda de vaciado.

Respecto a la forma de incorporar el agregado reciclado, existen 2 formas para hacerlo, una es usando un agregado grueso resultante de la combinación del agregado grueso natural y del agregado grueso de concreto reciclado, y la otra es realizarlo directamente en el diseño, para esta investigación se incorporará el agregado reciclado directamente en el diseño

Para ello solo se realiza una modificación en la secuencia de diseño mostrada anteriormente, la cual se realizará en el paso 8, una vez hallado el volumen del agregado grueso a usar en la mezcla, este se debe multiplicar por el porcentaje de reemplazo asignado a cada mezcla, obteniendo así 2 volúmenes de agregado grueso diferentes que serán trabajados por separado con las propiedades que le correspondan a cada tipo de agregado grueso, siguiendo la secuencia descrita anteriormente.

4.2. Cálculos y diseños de las variables a analizar

4.2.1. Diseño de mezclas para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

4.2.1.1. Mezcla 175-1/2-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.09	-
Peso unitario suelto	kg/m ³	1508.66	1502.28	-
Peso unitario compactado	kg/m ³	1639.87	1639.35	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m ³)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m ³)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m ³
Cemento	0.122 m ³	2810 kg/m ³	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.288 m ³	2414 kg/m ³	695.24 kg	2.03	1.014	704.97 kg	2.06	21.55 kg
Agregado Grueso	0.349 m ³	2655 kg/m ³	926.63 kg	2.70	1.002	928.73 kg	2.71	28.39 kg
Agregado reciclado	0.000 m ³	2680 kg/m ³	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.216 m ³	1000 kg/m ³	216.00 kg	26.78 Lt/saco	15.060	231.06 kg	28.64	7.06 kg
Aire	0.025 m ³		-					
	1.000 m ³		2180.69 kg			2207.58 kg		

4.2.1.2. Mezcla 175-1/2-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.289 m3	2414 kg/m3	697.65 kg	2.04	1.014	707.42 kg	2.06	21.62 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	2.03	1.002	697.21 kg	2.03	21.31 kg
Agregado reciclado	0.086 m3	2219 kg/m3	190.80 kg	0.56	1.024	195.37 kg	0.57	5.97 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	22.270	238.27 kg	29.54	7.28 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2142.91 kg			2181.09 kg		

4.2.1.3. Mezcla 175-1/2-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.290 m3	2414 kg/m3	700.06 kg	2.04	1.014	709.86 kg	2.07	21.70 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.36	1.002	465.69 kg	1.36	14.23 kg
Agregado reciclado	0.172 m3	2219 kg/m3	381.61 kg	1.11	1.024	390.75 kg	1.14	11.94 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	29.460	245.46 kg	30.43	7.50 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2105.13 kg			2154.58 kg		

4.2.1.4. Mezcla 175-1/2-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.292 m3	2414 kg/m3	704.89 kg	2.06	1.014	714.76 kg	2.08	21.85 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.345 m3	2219 kg/m3	765.44 kg	2.23	1.024	783.78 kg	2.29	23.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	43.940	259.94 kg	32.23	7.94 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2029.15 kg			2101.30 kg		

4.2.1.5. Mezcla 175-1/2-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.290 m3	2414 kg/m3	700.06 kg	2.04	1.014	709.86 kg	2.07	21.70 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	2.03	1.002	697.21 kg	2.03	21.31 kg
Agregado reciclado	0.085 m3	2192 kg/m3	186.32 kg	0.54	1.047	195.03 kg	0.57	5.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	18.810	234.81 kg	29.11	7.18 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2140.84 kg			2179.73 kg		

4.2.1.6. Mezcla 175-1/2-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.291 m3	2414 kg/m3	702.48 kg	2.05	1.014	712.31 kg	2.08	21.77 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.36	1.002	465.69 kg	1.36	14.23 kg
Agregado reciclado	0.171 m3	2192 kg/m3	374.83 kg	1.09	1.047	392.36 kg	1.14	11.99 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	22.610	238.61 kg	29.58	7.29 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2100.77 kg			2151.79 kg		

4.2.1.7. Mezcla 175-1/2-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.295 m3	2414 kg/m3	712.13 kg	2.08	1.014	722.10 kg	2.11	22.07 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.342 m3	2192 kg/m3	749.66 kg	2.19	1.047	784.72 kg	2.29	23.98 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	30.140	246.14 kg	30.51	7.52 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2020.61 kg			2095.78 kg		

4.2.1.8. Mezcla 175-1/2-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.291 m3	2414 kg/m3	702.48 kg	2.05	1.014	712.31 kg	2.08	21.77 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	2.03	1.002	697.21 kg	2.03	21.31 kg
Agregado reciclado	0.084 m3	2152 kg/m3	180.75 kg	0.53	1.060	191.63 kg	0.56	5.86 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	17.490	233.49 kg	28.95	7.14 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2137.69 kg			2177.46 kg		

4.2.1.9. Mezcla 175-1/2-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.293 m3	2414 kg/m3	707.31 kg	2.06	1.014	717.21 kg	2.09	21.92 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.36	1.002	465.69 kg	1.36	14.23 kg
Agregado reciclado	0.169 m3	2152 kg/m3	363.65 kg	1.06	1.060	385.54 kg	1.12	11.78 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	19.960	235.96 kg	29.25	7.21 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2094.42 kg			2147.22 kg		

4.2.1.10. Mezcla 175-1/2-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.122 m3	2810 kg/m3	342.82 kg	1.00		342.82 kg	1.00	10.48 kg
Agregado fino	0.299 m3	2414 kg/m3	721.79 kg	2.11	1.014	731.90 kg	2.13	22.37 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.338 m3	2152 kg/m3	727.29 kg	2.12	1.060	771.07 kg	2.25	23.57 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	26.78 Lt/saco	24.840	240.84 kg	29.86	7.36 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2007.90 kg			2086.63 kg		

4.2.1.11. Mezcla 175-3/4-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.48	-
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	-
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m3
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.263 m3	2414 kg/m3	634.89 kg	1.95	1.014	643.78 kg	1.98	19.68 kg
Agregado Grueso	0.396 m3	2679 kg/m3	1060.77 kg	3.25	1.004	1064.81 kg	3.27	32.54 kg
Agregado reciclado	0.000 m3	2680 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	9.310	214.31 kg	27.94	6.55 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2226.62 kg			2248.86 kg		

4.2.1.12. Mezcla 175-3/4-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.265 m3	2414 kg/m3	639.71 kg	1.96	1.014	648.67 kg	1.99	19.83 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.44	1.004	798.61 kg	2.45	24.41 kg
Agregado reciclado	0.097 m3	2248 kg/m3	218.03 kg	0.67	1.022	222.82 kg	0.68	6.81 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	18.790	223.79 kg	29.18	6.84 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2184.28 kg			2219.85 kg		

4.2.1.13. Mezcla 175-3/4-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.266 m3	2414 kg/m3	642.13 kg	1.97	1.014	651.12 kg	2.00	19.90 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.63	1.004	532.41 kg	1.63	16.27 kg
Agregado reciclado	0.195 m3	2248 kg/m3	438.31 kg	1.34	1.022	447.93 kg	1.37	13.69 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	28.370	233.37 kg	30.43	7.13 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2141.79 kg			2190.79 kg		

4.2.1.14. Mezcla 175-3/4-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.270 m3	2414 kg/m3	651.78 kg	2.00	1.014	660.90 kg	2.03	20.20 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.389 m3	2248 kg/m3	874.38 kg	2.68	1.022	893.57 kg	2.74	27.31 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	47.320	252.32 kg	32.90	7.71 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2057.12 kg			2132.75 kg		

4.2.1.15. Mezcla 175-3/4-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.266 m3	2414 kg/m3	642.13 kg	1.97	1.014	651.12 kg	2.00	19.90 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.44	1.004	798.61 kg	2.45	24.41 kg
Agregado reciclado	0.096 m3	2231 kg/m3	214.20 kg	0.66	1.031	220.79 kg	0.68	6.75 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	16.900	221.90 kg	28.93	6.78 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2182.87 kg			2218.38 kg		

4.2.1.16. Mezcla 175-3/4-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.268 m3	2414 kg/m3	646.96 kg	1.98	1.014	656.02 kg	2.01	20.05 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.63	1.004	532.41 kg	1.63	16.27 kg
Agregado reciclado	0.193 m3	2231 kg/m3	430.63 kg	1.32	1.031	443.88 kg	1.36	13.57 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	24.570	229.57 kg	29.93	7.02 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2138.94 kg			2187.84 kg		

4.2.1.17. Mezcla 175-3/4-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.274 m3	2414 kg/m3	661.44 kg	2.03	1.014	670.70 kg	2.06	20.50 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.385 m3	2231 kg/m3	859.03 kg	2.64	1.031	885.47 kg	2.72	27.06 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	39.740	244.74 kg	31.91	7.48 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2051.43 kg			2126.87 kg		

4.2.1.18. Mezcla 175-3/4-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.267 m3	2414 kg/m3	644.54 kg	1.98	1.014	653.56 kg	2.01	19.98 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.44	1.004	798.61 kg	2.45	24.41 kg
Agregado reciclado	0.095 m3	2180 kg/m3	207.08 kg	0.64	1.056	218.71 kg	0.67	6.68 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	13.190	218.19 kg	28.45	6.67 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2178.16 kg			2215.03 kg		

4.2.1.19. Mezcla 175-3/4-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m ³	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m ³	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m ³)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m ³)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m ³	2810 kg/m ³	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.271 m ³	2414 kg/m ³	654.20 kg	2.01	1.014	663.36 kg	2.04	20.27 kg
Agregado Grueso	0.198 m ³	2679 kg/m ³	530.39 kg	1.63	1.004	532.41 kg	1.63	16.27 kg
Agregado reciclado	0.190 m ³	2180 kg/m ³	414.15 kg	1.27	1.056	437.41 kg	1.34	13.37 kg
Agua	0.205 m ³	1000 kg/m ³	205.00 kg	26.73 Lt/saco	17.060	222.06 kg	28.95	6.79 kg
Aire	0.020 m ³		-					
	1.000 m ³		2129.70 kg			2181.20 kg		

4.2.1.20. Mezcla 175-3/4-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.628
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.116 m3	2810 kg/m3	325.96 kg	1.00		325.96 kg	1.00	9.96 kg
Agregado fino	0.279 m3	2414 kg/m3	673.51 kg	2.07	1.014	682.94 kg	2.10	20.87 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.380 m3	2180 kg/m3	828.31 kg	2.54	1.056	874.82 kg	2.68	26.74 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	26.73 Lt/saco	24.800	229.80 kg	29.96	7.02 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2032.78 kg			2113.52 kg		

4.2.2. Diseño de mezclas para $f'c=210$ kg/cm²

4.2.2.1. Mezcla 210-1/2-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.09	-
Peso unitario suelto	kg/m ³	1508.66	1502.28	-
Peso unitario compactado	kg/m ³	1639.87	1639.35	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m ³)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m ³)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m ³
Cemento	0.138 m ³	2810 kg/m ³	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.272 m ³	2414 kg/m ³	656.61 kg	1.69	1.014	665.80 kg	1.72	20.35 kg
Agregado Grueso	0.349 m ³	2655 kg/m ³	926.63 kg	2.39	1.002	928.73 kg	2.39	28.39 kg
Agregado reciclado	0.000 m ³	2680 kg/m ³	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.216 m ³	1000 kg/m ³	216.00 kg	23.67 Lt/saco	14.880	230.88 kg	25.30	7.06 kg
Aire	0.025 m ³		-					
	1.000 m ³		2187.02 kg			2213.19 kg		

4.2.2.2. Mezcla 210-1/2-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.273 m3	2414 kg/m3	659.03 kg	1.70	1.014	668.26 kg	1.72	20.42 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.79	1.002	697.21 kg	1.80	21.31 kg
Agregado reciclado	0.086 m3	2219 kg/m3	190.80 kg	0.49	1.024	195.37 kg	0.50	5.97 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	22.090	238.09 kg	26.09	7.28 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2149.25 kg			2186.71 kg		

4.2.2.3. Mezcla 210-1/2-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.274 m3	2414 kg/m3	661.44 kg	1.71	1.014	670.70 kg	1.73	20.50 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.20	1.002	465.69 kg	1.20	14.23 kg
Agregado reciclado	0.172 m3	2219 kg/m3	381.61 kg	0.98	1.024	390.75 kg	1.01	11.94 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	29.280	245.28 kg	26.88	7.50 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2111.47 kg			2160.20 kg		

4.2.2.4. Mezcla 210-1/2-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.276 m3	2414 kg/m3	666.27 kg	1.72	1.014	675.60 kg	1.74	20.65 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.345 m3	2219 kg/m3	765.44 kg	1.97	1.024	783.78 kg	2.02	23.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	43.760	259.76 kg	28.47	7.94 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2035.49 kg			2106.92 kg		

4.2.2.5. Mezcla 210-1/2-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.274 m3	2414 kg/m3	661.44 kg	1.71	1.014	670.70 kg	1.73	20.50 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.79	1.002	697.21 kg	1.80	21.31 kg
Agregado reciclado	0.085 m3	2192 kg/m3	186.32 kg	0.48	1.047	195.03 kg	0.50	5.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	18.630	234.63 kg	25.72	7.17 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2147.18 kg			2185.35 kg		

4.2.2.6. Mezcla 210-1/2-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.275 m3	2414 kg/m3	663.85 kg	1.71	1.014	673.14 kg	1.74	20.57 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.20	1.002	465.69 kg	1.20	14.23 kg
Agregado reciclado	0.171 m3	2192 kg/m3	374.83 kg	0.97	1.047	392.36 kg	1.01	11.99 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	22.430	238.43 kg	26.13	7.29 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2107.10 kg			2157.40 kg		

4.2.2.7. Mezcla 210-1/2-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.279 m3	2414 kg/m3	673.51 kg	1.74	1.014	682.94 kg	1.76	20.87 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.342 m3	2192 kg/m3	749.66 kg	1.93	1.047	784.72 kg	2.02	23.98 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	29.960	245.96 kg	26.96	7.52 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2026.95 kg			2101.40 kg		

4.2.2.8. Mezcla 210-1/2-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.275 m3	2414 kg/m3	663.85 kg	1.71	1.014	673.14 kg	1.74	20.57 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.79	1.002	697.21 kg	1.80	21.31 kg
Agregado reciclado	0.084 m3	2152 kg/m3	180.75 kg	0.47	1.060	191.63 kg	0.49	5.86 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	17.310	233.31 kg	25.57	7.13 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2144.02 kg			2183.07 kg		

4.2.2.9. Mezcla 210-1/2-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.277 m3	2414 kg/m3	668.68 kg	1.72	1.014	678.04 kg	1.75	20.72 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.20	1.002	465.69 kg	1.20	14.23 kg
Agregado reciclado	0.169 m3	2152 kg/m3	363.65 kg	0.94	1.060	385.54 kg	0.99	11.78 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	19.780	235.78 kg	25.84	7.21 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2100.75 kg			2152.83 kg		

4.2.2.10. Mezcla 210-1/2-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.138 m3	2810 kg/m3	387.78 kg	1.00		387.78 kg	1.00	11.85 kg
Agregado fino	0.283 m3	2414 kg/m3	683.17 kg	1.76	1.014	692.73 kg	1.79	21.17 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.338 m3	2152 kg/m3	727.29 kg	1.88	1.060	771.07 kg	1.99	23.57 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	23.67 Lt/saco	24.660	240.66 kg	26.38	7.36 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2014.24 kg			2092.24 kg		

4.2.2.11. Mezcla 210-3/4-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.48	-
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	-
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m3
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.248 m3	2414 kg/m3	598.68 kg	1.63	1.014	607.06 kg	1.65	18.55 kg
Agregado Grueso	0.396 m3	2679 kg/m3	1060.77 kg	2.88	1.004	1064.81 kg	2.89	32.54 kg
Agregado reciclado	0.000 m3	2680 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	9.150	214.15 kg	24.72	6.55 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2232.56 kg			2254.13 kg		

4.2.2.12. Mezcla 210-3/4-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.250 m3	2414 kg/m3	603.50 kg	1.64	1.014	611.95 kg	1.66	18.70 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.16	1.004	798.61 kg	2.17	24.41 kg
Agregado reciclado	0.097 m3	2248 kg/m3	218.03 kg	0.59	1.022	222.82 kg	0.61	6.81 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	18.620	223.62 kg	25.82	6.83 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2190.22 kg			2225.11 kg		

4.2.2.13. Mezcla 210-3/4-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.251 m3	2414 kg/m3	605.92 kg	1.65	1.014	614.40 kg	1.67	18.78 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.44	1.004	532.41 kg	1.45	16.27 kg
Agregado reciclado	0.195 m3	2248 kg/m3	438.31 kg	1.19	1.022	447.93 kg	1.22	13.69 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	28.200	233.20 kg	26.92	7.13 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2147.73 kg			2196.05 kg		

4.2.2.14. Mezcla 210-3/4-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.255 m3	2414 kg/m3	615.57 kg	1.67	1.014	624.19 kg	1.70	19.08 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.389 m3	2248 kg/m3	874.38 kg	2.38	1.022	893.57 kg	2.43	27.31 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	47.150	252.15 kg	29.11	7.71 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2063.06 kg			2138.02 kg		

4.2.2.15. Mezcla 210-3/4-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.251 m3	2414 kg/m3	605.92 kg	1.65	1.014	614.40 kg	1.67	18.78 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.16	1.004	798.61 kg	2.17	24.41 kg
Agregado reciclado	0.096 m3	2231 kg/m3	214.20 kg	0.58	1.031	220.79 kg	0.60	6.75 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	16.730	221.73 kg	25.60	6.78 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2188.81 kg			2223.64 kg		

4.2.2.16. Mezcla 210-3/4-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.253 m3	2414 kg/m3	610.75 kg	1.66	1.014	619.30 kg	1.68	18.93 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.44	1.004	532.41 kg	1.45	16.27 kg
Agregado reciclado	0.193 m3	2231 kg/m3	430.63 kg	1.17	1.031	443.88 kg	1.21	13.57 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	24.400	229.40 kg	26.49	7.01 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2144.88 kg			2193.10 kg		

4.2.2.17. Mezcla 210-3/4-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.259 m3	2414 kg/m3	625.23 kg	1.70	1.014	633.98 kg	1.72	19.38 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.385 m3	2231 kg/m3	859.03 kg	2.33	1.031	885.47 kg	2.41	27.06 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	39.570	244.57 kg	28.24	7.47 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2057.37 kg			2132.13 kg		

4.2.2.18. Mezcla 210-3/4-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.252 m3	2414 kg/m3	608.33 kg	1.65	1.014	616.85 kg	1.68	18.85 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	2.16	1.004	798.61 kg	2.17	24.41 kg
Agregado reciclado	0.095 m3	2180 kg/m3	207.08 kg	0.56	1.056	218.71 kg	0.59	6.68 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	13.020	218.02 kg	25.17	6.66 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2184.10 kg			2220.30 kg		

4.2.2.19. Mezcla 210-3/4-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.256 m3	2414 kg/m3	617.99 kg	1.68	1.014	626.64 kg	1.70	19.15 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.44	1.004	532.41 kg	1.45	16.27 kg
Agregado reciclado	0.190 m3	2180 kg/m3	414.15 kg	1.13	1.056	437.41 kg	1.19	13.37 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	16.900	221.90 kg	25.62	6.78 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2135.64 kg			2186.47 kg		

4.2.2.20. Mezcla 210-3/4-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.558
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.131 m3	2810 kg/m3	368.11 kg	1.00		368.11 kg	1.00	11.25 kg
Agregado fino	0.264 m3	2414 kg/m3	637.30 kg	1.73	1.014	646.22 kg	1.76	19.75 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.380 m3	2180 kg/m3	828.31 kg	2.25	1.056	874.82 kg	2.38	26.74 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.67 Lt/saco	24.630	229.63 kg	26.51	7.02 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2038.72 kg			2118.78 kg		

4.2.3. Diseño de mezclas para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

4.2.3.1. Mezcla 280-1/2-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.09	-
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	-
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m3
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.245 m3	2414 kg/m3	591.43 kg	1.28	1.014	599.71 kg	1.29	18.33 kg
Agregado Grueso	0.349 m3	2655 kg/m3	926.63 kg	2.00	1.002	928.73 kg	2.00	28.39 kg
Agregado reciclado	0.000 m3	2680 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	14.580	230.58 kg	21.14	7.05 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2197.71 kg			2222.67 kg		

4.2.3.2. Mezcla 280-1/2-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.246 m3	2414 kg/m3	593.85 kg	1.28	1.014	602.16 kg	1.30	18.40 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.50	1.002	697.21 kg	1.50	21.31 kg
Agregado reciclado	0.086 m3	2219 kg/m3	190.80 kg	0.41	1.024	195.37 kg	0.42	5.97 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	21.780	237.78 kg	21.80	7.27 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2159.94 kg			2196.17 kg		

4.2.3.3. Mezcla 280-1/2-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.247 m3	2414 kg/m3	596.26 kg	1.29	1.014	604.61 kg	1.30	18.48 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.00	1.002	465.69 kg	1.00	14.23 kg
Agregado reciclado	0.172 m3	2219 kg/m3	381.61 kg	0.82	1.024	390.75 kg	0.84	11.94 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	28.970	244.97 kg	22.45	7.49 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2122.16 kg			2169.67 kg		

4.2.3.4. Mezcla 280-1/2-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.82
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1227.80
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1351.88
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.22
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	2.40
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	7.71

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.249 m3	2414 kg/m3	601.09 kg	1.30	1.014	609.51 kg	1.31	18.63 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.345 m3	2219 kg/m3	765.44 kg	1.65	1.024	783.78 kg	1.69	23.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	43.460	259.46 kg	23.78	7.93 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2046.18 kg			2116.40 kg		

4.2.3.5. Mezcla 280-1/2-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.246 m3	2414 kg/m3	593.85 kg	1.28	1.014	602.16 kg	1.30	18.40 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.50	1.002	697.21 kg	1.50	21.31 kg
Agregado reciclado	0.085 m3	2192 kg/m3	186.32 kg	0.40	1.047	195.03 kg	0.42	5.96 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	18.390	234.39 kg	21.49	7.16 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2157.65 kg			2194.74 kg		

4.2.3.6. Mezcla 280-1/2-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.248 m3	2414 kg/m3	598.68 kg	1.29	1.014	607.06 kg	1.31	18.55 kg
Agregado Grueso	0.175 m3	2655 kg/m3	464.64 kg	1.00	1.002	465.69 kg	1.00	14.23 kg
Agregado reciclado	0.171 m3	2192 kg/m3	374.83 kg	0.81	1.047	392.36 kg	0.85	11.99 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	22.130	238.13 kg	21.83	7.28 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2117.80 kg			2166.89 kg		

4.2.3.7. Mezcla 280-1/2-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	5.89
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1186.32
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1323.76
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.19
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	4.68
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.252 m3	2414 kg/m3	608.33 kg	1.31	1.014	616.85 kg	1.33	18.85 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.342 m3	2192 kg/m3	749.66 kg	1.62	1.047	784.72 kg	1.69	23.98 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	29.660	245.66 kg	22.52	7.51 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2037.64 kg			2110.88 kg		

4.2.3.8. Mezcla 280-1/2-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.248 m3	2414 kg/m3	598.68 kg	1.29	1.014	607.06 kg	1.31	18.55 kg
Agregado Grueso	0.262 m3	2655 kg/m3	695.64 kg	1.50	1.002	697.21 kg	1.50	21.31 kg
Agregado reciclado	0.084 m3	2152 kg/m3	180.75 kg	0.39	1.060	191.63 kg	0.41	5.86 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	17.010	233.01 kg	21.36	7.12 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2154.72 kg			2192.56 kg		

4.2.3.9. Mezcla 280-1/2-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m ³	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m ³	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m ³)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m ³)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m ³	2810 kg/m ³	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.250 m ³	2414 kg/m ³	603.50 kg	1.30	1.014	611.95 kg	1.32	18.70 kg
Agregado Grueso	0.175 m ³	2655 kg/m ³	464.64 kg	1.00	1.002	465.69 kg	1.00	14.23 kg
Agregado reciclado	0.169 m ³	2152 kg/m ³	363.65 kg	0.78	1.060	385.54 kg	0.83	11.78 kg
Agua	0.216 m ³	1000 kg/m ³	216.00 kg	19.80 Lt/saco	19.480	235.48 kg	21.59	7.20 kg
Aire	0.025 m ³		-					
	1.000 m ³		2111.44 kg			2162.31 kg		

4.2.3.10. Mezcla 280-1/2-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	1/2"	1/2"
Módulo de finura	-	2.64	6.09	6.02
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1502.28	1144.11
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1639.35	1283.96
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	2.15
Contenido de humedad	%	1.40	0.23	6.02
Porcentaje de absorción	%	1.87	1.50	8.97

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2.5
-------------------	-----

Agua (lt)	216
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.165 m3	2810 kg/m3	463.65 kg	1.00		463.65 kg	1.00	14.17 kg
Agregado fino	0.256 m3	2414 kg/m3	617.99 kg	1.33	1.014	626.64 kg	1.35	19.15 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2655 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.002	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.338 m3	2152 kg/m3	727.29 kg	1.57	1.060	771.07 kg	1.66	23.57 kg
Agua	0.216 m3	1000 kg/m3	216.00 kg	19.80 Lt/saco	24.360	240.36 kg	22.03	7.35 kg
Aire	0.025 m3		-					
	1.000 m3		2024.93 kg			2101.72 kg		

4.2.3.11. Mezcla 280-3/4-P

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	-
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	-
Módulo de finura	-	2.64	6.48	-
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	-
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.66	-
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	-
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	-

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	0%

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	0.0306 m3
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.222 m3	2414 kg/m3	535.91 kg	1.21	1.014	543.41 kg	1.23	16.61 kg
Agregado Grueso	0.396 m3	2679 kg/m3	1060.77 kg	2.40	1.004	1064.81 kg	2.41	32.54 kg
Agregado reciclado	0.000 m3	2680 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.020	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	8.850	213.85 kg	20.60	6.54 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2242.85 kg			2263.24 kg		

4.2.3.12. Mezcla 280-3/4-I-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.224 m3	2414 kg/m3	540.74 kg	1.23	1.014	548.31 kg	1.24	16.76 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	1.80	1.004	798.61 kg	1.81	24.41 kg
Agregado reciclado	0.097 m3	2248 kg/m3	218.03 kg	0.49	1.022	222.82 kg	0.51	6.81 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	18.330	223.33 kg	21.51	6.83 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2200.52 kg			2234.24 kg		

4.2.3.13. Mezcla 280-3/4-I-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.225 m3	2414 kg/m3	543.15 kg	1.23	1.014	550.75 kg	1.25	16.83 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.20	1.004	532.41 kg	1.21	16.27 kg
Agregado reciclado	0.195 m3	2248 kg/m3	438.31 kg	0.99	1.022	447.93 kg	1.02	13.69 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	27.910	232.91 kg	22.44	7.12 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2158.02 kg			2205.17 kg		

4.2.3.14. Mezcla 280-3/4-I-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	I
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.40
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1240.43
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1376.34
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.25
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	2.19
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.26

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.229 m3	2414 kg/m3	552.81 kg	1.25	1.014	560.55 kg	1.27	17.13 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.389 m3	2248 kg/m3	874.38 kg	1.98	1.022	893.57 kg	2.03	27.31 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	46.860	251.86 kg	24.26	7.70 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2073.36 kg			2147.15 kg		

4.2.3.15. Mezcla 280-3/4-II-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.225 m3	2414 kg/m3	543.15 kg	1.23	1.014	550.75 kg	1.25	16.83 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	1.80	1.004	798.61 kg	1.81	24.41 kg
Agregado reciclado	0.096 m3	2231 kg/m3	214.20 kg	0.49	1.031	220.79 kg	0.50	6.75 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	16.440	221.44 kg	21.33	6.77 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2199.10 kg			2232.76 kg		

4.2.3.16. Mezcla 280-3/4-II-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.227 m3	2414 kg/m3	547.98 kg	1.24	1.014	555.65 kg	1.26	16.98 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.20	1.004	532.41 kg	1.21	16.27 kg
Agregado reciclado	0.193 m3	2231 kg/m3	430.63 kg	0.98	1.031	443.88 kg	1.01	13.57 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	24.110	229.11 kg	22.07	7.00 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2155.17 kg			2202.22 kg		

4.2.3.17. Mezcla 280-3/4-II-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	II
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.44
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1219.29
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1352.24
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.23
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	3.08
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	7.35

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.233 m3	2414 kg/m3	562.47 kg	1.27	1.014	570.34 kg	1.29	17.43 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.385 m3	2231 kg/m3	859.03 kg	1.95	1.031	885.47 kg	2.01	27.06 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	39.280	244.28 kg	23.53	7.47 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2067.67 kg			2141.26 kg		

4.2.3.18. Mezcla 280-3/4-III-25

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	25 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.226 m3	2414 kg/m3	545.57 kg	1.24	1.014	553.21 kg	1.25	16.91 kg
Agregado Grueso	0.297 m3	2679 kg/m3	795.58 kg	1.80	1.004	798.61 kg	1.81	24.41 kg
Agregado reciclado	0.095 m3	2180 kg/m3	207.08 kg	0.47	1.056	218.71 kg	0.50	6.68 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	12.730	217.73 kg	20.97	6.65 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2194.40 kg			2229.43 kg		

4.2.3.19. Mezcla 280-3/4-III-50

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	50 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.230 m3	2414 kg/m3	555.22 kg	1.26	1.014	562.99 kg	1.28	17.21 kg
Agregado Grueso	0.198 m3	2679 kg/m3	530.39 kg	1.20	1.004	532.41 kg	1.21	16.27 kg
Agregado reciclado	0.190 m3	2180 kg/m3	414.15 kg	0.94	1.056	437.41 kg	0.99	13.37 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	16.600	221.60 kg	21.35	6.77 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2145.93 kg			2195.58 kg		

4.2.3.20. Mezcla 280-3/4-III-100

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Descripción	Unid.	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Procedencia	-	La Poderosa	La Poderosa	III
Tamaño máximo nominal	pulg.	-	3/4"	3/4"
Módulo de finura	-	2.64	6.48	6.47
Peso unitario suelto	kg/m3	1508.66	1540.80	1175.88
Peso unitario compactado	kg/m3	1639.87	1668.57	1304.04
Peso específico de la masa	gr/cc	2.41	2.68	2.18
Contenido de humedad	%	1.40	0.38	5.62
Porcentaje de absorción	%	1.87	0.98	8.23

Cemento	
Marca	Yura IP
Peso específico (kg/m3)	2810

Agua	
Peso específico (kg/m3)	1000

Nivel de reemplazo	
Porcentaje	100 %

CALCULO DE LOS VALORES DE DISEÑO

Relación a/c	0.466
--------------	-------

Aire atrapado (%)	2
-------------------	---

Agua (lt)	205
-----------	-----

Asentamiento	2" a 4"
--------------	---------

Elemento	Diseño seco				Diseño húmedo			Tanda
	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)	
Cemento	0.157 m3	2810 kg/m3	441.17 kg	1.00		441.17 kg	1.00	13.48 kg
Agregado fino	0.238 m3	2414 kg/m3	574.54 kg	1.30	1.014	582.58 kg	1.32	17.81 kg
Agregado Grueso	0.000 m3	2679 kg/m3	0.00 kg	0.00	1.004	0.00 kg	0.00	0.00 kg
Agregado reciclado	0.380 m3	2180 kg/m3	828.31 kg	1.88	1.056	874.82 kg	1.98	26.74 kg
Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	19.75 Lt/saco	24.340	229.34 kg	22.09	7.01 kg
Aire	0.020 m3		-					
	1.000 m3		2049.02 kg			2127.91 kg		

4.3. Resumen de los diseños de mezcla

4.3.1. Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 175 kg/cm²

MEZCLA	DISEÑO SECO					DISEÑO HUMEDO				
	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA
175-1/2-P	342.82 kg	695.24 kg	926.63 kg	0.00 kg	216.00 lt	342.82 kg	704.97 kg	928.73 kg	0.00 kg	231.06 lt
175-1/2-I-25	342.82 kg	697.65 kg	695.64 kg	190.80 kg	216.00 lt	342.82 kg	707.42 kg	697.21 kg	195.37 kg	238.27 lt
175-1/2-I-50	342.82 kg	700.06 kg	464.64 kg	381.61 kg	216.00 lt	342.82 kg	709.86 kg	465.69 kg	390.75 kg	245.46 lt
175-1/2-I-100	342.82 kg	704.89 kg	0.00 kg	765.44 kg	216.00 lt	342.82 kg	714.76 kg	0.00 kg	783.78 kg	259.94 lt
175-1/2-II-25	342.82 kg	700.06 kg	695.64 kg	186.32 kg	216.00 lt	342.82 kg	709.86 kg	697.21 kg	195.03 kg	234.81 lt
175-1/2-II-50	342.82 kg	702.48 kg	464.64 kg	374.83 kg	216.00 lt	342.82 kg	712.31 kg	465.69 kg	392.36 kg	238.61 lt
175-1/2-II-100	342.82 kg	712.13 kg	0.00 kg	749.66 kg	216.00 lt	342.82 kg	722.10 kg	0.00 kg	784.72 kg	246.14 lt
175-1/2-III-25	342.82 kg	702.48 kg	695.64 kg	180.75 kg	216.00 lt	342.82 kg	712.31 kg	697.21 kg	191.63 kg	233.49 lt
175-1/2-III-50	342.82 kg	707.31 kg	464.64 kg	363.65 kg	216.00 lt	342.82 kg	717.21 kg	465.69 kg	385.54 kg	235.96 lt
175-1/2-III-100	342.82 kg	721.79 kg	0.00 kg	727.29 kg	216.00 lt	342.82 kg	731.90 kg	0.00 kg	771.07 kg	240.84 lt
175-3/4-P	325.96 kg	634.89 kg	1060.77 kg	0.00 kg	205.00 lt	325.96 kg	643.78 kg	1064.81 kg	0.00 kg	214.31 lt
175-3/4-I-25	325.96 kg	639.71 kg	795.58 kg	218.03 kg	205.00 lt	325.96 kg	648.67 kg	798.61 kg	222.82 kg	223.79 lt
175-3/4-I-50	325.96 kg	642.13 kg	530.39 kg	438.31 kg	205.00 lt	325.96 kg	651.12 kg	532.41 kg	447.93 kg	233.37 lt
175-3/4-I-100	325.96 kg	651.78 kg	0.00 kg	874.38 kg	205.00 lt	325.96 kg	660.90 kg	0.00 kg	893.57 kg	252.32 lt
175-3/4-II-25	325.96 kg	642.13 kg	795.58 kg	214.20 kg	205.00 lt	325.96 kg	651.12 kg	798.61 kg	220.79 kg	221.90 lt
175-3/4-II-50	325.96 kg	646.96 kg	530.39 kg	430.63 kg	205.00 lt	325.96 kg	656.02 kg	532.41 kg	443.88 kg	229.57 lt
175-3/4-II-100	325.96 kg	661.44 kg	0.00 kg	859.03 kg	205.00 lt	325.96 kg	670.70 kg	0.00 kg	885.47 kg	244.74 lt
175-3/4-III-25	325.96 kg	644.54 kg	795.58 kg	207.08 kg	205.00 lt	325.96 kg	653.56 kg	798.61 kg	218.71 kg	218.19 lt
175-3/4-III-50	325.96 kg	654.20 kg	530.39 kg	414.15 kg	205.00 lt	325.96 kg	663.36 kg	532.41 kg	437.41 kg	222.06 lt
175-3/4-III-100	325.96 kg	673.51 kg	0.00 kg	828.31 kg	205.00 lt	325.96 kg	682.94 kg	0.00 kg	874.82 kg	229.80 lt

Tabla 53: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 175 kg/cm²

(Fuente propia)

4.3.2. Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 210 kg/cm²

MEZCLA	DISEÑO SECO					DISEÑO HUMEDO				
	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA
210-1/2-P	387.78 kg	656.61 kg	926.63 kg	0.00 kg	216.00 lt	387.78 kg	665.80 kg	928.73 kg	0.00 kg	230.88 lt
210-1/2-I-25	387.78 kg	659.03 kg	695.64 kg	190.80 kg	216.00 lt	387.78 kg	668.26 kg	697.21 kg	195.37 kg	238.09 lt
210-1/2-I-50	387.78 kg	661.44 kg	464.64 kg	381.61 kg	216.00 lt	387.78 kg	670.70 kg	465.69 kg	390.75 kg	245.28 lt
210-1/2-I-100	387.78 kg	666.27 kg	0.00 kg	765.44 kg	216.00 lt	387.78 kg	675.60 kg	0.00 kg	783.78 kg	259.76 lt
210-1/2-II-25	387.78 kg	661.44 kg	695.64 kg	186.32 kg	216.00 lt	387.78 kg	670.70 kg	697.21 kg	195.03 kg	234.63 lt
210-1/2-II-50	387.78 kg	663.85 kg	464.64 kg	374.83 kg	216.00 lt	387.78 kg	673.14 kg	465.69 kg	392.36 kg	238.43 lt
210-1/2-II-100	387.78 kg	673.51 kg	0.00 kg	749.66 kg	216.00 lt	387.78 kg	682.94 kg	0.00 kg	784.72 kg	245.96 lt
210-1/2-III-25	387.78 kg	663.85 kg	695.64 kg	180.75 kg	216.00 lt	387.78 kg	673.14 kg	697.21 kg	191.63 kg	233.31 lt
210-1/2-III-50	387.78 kg	668.68 kg	464.64 kg	363.65 kg	216.00 lt	387.78 kg	678.04 kg	465.69 kg	385.54 kg	235.78 lt
210-1/2-III-100	387.78 kg	683.17 kg	0.00 kg	727.29 kg	216.00 lt	387.78 kg	692.73 kg	0.00 kg	771.07 kg	240.66 lt
210-3/4-P	368.11 kg	598.68 kg	1060.77 kg	0.00 kg	205.00 lt	368.11 kg	607.06 kg	1064.81 kg	0.00 kg	214.15 lt
210-3/4-I-25	368.11 kg	603.50 kg	795.58 kg	218.03 kg	205.00 lt	368.11 kg	611.95 kg	798.61 kg	222.82 kg	223.62 lt
210-3/4-I-50	368.11 kg	605.92 kg	530.39 kg	438.31 kg	205.00 lt	368.11 kg	614.40 kg	532.41 kg	447.93 kg	233.20 lt
210-3/4-I-100	368.11 kg	615.57 kg	0.00 kg	874.38 kg	205.00 lt	368.11 kg	624.19 kg	0.00 kg	893.57 kg	252.15 lt
210-3/4-II-25	368.11 kg	605.92 kg	795.58 kg	214.20 kg	205.00 lt	368.11 kg	614.40 kg	798.61 kg	220.79 kg	221.73 lt
210-3/4-II-50	368.11 kg	610.75 kg	530.39 kg	430.63 kg	205.00 lt	368.11 kg	619.30 kg	532.41 kg	443.88 kg	229.40 lt
210-3/4-II-100	368.11 kg	625.23 kg	0.00 kg	859.03 kg	205.00 lt	368.11 kg	633.98 kg	0.00 kg	885.47 kg	244.57 lt
210-3/4-III-25	368.11 kg	608.33 kg	795.58 kg	207.08 kg	205.00 lt	368.11 kg	616.85 kg	798.61 kg	218.71 kg	218.02 lt
210-3/4-III-50	368.11 kg	617.99 kg	530.39 kg	414.15 kg	205.00 lt	368.11 kg	626.64 kg	532.41 kg	437.41 kg	221.90 lt
210-3/4-III-100	368.11 kg	637.30 kg	0.00 kg	828.31 kg	205.00 lt	368.11 kg	646.22 kg	0.00 kg	874.82 kg	229.63 lt

Tabla 54: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 210 kg/cm²
(Fuente propia)

4.3.3. Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 280 kg/cm²

MEZCLA	DISEÑO SECO					DISEÑO HUMEDO				
	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO RECICLADO	AGUA
280-1/2-P	463.65 kg	591.43 kg	926.63 kg	0.00 kg	216.00 lt	463.65 kg	599.71 kg	928.73 kg	0.00 kg	230.58 lt
280-1/2-I-25	463.65 kg	593.85 kg	695.64 kg	190.80 kg	216.00 lt	463.65 kg	602.16 kg	697.21 kg	195.37 kg	237.78 lt
280-1/2-I-50	463.65 kg	596.26 kg	464.64 kg	381.61 kg	216.00 lt	463.65 kg	604.61 kg	465.69 kg	390.75 kg	244.97 lt
280-1/2-I-100	463.65 kg	601.09 kg	0.00 kg	765.44 kg	216.00 lt	463.65 kg	609.51 kg	0.00 kg	783.78 kg	259.46 lt
280-1/2-II-25	463.65 kg	593.85 kg	695.64 kg	188.51 kg	216.00 lt	463.65 kg	602.16 kg	697.21 kg	195.03 kg	234.39 lt
280-1/2-II-50	463.65 kg	598.68 kg	464.64 kg	374.83 kg	216.00 lt	463.65 kg	607.06 kg	465.69 kg	392.36 kg	238.13 lt
280-1/2-II-100	463.65 kg	608.33 kg	0.00 kg	749.66 kg	216.00 lt	463.65 kg	616.85 kg	0.00 kg	784.72 kg	245.66 lt
280-1/2-III-25	463.65 kg	598.68 kg	695.64 kg	180.75 kg	216.00 lt	463.65 kg	607.06 kg	697.21 kg	191.63 kg	233.01 lt
280-1/2-III-50	463.65 kg	603.50 kg	464.64 kg	363.65 kg	216.00 lt	463.65 kg	611.95 kg	465.69 kg	385.54 kg	235.48 lt
280-1/2-III-100	463.65 kg	617.99 kg	0.00 kg	727.29 kg	216.00 lt	463.65 kg	626.64 kg	0.00 kg	771.07 kg	240.36 lt
280-3/4-P	441.17 kg	535.91 kg	1060.77 kg	0.00 kg	205.00 lt	441.17 kg	543.41 kg	1064.81 kg	0.00 kg	213.85 lt
280-3/4-I-25	441.17 kg	540.74 kg	795.58 kg	218.03 kg	205.00 lt	441.17 kg	548.31 kg	798.61 kg	222.82 kg	223.33 lt
280-3/4-I-50	441.17 kg	543.15 kg	530.39 kg	438.31 kg	205.00 lt	441.17 kg	550.75 kg	532.41 kg	447.93 kg	232.91 lt
280-3/4-I-100	441.17 kg	552.81 kg	0.00 kg	874.38 kg	205.00 lt	441.17 kg	560.55 kg	0.00 kg	893.57 kg	251.86 lt
280-3/4-II-25	441.17 kg	543.15 kg	795.58 kg	214.20 kg	205.00 lt	441.17 kg	550.75 kg	798.61 kg	220.79 kg	221.44 lt
280-3/4-II-50	441.17 kg	547.98 kg	530.39 kg	430.63 kg	205.00 lt	441.17 kg	555.65 kg	532.41 kg	443.88 kg	229.11 lt
280-3/4-II-100	441.17 kg	562.47 kg	0.00 kg	859.03 kg	205.00 lt	441.17 kg	570.34 kg	0.00 kg	885.47 kg	244.28 lt
280-3/4-III-25	441.17 kg	545.57 kg	795.58 kg	207.08 kg	205.00 lt	441.17 kg	553.21 kg	798.61 kg	218.71 kg	217.73 lt
280-3/4-III-50	441.17 kg	555.22 kg	530.39 kg	414.15 kg	205.00 lt	441.17 kg	562.99 kg	532.41 kg	437.41 kg	221.60 lt
175-3/4-III-100	441.17 kg	574.54 kg	0.00 kg	828.31 kg	205.00 lt	441.17 kg	582.58 kg	0.00 kg	874.82 kg	229.34 lt

Tabla 55: Tabla resumen de diseños de mezclas $f'c$: 280 kg/cm²
(Fuente propia)

5. CAPÍTULO V: PROPIEDADES DEL CONCRETO

5.1. Propiedades del concreto en estado fresco

5.1.1. Peso unitario

Según la MTC E-714, el peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen, nos sirve para comprobar y determinar el rendimiento de la mezcla. El procedimiento es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Se llenará un recipiente cilíndrico con concreto, en tres capas y cada capa con 25 golpes por medio de una varilla de 60 cm de longitud y 5/8" de diámetro
- Una vez obtenido el peso del concreto y el volumen del recipiente, bastara una simple división para poder hallar el peso unitario del concreto fresco.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de peso unitario para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.1.1.1. Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	PESO UNITARIO				
	W TOTAL (mezcla+recep) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	Volumen (m3)	PESO UNITARIO (kg/m3)
175-1/2-P	8.188	1.721	6.467	0.002830	2285.16
175-1/2-I-25	8.101	1.642	6.459	0.002830	2282.33
175-1/2-I-50	8.025	1.638	6.387	0.002830	2256.89
175-1/2-I-100	7.913	1.638	6.275	0.002830	2217.31
175-1/2-II-25	8.087	1.638	6.449	0.002830	2278.80
175-1/2-II-50	7.996	1.638	6.358	0.002830	2246.64
175-1/2-II-100	7.902	1.638	6.264	0.002830	2213.43
175-1/2-III-25	8.053	1.642	6.411	0.002830	2265.37
175-1/2-III-50	7.982	1.638	6.344	0.002830	2241.70
175-1/2-III-100	7.89	1.638	6.252	0.002830	2209.19
175-3/4-P	8.197	1.642	6.555	0.002830	2316.25
175-3/4-I-25	8.221	1.721	6.500	0.002830	2296.82
175-3/4-I-50	8.068	1.642	6.426	0.002830	2270.67
175-3/4-I-100	7.969	1.638	6.331	0.002830	2237.10
175-3/4-II-25	8.223	1.721	6.502	0.002830	2297.53
175-3/4-II-50	8.021	1.642	6.379	0.002830	2254.06
175-3/4-II-100	7.956	1.638	6.318	0.002830	2232.51
175-3/4-III-25	8.215	1.721	6.494	0.002830	2294.70
175-3/4-III-50	8.013	1.638	6.375	0.002830	2252.65
175-3/4-III-100	7.99	1.721	6.270	0.002830	2215.55

Tabla 56: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.1.2. *Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$*

CÓDIGO	PESO UNITARIO				
	W TOTAL (mezcla+recp) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	Volumen (m ³)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
210-1/2-P	8.14	1.638	6.502	0.002830	2297.53
210-1/2-I-25	8.13	1.638	6.492	0.002830	2293.99
210-1/2-I-50	8.12	1.721	6.399	0.002830	2261.13
210-1/2-I-100	7.995	1.638	6.357	0.002830	2246.29
210-1/2-II-25	8.108	1.638	6.470	0.002830	2286.22
210-1/2-II-50	8.099	1.642	6.457	0.002830	2281.63
210-1/2-II-100	7.93	1.638	6.292	0.002830	2223.32
210-1/2-III-25	8.058	1.642	6.416	0.002830	2267.14
210-1/2-III-50	8.051	1.638	6.413	0.002830	2266.08
210-1/2-III-100	7.981	1.721	6.260	0.002830	2212.01
210-3/4-P	8.251	1.638	6.613	0.002830	2336.75
210-3/4-I-25	8.294	1.721	6.573	0.002830	2322.61
210-3/4-I-50	8.145	1.721	6.424	0.002830	2269.96
210-3/4-I-100	8.007	1.638	6.369	0.002830	2250.53
210-3/4-II-25	8.25	1.721	6.529	0.002830	2307.07
210-3/4-II-50	8.135	1.642	6.493	0.002830	2294.35
210-3/4-II-100	7.97	1.638	6.332	0.002830	2237.46
210-3/4-III-25	8.232	1.721	6.511	0.002830	2300.71
210-3/4-III-50	8.088	1.638	6.450	0.002830	2279.15
210-3/4-III-100	7.91	1.638	6.267	0.002830	2214.49

Tabla 57: *Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$*
(Fuente propia)

5.1.1.3. *Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

CÓDIGO	PESO UNITARIO				
	W TOTAL (mezcla+recp) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	Volumen (m ³)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
280-1/2-P	8.162	1.638	6.524	0.002830	2305.30
280-1/2-I-25	8.101	1.638	6.463	0.002830	2283.75
280-1/2-I-50	8.058	1.642	6.416	0.002830	2267.14
280-1/2-I-100	7.944	1.638	6.306	0.002830	2228.27
280-1/2-II-25	8.154	1.721	6.433	0.002830	2273.14
280-1/2-II-50	8.015	1.638	6.377	0.002830	2253.36
280-1/2-II-100	7.831	1.638	6.193	0.002830	2188.34
280-1/2-III-25	8.115	1.721	6.394	0.002830	2259.36
280-1/2-III-50	7.985	1.721	6.264	0.002830	2213.43
280-1/2-III-100	7.875	1.638	6.237	0.002830	2203.89
280-3/4-P	8.28	1.638	6.642	0.002830	2347.00
280-3/4-I-25	8.259	1.642	6.617	0.002830	2338.16
280-3/4-I-50	8.203	1.721	6.482	0.002830	2290.46
280-3/4-I-100	7.98	1.638	6.342	0.002830	2240.99
280-3/4-II-25	8.2	1.721	6.479	0.002830	2289.40

280-3/4-II-50	8.037	1.638	6.399	0.002830	2261.13
280-3/4-II-100	7.957	1.638	6.319	0.002830	2232.86
280-3/4-III-25	8.165	1.721	6.444	0.002830	2277.03
280-3/4-III-50	8.04	1.721	6.319	0.002830	2232.86
280-3/4-III-100	7.88	1.638	6.242	0.002830	2205.65

Tabla 58: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.2. Asentamiento

Según la norma MTC E705, el asentamiento está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto, siendo el procedimiento es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Mediante el cono de Abrams, el cual consiste en llenar su recipiente, en tres capas de igual volumen, cada capa será chuseada con 25 golpes de forma concéntrica de afuera hacia adentro, mediante una varilla lisa de 60 cm de longitud, de 5/8" y terminada en una punta de forma semiesférica
- Luego levantaremos el cono y procederemos a medir el asentamiento que ha sufrido el concreto con respecto a la altura del cono
- Este asentamiento obtenido nos da un valor que puede ser comparado con la producción de concreto que estamos realizando y nos podrá indicar si hay que hacer algún cambio en las proporciones de los materiales

A continuación, se muestran los datos obtenidos de asentamiento para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.1.2.1. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	RANGO DISEÑO (pulg)	SLUMP (pulg)
175-1/2-P	(2-4)	4
175-1/2-I-25	(2-4)	3.6
175-1/2-I-50	(2-4)	3.8
175-1/2-I-100	(2-4)	3
175-1/2-II-25	(2-4)	3.8
175-1/2-II-50	(2-4)	3.6
175-1/2-II-100	(2-4)	3.2
175-1/2-III-25	(2-4)	3.9
175-1/2-III-50	(2-4)	3.9
175-1/2-III-100	(2-4)	3.3
175-3/4-P	(2-4)	3.8
175-3/4-I-25	(2-4)	3.9
175-3/4-I-50	(2-4)	3.4
175-3/4-I-100	(2-4)	2.9
175-3/4-II-25	(2-4)	3.3
175-3/4-II-50	(2-4)	3.6

175-3/4-II-100	(2-4)	3
175-3/4-III-25	(2-4)	3.8
175-3/4-III-50	(2-4)	3.3
175-3/4-III-100	(2-4)	3

Tabla 59: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=175$ kg/cm²
(Fuente propia)

5.1.2.2. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²

CÓDIGO.	RANGO DISEÑO (pulg)	SLUMP (pulg)
210-1/2-P	(2-4)	3.3
210-1/2-I-25	(2-4)	3
210-1/2-I-50	(2-4)	3
210-1/2-I-100	(2-4)	2.3
210-1/2-II-25	(2-4)	3.2
210-1/2-II-50	(2-4)	3
210-1/2-II-100	(2-4)	2.1
210-1/2-III-25	(2-4)	3.2
210-1/2-III-50	(2-4)	3.3
210-1/2-III-100	(2-4)	2.7
210-3/4-P	(2-4)	3.1
210-3/4-I-25	(2-4)	3.1
210-3/4-I-50	(2-4)	2.3
210-3/4-I-100	(2-4)	2.2
210-3/4-II-25	(2-4)	2.7
210-3/4-II-50	(2-4)	2.9
210-3/4-II-100	(2-4)	1.9
210-3/4-III-25	(2-4)	2.9
210-3/4-III-50	(2-4)	2.7
210-3/4-III-100	(2-4)	2.2

Tabla 60: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²
(Fuente propia)

5.1.2.3. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm²

CÓDIGO	RANGO DISEÑO (pulg)	SLUMP (pulg)
280-1/2-P	(2-4)	2.3
280-1/2-I-25	(2-4)	2.3
280-1/2-I-50	(2-4)	2
280-1/2-I-100	(2-4)	1.6
280-1/2-II-25	(2-4)	2.2

280-1/2-II-50	(2-4)	2
280-1/2-II-100	(2-4)	1.2
280-1/2-III-25	(2-4)	2.2
280-1/2-III-50	(2-4)	2.2
280-1/2-III-100	(2-4)	1.3
280-3/4-P	(2-4)	2.2
280-3/4-I-25	(2-4)	2.1
280-3/4-I-50	(2-4)	1.6
280-3/4-I-100	(2-4)	1.7
280-3/4-II-25	(2-4)	1.9
280-3/4-II-50	(2-4)	2.1
280-3/4-II-100	(2-4)	1.1
280-3/4-III-25	(2-4)	2.2
280-3/4-III-50	(2-4)	1.8
280-3/4-III-100	(2-4)	1.3

Tabla 61: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.3. Exudación

Según la MTC E713, la exudación del Concreto es un tipo de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiene a subir a la superficie del concreto recién colocado. El procedimiento es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Preparamos la mezcla de concreto, luego llenamos un recipiente con el concreto preparado en 3 capas, cada capa con 25 golpes, dejándose una pulgada libre en la parte superior del recipiente
- Inmediatamente después de llenar y nivelar el recipiente, se coloca el molde en una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo
- Una vez empiece la exudación, se harán lecturas de agua extraída cada 10 minutos durante los primeros 40 minutos y cada 30 minutos hasta que la mezcla deje de exudar.

Posteriormente se calculará la exudación usando las siguientes formulas

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Area de la superficie libre del concreto}} \quad (16)$$

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} * 100 \quad (17)$$

$$\text{Vol. de agua en el molde} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} * \text{Vol. de agua en la tanda} \quad (18)$$

A continuación, se muestran los datos obtenidos de exudación para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.1.3.1. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TIEMPO (min)													V total (ml)	EXUDACIÓN (ml/cm ²)
	10	20	30	40	70	100	130	160	190	220	250	280	310		
175-1/2-P	1.3	1.6	1.7	1.9	3.0	5.2	5.2	6.7	5.5	1.5	0.5	0.0	0.0	34.0	0.19
175-1/2-I-25	1.0	1.1	1.4	1.9	2.8	3.7	4.1	4.7	3.9	2.5	1.3	0.5	0.0	28.8	0.16
175-1/2-I-50	1.3	1.1	1.6	1.0	3.0	4.4	3.5	5.1	3.1	2.4	1.2	0.7	0.0	28.4	0.16
175-1/2-I-100	1.3	0.8	1.8	2.0	2.1	2.5	3.1	3.8	2.9	1.8	0.9	0.0	0.0	23.0	0.13
175-1/2-II-25	1.0	1.0	1.5	2.0	3.5	4.6	5.0	4.7	3.5	2.5	1.2	0.0	0.0	30.4	0.17
175-1/2-II-50	1.2	1.4	1.3	1.8	2.5	4.1	4.3	4.5	2.9	1.7	1.0	0.0	0.0	26.7	0.15
175-1/2-II-100	0.9	0.9	1.8	1.8	2.3	2.7	3.7	4.0	2.7	1.8	1.0	0.0	0.0	23.5	0.13
175-1/2-III-25	1.1	1.0	1.4	1.8	3.1	4.1	5.5	5.6	4.1	3.3	1.6	0.5	0.0	33.0	0.18
175-1/2-III-50	0.9	1.1	1.3	1.9	2.7	3.6	4.1	4.0	3.5	2.7	1.4	0.8	0.0	28.0	0.15
175-1/2-III-100	0.8	0.8	1.5	1.9	2.9	3.4	4.2	3.6	2.4	1.9	1.1	0.0	0.0	24.5	0.14
175-3/4-P	1.2	1.5	1.4	1.5	4.7	5.1	4.9	5.5	4.8	1.3	0.2	0.0	0.0	32.1	0.18
175-3/4-I-25	1.0	0.9	1.4	1.8	2.5	4.4	5.2	5.6	4.0	2.6	1.5	0.5	0.0	31.3	0.17
175-3/4-I-50	0.9	1.0	1.4	1.9	3.1	2.5	2.7	3.9	4.0	3.1	1.8	0.8	0.0	27.2	0.15
175-3/4-I-100	0.8	1.0	1.5	1.7	2.0	2.5	3.4	3.6	2.7	1.7	1.1	0.0	0.0	22.0	0.12
175-3/4-II-25	0.9	0.8	1.6	1.8	2.3	4.2	4.1	3.9	3.0	2.8	1.7	1.0	0.0	28.0	0.15
175-3/4-II-50	1.2	1.3	1.3	2.5	2.3	2.9	3.2	3.9	2.2	1.2	0.0	0.0	0.0	21.9	0.12
175-3/4-II-100	0.6	0.8	1.4	1.6	1.7	2.9	3.1	4.1	2.4	1.7	1.1	0.6	0.0	22.0	0.12
175-3/4-III-25	1.0	0.8	1.4	1.5	2.7	4.1	5.4	5.3	3.8	2.3	1.2	0.5	0.0	30.0	0.17
175-3/4-III-50	1.0	1.4	1.2	1.4	2.8	3.4	3.7	4.9	4.2	2.0	1.5	0.5	0.0	28.0	0.15
175-3/4-III-100	0.9	0.8	1.0	1.5	2.1	2.9	3.0	3.5	2.1	1.6	0.9	0.0	0.0	20.3	0.11

Tabla 62: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

CÓDIGO	W TOTAL (mezcla+recp) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	PESOS EN EL DISEÑO		VOL. DE AGUA DE LA MEZCLA EN EL MOLDE (ml)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA (ml)	EXUDACIÓN (%)
				PESO TOTAL DE LA TANDA (kg)	PESO DEL AGUA EN LA TANDA (kg)			
175-1/2-P	7.210	1.721	5.489	67.464	7.061	574.515	34.0	5.91
175-1/2-I-25	7.144	1.642	5.502	66.654	7.282	601.058	28.8	4.79
175-1/2-I-50	7.221	1.638	5.583	65.844	7.501	636.042	28.4	4.46
175-1/2-I-100	7.103	1.638	5.465	64.216	7.944	676.044	23.0	3.40
175-1/2-II-25	6.976	1.638	5.338	66.613	7.176	575.033	30.4	5.28
175-1/2-II-50	7.165	1.638	5.527	65.759	7.292	612.884	26.7	4.35
175-1/2-II-100	6.920	1.638	5.282	64.047	7.522	620.347	23.5	3.79
175-1/2-III-25	6.975	1.642	5.333	66.543	7.135	571.860	33.0	5.77
175-1/2-III-50	7.120	1.638	5.482	65.619	7.211	602.422	28.0	4.65
175-1/2-III-100	7.151	1.638	5.513	63.767	7.360	636.314	24.5	3.85
175-3/4-P	7.082	1.642	5.440	68.725	6.549	518.417	32.1	6.19
175-3/4-I-25	7.003	1.721	5.282	67.839	6.839	532.495	31.3	5.87
175-3/4-I-50	6.985	1.642	5.343	66.951	7.132	569.154	27.2	4.78
175-3/4-I-100	7.255	1.638	5.617	65.177	7.711	664.532	22.0	3.31
175-3/4-II-25	6.976	1.721	5.255	67.794	6.781	525.647	28.0	5.33
175-3/4-II-50	7.261	1.642	5.619	66.860	7.016	589.602	21.9	3.71
175-3/4-II-100	7.235	1.638	5.597	64.997	7.479	644.050	22.0	3.42
175-3/4-III-25	7.200	1.721	5.479	67.691	6.668	539.676	30.0	5.56
175-3/4-III-50	7.227	1.638	5.589	66.657	6.786	568.996	28.0	4.92
175-3/4-III-100	7.055	1.721	5.334	64.589	7.023	579.958	20.3	3.50

Tabla 63: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.3.2. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TIEMPO (min)												V total (ml)	EXUDACIÓN (ml/cm ²)
	10	20	30	40	70	100	130	160	190	220	250	280		
210-1/2-P	1.1	1.3	1.3	1.3	2.7	3.7	4.4	3.5	3.1	1.7	0.6	0.0	24.5	0.14
210-1/2-I-25	0.8	1.1	1.2	1.3	2.4	3.6	4.2	3.3	2.6	1.5	0.5	0.0	22.5	0.12
210-1/2-I-50	0.6	1.0	1.0	1.1	2.0	2.5	3.0	2.3	1.4	0.5	0.0	0.0	15.4	0.08
210-1/2-I-100	0.6	0.9	1.0	1.2	2.5	2.9	3.1	2.0	1.5	1.0	0.0	0.0	16.7	0.09
210-1/2-II-25	0.7	1.0	1.2	1.2	2.4	3.1	4.1	3.3	2.2	1.4	0.7	0.0	21.3	0.12
210-1/2-II-50	0.7	1.0	1.1	1.1	2.5	3.8	3.5	3.5	2.1	1.3	0.6	0.0	21.2	0.12
210-1/2-II-100	0.6	0.8	1.0	1.1	2.1	2.4	3.0	2.2	1.5	0.9	0.0	0.0	15.6	0.09
210-1/2-III-25	0.7	1.0	1.1	1.2	2.3	3.2	3.9	3.7	2.1	1.5	0.8	0.0	21.5	0.12
210-1/2-III-50	0.8	1.0	1.1	1.2	2.2	3.0	3.4	3.1	2.7	1.4	0.6	0.0	20.5	0.11
210-1/2-III-100	0.5	0.8	1.2	1.6	1.9	2.3	3.5	2.3	1.4	0.8	0.1	0.0	16.4	0.09
210-3/4-P	1.0	1.2	1.3	1.2	2.1	3.5	4.0	3.6	3.0	1.7	0.0	0.0	22.5	0.12
210-3/4-I-25	0.7	1.0	1.2	1.2	2.0	3.4	4.0	3.5	2.8	1.4	0.8	0.0	22.0	0.12
210-3/4-I-50	0.6	0.8	1.1	1.1	1.7	2.5	3.1	2.7	1.8	0.9	0.1	0.0	16.4	0.09
210-3/4-I-100	0.6	0.9	1.1	1.2	1.5	2.1	3.0	2.2	1.5	0.5	0.0	0.0	14.6	0.08
210-3/4-II-25	0.7	0.9	1.1	1.1	1.8	3.2	3.9	3.2	2.1	1.2	0.5	0.0	19.7	0.11
210-3/4-II-50	0.7	0.9	1.0	1.3	2.1	3.3	3.9	3.1	2.6	1.3	0.5	0.0	20.7	0.11
210-3/4-II-100	0.5	0.8	1.0	1.1	1.9	2.4	3.1	2.2	1.5	0.8	0.0	0.0	15.3	0.08
210-3/4-III-25	0.6	0.9	1.0	1.1	1.8	2.9	3.7	3.1	2.4	1.5	0.7	0.0	19.7	0.11
210-3/4-III-50	0.7	1.0	1.1	1.1	1.8	2.0	3.2	3.4	2.4	1.6	0.0	0.0	18.3	0.10
210-3/4-III-100	0.5	0.7	0.7	1.0	1.7	2.5	3.0	2.3	1.7	0.9	0.0	0.0	15.0	0.08

Tabla 64: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

CÓDIGO	W TOTAL (mezcla+recp) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	PESOS EN EL DISEÑO		VOL. DE AGUA DE LA MEZCLA EN EL MOLDE (ml)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA (ml)	EXUDACIÓN (%)
				PESO TOTAL DE LA TANDA (kg)	PESO DEL AGUA EN LA TANDA (kg)			
210-1/2-P	7.082	1.638	5.444	67.635	7.056	567.918	24.5	4.32
210-1/2-I-25	7.050	1.638	5.412	66.826	7.276	589.261	22.5	3.82
210-1/2-I-50	7.054	1.721	5.333	66.016	7.496	605.536	15.4	2.54
210-1/2-I-100	7.287	1.638	5.649	64.387	7.938	696.459	16.7	2.40
210-1/2-II-25	6.967	1.638	5.329	66.784	7.170	572.148	21.3	3.72
210-1/2-II-50	7.289	1.642	5.647	65.930	7.286	624.091	21.2	3.40
210-1/2-II-100	7.114	1.638	5.476	64.219	7.517	640.943	15.6	2.43
210-1/2-III-25	7.242	1.642	5.600	66.715	7.130	598.486	21.5	3.60
210-1/2-III-50	7.183	1.638	5.545	65.790	7.205	607.294	20.5	3.38
210-1/2-III-100	7.256	1.721	5.535	63.939	7.355	636.664	16.4	2.58
210-3/4-P	7.125	1.638	5.487	68.886	6.544	521.284	22.5	4.32
210-3/4-I-25	6.964	1.721	5.243	67.999	6.834	526.913	22.0	4.18
210-3/4-I-50	6.958	1.721	5.237	67.111	7.127	556.120	16.4	2.95
210-3/4-I-100	7.204	1.638	5.566	65.338	7.706	656.433	14.6	2.22
210-3/4-II-25	6.981	1.721	5.260	67.954	6.776	524.500	19.7	3.76
210-3/4-II-50	7.206	1.642	5.564	67.021	7.010	581.999	20.7	3.56
210-3/4-II-100	6.952	1.638	5.314	65.158	7.474	609.552	15.3	2.51
210-3/4-III-25	7.042	1.721	5.321	67.852	6.663	522.490	19.7	3.77
210-3/4-III-50	6.983	1.638	5.345	66.819	6.781	542.452	18.3	3.37
210-3/4-III-100	6.956	1.638	5.318	64.750	7.017	576.356	15.0	2.60

Tabla 65: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²
(Fuente propia)

5.1.3.3. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TIEMPO (min)											V total (ml)	EXUDACIÓN (ml/cm ²)
	10	20	30	40	70	100	130	160	190	220	250		
280-1/2-P	0.5	1.2	2.0	1.8	3.3	2.7	2.5	2.5	1.4	0.5	0.0	18.3	0.10
280-1/2-I-25	0.4	0.9	1.4	1.5	3.0	3.2	2.5	1.9	1.1	0.6	0.0	16.5	0.09
280-1/2-I-50	0.4	0.8	1.2	1.2	2.9	2.9	2.1	1.3	0.4	0.0	0.0	13.2	0.07
280-1/2-I-100	0.0	0.4	1.2	1.0	2.0	2.7	2.0	1.5	0.5	0.0	0.0	11.3	0.06
280-1/2-II-25	0.5	0.9	1.3	1.8	2.8	3.1	2.5	1.5	0.3	0.0	0.0	14.7	0.08
280-1/2-II-50	0.3	0.8	1.0	1.4	2.9	3.7	2.5	1.1	0.2	0.0	0.0	13.9	0.08
280-1/2-II-100	0.0	0.7	1.0	1.0	2.2	2.0	2.0	1.0	0.2	0.0	0.0	10.1	0.06
280-1/2-III-25	0.6	0.6	1.2	1.7	2.7	3.4	3.0	1.6	1.0	0.5	0.0	16.3	0.09
280-1/2-III-50	0.5	0.9	1.0	1.5	1.8	2.2	2.5	1.2	0.4	0.0	0.0	12.0	0.07
280-1/2-III-100	0.0	0.6	1.0	1.5	2.7	2.5	2.2	1.2	0.5	0.0	0.0	12.2	0.07
280-3/4-P	0.6	0.5	1.2	1.5	2.1	2.9	2.9	2.7	1.8	0.6	0.0	16.8	0.09
280-3/4-I-25	0.0	1.0	0.9	1.7	1.8	3.0	3.1	1.8	1.2	0.0	0.0	14.5	0.08
280-3/4-I-50	0.4	0.7	1.0	1.1	1.8	2.9	2.0	1.7	1.0	0.5	0.0	13.1	0.07
280-3/4-I-100	0.0	0.4	1.1	1.6	2.3	2.8	1.9	1.6	0.9	0.0	0.0	12.6	0.07
280-3/4-II-25	0.5	0.7	1.0	1.4	2.2	2.9	3.0	1.6	1.0	0.5	0.0	14.8	0.08
280-3/4-II-50	0.0	0.9	1.1	1.4	1.9	2.7	1.9	1.1	0.5	0.0	0.0	11.5	0.06
280-3/4-II-100	0.0	0.3	0.6	1.2	2.3	2.8	2.1	1.7	1.1	0.5	0.0	12.6	0.07
280-3/4-III-25	0.5	1.0	0.7	1.8	2.1	3.2	2.5	1.9	0.5	0.0	0.0	14.2	0.08
280-3/4-III-50	0.0	0.8	1.2	1.6	2.2	2.5	1.9	1.4	0.6	0.0	0.0	12.2	0.07
280-3/4-III-100	0.0	0.3	0.6	1.5	1.8	2.7	2.0	1.7	1.3	0.6	0.0	12.5	0.07

Tabla 66: Volumen de agua exudada para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

CÓDIGO	W TOTAL (mezcla+recp) (kg)	W recipiente (kg)	W mezcla (kg)	PESOS EN EL DISEÑO		VOL. DE AGUA DE LA MEZCLA EN EL MOLDE (ml)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA (ml)	EXUDACIÓN (%)
				PESO TOTAL DE LA TANDA	PESO DEL AGUA EN LA TANDA			
280-1/2-P	7.245	1.638	5.607	67.925	7.047	581.671	18.3	3.14
280-1/2-I-25	7.214	1.638	5.576	67.115	7.267	603.715	16.5	2.73
280-1/2-I-50	7.055	1.642	5.413	66.305	7.486	611.163	13.2	2.16
280-1/2-I-100	7.225	1.638	5.587	64.677	7.929	684.938	11.3	1.65
280-1/2-II-25	6.951	1.721	5.230	67.071	7.163	558.544	14.7	2.63
280-1/2-II-50	7.152	1.638	5.514	66.220	7.277	605.960	13.9	2.29
280-1/2-II-100	7.147	1.638	5.509	64.508	7.507	641.126	10.1	1.58
280-1/2-III-25	7.276	1.721	5.555	67.005	7.121	590.347	16.3	2.76
280-1/2-III-50	6.954	1.721	5.233	66.080	7.196	569.884	12.0	2.11
280-1/2-III-100	7.057	1.638	5.419	64.229	7.345	619.736	12.2	1.97
280-3/4-P	7.097	1.638	5.459	69.165	6.535	515.812	16.8	3.25
280-3/4-I-25	7.094	1.642	5.452	68.278	6.825	544.971	14.5	2.66
280-3/4-I-50	6.913	1.721	5.192	67.390	7.118	548.379	13.1	2.39
280-3/4-I-100	7.142	1.638	5.504	65.617	7.697	645.617	12.6	1.95
280-3/4-II-25	6.918	1.721	5.197	68.233	6.767	515.427	14.8	2.87
280-3/4-II-50	6.982	1.638	5.344	67.300	7.002	555.968	11.5	2.07
280-3/4-II-100	7.279	1.638	5.641	65.437	7.465	643.539	12.6	1.96
280-3/4-III-25	6.904	1.721	5.183	68.131	6.654	506.181	14.2	2.81
280-3/4-III-50	7.079	1.721	5.358	67.097	6.772	540.783	12.2	2.26
280-3/4-III-100	7.167	1.638	5.529	65.029	7.009	595.900	12.5	2.10

Tabla 67: Porcentaje de exudación para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.4. Temperatura

Según la MTC E724, El procedimiento para medir la temperatura de la mezcla de concreto es el siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Preparamos la mezcla de concreto, luego llenamos un recipiente con el concreto preparado en 3 capas, cada capa con 25 golpes, dejándose una pulgada libre en la parte superior del recipiente
- Inmediatamente después de llenar y nivelar el recipiente, se coloca el termómetro en la mezcla de concreto durante 2 minutos aproximadamente.

A continuación, se muestran los datos obtenidos de la temperatura para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.1.4.1. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TEMPERATURA (°C)
175-1/2-P	18.3
175-1/2-I-25	18
175-1/2-I-50	18.5
175-1/2-I-100	17
175-1/2-II-25	18.7
175-1/2-II-50	18.3
175-1/2-II-100	18
175-1/2-III-25	18.3
175-1/2-III-50	18
175-1/2-III-100	17.2
175-3/4-P	17.5
175-3/4-I-25	16.5
175-3/4-I-50	17.9
175-3/4-I-100	16.1
175-3/4-II-25	16.8
175-3/4-II-50	18.2
175-3/4-II-100	16.7
175-3/4-III-25	17.9
175-3/4-III-50	18.5
175-3/4-III-100	16.9

Tabla 68: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.4.2. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TEMPERATURA (°C)
210-1/2-P	18
210-1/2-I-25	18.4
210-1/2-I-50	17.5
210-1/2-I-100	17.7
210-1/2-II-25	18

210-1/2-II-50	17.6
210-1/2-II-100	17.9
210-1/2-III-25	17.7
210-1/2-III-50	17.2
210-1/2-III-100	17.5
210-3/4-P	17.4
210-3/4-I-25	16.8
210-3/4-I-50	16.6
210-3/4-I-100	16.5
210-3/4-II-25	18
210-3/4-II-50	17.1
210-3/4-II-100	17.2
210-3/4-III-25	18.2
210-3/4-III-50	17.4
210-3/4-III-100	17.5

Tabla 69: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.1.4.3. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	TEMPERATURA (°C)
280-1/2-P	17.5
280-1/2-I-25	17.4
280-1/2-I-50	17
280-1/2-I-100	17.5
280-1/2-II-25	18
280-1/2-II-50	17.2
280-1/2-II-100	18.2
280-1/2-III-25	17.1
280-1/2-III-50	17
280-1/2-III-100	17.4
280-3/4-P	17.1
280-3/4-I-25	16
280-3/4-I-50	15.4
280-3/4-I-100	16
280-3/4-II-25	16.7
280-3/4-II-50	16
280-3/4-II-100	17
280-3/4-III-25	16.8
280-3/4-III-50	16.3
280-3/4-III-100	17.3

Tabla 70: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

5.2.1. Resistencia a la compresión

Según la norma MTC E-704, la resistencia a la compresión del concreto es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin agrietarse o romperse. Se determina mediante el siguiente procedimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Medición de las dimensiones de las probetas a ensayar.
- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura.
- El régimen de carga con maquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35MPa/s. Anotamos los datos de la máquina, al igual que la descripción de la apariencia del concreto.

El esfuerzo de compresión se calculó teniendo en cuenta las dimensiones de la probeta y mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{A} \quad (19)$$

Dónde:

C: Resistencia a la compresión (kg/cm²).

P: Esfuerzo a la compresión (kg).

A: Área de la sección transversal (cm²).

A continuación, se muestran los datos obtenidos de ensayar 540 probetas a su resistencia a la compresión para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.2.1.1. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ prom (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
175-1/2-P	7	10.2	10.15	10.18	81.31	12265	150.84	154.97	3.84	2.48
		10.1	10	10.05	79.33	12568	158.43			
		10	10.05	10.03	78.93	12286	155.65			
	14	10.2	10.1	10.15	80.91	14759	182.40	180.66	9.23	5.11
		10.05	10	10.03	78.93	14910	188.89			
		10.1	10.15	10.13	80.52	13742	170.68			
	28	10.15	10.1	10.13	80.52	17176	213.33	212.16	7.45	3.51
		10.05	10	10.03	78.93	17284	218.97			
		10.05	10.15	10.10	80.12	16360	204.20			
175-1/2-I-25	7	10.2	10.2	10.20	81.71	11429	139.87	139.59	6.83	4.89
		10	10	10.00	78.54	10416	132.62			
		10.2	10.2	10.20	81.71	11952	146.27			
	14	10.05	10.1	10.08	79.72	14398	180.60	177.66	7.82	4.40
		10.05	10	10.03	78.93	14490	183.57			
		10.05	10.1	10.08	79.72	13457	168.80			
	28	10.1	10.1	10.10	80.12	17045	212.75	210.03	7.37	3.51
		10.05	10.15	10.10	80.12	16159	201.69			
		10.05	10.15	10.10	80.12	17278	215.66			
175-1/2-I-50	7	10.05	10.1	10.08	79.72	11026	138.31	132.61	5.98	4.51
		10.1	10.1	10.10	80.12	10125	126.38			
		10.1	10.2	10.15	80.91	10774	133.15			
	14	10.2	10.2	10.20	81.71	11395	139.45	144.03	5.48	3.80

		10.2	10	10.10	80.12	11419	142.53			
		10.15	10.2	10.18	81.31	12205	150.10			
		10	10.05	10.03	78.93	14391	182.32			
		10.05	10.1	10.08	79.72	14660	183.89			
175-1/2-I-100	28	10.15	10.15	10.15	80.91	14611	180.58	182.26	1.66	0.91
		10	10	10.00	78.54	8212	104.56			
		10	10	10.00	78.54	8345	106.25			
	7	10.1	10	10.05	79.33	7720	97.32	102.71	4.74	4.62
		10	10	10.00	78.54	9999	127.31			
		10.1	10.15	10.13	80.52	10434	129.59			
	14	10.05	10	10.03	78.93	9577	121.33	126.08	4.27	3.38
		10.1	10	10.05	79.33	10620	133.88			
		10.1	10.1	10.10	80.12	10683	133.34			
	28	10.2	10.1	10.15	80.91	11662	144.13	137.11	6.08	4.43
175-1/2-II-25	7	10.1	10.2	10.15	80.91	11125	137.49	142.09	3.98	2.80
		10.05	10.05	10.05	79.33	11452	144.36			
		10.1	10.2	10.15	80.91	11685	144.41			
	14	10	10	10.00	78.54	14529	184.99	177.83	6.30	3.54
		10.1	10	10.05	79.33	13734	173.13			
		10.2	10.15	10.18	81.31	14259	175.36			
	28	10.1	10.15	10.13	80.52	16881	209.66	210.12	10.22	4.86
		10.2	10.15	10.18	81.31	17935	220.57			
		10.2	10.1	10.15	80.91	16194	200.14			
175-1/2-II-50	7	10	10.15	10.08	79.72	10236	128.40	131.55	5.38	4.09
		10.1	10	10.05	79.33	10193	128.49			
		10.05	10.05	10.05	79.33	10928	137.76			
	14	10.05	10.15	10.10	80.12	12670	158.14	158.92	4.71	2.96

		10.15	10.1	10.13	80.52	12452	154.65			
		10.05	10	10.03	78.93	12943	163.97			
		10.2	10.1	10.15	80.91	15343	189.62			
		10	10.05	10.03	78.93	14962	189.55			
175-1/2-II-100	28	10.2	10.15	10.18	81.31	15758	193.79	190.99	2.43	1.27
		10.1	10.1	10.10	80.12	9924	123.87			
		10.05	10.15	10.10	80.12	9437	117.79			
	7	10	10.1	10.05	79.33	9712	122.43	121.36	3.18	2.62
		10	10	10.00	78.54	11183	142.39			
		10.15	10.1	10.13	80.52	11153	138.52			
	14	10.15	10.05	10.10	80.12	12130	151.40	144.10	6.61	4.59
		10	10.1	10.05	79.33	14538	183.27			
		10.15	10.1	10.13	80.52	14770	183.44			
	28	10.15	10.05	10.10	80.12	14222	177.51	181.41	3.37	1.86
175-1/2-III-25	7	10.1	10.15	10.13	80.52	12122	150.55	148.06	5.49	3.71
		10	10.1	10.05	79.33	12047	151.86			
		10.1	10.15	10.13	80.52	11415	141.77			
	14	10.05	10.15	10.10	80.12	13988	174.59	178.96	7.12	3.98
		10	10.15	10.08	79.72	14922	187.17			
		10.2	10.15	10.18	81.31	14239	175.11			
	28	10.05	10.15	10.10	80.12	16734	208.87	204.72	10.00	4.89
		10	10	10.00	78.54	15182	193.30			
		10	10.05	10.03	78.93	16732	211.98			
175-1/2-III-50	7	10.2	10	10.10	80.12	11235	140.23	135.82	4.49	3.31
		10	10.15	10.08	79.72	10841	135.98			
		10	10.1	10.05	79.33	10412	131.25			
	14	10.1	10.05	10.08	79.72	12902	161.84	163.53	1.59	0.97

		10	10.1	10.05	79.33	13088	164.99	193.85	5.00	2.58
		10.15	10.15	10.15	80.91	13251	163.77			
		10	10.1	10.05	79.33	14967	188.67			
		10	10.05	10.03	78.93	15681	198.66			
		10.15	10.05	10.10	80.12	15561	194.22			
175-1/2-III-100	7	10	10.15	10.08	79.72	10231	128.33	129.16	4.69	3.63
		10.15	10	10.08	79.72	9961	124.95			
		10.15	10.2	10.18	81.31	10913	134.21			
	14	10	10.05	10.03	78.93	12186	154.38	154.68	6.48	4.19
		10.05	10.05	10.05	79.33	12796	161.31			
		10.1	10	10.05	79.33	11768	148.35			
	28	10	10.1	10.05	79.33	15556	196.10	187.34	7.75	4.14
		10.15	10.1	10.13	80.52	14858	184.54			
		10	10	10.00	78.54	14246	181.39			
175-3/4-P	7	10	10.05	10.03	78.93	13451	170.41	164.25	6.24	3.80
		10.1	10.1	10.10	80.12	13171	164.39			
		10.15	10	10.08	79.72	12591	157.94			
	14	10.05	10.05	10.05	79.33	14778	186.29	195.76	8.44	4.31
		10.05	10	10.03	78.93	15984	202.50			
		10.05	10.1	10.08	79.72	15824	198.49			
	28	10	10.05	10.03	78.93	18100	229.31	224.86	6.42	2.85
		10.05	10.1	10.08	79.72	18158	227.77			
		10.1	10.2	10.15	80.91	17599	217.50			
175-3/4-I-25	7	10.15	10.2	10.18	81.31	12236	150.48	150.23	0.91	0.60
		10.15	10.1	10.13	80.52	12156	150.98			
		10.1	10.2	10.15	80.91	12074	149.22			
	14	10	10.05	10.03	78.93	15333	194.25	188.35	5.70	3.03

		10	10.15	10.08	79.72	14980	187.90	209.97	3.03	1.44
		10.15	10.1	10.13	80.52	14725	182.88			
		10	10.15	10.08	79.72	17002	213.27			
		10.1	10.2	10.15	80.91	16774	207.31			
		10	10.05	10.03	78.93	16523	209.33			
175-3/4-I-50	7	10.2	10.1	10.15	80.91	10054	124.26	122.58	3.70	3.02
		10	10.05	10.03	78.93	9341	118.34			
		10.1	10.2	10.15	80.91	10127	125.16			
	14	10	10	10.00	78.54	12285	156.42	156.39	6.50	4.15
		10.15	10.05	10.10	80.12	12008	149.88			
		10.05	10.05	10.05	79.33	12920	162.87			
	28	10.05	10	10.03	78.93	14097	178.59	176.81	7.41	4.19
		10.15	10	10.08	79.72	14603	183.17			
		10.1	10.05	10.08	79.72	13447	168.67			
175-3/4-I-100	7	10	10.15	10.08	79.72	9145	114.71	108.14	6.61	6.12
		10.2	10.1	10.15	80.91	8756	108.21			
		10.2	10.15	10.18	81.31	8252	101.48			
	14	10.05	10.05	10.05	79.33	10100	127.32	130.88	4.68	3.57
		10	10.1	10.05	79.33	10803	136.18			
		10.15	10.15	10.15	80.91	10450	129.15			
	28	10.05	10.1	10.08	79.72	12927	162.15	157.27	7.57	4.81
		10.05	10.15	10.10	80.12	12908	161.11			
		10.1	10.15	10.13	80.52	11961	148.56			
175-3/4-II-25	7	10	10	10.00	78.54	11489	146.28	150.53	3.83	2.55
		10	10.15	10.08	79.72	12256	153.73			
		10	10.1	10.05	79.33	12023	151.56			
	14	10.15	10.05	10.10	80.12	15005	187.29	184.10	8.38	4.55

		10.15	10.1	10.13	80.52	14058	174.60	209.71	8.75	4.17
		10.2	10.1	10.15	80.91	15408	190.43			
	28	10.2	10.15	10.18	81.31	16524	203.22			
		10.15	10	10.08	79.72	17512	219.66			
		10	10.15	10.08	79.72	16442	206.24			
175-3/4-II-50	7	10.1	10.2	10.15	80.91	10125	125.13	130.71	5.00	3.82
		10	10.2	10.10	80.12	10594	132.23			
		10.1	10.15	10.13	80.52	10852	134.78			
	14	10.2	10.1	10.15	80.91	12527	154.82	160.98	7.33	4.55
		10.1	10.2	10.15	80.91	13681	169.08			
		10	10.1	10.05	79.33	12617	159.05			
	28	10.15	10.1	10.13	80.52	16078	199.69	199.40	4.12	2.07
		10.05	10.15	10.10	80.12	15635	195.15			
		10.1	10.1	10.10	80.12	16294	203.37			
175-3/4-II-100	7	10.2	10.05	10.13	80.52	10412	129.32	129.03	2.62	2.03
		10.2	10.05	10.13	80.52	10168	126.29			
		10.2	10.2	10.20	81.71	10745	131.50			
	14	10.05	10.15	10.10	80.12	11972	149.43	147.29	6.43	4.37
		10.15	10	10.08	79.72	11166	140.06			
		10.2	10	10.10	80.12	12208	152.37			
	28	10	10	10.00	78.54	14058	178.99	184.26	9.01	4.89
		10.05	10.15	10.10	80.12	15596	194.66			
		10.1	10	10.05	79.33	14209	179.12			
175-3/4-III-25	7	10	10	10.00	78.54	10942	139.32	144.43	5.24	3.62
		10	10.05	10.03	78.93	11382	144.20			
		10.2	10.2	10.20	81.71	12239	149.78			
	14	10.05	10.1	10.08	79.72	14611	183.27	189.36	6.38	3.37

		10.05	10.1	10.08	79.72	15626	196.01			
		10	10.1	10.05	79.33	14978	188.81			
		10.15	10.05	10.10	80.12	16607	207.28			
		10.2	10.15	10.18	81.31	17120	210.55			
175-3/4-III-50	28	10.15	10.05	10.10	80.12	16859	210.43	209.42	1.85	0.88
		10.15	10.05	10.10	80.12	16859	210.43			
		10.15	10.05	10.10	80.12	16859	210.43			
	7	10.15	10.15	10.15	80.91	11257	139.12	143.38	4.05	2.83
		10	10.05	10.03	78.93	11352	143.82			
		10.15	10.1	10.13	80.52	11851	147.19			
	14	10	10.2	10.10	80.12	13907	173.58	176.75	3.06	1.73
		10.1	10.05	10.08	79.72	14111	177.00			
		10.2	10.15	10.18	81.31	14610	179.68			
	28	10	10	10.00	78.54	15241	194.05	193.61	4.46	2.31
		10.15	10.15	10.15	80.91	15288	188.94			
		10.1	10.05	10.08	79.72	15772	197.84			
175-3/4-III-100	7	10.05	10.2	10.13	80.52	10012	124.35	127.14	4.42	3.48
		10.05	10.1	10.08	79.72	9952	124.83			
		10	10.15	10.08	79.72	10542	132.23			
	14	10.1	10	10.05	79.33	13642	171.97	167.78	3.89	2.32
		10	10.05	10.03	78.93	12968	164.29			
		10.1	10	10.05	79.33	13254	167.08			
	28	10.2	10.05	10.13	80.52	14704	182.62	187.71	6.19	3.30
		10.15	10.15	10.15	80.91	15042	185.90			
		10.1	10.15	10.13	80.52	15669	194.61			

Tabla 71: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.1.2. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ prom (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
210-1/2-P	7	10.1	10.2	10.15	80.91	16045	198.30	194.56	4.73	2.43
		10.15	10.1	10.13	80.52	15237	189.24			
		10.1	10.2	10.15	80.91	15871	196.15			
	14	10.2	10.15	10.18	81.31	18759	230.70	228.11	5.74	2.52
		10	10	10.00	78.54	18229	232.10			
		10.1	10.15	10.13	80.52	17837	221.53			
	28	10.15	10.05	10.10	80.12	20958	261.59	265.31	9.52	3.59
		10.15	10.15	10.15	80.91	22342	276.12			
		10	10	10.00	78.54	20280	258.21			
210-1/2-I-25	7	10	10.05	10.03	78.93	15412	195.25	191.15	3.56	1.86
		10	10.15	10.08	79.72	15077	189.12			
		10.05	10.05	10.05	79.33	14998	189.07			
	14	10.05	10.2	10.13	80.52	17176	213.33	208.29	9.98	4.79
		10.2	10.1	10.15	80.91	17375	214.74			
		10.2	10.15	10.18	81.31	16002	196.80			
	28	10	10.1	10.05	79.33	20156	254.09	252.98	9.64	3.81
		10	10.15	10.08	79.72	20889	262.02			
		10	10	10.00	78.54	19073	242.84			
210-1/2-I-50	7	10.15	10.15	10.15	80.91	12621	155.98	160.48	3.91	2.44
		10.1	10.15	10.13	80.52	13078	162.43			
		10	10.15	10.08	79.72	12998	163.04			
	14	10.15	10.1	10.13	80.52	15291	189.91	180.59	8.16	4.52

		10.2	10.1	10.15	80.91	14333	177.14	199.92	7.90	3.95
		10.1	10.1	10.10	80.12	13999	174.73			
	28	10.1	10.1	10.10	80.12	15671	195.60			
		10.05	10.1	10.08	79.72	15556	195.13			
		10.2	10.15	10.18	81.31	16998	209.04			
210-1/2-I-100	7	10.05	10.2	10.13	80.52	10412	129.32	133.41	3.55	2.66
		10.1	10.15	10.13	80.52	10896	135.33			
		10	10.1	10.05	79.33	10756	135.59			
	14	10.05	10	10.03	78.93	12657	160.35	155.61	5.58	3.59
		10.15	10.05	10.10	80.12	11974	149.45			
		10.15	10.1	10.13	80.52	12642	157.01			
	28	10.2	10.15	10.18	81.31	15206	187.01	184.35	4.25	2.30
		10.15	10.15	10.15	80.91	14520	179.45			
		10.1	10.1	10.10	80.12	14949	186.59			
210-1/2-II-25	7	10	10.05	10.03	78.93	15235	193.01	199.81	9.80	4.90
		10	10.1	10.05	79.33	16741	211.04			
		10	10.05	10.03	78.93	15421	195.37			
	14	10.15	10	10.08	79.72	17018	213.47	219.10	8.53	3.89
		10.2	10.15	10.18	81.31	17476	214.92			
		10.15	10.15	10.15	80.91	18522	228.91			
	28	10	10	10.00	78.54	20370	259.36	250.95	7.45	2.97
		10.2	10.15	10.18	81.31	19936	245.18			
		10.15	10.1	10.13	80.52	19993	248.31			
210-1/2-II-50	7	10.2	10.15	10.18	81.31	13453	165.45	160.06	7.41	4.63
		10	10.1	10.05	79.33	12027	151.61			
		10.2	10.15	10.18	81.31	13264	163.12			
	14	10.05	10	10.03	78.93	16008	202.80	198.97	5.52	2.78

		10.2	10.1	10.15	80.91	15587	192.64	226.21	11.25	4.97
		10.1	10	10.05	79.33	15981	201.46			
		10	10.1	10.05	79.33	18812	237.14			
		10.05	10	10.03	78.93	17903	226.81			
		10.15	10.15	10.15	80.91	17370	214.67			
210-1/2-II-100	7	10.2	10.1	10.15	80.91	12479	154.23	147.53	5.81	3.94
		10.15	10.05	10.10	80.12	11574	144.46			
		10.2	10.1	10.15	80.91	11643	143.89			
	14	10.2	10.15	10.18	81.31	14692	180.69	176.20	8.38	4.76
		10	10.05	10.03	78.93	14317	181.38			
		10.1	10.1	10.10	80.12	13342	166.53			
	28	10.2	10.2	10.20	81.71	17478	213.90	217.31	3.38	1.56
		10.15	10.15	10.15	80.91	17854	220.65			
		10.1	10.2	10.15	80.91	17589	217.38			
210-1/2-III-25	7	10.05	10.1	10.08	79.72	15412	193.32	191.88	3.95	2.06
		10.1	10.05	10.08	79.72	14941	187.41			
		10	10.05	10.03	78.93	15385	194.91			
	14	10	10	10.00	78.54	17783	226.42	224.35	2.10	0.94
		10.2	10.2	10.20	81.71	18337	224.41			
		10.1	10.2	10.15	80.91	17980	222.21			
	28	10	10.1	10.05	79.33	19797	249.56	256.07	10.93	4.27
		10	10.1	10.05	79.33	19828	249.95			
		10.15	10.2	10.18	81.31	21848	268.69			
210-1/2-III-50	7	10.1	10.1	10.10	80.12	14567	181.82	181.59	0.30	0.17
		10.1	10.15	10.13	80.52	14631	181.72			
		10	10.1	10.05	79.33	14378	181.25			
	14	10.2	10.05	10.13	80.52	17000	211.14	219.97	9.65	4.39

		10.1	10.2	10.15	80.91	18632	230.27	230.91	8.46	3.66
		10.2	10.1	10.15	80.91	17680	218.50			
		10.2	10.15	10.18	81.31	18291	224.95			
		10.2	10.1	10.15	80.91	18383	227.19			
		10.15	10.2	10.18	81.31	19563	240.59			
210-1/2-III-100	7	10.1	10	10.05	79.33	13684	172.50	168.78	4.45	2.63
		10.05	10	10.03	78.93	13417	169.98			
		10.2	10.1	10.15	80.91	13258	163.85			
	14	10	10.05	10.03	78.93	15844	200.73	203.36	3.81	1.87
		10.15	10.2	10.18	81.31	16891	207.73			
		10.2	10.1	10.15	80.91	16314	201.62			
	28	10.15	10	10.08	79.72	18569	232.92	228.17	7.00	3.07
		10.1	10.05	10.08	79.72	18452	231.45			
		10.1	10.1	10.10	80.12	17637	220.14			
210-3/4-P	7	10.15	10.05	10.10	80.12	16367	204.28	203.01	1.11	0.55
		10.2	10	10.10	80.12	16209	202.31			
		10	10.1	10.05	79.33	16058	202.43			
	14	10	10.05	10.03	78.93	19104	242.03	249.41	10.45	4.19
		10.05	10.05	10.05	79.33	20733	261.36			
		10.1	10.15	10.13	80.52	19713	244.83			
	28	10.1	10.2	10.15	80.91	21452	265.12	272.79	7.17	2.63
		10.1	10.05	10.08	79.72	21838	273.93			
		10.15	10.1	10.13	80.52	22490	279.32			
210-3/4-I-25	7	10.2	10.1	10.15	80.91	15421	190.59	193.86	7.45	3.84
		10	10.15	10.08	79.72	15037	188.62			
		10.1	10.2	10.15	80.91	16376	202.39			
	14	10.15	10	10.08	79.72	17442	218.78	222.13	9.14	4.11

		10.2	10.15	10.18	81.31	18903	232.47	251.20	5.52	2.20
		10.2	10.15	10.18	81.31	17494	215.14			
		10	10.05	10.03	78.93	20019	253.62			
		10.1	10.2	10.15	80.91	19815	244.89			
		10.05	10.1	10.08	79.72	20337	255.10			
210-3/4-I-50	7	10.2	10.1	10.15	80.91	13169	162.75	159.99	3.36	2.10
		10.2	10.1	10.15	80.91	13025	160.97			
		10.05	10.15	10.10	80.12	12519	156.26			
	14	10.05	10.05	10.05	79.33	14619	184.29	183.64	6.61	3.60
		10.2	10.2	10.20	81.71	14441	176.73			
		10.15	10.1	10.13	80.52	15290	189.90			
	28	10.1	10.2	10.15	80.91	16802	207.65	203.10	8.67	4.27
		10	10.05	10.03	78.93	15242	193.10			
		10.1	10.15	10.13	80.52	16791	208.54			
210-3/4-I-100	7	10	10	10.00	78.54	10763	137.04	137.00	5.65	4.12
		10.1	10.2	10.15	80.91	11541	142.63			
		10.1	10.2	10.15	80.91	10627	131.34			
	14	10.1	10.2	10.15	80.91	13120	162.15	159.85	2.45	1.53
		10.2	10.15	10.18	81.31	13020	160.12			
		10.2	10.05	10.13	80.52	12663	157.27			
	28	10.15	10.05	10.10	80.12	13983	174.53	178.78	4.19	2.34
		10	10	10.00	78.54	14365	182.90			
		10.1	10.15	10.13	80.52	14404	178.90			
210-3/4-II-25	7	10.15	10.2	10.18	81.31	14658	180.27	184.50	4.05	2.19
		10.2	10.15	10.18	81.31	15314	188.33			
		10.1	10.05	10.08	79.72	14741	184.90			
	14	10.1	10.2	10.15	80.91	19327	238.86	231.29	6.75	2.92

		10.2	10.15	10.18	81.31	18368	225.89	253.07	3.76	1.49
		10.1	10.15	10.13	80.52	18448	229.12			
	28	10.1	10	10.05	79.33	19739	248.83			
		10.15	10.1	10.13	80.52	20613	256.01			
		10.1	10.15	10.13	80.52	20480	254.36			
210-3/4-II-50	7	10	10.05	10.03	78.93	13745	174.14	179.81	5.92	3.29
		10.05	10.05	10.05	79.33	14227	179.35			
		10.15	10.1	10.13	80.52	14972	185.95			
	14	10.05	10.15	10.10	80.12	15333	191.38	199.52	8.18	4.10
		10.1	10.1	10.10	80.12	16643	207.73			
		10.2	10.05	10.13	80.52	16058	199.44			
	28	10.15	10.2	10.18	81.31	18950	233.05	231.05	4.66	2.02
		10.2	10.1	10.15	80.91	18965	234.39			
		10	10.1	10.05	79.33	17906	225.72			
210-3/4-II-100	7	10.2	10.2	10.20	81.71	12364	151.31	151.40	2.16	1.43
		10	10.15	10.08	79.72	12246	153.61			
		10	10.2	10.10	80.12	11961	149.29			
	14	10.05	10.1	10.08	79.72	15683	196.72	193.57	4.72	2.44
		10.1	10.05	10.08	79.72	15613	195.84			
		10.05	10.2	10.13	80.52	15149	188.15			
	28	10.1	10.15	10.13	80.52	17218	213.85	212.67	4.49	2.11
		10.1	10.15	10.13	80.52	16724	207.71			
		10.1	10.15	10.13	80.52	17428	216.45			
210-3/4-III-25	7	10.2	10.1	10.15	80.91	15743	194.57	194.98	0.49	0.25
		10.1	10.15	10.13	80.52	15689	194.86			
		10.1	10.15	10.13	80.52	15743	195.53			
	14	10.1	10.1	10.10	80.12	18177	226.88	229.66	4.83	2.10

		10.05	10	10.03	78.93	17908	226.88			
		10.1	10.15	10.13	80.52	18940	235.23			
		10.15	10.2	10.18	81.31	20819	256.04			
		10.2	10.1	10.15	80.91	19176	236.99			
210-3/4-III-50	28	10.2	10.2	10.20	81.71	19797	242.28	245.10	9.83	4.01
		10.05	10.2	10.13	80.52	14491	179.98			
		10	10.05	10.03	78.93	15012	190.19			
	7	10.05	10	10.03	78.93	14875	188.45	186.21	5.46	2.93
		10.15	10.05	10.10	80.12	17962	224.19			
		10.1	10.1	10.10	80.12	16093	200.87			
	14	10	10.1	10.05	79.33	16749	211.14	212.07	11.69	5.51
		10.15	10.1	10.13	80.52	18444	229.07			
		10	10	10.00	78.54	18351	233.65			
		10.2	10.05	10.13	80.52	19120	237.47			
210-3/4-III-100	28	10.15	10.1	10.13	80.52	18444	229.07	233.40	4.20	1.80
		10	10	10.00	78.54	18351	233.65			
		10.2	10.05	10.13	80.52	19120	237.47			
	7	10.1	10	10.05	79.33	13568	171.04	168.59	6.16	3.65
		10.05	10.2	10.13	80.52	13941	173.15			
		10.05	10	10.03	78.93	12754	161.58			
	14	10.15	10	10.08	79.72	15884	199.24	196.51	8.46	4.31
		10	10	10.00	78.54	15965	203.27			
		10.2	10.15	10.18	81.31	15207	187.02			
	28	10.2	10.05	10.13	80.52	17807	221.16	222.81	7.66	3.44
		10.2	10.15	10.18	81.31	17573	216.12			
		10.15	10.15	10.15	80.91	18704	231.16			

Tabla 72: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.1.3. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ prom (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
280-1/2-P	7	10.05	10.1	10.08	79.72	20673	259.31	263.90	8.21	3.11
		10.05	10.05	10.05	79.33	21686	273.37			
		10.1	10.2	10.15	80.91	20957	259.00			
	14	10.1	10	10.05	79.33	23503	296.28	302.40	8.42	2.79
		10.05	10.15	10.10	80.12	23949	298.92			
		10.1	10	10.05	79.33	24751	312.01			
	28	10.05	10.2	10.13	80.52	26490	329.00	323.39	6.03	1.86
		10.1	10.2	10.15	80.91	25651	317.02			
		10.05	10.1	10.08	79.72	25843	324.16			
280-1/2-I-25	7	10.05	10.1	10.08	79.72	18121	227.30	226.17	1.79	0.79
		10.1	10.2	10.15	80.91	18376	227.11			
		10.1	10	10.05	79.33	17778	224.11			
	14	10.15	10	10.08	79.72	21487	269.52	264.53	6.76	2.56
		10.15	10.05	10.10	80.12	21410	267.23			
		10.15	10.2	10.18	81.31	20884	256.84			
	28	10	10	10.00	78.54	23253	296.07	297.78	10.55	3.54
		10.1	10.1	10.10	80.12	24763	309.08			
		10.05	10	10.03	78.93	22748	288.19			
280-1/2-I-50	7	10.2	10.1	10.15	80.91	15189	187.72	189.63	9.24	4.87
		10.05	10.15	10.10	80.12	15998	199.68			
		10.1	10.2	10.15	80.91	14685	181.49			
	14	10.05	10.15	10.10	80.12	16652	207.84	217.58	10.53	4.84

		10	10.1	10.05	79.33	17146	216.14			
		10	10	10.00	78.54	17966	228.75			
		10.2	10.15	10.18	81.31	21582	265.42			
		10	10	10.00	78.54	20159	256.67			
280-1/2-I-100	28	10.15	10.2	10.18	81.31	20385	250.70	257.60	7.40	2.87
		10.2	10.2	10.20	81.71	13135	160.75			
		10.1	10.15	10.13	80.52	13398	166.40			
	7	10	10.2	10.10	80.12	13430	167.63	164.93	3.67	2.23
		10.1	10.15	10.13	80.52	15521	192.77			
		10.15	10.1	10.13	80.52	14267	177.20			
	14	10.15	10.1	10.13	80.52	14201	176.38	182.11	9.24	5.07
		10	10.05	10.03	78.93	16227	205.58			
		10.1	10.15	10.13	80.52	17938	222.79			
	28	10	10.15	10.08	79.72	17534	219.94	216.10	9.22	4.27
		10.05	10.15	10.10	80.12	19278	240.62			
		10.05	10	10.03	78.93	19516	247.25			
280-1/2-II-25	7	10.2	10.1	10.15	80.91	18983	234.61	240.82	6.32	2.63
		10.15	10.15	10.15	80.91	22064	272.69			
		10.2	10.1	10.15	80.91	21786	269.25			
	14	10.05	10.05	10.05	79.33	22678	285.88	275.94	8.78	3.18
		10.1	10.2	10.15	80.91	24256	299.78			
		10.15	10.2	10.18	81.31	23616	290.43			
	28	10.2	10.2	10.20	81.71	22787	278.87	289.69	10.47	3.62
		10.15	10.05	10.10	80.12	17628	220.02			
		10.2	10.2	10.20	81.71	16596	203.10			
280-1/2-II-50	7	10.05	10.15	10.10	80.12	17763	221.71	214.94	10.29	4.79
		10.15	10.05	10.10	80.12	17628	220.02			
		10.2	10.2	10.20	81.71	16596	203.10			
	14	10.15	10.2	10.18	81.31	19054	234.33	242.38	9.30	3.84

		10.05	10.1	10.08	79.72	19152	240.23			
		10	10.15	10.08	79.72	20135	252.56			
	28	10.05	10	10.03	78.93	21659	274.40			
		10.15	10.1	10.13	80.52	21220	263.55			
		10.1	10.2	10.15	80.91	21722	268.46			
280-1/2-II-100	7	10.2	10	10.10	80.12	15262	190.49	189.46	7.26	3.83
		10.1	10.2	10.15	80.91	15871	196.15			
		10.05	10.1	10.08	79.72	14488	181.73			
	14	10.1	10.1	10.10	80.12	18602	232.18	223.25	9.72	4.36
		10.1	10	10.05	79.33	17823	224.68			
		10.1	10.2	10.15	80.91	17226	212.89			
	28	10	10	10.00	78.54	18646	237.41	240.39	3.20	1.33
		10.15	10.05	10.10	80.12	19530	243.76			
		10.1	10.2	10.15	80.91	19419	240.00			
280-1/2-III-25	7	10.15	10.05	10.10	80.12	19226	239.97	252.34	10.81	4.29
		10.05	10.05	10.05	79.33	20392	257.06			
		10.05	10.15	10.10	80.12	20830	259.99			
	14	10.15	10	10.08	79.72	22506	282.30	281.41	9.30	3.30
		10	10.05	10.03	78.93	22909	290.23			
		10.15	10	10.08	79.72	21661	271.71			
	28	10.2	10.1	10.15	80.91	23670	292.53	304.55	14.45	4.74
		10.05	10	10.03	78.93	25304	320.58			
		10	10.05	10.03	78.93	23722	300.53			
280-1/2-III-50	7	10.1	10.2	10.15	80.91	19186	237.12	242.08	6.08	2.51
		10.2	10.15	10.18	81.31	19536	240.26			
		10	10.1	10.05	79.33	19741	248.86			
	14	10	10	10.00	78.54	21609	275.13	266.75	8.76	3.28

		10.1	10.2	10.15	80.91	21641	267.46			
		10	10.2	10.10	80.12	20643	257.66			
		10.15	10.15	10.15	80.91	23045	284.81			
		10.2	10.2	10.20	81.71	22605	276.64			
280-1/2-III-100	28	10	10.05	10.03	78.93	22867	289.70	283.72	6.60	2.33
		10.15	10.05	10.10	80.12	17170	214.31			
		10.05	10.05	10.05	79.33	17619	222.11			
	7	10	10.05	10.03	78.93	17788	225.36	220.59	5.68	2.57
		10.1	10.2	10.15	80.91	20273	250.55			
		10.15	10.05	10.10	80.12	19046	237.72			
	14	10.15	10.05	10.10	80.12	20573	256.78	248.35	9.72	3.91
		10.2	10.2	10.20	81.71	20235	247.64			
		10.1	10.05	10.08	79.72	21232	266.32			
	28	10.2	10.1	10.15	80.91	21840	269.92	261.29	11.96	4.58
		10.15	10.1	10.13	80.52	21194	263.23			
		10.15	10.1	10.13	80.52	21986	273.07			
280-3/4-P	7	10.2	10.1	10.15	80.91	22435	277.27	271.19	7.21	2.66
		10.15	10	10.08	79.72	24272	304.46			
		10.15	10	10.08	79.72	23982	300.82			
	14	10.15	10.15	10.15	80.91	23560	291.17	298.82	6.86	2.30
		10.2	10.1	10.15	80.91	26020	321.58			
		10	10.2	10.10	80.12	27170	339.12			
	28	10.1	10.2	10.15	80.91	26846	331.79	330.83	8.81	2.66
		10.15	10.1	10.13	80.52	18442	229.05			
		10.2	10.1	10.15	80.91	18944	234.13			
280-3/4-I-25	7	10.15	10	10.08	79.72	18307	229.63	230.94	2.78	1.20
		10.2	10.1	10.15	80.91	20884	258.10			
		10.15	10.1	10.13	80.52	18442	229.05			
	14	10.2	10.1	10.15	80.91	20884	258.10	260.59	9.86	3.78

		10.15	10.15	10.15	80.91	21965	271.46			
		10.15	10.05	10.10	80.12	20207	252.21			
		10	10.05	10.03	78.93	23717	300.47			
		10.05	10	10.03	78.93	22622	286.60			
280-3/4-I-50	28	10.15	10.15	10.15	80.91	22329	275.96	287.68	12.29	4.27
		10.2	10.2	10.20	81.71	15410	188.59			
		10.2	10.1	10.15	80.91	15986	197.57			
	7	10.05	10.1	10.08	79.72	15047	188.74	191.63	5.14	2.68
		10.1	10.2	10.15	80.91	17803	220.02			
		10	10.1	10.05	79.33	18120	228.42			
	14	10	10.15	10.08	79.72	17270	216.63	221.69	6.07	2.74
		10.2	10.2	10.20	81.71	20627	252.43			
		10.05	10	10.03	78.93	19398	245.75			
	28	10.2	10.15	10.18	81.31	20354	250.32	249.50	3.41	1.37
		10.15	10.2	10.18	81.31	13743	169.01			
		10.1	10.15	10.13	80.52	13969	173.49			
280-3/4-I-100	7	10.15	10.2	10.18	81.31	14153	174.06	172.19	2.76	1.60
		10	10.1	10.05	79.33	15556	196.10			
		10.05	10	10.03	78.93	15743	199.45			
	14	10.05	10	10.03	78.93	14614	185.14	193.56	7.48	3.86
		10.15	10.1	10.13	80.52	16298	202.42			
		10	10	10.00	78.54	15779	200.90			
	28	10.1	10	10.05	79.33	16075	202.64	201.99	0.95	0.47
		10	10.05	10.03	78.93	19114	242.15			
		10.05	10.1	10.08	79.72	19774	248.04			
280-3/4-II-25	7	10.2	10.1	10.15	80.91	20527	253.69	247.96	5.77	2.33
		10.1	10.1	10.10	80.12	21983	274.38			
		10.1	10.1	10.10	80.12	21983	274.38			
	14	10.1	10.1	10.10	80.12	21983	274.38	277.55	6.22	2.24

		10.05	10.1	10.08	79.72	22698	284.71			
		10	10	10.00	78.54	21484	273.54			
		10.2	10.1	10.15	80.91	24546	303.36			
		10.2	10.1	10.15	80.91	24753	305.92			
280-3/4-II-50	28	10.05	10.1	10.08	79.72	23273	291.93	300.40	7.45	2.48
		10.15	10	10.08	79.72	16040	201.20			
		10.1	10.1	10.10	80.12	16069	200.57			
	7	10.05	10.1	10.08	79.72	16609	208.34	203.37	4.32	2.12
		10.15	10.1	10.13	80.52	19586	243.26			
		10.15	10.15	10.15	80.91	19382	239.54			
	14	10.05	10.1	10.08	79.72	19012	238.48	240.42	2.51	1.04
		10	10.05	10.03	78.93	20728	262.60			
		10.1	10	10.05	79.33	19747	248.93			
	28	10	10.05	10.03	78.93	20297	257.14	256.23	6.88	2.69
		10	10.05	10.03	78.93	16485	208.85			
		10.15	10.2	10.18	81.31	17850	219.52			
280-3/4-II-100	7	10.2	10.15	10.18	81.31	16862	207.37	211.91	6.63	3.13
		10.2	10.1	10.15	80.91	19816	244.90			
		10.1	10.05	10.08	79.72	18744	235.12			
	14	10	10.1	10.05	79.33	18296	230.64	236.89	7.29	3.08
		10.1	10.1	10.10	80.12	20391	254.51			
		10	10	10.00	78.54	19757	251.55			
	28	10.2	10.15	10.18	81.31	19060	234.40	246.82	10.86	4.40
		10	10.1	10.05	79.33	20428	257.52			
		10.2	10.1	10.15	80.91	19060	235.56			
280-3/4-III-25	7	10.1	10.15	10.13	80.52	20583	255.64	249.57	12.17	4.88
		10.1	10.15	10.13	80.52	21509	267.14			
		10.1	10.15	10.13	80.52	21509	267.14			
	14	10.1	10.15	10.13	80.52	21509	267.14	268.20	6.27	2.34

		10.15	10.15	10.15	80.91	21242	262.53	314.16	11.22	3.57
		10.05	10	10.03	78.93	21701	274.93			
		10	10	10.00	78.54	25050	318.95			
		10.15	10.05	10.10	80.12	25813	322.19			
280-3/4-III-50	7	10.15	10.15	10.15	80.91	24382	301.33	238.42	10.27	4.31
		10.1	10.1	10.10	80.12	19761	246.65			
		10.2	10.15	10.18	81.31	18450	226.90			
	14	10.15	10.1	10.13	80.52	19461	241.70	265.11	4.50	1.70
		10.05	10.1	10.08	79.72	21548	270.29			
		10	10.1	10.05	79.33	20848	262.81			
	28	10.1	10.1	10.10	80.12	21009	262.22	293.58	4.63	1.58
		10.1	10.15	10.13	80.52	23354	290.06			
		10.1	10.05	10.08	79.72	23269	291.88			
		10.05	10	10.03	78.93	23587	298.82			
280-3/4-III-100	7	10.15	10.15	10.15	80.91	18237	225.39	227.75	2.48	1.09
		10.2	10.15	10.18	81.31	18729	230.33			
		10.05	10.1	10.08	79.72	18138	227.51			
	14	10.05	10	10.03	78.93	20173	255.57	247.46	7.33	2.96
		10.05	10	10.03	78.93	19046	241.29			
		10.1	10.05	10.08	79.72	19573	245.51			
	28	10.05	10.15	10.10	80.12	21432	267.50	267.85	5.39	2.01
		10.15	10.15	10.15	80.91	21251	262.64			
		10.15	10.2	10.18	81.31	22231	273.40			

Tabla 73: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.2. Resistencia a la tracción

Según la norma MTC E-708, para realizar este ensayo se usan testigos similares a la que se usan en el ensayo a compresión. El ensayo de tracción indirecta se realiza siguiendo el siguiente procedimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016):

- Medición de las dimensiones de las probetas a ensayar.
- Acoplamiento de un apoyo al largo de la placa inferior y luego se coloca la probeta, teniendo en cuenta que el punto de tangencia de las dos bases este concentrada sobre las láminas de apoyo y luego colocamos un segundo apoyo sobre la probeta para evitar el contacto directo.
- Se programa la maquina a una velocidad de carga continua.

El esfuerzo de tracción indirecta se calcula teniendo en cuenta las dimensiones de la probeta, mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2P}{L * d * \pi} \quad (20)$$

Dónde:

T: Esfuerzo de tracción indirecta (kg/cm²).

P: Carga de rotura. (Kg).

L: Altura de la probeta (cm).

D: Diámetro de la probeta (cm).

A continuación, se muestran los datos obtenidos de ensayar 180 probetas a su resistencia a la tracción para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.2.2.1. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H prom (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Tracción promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
175-1/2-P	28	10.2	10.15	10.175	20.45	20.5	20.475	8431	25.76	26.29	1.21	4.62
		10	10.15	10.075	20.5	20.35	20.425	8946	27.68			
		10.15	10.2	10.175	20.4	20.5	20.45	8310	25.43			
175-1/2-I-25	28	10.05	10.05	10.05	20.4	20.35	20.375	7451	23.17	22.81	0.96	4.23
		10.15	10.2	10.175	20.3	20.4	20.35	7063	21.72			
		10.05	10.1	10.075	20.4	20.3	20.35	7582	23.54			
175-1/2-I-50	28	10	10.1	10.05	20.4	20.4	20.4	7509	23.32	23.92	0.66	2.76
		10.2	10.1	10.15	20.35	20.35	20.35	7990	24.63			
		10.15	10.1	10.125	20.3	20.45	20.375	7719	23.82			
175-1/2-I-100	28	10.2	10.15	10.175	20.5	20.45	20.475	5375	16.43	17.01	0.57	3.36
		10.15	10.15	10.15	20.3	20.45	20.375	5707	17.57			
		10	10.05	10.025	20.5	20.45	20.475	5494	17.04			
175-1/2-II-25	28	10.15	10.2	10.175	20.35	20.35	20.35	8023	24.67	24.88	0.19	0.75
		10	10	10	20.5	20.3	20.4	8006	24.98			
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.35	20.425	8139	24.99			
175-1/2-II-50	28	10	10.1	10.05	20.35	20.35	20.35	7193	22.39	23.35	0.83	3.55
		10.15	10.1	10.125	20.3	20.4	20.35	7700	23.79			
		10.2	10.15	10.175	20.35	20.45	20.4	7778	23.86			
175-1/2-II-100	28	10.15	10.05	10.1	20.45	20.35	20.4	5623	17.37	17.99	0.60	3.32
		10.05	10.05	10.05	20.3	20.5	20.4	5806	18.03			
		10.1	10.1	10.1	20.5	20.5	20.5	6039	18.57			
175-1/2-III-25	28	10.1	10	10.05	20.35	20.35	20.35	7859	24.46	24.53	0.13	0.55

		10.15	10.15	10.15	20.4	20.5	20.45	7967	24.44			
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.5	20.5	8067	24.68			
175-1/2-III-50	28	10.1	10.15	10.125	20.5	20.35	20.425	7859	24.19	23.98	0.61	2.56
		10.1	10.2	10.15	20.4	20.45	20.425	7967	24.47			
		10.15	10.15	10.15	20.3	20.45	20.375	7567	23.29			
175-1/2-III-100	28	10.05	10.1	10.075	20.45	20.4	20.425	7121	22.03	22.31	0.75	3.38
		10.15	10.2	10.175	20.3	20.3	20.3	7515	23.16			
		10.05	10	10.025	20.3	20.5	20.4	6981	21.73			
175-3/4-P	28	10	10.1	10.05	20.3	20.4	20.35	8823	27.46	27.87	1.25	4.48
		10.15	10.1	10.125	20.5	20.4	20.45	8740	26.87			
		10.05	10.05	10.05	20.3	20.5	20.4	9426	29.27			
175-3/4-I-25	28	10	10	10	20.45	20.4	20.425	8876	27.67	27.69	0.69	2.49
		10.15	10.1	10.125	20.4	20.4	20.4	9209	28.38			
		10.05	10.2	10.125	20.35	20.35	20.35	8740	27.01			
175-3/4-I-50	28	10.05	10.2	10.125	20.45	20.45	20.45	7288	22.41	22.84	0.81	3.56
		10.15	10.1	10.125	20.45	20.4	20.425	7254	22.33			
		10.1	10.05	10.075	20.4	20.35	20.375	7667	23.78			
175-3/4-I-100	28	10.2	10.05	10.125	20.35	20.3	20.325	5547	17.16	17.42	0.47	2.72
		10.1	10.15	10.125	20.35	20.3	20.325	5539	17.14			
		10.2	10.05	10.125	20.3	20.5	20.4	5830	17.97			
175-3/4-II-25	28	10.15	10.05	10.1	20.5	20.5	20.5	7855	24.15	24.13	0.02	0.09
		10.1	10.2	10.15	20.35	20.35	20.35	7831	24.14			
		10.2	10.1	10.15	20.3	20.5	20.4	7842	24.11			
175-3/4-II-50	28	10.15	10.2	10.175	20.35	20.5	20.425	7066	21.65	20.71	0.81	3.93
		10.1	10.2	10.15	20.45	20.45	20.45	6591	20.22			
		10.2	10.15	10.175	20.5	20.35	20.425	6613	20.26			
175-3/4-II-100	28	10	10	10	20.35	20.3	20.325	6130	19.20	20.01	0.86	4.30

		10.1	10.1	10.1	20.5	20.35	20.425	6449	19.90			
		10.2	10.2	10.2	20.35	20.3	20.325	6810	20.91			
175-3/4-III-25	28	10	10	10	20.35	20.4	20.375	9005	28.14	26.81	1.29	4.82
		10.05	10.15	10.1	20.45	20.5	20.475	8300	25.55			
		10.2	10.15	10.175	20.3	20.4	20.35	8702	26.76			
175-3/4-III-50	28	10.2	10.1	10.15	20.45	20.4	20.425	8586	26.37	25.61	0.79	3.10
		10.05	10.2	10.125	20.3	20.3	20.3	8001	24.78			
		10	10.05	10.025	20.4	20.3	20.35	8227	25.67			
175-3/4-III-100	28	10	10.1	10.05	20.5	20.45	20.475	7775	24.05	24.18	0.46	1.92
		10.2	10.15	10.175	20.5	20.4	20.45	8072	24.70			
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.4	20.45	7758	23.79			

Tabla 74: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.2.2. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H prom (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Tracción promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
210-1/2-P	28	10.05	10	10.025	20.4	20.35	20.375	9712	30.27	29.86	0.81	2.73
		10.05	10.2	10.125	20.35	20.5	20.425	9874	30.40			
		10.1	10.1	10.1	20.45	20.35	20.4	9362	28.93			
210-1/2-I-25	28	10.15	10.1	10.125	20.4	20.5	20.45	9269	28.50	29.23	1.36	4.66
		10	10	10	20.5	20.35	20.425	9881	30.80			
		10.1	10.15	10.125	20.45	20.45	20.45	9232	28.39			
210-1/2-I-50	28	10	10	10	20.5	20.5	20.5	8269	25.68	25.79	0.72	2.81
		10.15	10.15	10.15	20.5	20.5	20.5	8681	26.56			
		10.2	10.2	10.2	20.5	20.4	20.45	8232	25.12			
210-1/2-I-100	28	10	10.05	10.025	20.3	20.45	20.375	6487	20.22	19.09	0.98	5.13
		10.15	10.05	10.1	20.45	20.45	20.45	6002	18.50			
		10.2	10.1	10.15	20.5	20.3	20.4	6033	18.55			
210-1/2-II-25	28	10.15	10.05	10.1	20.5	20.3	20.4	8626	26.65	27.97	1.15	4.09
		10.2	10.15	10.175	20.35	20.3	20.325	9285	28.58			
		10.05	10.15	10.1	20.35	20.45	20.4	9284	28.69			
210-1/2-II-50	28	10	10	10	20.3	20.5	20.4	8212	25.63	26.44	0.88	3.33
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.3	20.4	8558	26.31			
		10.2	10.2	10.2	20.5	20.35	20.425	8958	27.37			
210-1/2-II-100	28	10.05	10.1	10.075	20.3	20.3	20.3	7043	21.92	21.39	1.14	5.34
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.5	20.5	7247	22.17			
		10.1	10.05	10.075	20.5	20.5	20.5	6515	20.08			
210-1/2-III-25	28	10.1	10.1	10.1	20.35	20.45	20.4	9275	28.66	28.89	0.30	1.03

		10	10.15	10.075	20.3	20.35	20.325	9257	28.78			
		10.2	10.2	10.2	20.35	20.4	20.375	9539	29.22			
210-1/2-III-50	28	10.15	10.1	10.125	20.4	20.5	20.45	8935	27.47	25.20	2.14	8.51
		10	10.1	10.05	20.45	20.4	20.425	8030	24.90			
		10	10.15	10.075	20.5	20.5	20.5	7531	23.21			
210-1/2-III-100	28	10.15	10.1	10.125	20.45	20.35	20.4	7543	23.25	23.44	1.21	5.17
		10.15	10.15	10.15	20.35	20.35	20.35	7247	22.34			
		10.1	10.05	10.075	20.45	20.5	20.475	8015	24.74			
210-3/4-P	28	10.2	10.05	10.125	20.3	20.45	20.375	10288	31.75	31.79	0.04	0.14
		10	10.15	10.075	20.45	20.3	20.375	10265	31.84			
		10.1	10.1	10.1	20.4	20.45	20.425	10296	31.77			
210-3/4-I-25	28	10.2	10	10.1	20.5	20.4	20.45	9243	28.49	29.10	0.90	3.08
		10.05	10	10.025	20.5	20.45	20.475	9247	28.68			
		10	10.2	10.1	20.3	20.35	20.325	9715	30.13			
210-3/4-I-50	28	10	10	10	20.3	20.3	20.3	7722	24.22	23.44	0.97	4.13
		10.05	10.05	10.05	20.3	20.4	20.35	7628	23.75			
		10.15	10.1	10.125	20.45	20.3	20.375	7244	22.36			
210-3/4-I-100	28	10.15	10.05	10.1	20.4	20.5	20.45	7052	21.74	20.50	1.60	7.82
		10.2	10.2	10.2	20.35	20.35	20.35	6094	18.69			
		10.05	10.05	10.05	20.35	20.4	20.375	6782	21.09			
210-3/4-II-25	28	10	10.1	10.05	20.4	20.35	20.375	10019	31.15	32.38	2.00	6.18
		10.05	10.1	10.075	20.45	20.3	20.375	11184	34.69			
		10	10.05	10.025	20.3	20.4	20.35	10030	31.30			
210-3/4-II-50	28	10	10.2	10.1	20.4	20.3	20.35	7059	21.87	22.69	0.99	4.36
		10.2	10.2	10.2	20.4	20.45	20.425	7784	23.79			
		10.15	10.1	10.125	20.35	20.35	20.35	7253	22.41			
210-3/4-II-100	28	10.05	10.1	10.075	20.35	20.3	20.325	7312	22.73	22.16	0.71	3.18

		10.2	10.15	10.175	20.4	20.35	20.375	7287	22.38			
		10.15	10.1	10.125	20.4	20.4	20.4	6934	21.37			
210-3/4-III-25	28	10.2	10.2	10.2	20.3	20.5	20.4	9935	30.40	30.74	1.42	4.62
		10	10	10	20.3	20.5	20.4	10350	32.30			
		10.1	10.05	10.075	20.45	20.3	20.375	9519	29.52			
210-3/4-III-50	28	10.05	10.05	10.05	20.5	20.45	20.475	8175	25.29	26.14	1.67	6.40
		10.05	10.15	10.1	20.5	20.35	20.425	9094	28.06			
		10.05	10.2	10.125	20.45	20.35	20.4	8130	25.06			
210-3/4-III-100	28	10.15	10.2	10.175	20.3	20.45	20.375	8336	25.60	25.35	0.65	2.57
		10	10.05	10.025	20.35	20.35	20.35	8278	25.83			
		10.2	10.05	10.125	20.35	20.35	20.35	7964	24.61			

Tabla 75: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.2.3. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H prom (cm)	Fuerza (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Tracción promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
280-1/2-P	28	10.2	10	10.1	20.5	20.3	20.4	11972	36.99	36.47	0.76	2.08
		10.15	10.2	10.175	20.3	20.3	20.3	11550	35.60			
		10.05	10	10.025	20.45	20.3	20.375	11810	36.81			
280-1/2-I-25	28	10.2	10.05	10.125	20.35	20.3	20.325	11916	36.86	36.54	1.11	3.03
		10.2	10.15	10.175	20.4	20.4	20.4	11510	35.30			
		10.05	10	10.025	20.35	20.4	20.375	12013	37.44			
280-1/2-I-50	28	10.1	10	10.05	20.45	20.35	20.4	9912	30.78	31.68	1.06	3.33
		10.05	10	10.025	20.35	20.45	20.4	10090	31.41			
		10.15	10.1	10.125	20.3	20.45	20.375	10641	32.84			
280-1/2-I-100	28	10.05	10.15	10.1	20.4	20.45	20.425	8189	25.27	25.06	0.49	1.95
		10	10.2	10.1	20.35	20.3	20.325	7901	24.50			
		10.1	10	10.05	20.45	20.45	20.45	8204	25.41			
280-1/2-II-25	28	10.1	10.1	10.1	20.5	20.45	20.475	11385	35.05	33.75	1.40	4.16
		10.15	10	10.075	20.4	20.5	20.45	10441	32.26			
		10.05	10.15	10.1	20.35	20.3	20.325	10944	33.94			
280-1/2-II-50	28	10.2	10.2	10.2	20.45	20.4	20.425	10254	31.33	32.36	0.95	2.92
		10.05	10.1	10.075	20.45	20.4	20.425	10516	32.53			
		10	10	10	20.4	20.35	20.375	10626	33.20			
280-1/2-II-100	28	10.15	10	10.075	20.45	20.3	20.375	9012	27.95	28.78	1.26	4.38
		10	10.1	10.05	20.4	20.4	20.4	9736	30.23			
		10.15	10	10.075	20.3	20.5	20.4	9093	28.17			
280-1/2-III-25	28	10	10.05	10.025	20.45	20.5	20.475	10593	32.86	34.28	1.55	4.53

		10	10.1	10.05	20.5	20.4	20.45	11601	35.94			
		10.2	10.15	10.175	20.35	20.45	20.4	11097	34.04			
280-1/2-III-50	28	10	10.1	10.05	20.3	20.4	20.35	9701	30.20	30.48	0.32	1.04
		10.2	10.1	10.15	20.3	20.4	20.35	9868	30.42			
		10.2	10.15	10.175	20.35	20.3	20.325	10012	30.82			
280-1/2-III-100	28	10.05	10.05	10.05	20.45	20.35	20.4	9510	29.53	29.69	1.01	3.40
		10	10.2	10.1	20.4	20.3	20.35	9289	28.77			
		10.05	10.15	10.1	20.4	20.4	20.4	9959	30.77			
280-3/4-P	28	10.05	10.1	10.075	20.3	20.45	20.375	12409	38.48	37.33	1.02	2.73
		10.05	10.2	10.125	20.5	20.35	20.425	12008	36.97			
		10.1	10.2	10.15	20.5	20.4	20.45	11916	36.55			
280-3/4-I-25	28	10.1	10.05	10.075	20.45	20.5	20.475	12781	39.44	37.03	2.32	6.26
		10.15	10.05	10.1	20.45	20.3	20.375	11906	36.83			
		10	10.05	10.025	20.5	20.4	20.45	11212	34.82			
280-3/4-I-50	28	10.05	10.2	10.125	20.4	20.5	20.45	11545	35.50	33.83	1.45	4.28
		10.1	10.05	10.075	20.4	20.3	20.35	10665	33.12			
		10.2	10	10.1	20.4	20.4	20.4	10642	32.88			
280-3/4-I-100	28	10	10.05	10.025	20.45	20.3	20.375	8575	26.73	27.69	0.95	3.43
		10.2	10.15	10.175	20.5	20.45	20.475	9072	27.72			
		10	10.1	10.05	20.4	20.3	20.35	9195	28.62			
280-3/4-II-25	28	10	10.1	10.05	20.35	20.35	20.35	11068	34.45	35.49	1.06	2.99
		10.2	10.1	10.15	20.4	20.3	20.35	11500	35.45			
		10	10.15	10.075	20.5	20.3	20.4	11807	36.57			
280-3/4-II-50	28	10	10.05	10.025	20.5	20.45	20.475	9768	30.30	30.90	1.16	3.74
		10.1	10	10.05	20.3	20.35	20.325	9679	30.17			
		10	10.2	10.1	20.5	20.35	20.425	10444	32.23			
280-3/4-II-100	28	10.15	10.15	10.15	20.45	20.5	20.475	9859	30.20	29.75	1.42	4.76

		10.05	10.2	10.125	20.5	20.5	20.5	10068	30.88			
		10.1	10.1	10.1	20.45	20.35	20.4	9113	28.16			
280-3/4-III-25	28	10.1	10.15	10.125	20.35	20.5	20.425	12845	39.54	37.61	1.68	4.48
		10.15	10.1	10.125	20.4	20.5	20.45	11981	36.84			
		10.1	10.2	10.15	20.35	20.5	20.425	11870	36.45			
280-3/4-III-50	28	10.1	10.2	10.15	20.3	20.5	20.4	10093	31.03	31.90	0.80	2.52
		10.2	10	10.1	20.35	20.35	20.35	10531	32.62			
		10.05	10.2	10.125	20.4	20.4	20.4	10400	32.06			
280-3/4-III-100	28	10.15	10.05	10.1	20.45	20.4	20.425	10390	32.06	32.93	0.97	2.94
		10.05	10.2	10.125	20.45	20.3	20.375	11010	33.98			
		10.05	10.15	10.1	20.3	20.5	20.4	10600	32.75			

Tabla 76: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

5.2.3. Resistencia a la Abrasión

Se define la resistencia a la abrasión como la habilidad de una superficie de concreto a ser desgastada por roce o fricción. Para la presente investigación, en busca de obtener comportamientos de las muestras respecto a su resistencia a la abrasión, y considerando la limitación de la falta de dispositivos en laboratorio para el ensayo de impacto, se optó por realizar el ensayo haciendo uso de la Máquina de Los Ángeles, usando el siguiente procedimiento (Carpio Fernández & Peña Sánchez, 2017):

- Se elaboraron cubos de concreto de 5 x 5cm.
- Se secan los cubos en el horno a una temperatura de 40°C hasta obtener peso constante.
- Anotamos el peso de la muestra antes del ensayo.
- Colocamos la muestra y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y la hacemos rotar durante 1000 revoluciones.
- Tamizamos la porción más fina por el tamiz N°12, y pesamos la muestra retenida por el tamiz.

La resistencia a la Abrasión se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} * 100 \quad (21)$$

Dónde:

P1: Peso inicial (kg).

P2: Peso final (Kg).

A continuación, se muestran los datos obtenidos de resistencia a la abrasión para las diferentes variables planteadas en esta investigación:

5.2.3.1. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Δ Peso (kg)	% Desgaste al Impacto
175-1/2-P	28	2528.3	1805	723.3	28.61%
175-1/2-I-25	28	2523	1780	743	29.45%
175-1/2-I-50	28	2339.5	1509.5	830	35.48%
175-1/2-I-100	28	2449	1474.5	974.5	39.79%
175-1/2-II-25	28	2517	1765	752	29.88%
175-1/2-II-50	28	2278.5	1524	754.5	33.11%
175-1/2-II-100	28	2592	1598.5	993.5	38.33%
175-1/2-III-25	28	2505	1799	706	28.18%
175-1/2-III-50	28	2257	1579	678	30.04%
175-1/2-III-100	28	2560	1642.5	917.5	35.84%
175-3/4-P	28	2490.5	1807.5	683	27.42%
175-3/4-I-25	28	2510	1763	747	29.76%
175-3/4-I-50	28	2525	1573.5	951.5	37.68%
175-3/4-I-100	28	2476	1498.5	977.5	39.48%
175-3/4-II-25	28	2507	1702	805	32.11%

175-3/4-II-50	28	2557.5	1756	801.5	31.34%
175-3/4-II-100	28	2276.5	1452	824.5	36.22%
175-3/4-III-25	28	2507	1778	729	29.08%
175-3/4-III-50	28	2510	1775	735	29.28%
175-3/4-III-100	28	2522.5	1719.5	803	31.83%

Tabla 77: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=175$ kg/cm²
(Fuente propia)

5.2.3.2. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²

CÓDIGO	Edad	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Δ Peso (kg)	% Desgaste al Impacto
210-1/2-P	28	2571.6	1995	576.6	22.42%
210-1/2-I-25	28	2513	1882.5	630.5	25.09%
210-1/2-I-50	28	2501	1843.5	657.5	26.29%
210-1/2-I-100	28	2457.5	1692.5	765	31.13%
210-1/2-II-25	28	2499	1808	691	27.65%
210-1/2-II-50	28	2497.5	1891.5	606	24.26%
210-1/2-II-100	28	2615.5	1791.5	824	31.50%
210-1/2-III-25	28	2488	1887.5	600.5	24.14%
210-1/2-III-50	28	2491	1865	626	25.13%
210-1/2-III-100	28	2490.5	1775.5	715	28.71%
210-3/4-P	28	2399.5	1876.5	523	21.80%
210-3/4-I-25	28	2552	1970.5	581.5	22.79%
210-3/4-I-50	28	2609.5	1981.5	628	24.07%
210-3/4-I-100	28	2487	1674.5	812.5	32.67%
210-3/4-II-25	28	2592.5	1991	601.5	23.20%
210-3/4-II-50	28	2526	1909.5	616.5	24.41%
210-3/4-II-100	28	2484.5	1760.5	724	29.14%
210-3/4-III-25	28	2551.5	1942.5	609	23.87%
210-3/4-III-50	28	2488.5	1858.5	630	25.32%
210-3/4-III-100	28	2526.5	1813	713.5	28.24%

Tabla 78: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²
(Fuente propia)

5.2.3.3. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

CÓDIGO	Edad	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Δ Peso (kg)	% Desgaste al Impacto
280-1/2-P	28	2432	2010.4	421.6	17.34%
280-1/2-I-25	28	2356	1879.5	476.5	20.22%
280-1/2-I-50	28	2443.5	1800.5	643	26.31%
280-1/2-I-100	28	2423.5	1746.5	677	27.93%
280-1/2-II-25	28	2372	1940.5	431.5	18.19%
280-1/2-II-50	28	2347.5	1795	552.5	23.54%
280-1/2-II-100	28	2447	1824	623	25.46%
280-1/2-III-25	28	2270.5	1874.2	396.3	17.45%
280-1/2-III-50	28	2273	1810.5	462.5	20.35%
280-1/2-III-100	28	2413	1892.5	520.5	21.57%
280-3/4-P	28	2504	2013	491	19.61%
280-3/4-I-25	28	2415	1900.5	514.5	21.30%
280-3/4-I-50	28	2601.5	1994	607.5	23.35%
280-3/4-I-100	28	2500.5	1800.5	700	27.99%
280-3/4-II-25	28	2288	1824.2	463.8	20.27%
280-3/4-II-50	28	2464	1897.5	566.5	22.99%
280-3/4-II-100	28	2493.5	1835	658.5	26.41%
280-3/4-III-25	28	2298	1834	464	20.19%
280-3/4-III-50	28	2349.5	1849.5	500	21.28%
280-3/4-III-100	28	2490	1891.5	598.5	24.04%

Tabla 79: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Propiedades de los agregados

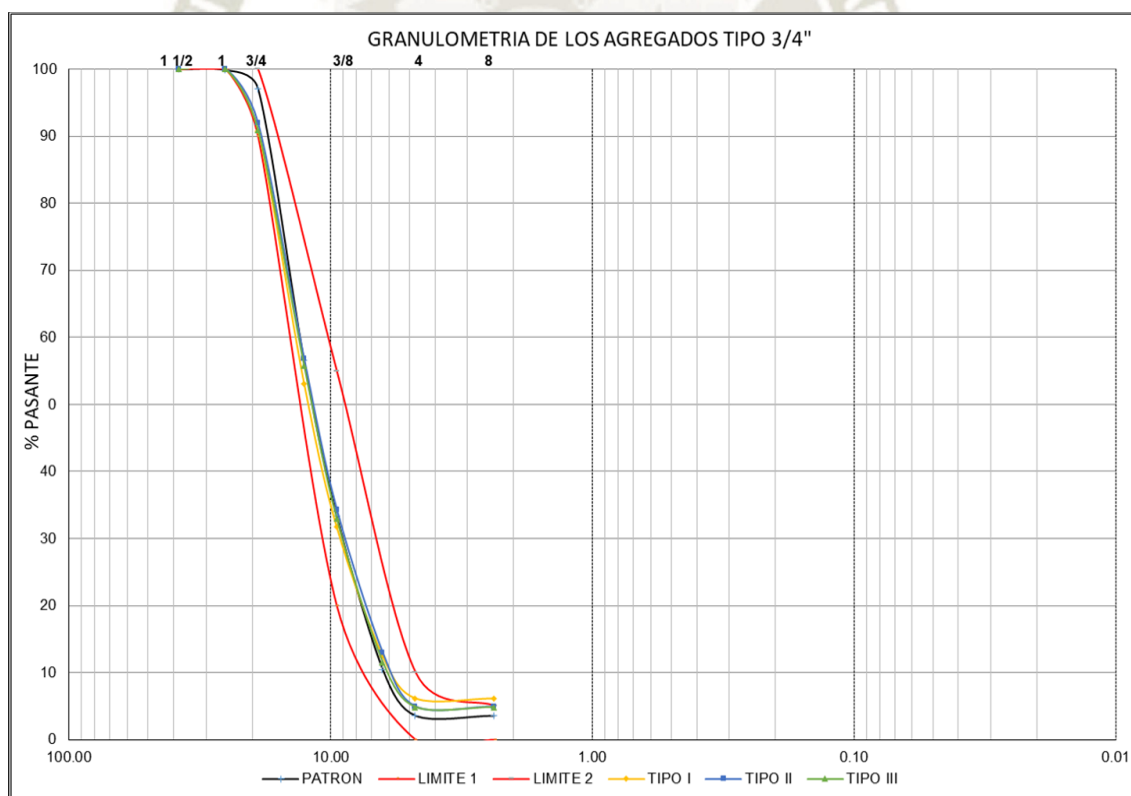
6.1.1. Granulometría

6.1.1.1. Agregado grueso tipo 3/4".

El agregado grueso patrón tipo 3/4", pertenece a la Cantera "La Poderosa", con un tamaño máximo nominal de 3/4", mientras que los diferentes tipos del agregado grueso reciclado se fabricaron a partir de trituración de probetas de concreto de 3 diferentes resistencias, para el mismo tamaño del agregado patrón.

Tanto el agregado grueso patrón y los agregados de concreto reciclado muestran una granulometría que se adecua más a los límites establecidos por el huso ASTM No 67.

El mayor problema al tratar con agregado reciclado es su mayor desgaste, es decir este agregado está expuesto a sufrir disgregación por el simple hecho de manipulación, almacenamiento o transporte. Esto se puede notar en el porcentaje retenido en el fondo, ya que los 3 tipos de agregados reciclados presentan valores mayores a los de la muestra patrón, incluso en algunos casos superando los límites establecidos, siendo en promedio un 47.64% del porcentaje retenido de la muestra patrón.



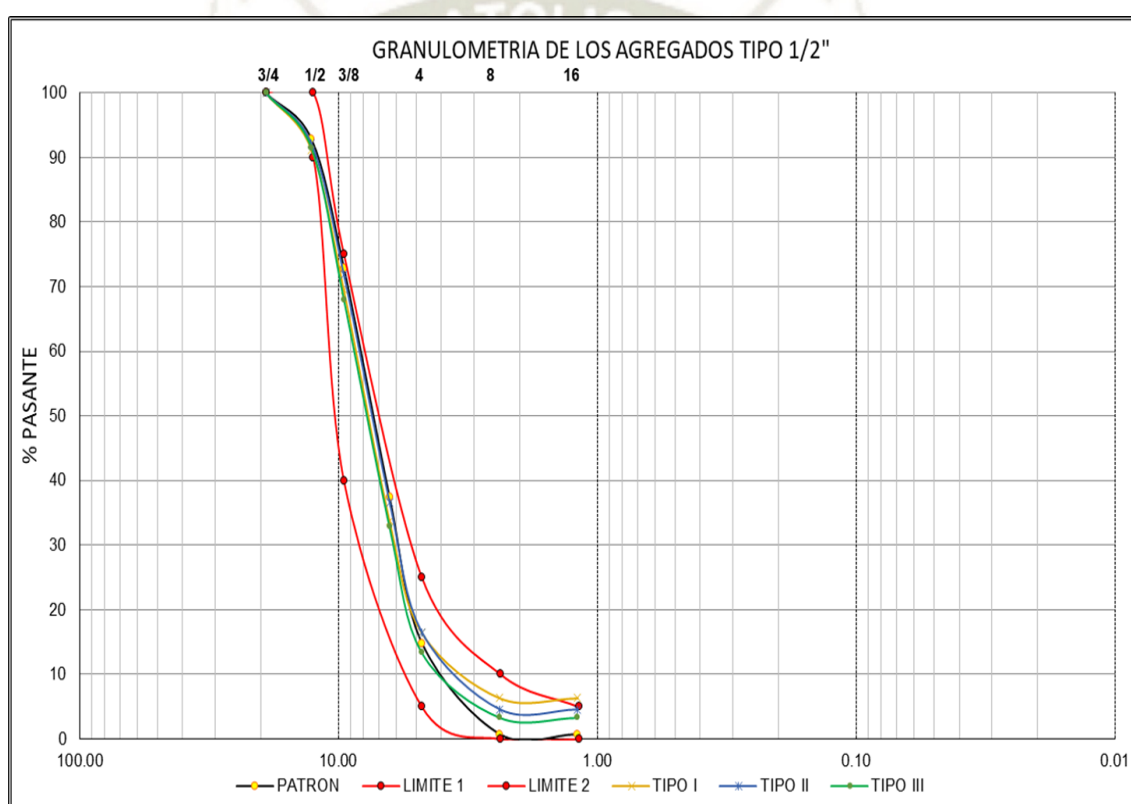
Gráfica 13: Granulometría de los agregados Patrón y Reciclados de 3/4"
(Fuente propia)

6.1.1.2. Agregado grueso tipo 1/2".

El agregado grueso patrón tipo B, pertenece a la Cantera "La Poderosa", con un tamaño máximo nominal de 1/2", mientras que los diferentes tipos del agregado grueso reciclado se fabricaron a partir de trituración de probetas de concreto de 3 diferentes resistencias, para el mismo tamaño del agregado patrón.

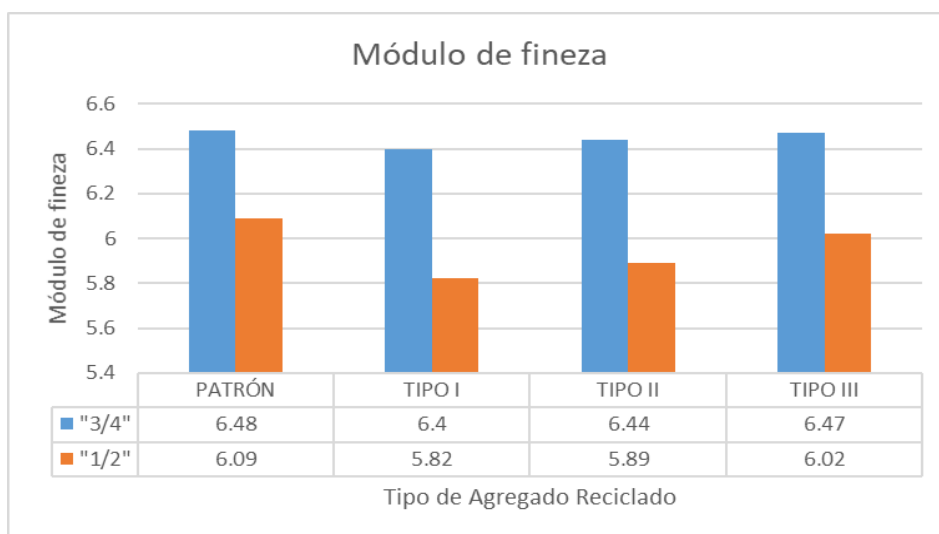
Tanto el agregado grueso patrón y los agregados de concreto reciclado muestran una granulometría que se adecua más a los límites establecidos por el huso ASTM No 78.

Al igual que el agregado tipo 3/4", se puede notar que, en el porcentaje retenido en el fondo, los 3 tipos de agregados reciclados presentaron valores mayores a los de la muestra patrón, siendo en promedio un 568.54% del porcentaje de la muestra patrón.



Gráfica 14: Granulometría de los agregados Patrón y Reciclados de 1/2"
(Fuente propia)

6.1.2. Módulo de fineza

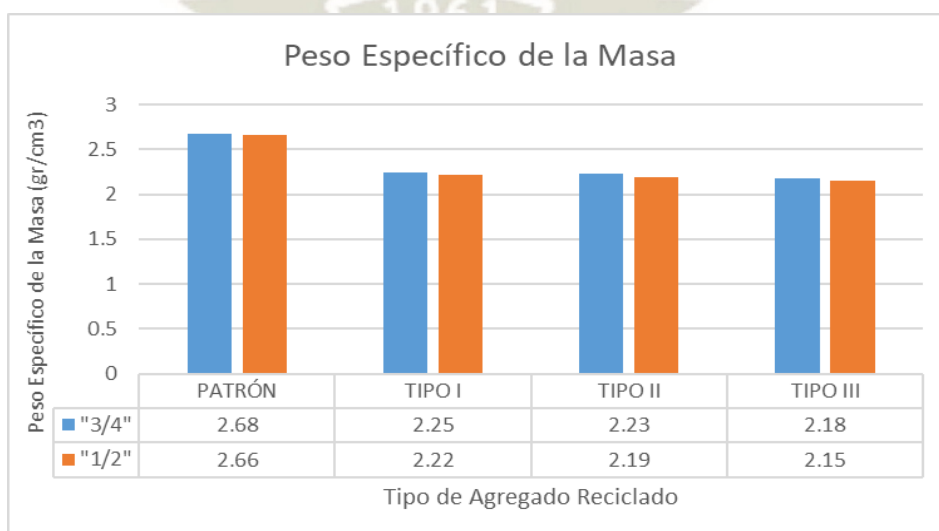


Gráfica 15: Módulo de fineza de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Se puede apreciar que los agregados reciclados en todos los casos son menores que los de la muestra patrón, teniendo los agregados de 3/4" en promedio un 0.66% menos respecto a su muestra patrón, mientras que los agregados de 1/2" tuvieron en promedio un 2.95% menos respecto a su muestra patrón, esto se debe a que estos poseen una mayor fragilidad que los naturales, debido a la presencia de mortero ya sea como partícula o adherido al agregado pétreo, generando una gran cantidad de finos al momento de realizar el ensayo granulométrico.

Otro punto importante a notar es como varia el módulo de fineza en función de la resistencia del concreto del cual provengan estos agregados, disminuyendo el módulo de fineza a medida que disminuye la resistencia del concreto original.

6.1.3. Peso específico

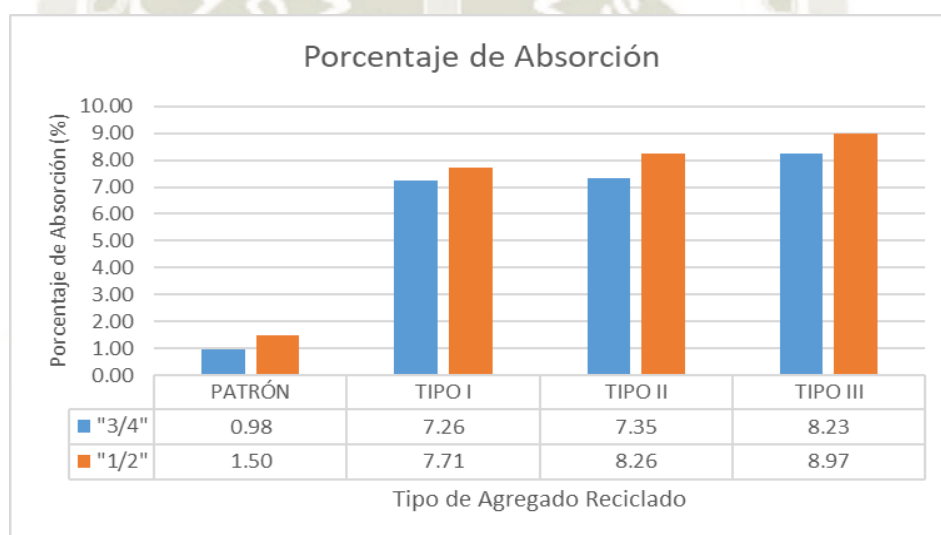


Gráfica 16: Peso específico de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Como se puede apreciar, los agregados reciclados en todos los casos son menores que los de la muestra patrón, siendo los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ " en promedio un 82.83% de su muestra patrón, mientras que los agregados de $\frac{1}{2}$ " llegaron a ser en promedio un 82.20% de su muestra patrón; esto se debe a que el agregado reciclado presenta una gran cantidad de fracciones de mortero ya sea solo o adherida a los agregados naturales del concreto, y estas fracciones de mortero presentan gran porosidad, reduciendo el peso específico de estos agregados.

Además, se puede notar como varía el peso específico entre los tipos de agregados de concreto reciclado, siendo este mayor en los agregados provenientes de concretos de bajas resistencias debido a que al momento de triturar se eliminó la mayoría de fracciones de mortero presentes en los agregados, mientras en los agregados provenientes de concretos de mayores resistencias dichas fracciones de mortero están presentes en todos los agregados, generando una mayor porosidad entre ellos y a la vez un menor peso específico.

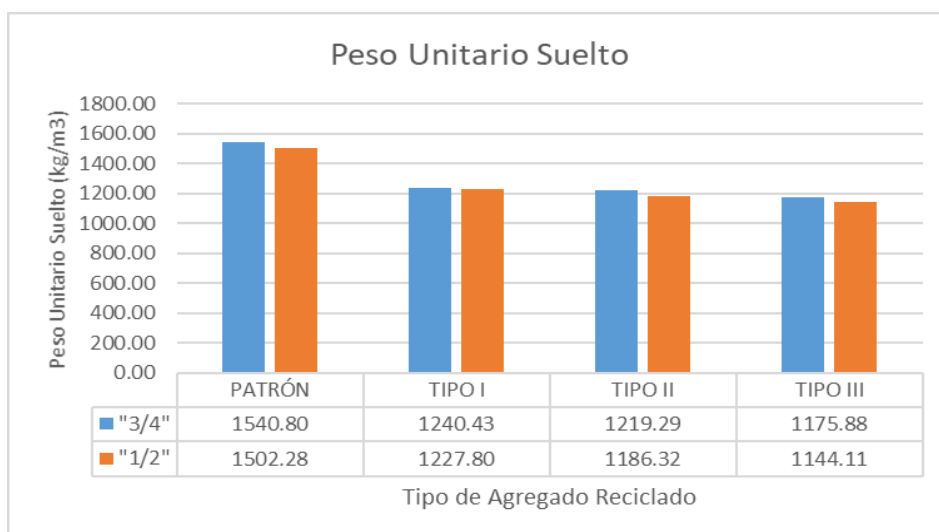
6.1.4. Porcentaje Absorción



Gráfica 17: Porcentaje de absorción de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Del gráfico anterior se puede observar que los agregados reciclados presentan un porcentaje de absorción mucho mayor que los agregados naturales, llegando a ser en los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ " en promedio un 676.87% respecto a su muestra patrón, mientras que los agregados de $\frac{1}{2}$ " llegaron a ser en promedio un 454.22% respecto a su muestra patrón; esto se debe a la elevada presencia de mortero ya sea solo o adherida a partículas pétreas. Además, se puede notar como varía la absorción en función del tipo de agregado de concreto reciclado, siendo menor en los agregados que provienen de concreto de baja resistencia debido a que presentan una menor cantidad de fracciones de mortero, mientras los que provienen de concretos de altas resistencias presentan una elevada cantidad de fracciones de mortero en sus agregados.

6.1.5. Peso unitario suelto

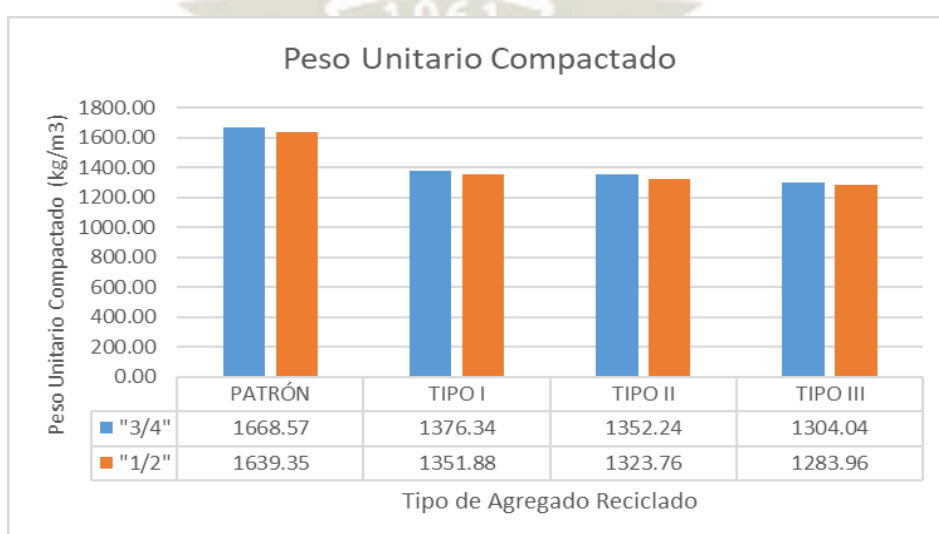


Gráfica 18: Peso Unitario Suelto de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Respecto a los agregados reciclados se puede apreciar que estos en todos los casos son menores que los de la muestra patrón, se observó que los agregados reciclados de 3/4" obtuvieron en promedio un 21.34% menos respecto a su muestra patrón, mientras que los agregados reciclados de 1/2" obtuvieron un 21.04% menos; esto se debe a que el agregado reciclado presenta un menor peso específico que los agregados naturales, debido a las fracciones de mortero que estos presentan.

Además, se puede observar como varía el PUS en función de la resistencia del concreto original del cual provengan, siendo mayor en los provenientes de concretos de baja resistencia y menor en los que provienen de concretos de alta resistencia.

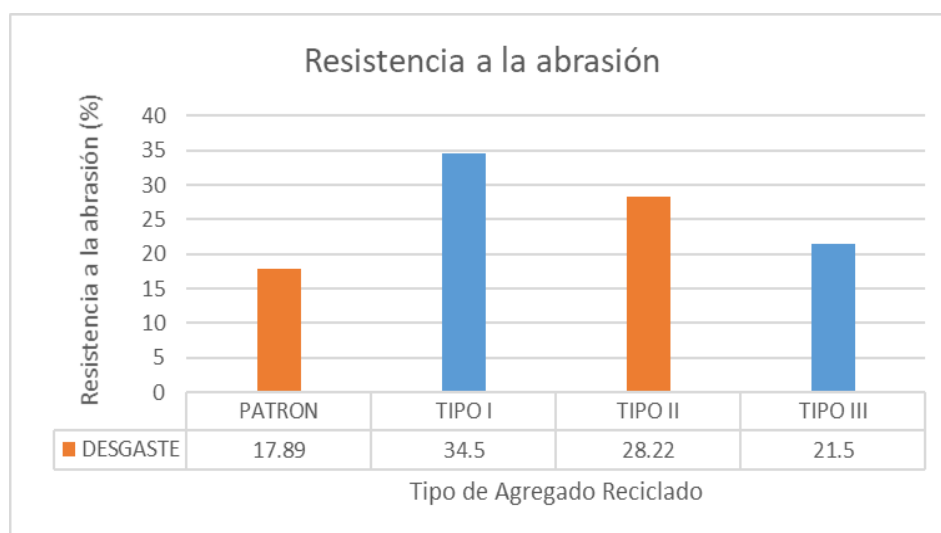
6.1.6. Peso unitario compactado



Gráfica 19: Peso Unitario Compactado de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Al igual que para el PUS, los agregados de concreto reciclado son en todos los casos menores a los de la muestra patrón, siendo en promedio un 19.43% menos respecto a la muestra patrón para los agregados reciclados de 3/4", mientras que los de 1/2" obtuvieron en promedio un 19.49% menos; además se muestra la misma tendencia que en el PUS, siendo mayor en los agregados provenientes de concretos de bajas resistencia y disminuyendo a medida que aumenta la resistencia del concreto del cual provengan.

6.1.7. Resistencia a la abrasión



Gráfica 20: Resistencia a la abrasión de los agregados Patrón y Reciclados
(Fuente propia)

Es importante notar que este ensayo se realizó únicamente considerando la variable de tipo de los agregados y no la del tamaño de estos, debido a que la norma recomienda el mismo procedimiento tanto para agregados de 3/4" y de 1/2".

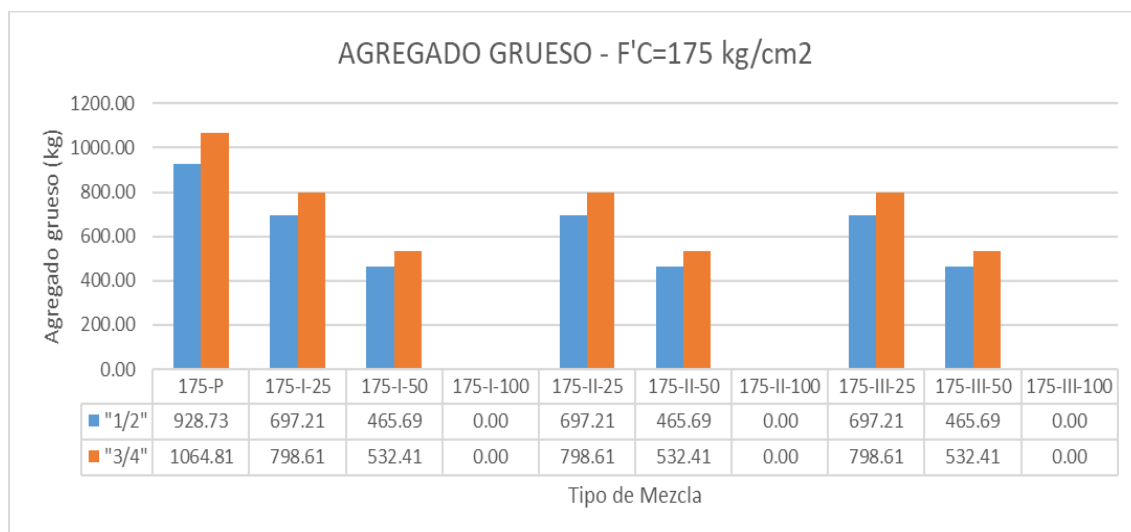
Para los agregados de la muestra patrón el porcentaje de desgaste es de 17.89%, mientras que en los agregados reciclados el porcentaje varía entre 192.85% y un 120.18% de la muestra patrón.

Como es de esperarse los agregados de concreto reciclado son en todos los casos mayores de los de la muestra patrón, esto debido a su mayor fragilidad. Además, se puede apreciar que los que los agregados que provienen de concretos de baja resistencia presentan un desgaste mucho mayor al resto, mientras que los agregados provenientes de concretos de mayor resistencia presentan desgaste menor, por lo tanto, se puede ver que el desgaste se ve directamente influenciado por la resistencia de la cual provengan los agregados de concreto reciclado.

6.2. Diseño de mezclas

6.2.1. Agregado grueso

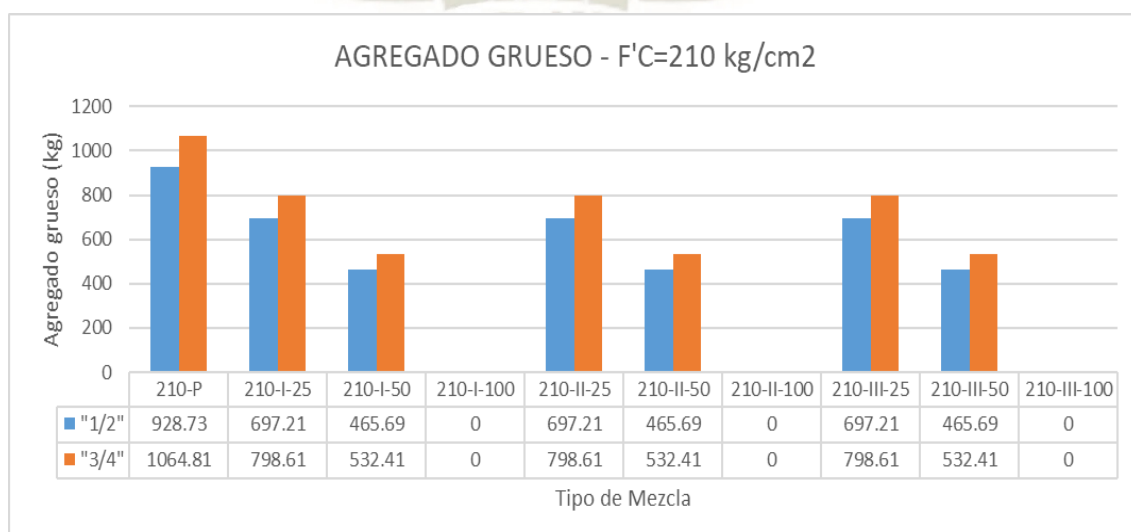
6.2.1.1. Agregado grueso - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 21: Agregado grueso - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Se puede apreciar que el diseño que uso agregado de 3/4" presenta una mayor demanda de agregado grueso en su mezcla, esto debido que dichos agregados, tanto de la muestra patrón como los reciclados, tienen un mayor peso específico y por ende un mayor peso unitario compactado que el agregado de 1/2", además al momento de realizar el diseño y seleccionar el volumen de agregado grueso los agregados que posean mayores tamaños máximos, poseerán un mayor volumen, y este volumen va aumentando a medida que aumenta el tamaño máximo del agregado grueso. Respecto a las mezclas que usan agregados reciclados, como era de esperarse se aprecia que el agregado grueso disminuye a medida que aumentamos el nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado.

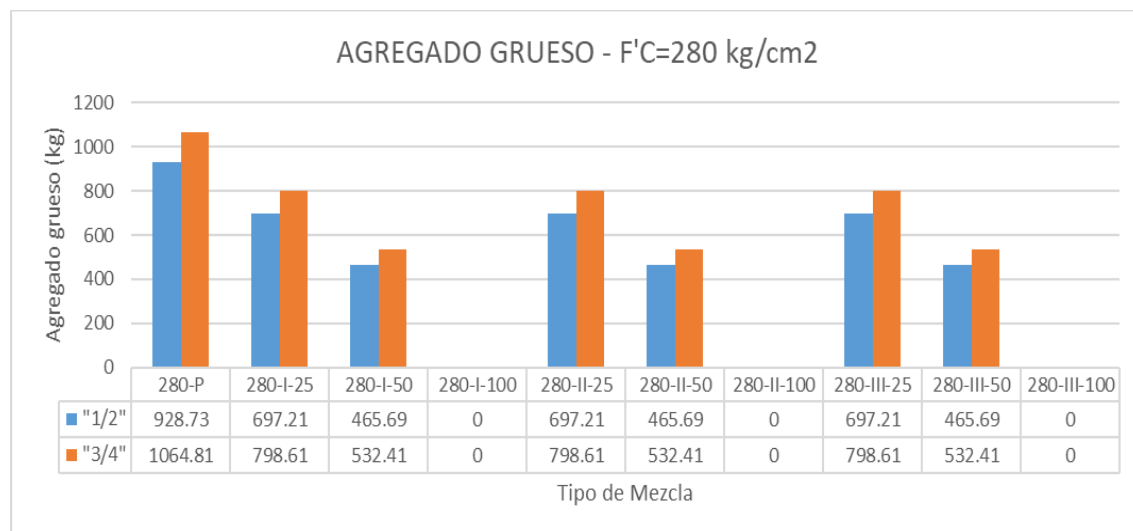
6.2.1.2. Agregado grueso - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 22: Agregado grueso - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

No existe variación alguna respecto de los diseños de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, debido a que, según el método empleado, la cantidad de agregado grueso no está en función a la resistencia de diseño, sino únicamente a las propiedades del agregado usado, y al ser este el mismo que se usó para el diseño anterior, no tendría por qué variar su dosificación.

6.2.1.3. Agregado grueso - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

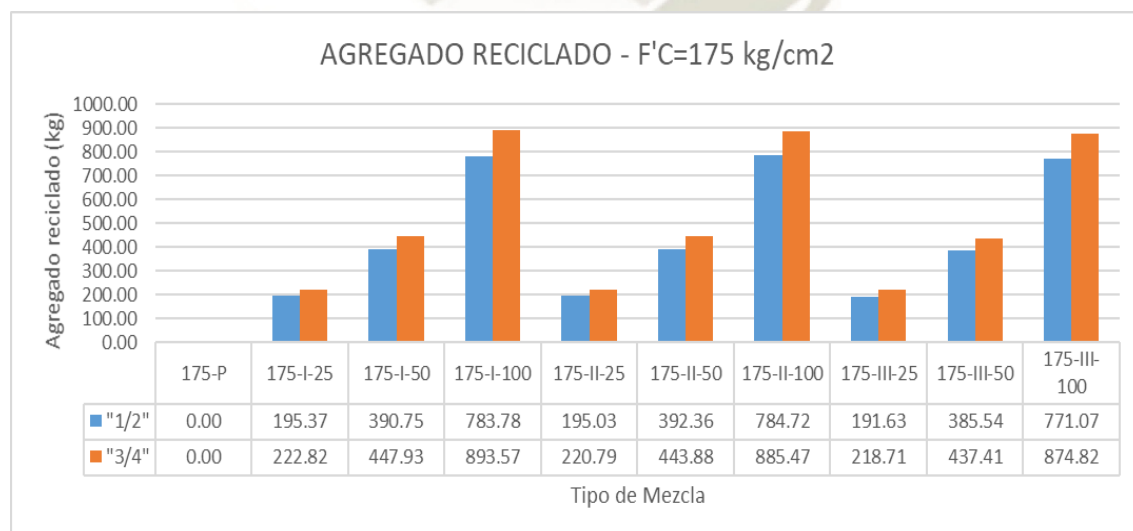


Gráfica 23: Agregado grueso - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

No presenta variación respecto de los diseños de 175 y 210 kg/cm^2 , debido a lo ya mencionado anteriormente, que el cálculo de la cantidad de agregado grueso está en función de las propiedades del mismo, y no en función de la resistencia de diseño.

6.2.2. Agregado reciclado

6.2.2.1. Agregado reciclado - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

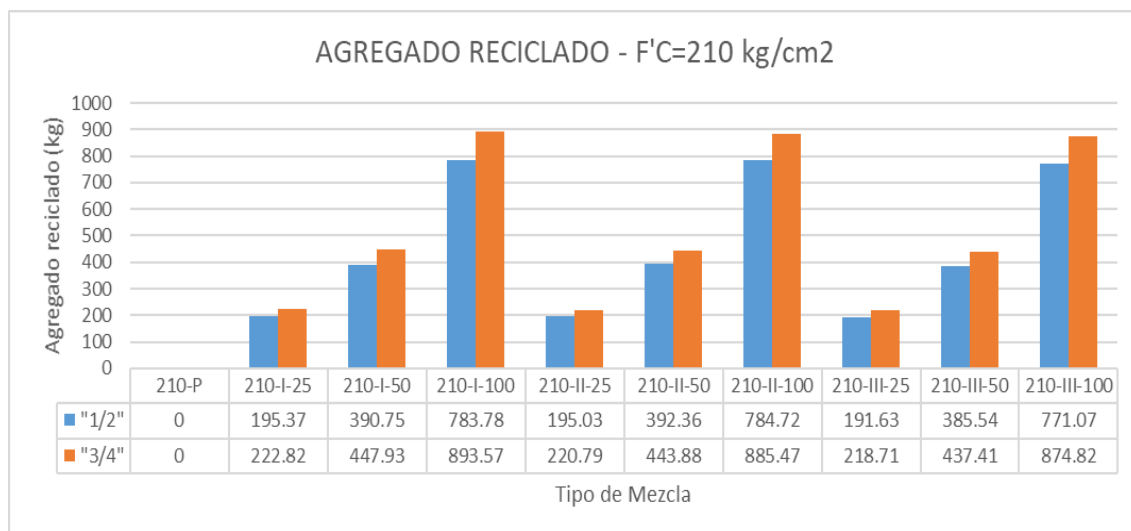


Gráfica 24: Agregado reciclado - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Al igual que para los agregados naturales, las mezclas que usaron agregado de 3/4" en su diseño presentaron una mayor demanda de agregado reciclado que aquellas que usaron agregados de

1/2". Respecto al uso del agregado reciclado, se observa que el uso de estos reduce la dosificación del agregado grueso en las mezclas, siendo la dosificación del agregado reciclado en promedio un 7.81% menor respecto a la dosificación de los agregados naturales; debido a que el peso unitario compactado del agregado natural es mayor al peso unitario compactado del agregado reciclado

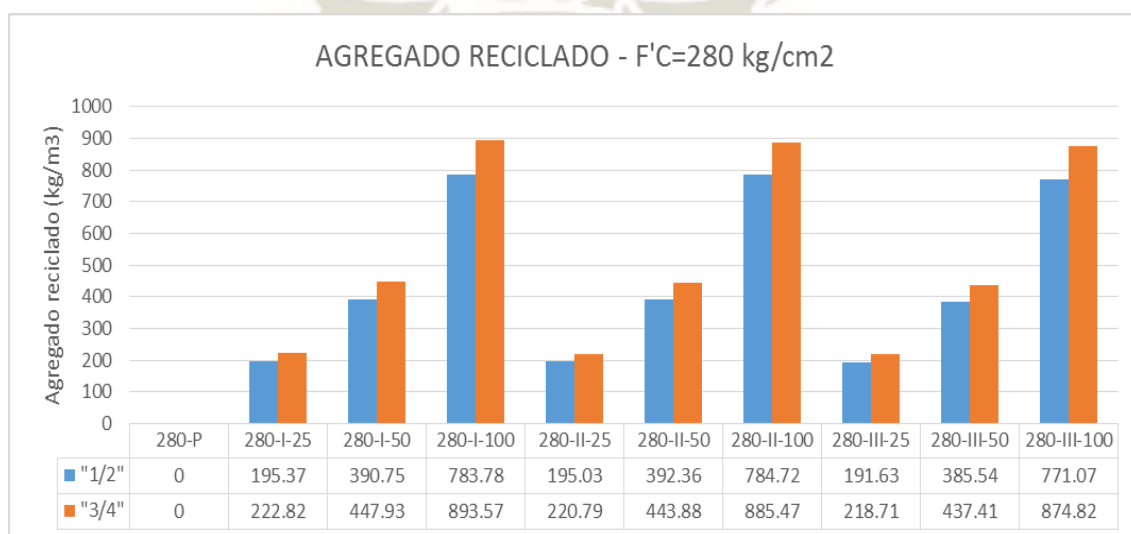
6.2.2.2. Agregado reciclado - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 25: Agregado reciclado - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

No existe variación alguna respecto de los diseños de 175 kg/cm^2 , debido a que, según el método de diseño empleado, la cantidad de agregado grueso natural y reciclado no está en función a la resistencia de diseño, sino únicamente de las propiedades de los agregados usados, y al ser los mismos que se usaron para el diseño anterior, no tendría por qué variar su dosificación.

6.2.2.3. Agregado reciclado - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

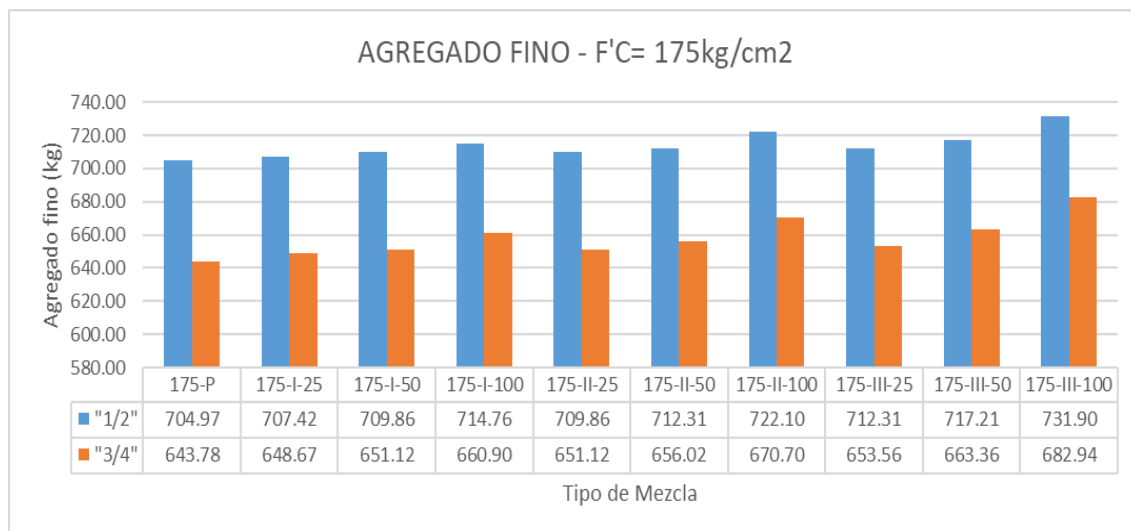


Gráfica 26: Agregado reciclado - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

No presenta variación respecto de los diseños de 175 y 210 kg/cm², debido a lo ya mencionado anteriormente, que el cálculo de la cantidad de agregado grueso natural y reciclado está en función de las propiedades de las mismas, y no en función de la resistencia de diseño.

6.2.3. Agregado fino

6.2.3.1. Agregado fino - $f'c=175$ kg/cm²

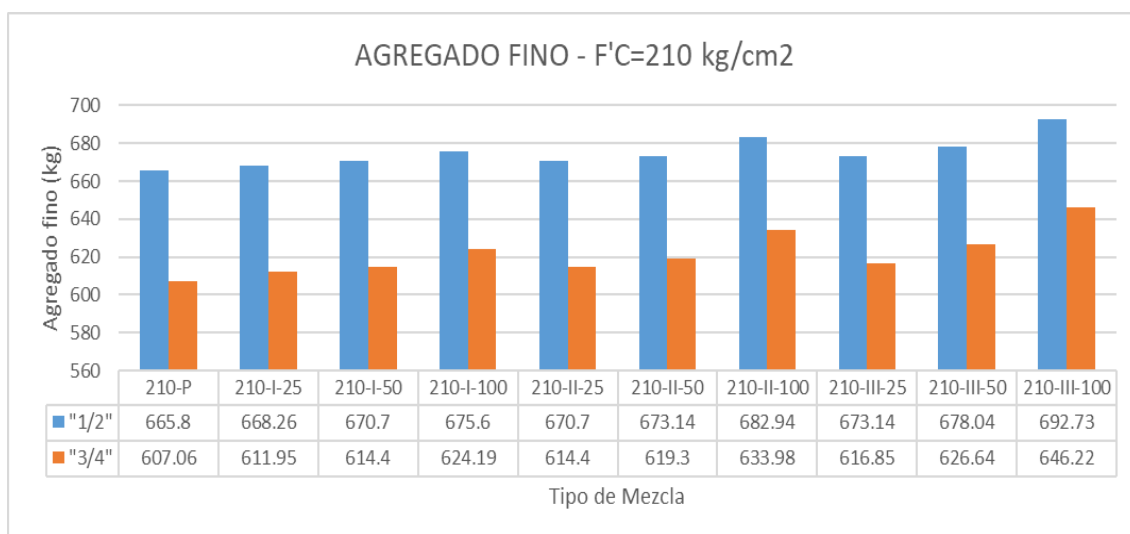


Gráfica 27: Agregado fino - $f'c=175$ kg/cm²
(Fuente propia)

Se puede apreciar que aquellas mezclas que usaron agregados de 1/2", son las que a su vez usan una mayor cantidad de agregado fino, esto debido al menor peso específico y peso unitario que presentan estos agregados, generando un menor volumen de estos en la mezcla y permitiendo el uso de una mayor cantidad de agregado fino.

Se observa también que todas las mezclas que usaron agregados reciclados, presentaron mayores cantidades de agregado fino en su mezcla que aquellas que solo usaron agregados naturales, siendo en promedio un 1.96% mayor la dosificación del agregado fino respecto a las mezclas patrón. También se puede apreciar como varía la cantidad de agregado fino en función del tipo de agregado reciclado usado, siendo mayor en aquellos que presentan pesos específicos menores.

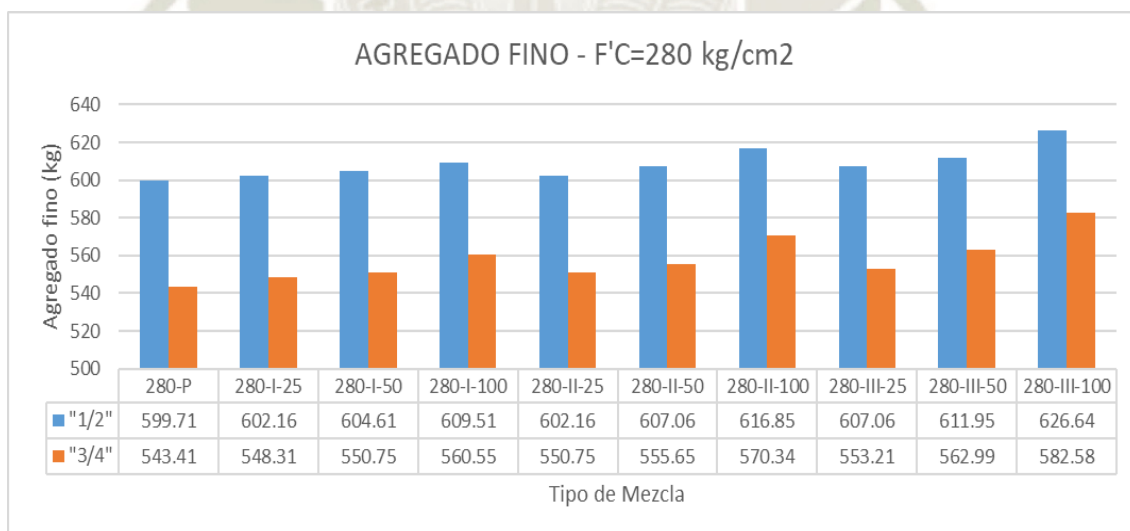
6.2.3.2. Agregado fino - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 28: Agregado fino - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

La principal variación respecto a los diseños de 175 kg/cm^2 , es que al aumentar la resistencia de diseño aumentara la cantidad de cemento, disminuyendo la cantidad de agregado fino en todas las mezclas, a pesar de esto se observó que aquellas mezclas que usaron agregado reciclado aumentaron la dosificación del agregado fino en promedio un 2.07% respecto a las de mezclas patrón.

6.2.3.3. Agregado fino - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

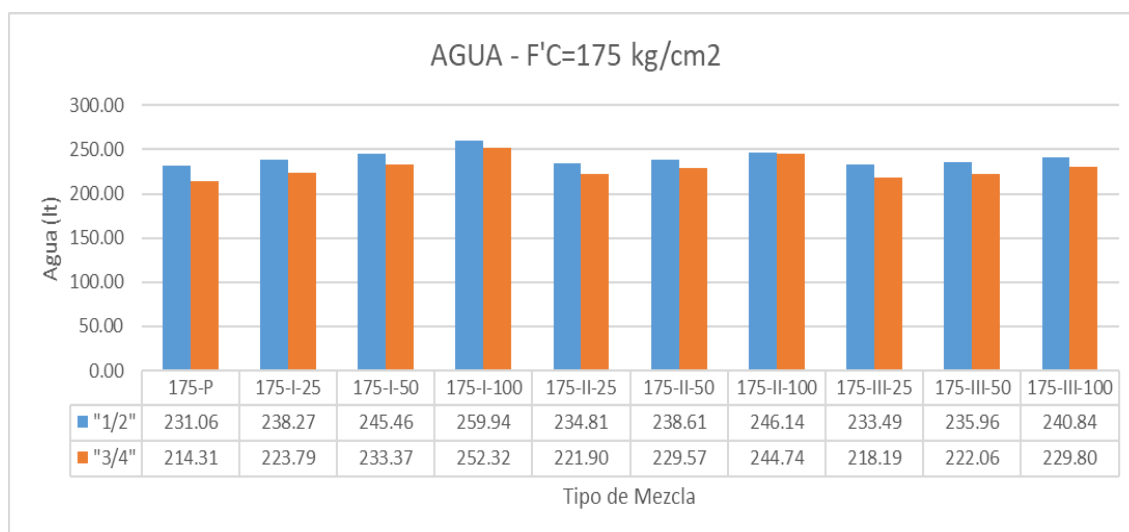


Gráfica 29: Agregado fino - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

La principal variación respecto de los diseños de 175 y 210 kg/cm^2 , es que los diseños de 280 presentan la menor cantidad de agregado fino en sus mezclas, debido a que requieren una mayor cantidad de cemento que las otras dos resistencias. A pesar de esto se observó que aquellas mezclas que usaron agregado reciclado aumentaron la dosificación del agregado fino en promedio un 2.10% respecto a las de mezclas patrón.

6.2.4. Agua

6.2.4.1. Agua - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



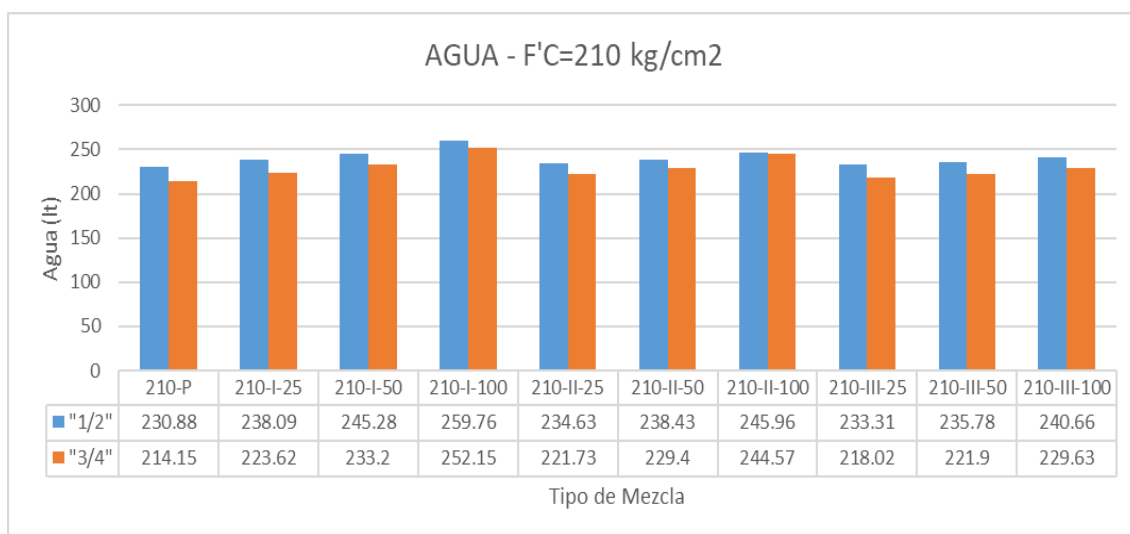
Gráfica 30: Agua - $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Se puede apreciar que aquellas mezclas que usaron agregado de 1/2", presentan una mayor demanda de agua, que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4", debido a que al momento de realizar el diseño de mezclas y seleccionar la cantidad de agua, esta se encuentra en función del tamaño del agregado a usar en la mezcla, mientras mayor sea el tamaño del agregado, menor será la cantidad de agua a usar.

Otro punto importante a notar es que aquellas mezclas que usaron los agregados de concreto reciclado, presentan mayores demandas de agua que aquellas que solo usaron agregados naturales, siendo en promedio un 6.01% mayor la demanda de agua respecto a la de las mezclas patrón; esto se debe a que los agregados reciclados presentan un alto porcentaje de absorción generando una mayor demanda de agua.

Es interesante notar como el agregado tipo III a pesar de tener un porcentaje de absorción más alto que los otros 2 tipos, es el que presenta una menor demanda de agua, esto se explica debido a que, al mismo tiempo de presentar un mayor porcentaje de absorción, también presentaba un mayor contenido de humedad en sus agregados, compensando la demanda de agua que este hubiese requerido.

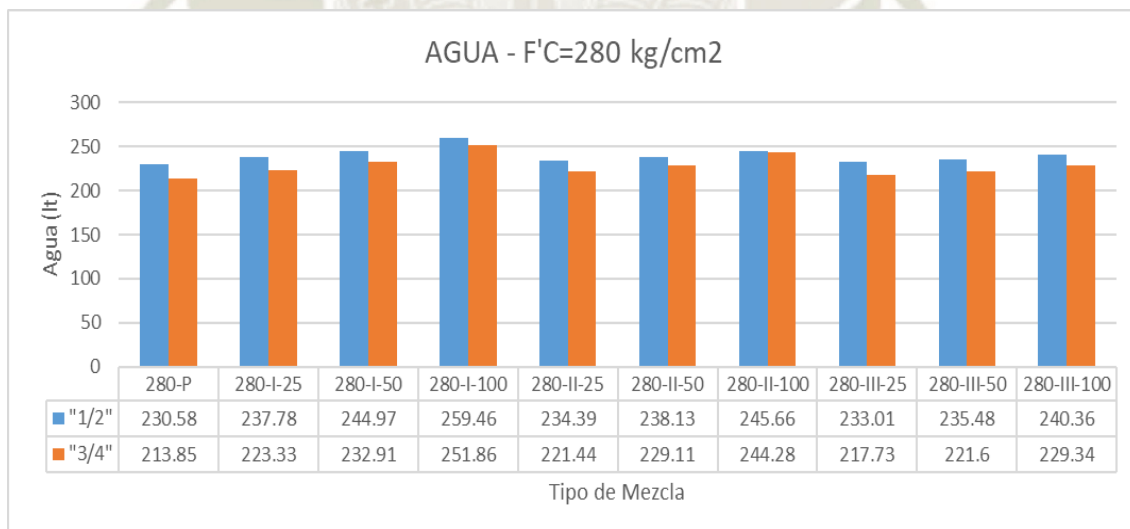
6.2.4.2. Agua - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 31: Agua - $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Respecto a los diseños de 175 kg/cm^2 , estos presentan una ligera disminución en la cantidad de agua, esto se explica a que, al aumentar la resistencia, se afecta al agregado fino, y este a su vez afecta la cantidad de agua necesaria en la mezcla. Además, se vuelve a observar un aumento en la demanda de agua en las mezclas que usaron agregado reciclado, siendo en promedio un 6.01% mayor la demanda respecto a la demanda de agua de las mezclas patrón.

6.2.4.3. Agua - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



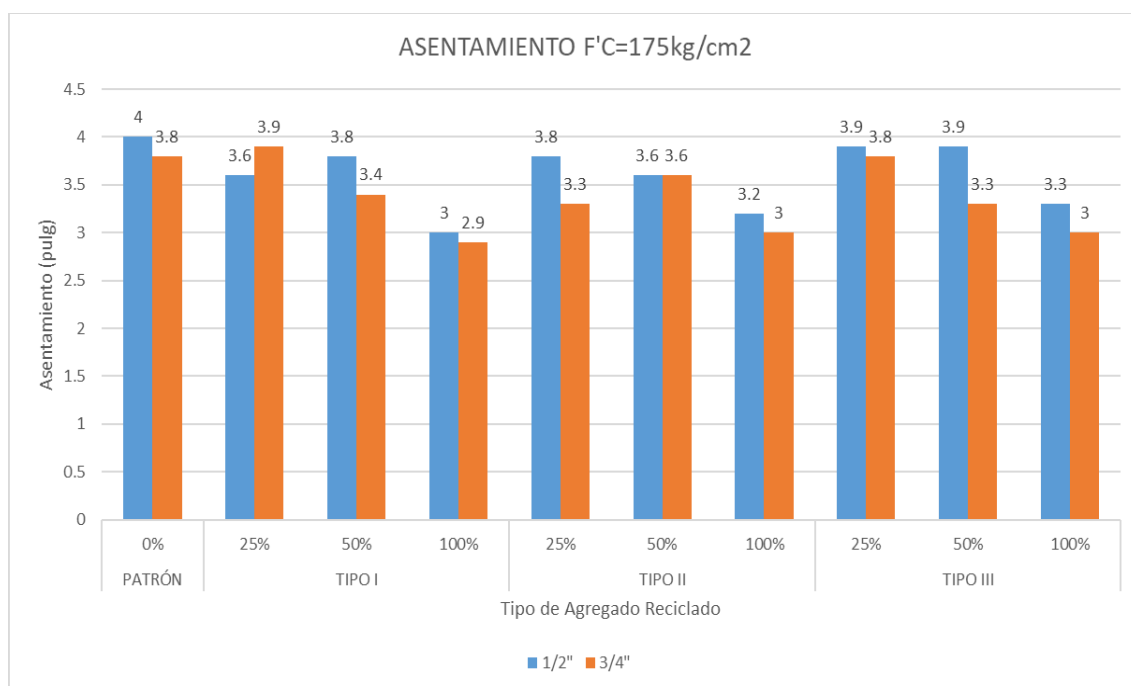
Gráfica 32: Agua - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Se puede apreciar una ligera disminución de la cantidad de agua respecto a los diseños de 175 y 210 kg/cm^2 , esto debido al aumento de la cantidad de cemento y disminución del agregado fino. También se notó un aumento en la demanda de agua en las mezclas que usaron agregado reciclado, siendo en promedio un 6.02% mayor la demanda de agua respecto a la demanda de agua de las mezclas patrón.

6.3. Concreto en Estado Fresco

6.3.1. Asentamiento

6.3.1.1. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 33: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

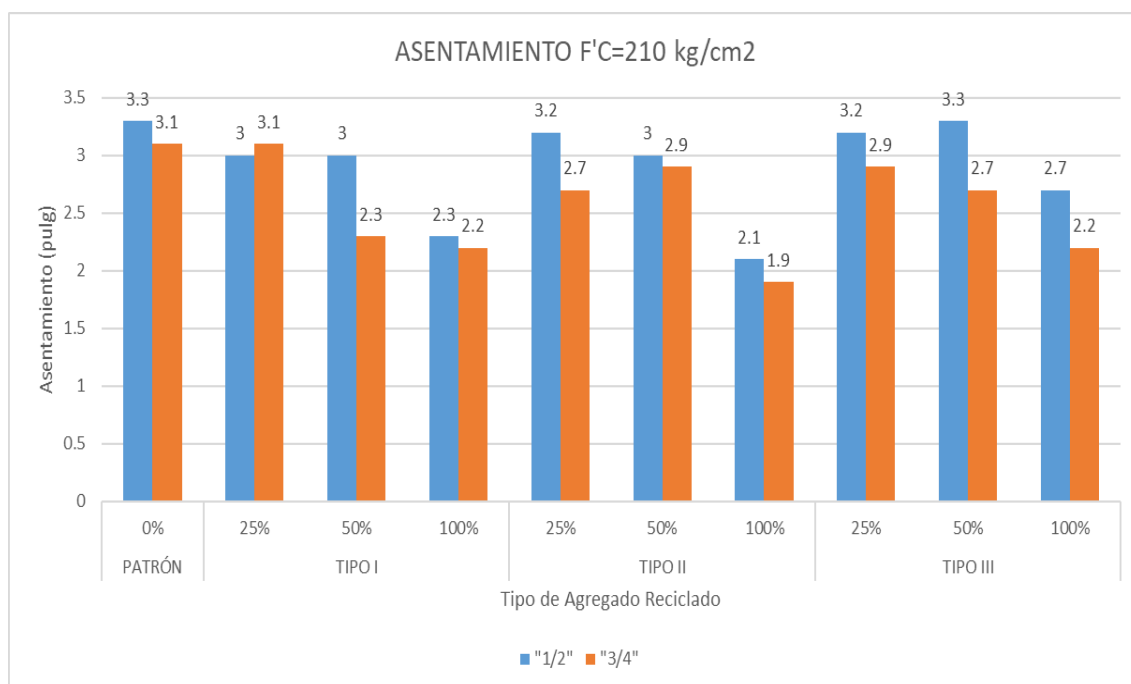
De acuerdo al gráfico se observa que aquellas mezclas que usaron agregados de $1/2''$, son las que presentan en la mayoría de casos un mayor asentamiento, que aquellas que usaron agregados de $3/4''$.

Respecto a los agregados de concreto reciclado, se puede apreciar que aquellas mezclas que los usaron presentaron pérdidas en el asentamiento, aquellas que usaron agregado de $3/4''$ presentaron en promedio un 11.70% menos trabajabilidad respecto a su muestra patrón, mientras que aquellas mezclas que usaron agregado de $1/2''$ tuvieron un 10.83% menos trabajabilidad que su muestra patrón.

Respecto a la influencia del nivel de reemplazo se puede observar que con niveles de reemplazo parciales las variaciones en el asentamiento son mínimas, mientras que con reemplazos totales las variaciones respecto a la muestra patrón son mucho más notorias además en la mayoría de casos se puede apreciar una tendencia a disminuir el asentamiento a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado, a pesar de eso se puede observar que el asentamiento para todas las mezclas está dentro de los parámetros diseñados (2 – 4 pulg).

Además, se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre el asentamiento, por lo que se podría decir que la variable de tipo no afecta directamente el asentamiento, como si lo hace el nivel de reemplazo que se usa en la mezcla.

6.3.1.2. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 34: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Del mismo modo que las mezclas para 175 kg/cm^2 , se observa que aquellas mezclas que usaron agregados de $1/2''$, son las que presentan en la mayoría de casos un mayor asentamiento, que aquellas que usaron agregados de $3/4''$.

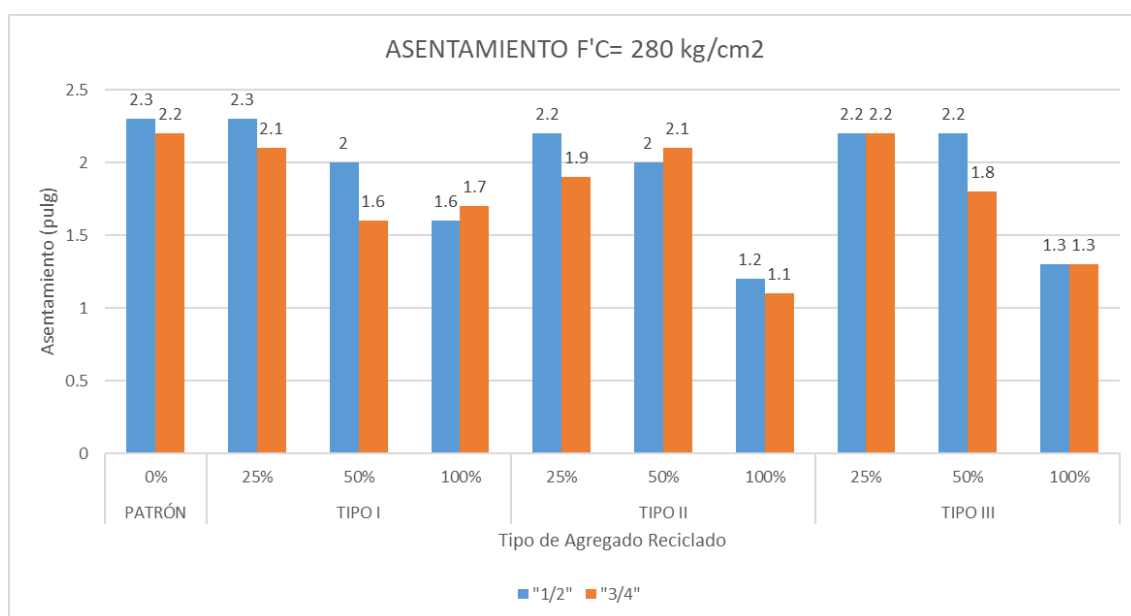
Respecto al uso de los agregados de concreto reciclado, se vuelve a apreciar una pérdida en la trabajabilidad en las mezclas que los usaron, aquellas mezclas de que usaron agregado de $3/4''$ presentaron una pérdida en el asentamiento de un promedio de 17.92% respecto a su mezcla patrón, mientras que aquellas mezclas que usaron agregado de $1/2''$ tuvieron una reducción en su trabajabilidad de 13.13%

Respecto a nivel de reemplazo del agregado reciclado, se puede apreciar que en la mayoría de casos existe una tendencia a disminuir el asentamiento a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado. También se puede notar que con niveles de reemplazo parciales las variaciones en el asentamiento son mínimas respecto a la muestra patrón, mientras que con reemplazos totales las variaciones son muchos más notorias, a pesar de eso se puede observar que el asentamiento en la mayoría de casos está dentro de los parámetros diseñados (2 – 4 pulg).

De igual manera que la gráfica anterior, se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre el asentamiento, por lo que se podría decir que la variable de tipo no afecta directamente el asentamiento, como si lo hace el nivel de reemplazo que se usa en la mezcla.

La principal diferencia respecto a las mezclas para 175 kg/cm^2 , es que se obtuvo una mayor pérdida de la trabajabilidad en las mezclas que usaron agregado de concreto reciclado

6.3.1.3. Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 35: Asentamiento para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Al igual que las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , las mezclas que usaron agregados de 1/2", son las que presentan en la mayoría de casos un mayor asentamiento, que aquellas que usaron agregados de 3/4".

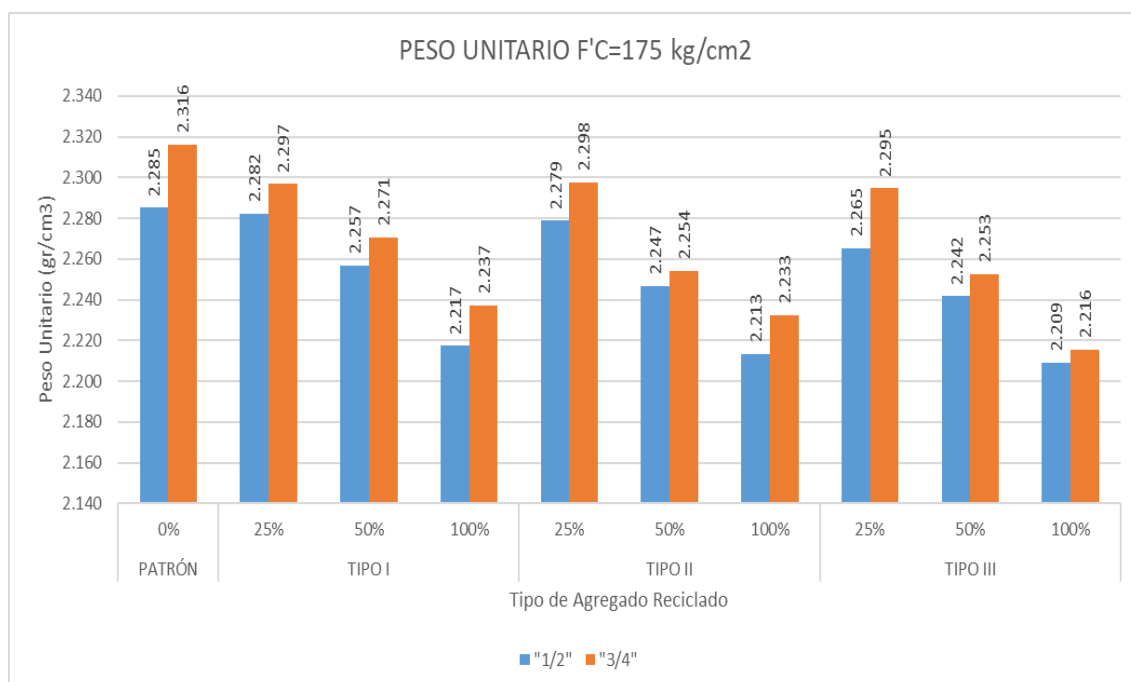
Respecto a los agregados de concreto reciclado, se puede apreciar que aquellas mezclas que los usaron presentaron pérdidas en el asentamiento, aquellas que usaron agregado de 3/4" presentaron en promedio un 20.20% menos trabajabilidad respecto a su muestra patrón, mientras que aquellas mezclas que usaron agregado de 1/2" tuvieron un en promedio 17.87% menos trabajabilidad que su muestra patrón.

Respecto a nivel de reemplazo del agregado reciclado, se puede apreciar la misma tendencia mostrada en las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , es decir que a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado el asentamiento tiende a disminuir. Además, se puede notar que solo algunas mezclas que usaron el 25% o 50% de reemplazo del agregado se encuentran dentro de los parámetros de diseño (2 – 4 pulg), lo cual significaría que usar agregado reciclado con niveles altos de reemplazo para diseños de 280 kg/cm^2 , generaría pérdidas considerables en la trabajabilidad de la mezcla, además se pudo observar que con un 100% de reemplazo la mezcla se volvía grumosa, esto debido al alto consumo de agua que demandaba tanto el cemento como el agregado reciclado. También se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre el asentamiento.

La principal diferencia respecto a los diseños de 175 y 210 kg/cm^2 , es el aumento de la pérdida de trabajabilidad en las mezclas que usaron agregado reciclados, con lo que se puede concluir que a medida que aumenta la resistencia de diseño la pérdida de la trabajabilidad por el uso de estos agregados tiende a aumentar.

6.3.2. Peso Unitario

6.3.2.1. Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 36: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

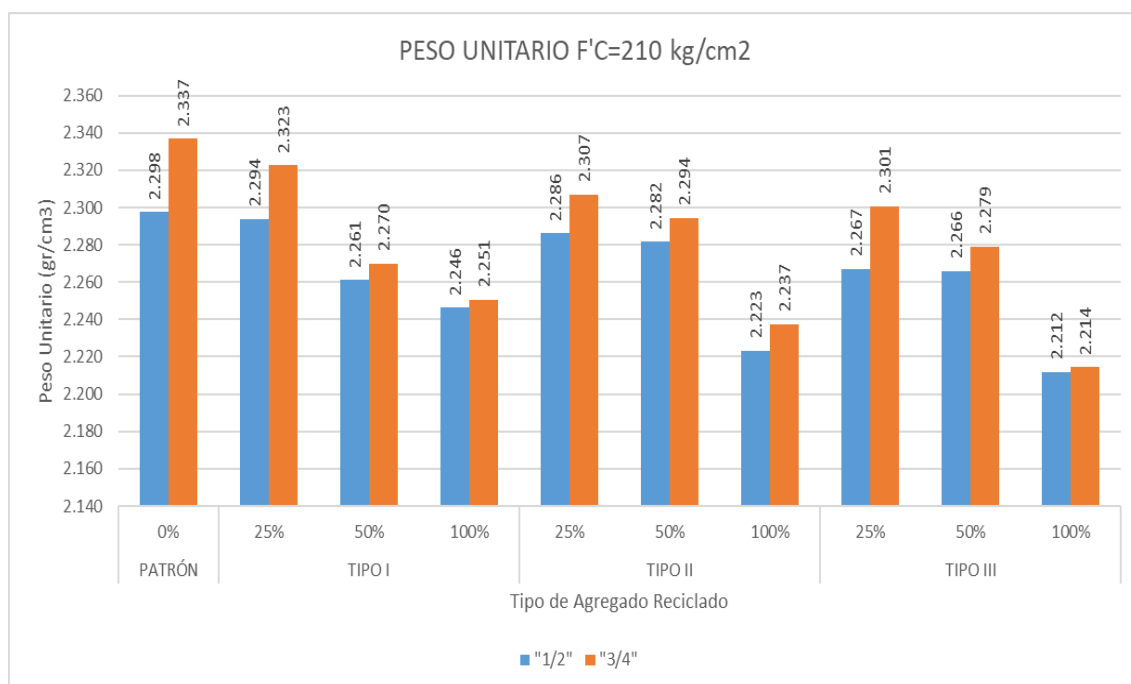
De acuerdo al gráfico, se observa que aquellas mezclas que usaron agregados de 1/2" son las que presentan menores peso unitarios, que aquellas que usaron agregado de 3/4", a pesar de eso las diferencias mostradas entre ambos tamaños son mínimas.

También se puede apreciar que aquellas mezclas que poseen agregado de concreto reciclado, en todos los casos tuvieron un menor peso unitario que las mezclas patrón, para las mezclas que usaron agregados de 3/4" se observaron pérdidas de un promedio de 2.37% menos respecto de la mezcla patrón, mientras que para las mezclas que usaron agregado de 1/2" presentaron pérdidas de 1.72%; esto se debe a que los agregados reciclados poseen un menor peso específico que los agregados naturales, y esto resultara en un concreto con menor peso unitario.

Se puede apreciar que el peso unitario del concreto es inversamente proporcional al nivel de reemplazo del agregado reciclado, es decir a medida que aumenta el nivel reemplazo del agregado reciclado, tiende a disminuir el peso unitario del concreto. También se puede notar que todas las mezclas se encuentran dentro del rango de 2200 hasta 2400 kg/m^3 , catalogándolos como concretos normales

Además, se puede notar que las variaciones respecto al tipo del agregado reciclado usado son mínimas, siendo ligeramente menores en aquellas mezclas que contienen agregados procedentes de concretos de alta resistencia.

6.3.2.2. Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 37: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Del mismo modo que el gráfico anterior, se puede apreciar que las mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron un mayor peso unitario, que aquellas que usaron agregados de 1/2", a pesar de eso las diferencias mostradas entre ambos tamaños no son significativas.

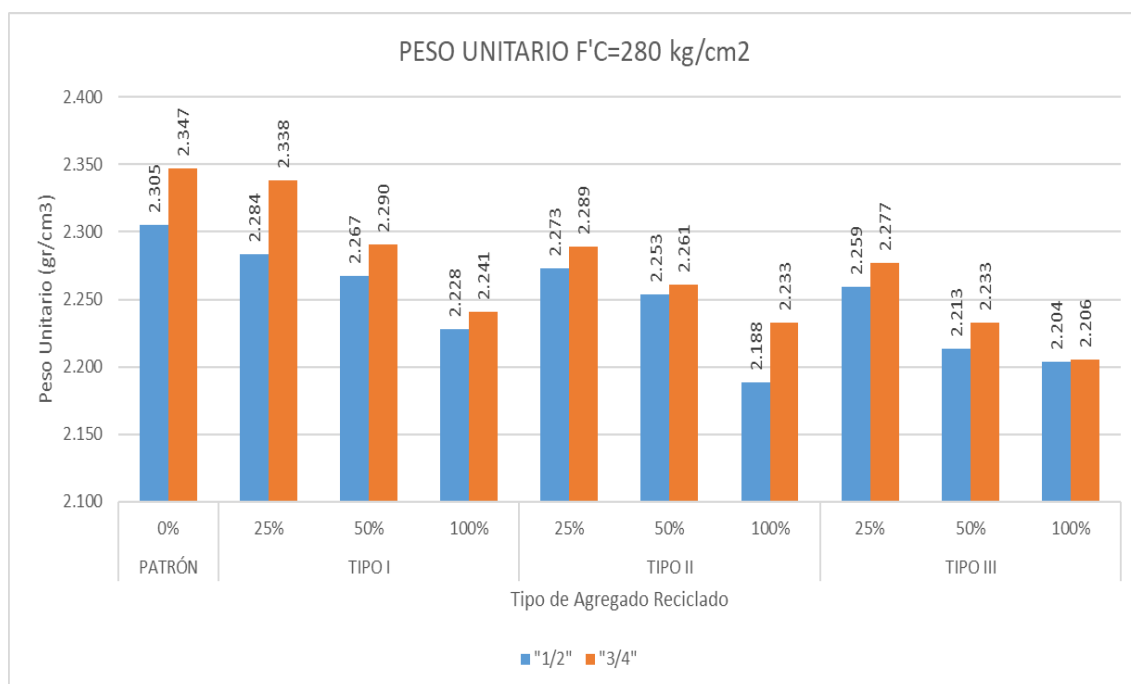
También se pudo notar que aquellas mezclas que poseen agregado de concreto reciclado obtuvieron un menor peso unitario que las mezclas patrón, para las mezclas que usaron agregados de 3/4" se observaron pérdidas de un promedio de 2.64% menos respecto de la mezcla patrón, mientras que para las mezclas que usaron agregado de 1/2" presentaron pérdidas en promedio de 1.64%.

Y del mismo modo que para las mezclas de 175 kg/cm^2 , se puede apreciar que el peso unitario del concreto es inversamente proporcional al nivel de reemplazo del agregado reciclado, es decir a medida que aumenta el nivel reemplazo del agregado reciclado, tiende a disminuir el peso unitario del concreto. También se puede notar que todas las mezclas se encuentran dentro del rango de 2200 hasta 2400 kg/m^3 , catalogándolos como concretos normales

Además, se puede notar que las variaciones respecto al tipo del agregado reciclado usado son mínimas, siendo ligeramente mayor en aquellos agregados que poseen un mayor peso específico

La principal variación respecto a los diseños de 175 kg/cm^2 , es un ligero incremento del porcentaje de pérdida de peso unitario en las mezclas que usaron agregados reciclados.

6.3.2.3. Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 38: Peso Unitario para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Al igual que para las mezclas de 175 y 210 kg/cm^2 , se puede apreciar que las mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron un mayor peso unitario, que aquellas que usaron agregados de 1/2". Además de que aquellas mezclas que usaron agregados reciclados tuvieron en todos los casos un menor peso unitario que aquellas que usaron agregados naturales, siendo en promedio un 3.57% menor respecto de la mezcla patrón para las mezclas que usaron agregados de 3/4", y de 2.78% para las mezclas que usaron agregado de 1/2".

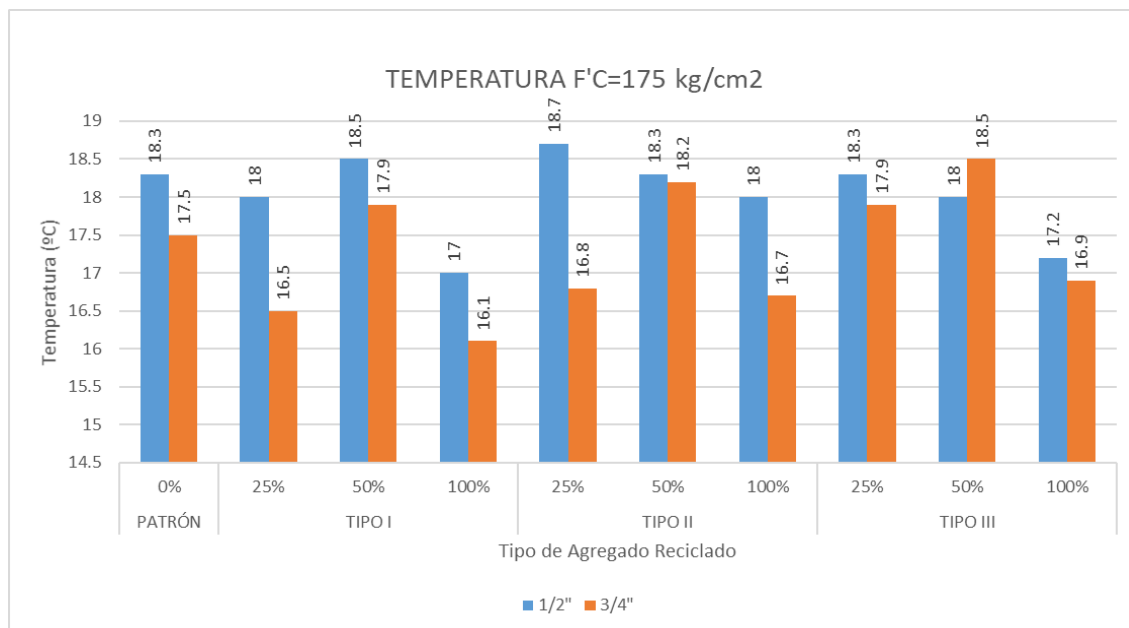
Además, se vuelve a observar la tendencia respecto al nivel de reemplazo de los agregados reciclados, es decir a medida que aumenta el nivel reemplazo del agregado reciclado, tiende a disminuir el peso unitario del concreto. Y de igual manera que las mezclas anteriores, se puede notar que todas las mezclas se encuentran dentro del rango de 2200 hasta 2400 kg/m^3 , catalogándolos como concretos normales.

Además, se puede notar que las variaciones respecto al tipo del agregado reciclado usado son mínimas, siendo ligeramente mayor en aquellos agregados que poseen un mayor peso específico.

También se puede observar un ligero incremento en el porcentaje de pérdida de peso unitario en las mezclas que usaron agregados reciclados respecto de su mezcla patrón, comparado con los diseños para 175 y 210 kg/cm^2 .

6.3.3. Temperatura

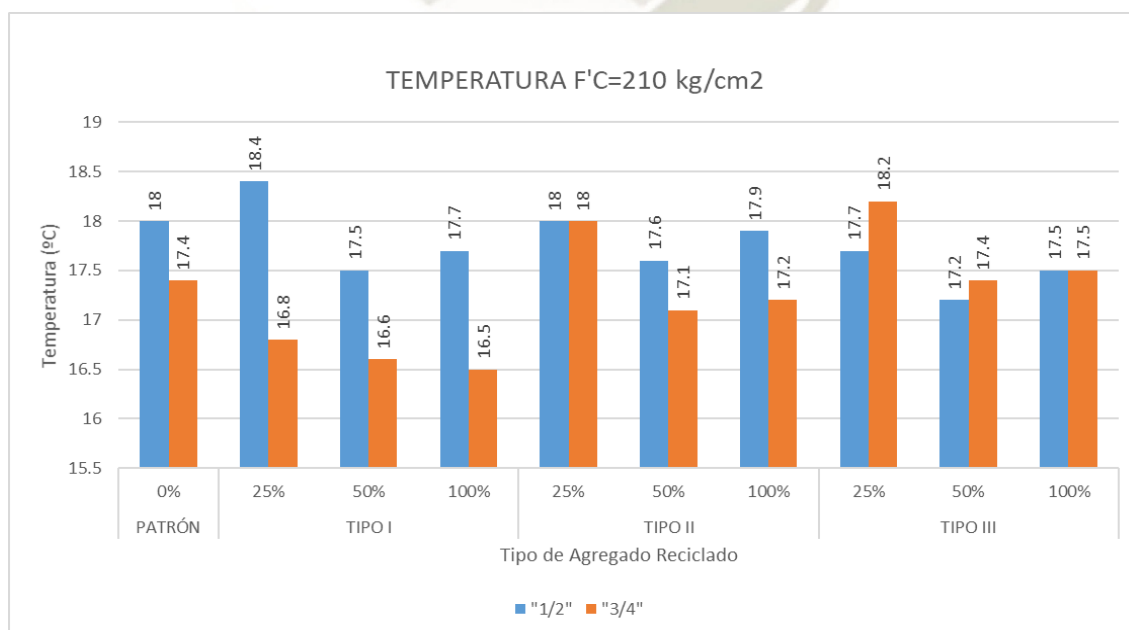
6.3.3.1. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 39: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al grafico se puede observar que todas las medidas de temperatura varían entre 16.1 y 18.7 °C. Además, se puede apreciar que no existe un patrón constante que determine la influencia tanto del tipo, tamaño o nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado, pero si se pudo determinar que la temperatura del concreto variaba en función de la hora del día a la cual se realizaba la mezcla.

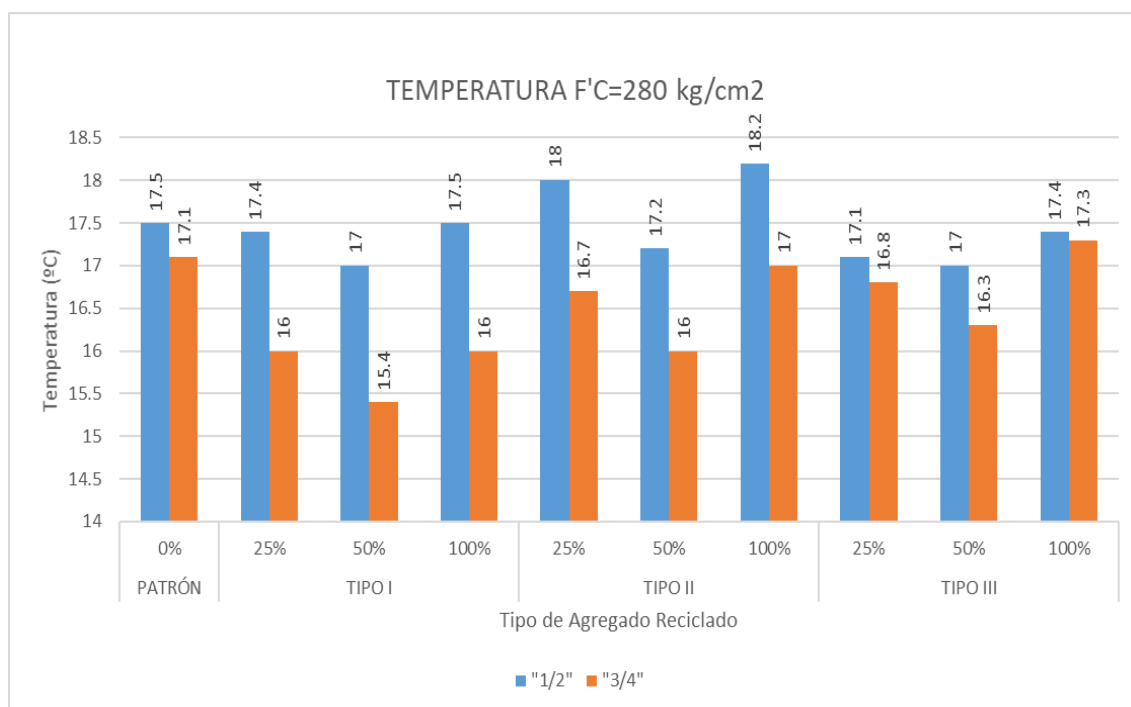
6.3.3.2. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 40: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al grafico se puede observar que todas las medidas de temperatura varían entre 16.5 y 18.4 °C. Al igual que los diseños para 175 kg/cm², se puede apreciar que no existe un patrón constante que determine la influencia tanto del tipo, tamaño o nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado, pero si se pudo notar que la temperatura está en función de la hora del día a la cual se realizaba la mezcla.

6.3.3.3. Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm²

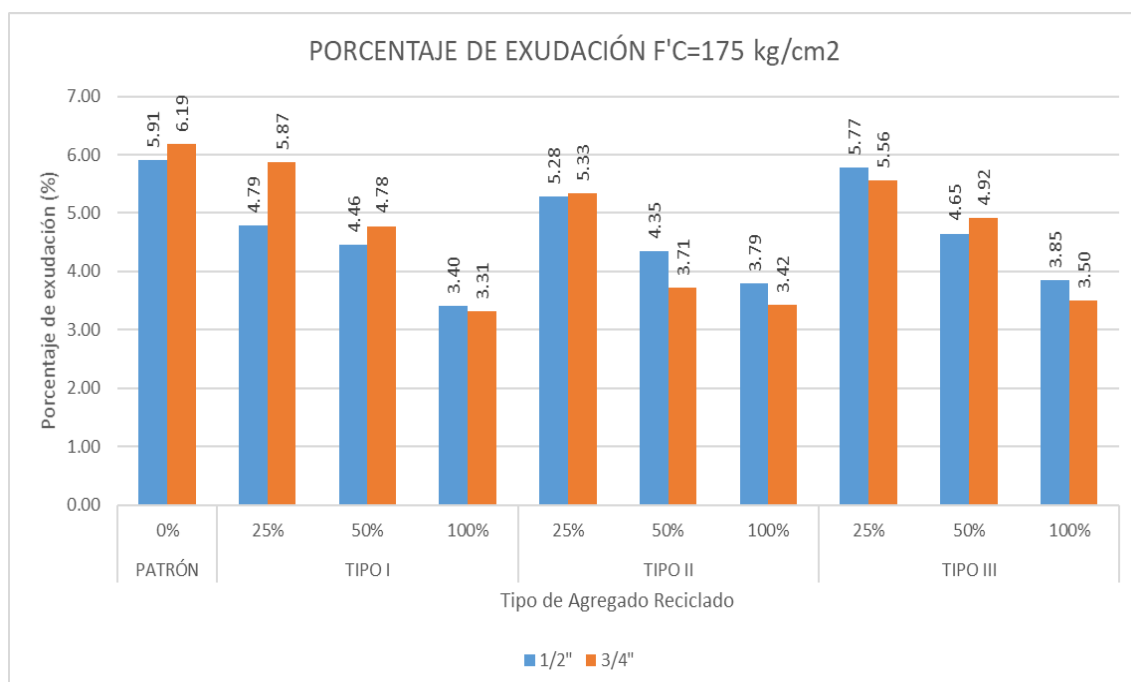


Gráfica 41: Temperatura para diseño de mezclas de $f'c=280$ kg/cm²

De acuerdo al grafico se puede observar que todas las medidas de temperatura varían entre 15.4 y 18.2 °C. Al igual que los diseños para 175 y 210 kg/cm², se puede apreciar que no existe un patrón constante que determine la influencia tanto del tipo, tamaño o nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado, y al igual que para 175 y 210 kg/cm² se llegó a la conclusión que la temperatura de la mezcla estaba en función de la hora del día a la cual se realizaba esta mezcla.

6.3.4. Exudación

6.3.4.1. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



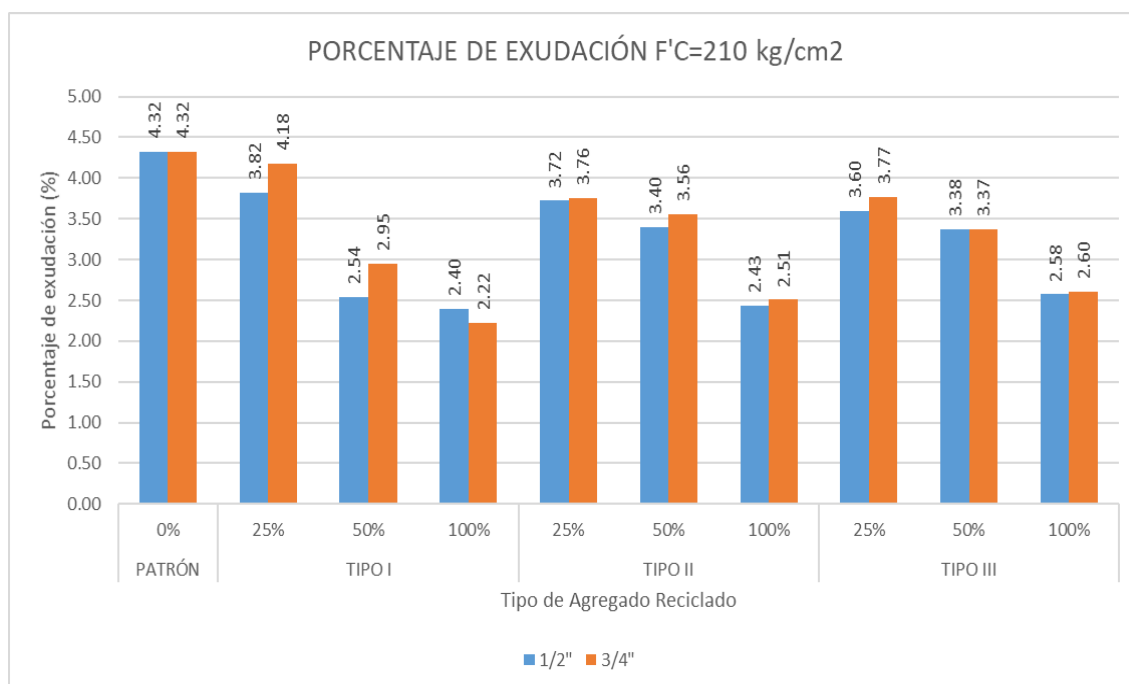
Gráfica 42: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al gráfico se puede apreciar que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" fueron aquellas que tuvieron un mayor porcentaje de exudación, que aquellas que usaron agregados de 1/2", a pesar de esto, fueron las mezclas que usaron agregado de 1/2" las que presentaron una mayor cantidad de agua exudada, lo que significaría que a pesar que las mezclas que usaron agregado de 1/2", exudaran una cantidad mayor de agua, esta cantidad no sería proporcional con la cantidad de agua que requirió la mezcla, esto se le puede atribuir a que aquellas mezclas que usaron agregado de 1/2", tenían agregados con porcentajes de absorción más elevados que los de 3/4", y también requerían una mayor cantidad de cemento en su mezcla, que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4".

Respecto al agregado de concreto reciclado se puede apreciar que las mezclas que usaron agregados reciclados de 3/4" presentaron en promedio un 27.41% menos porcentaje de exudación que su mezcla patrón, mientras que las mezclas que usaron agregados reciclados de 1/2" presentaron un 24.21% menos.

Además, se observa que la exudación es inversamente proporcional al nivel de reemplazo del agregado reciclado, es decir que la exudación disminuye a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado grueso reciclado, debido a que el agua de exudada es absorbida por los agregados reciclados. También, se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre la exudación, por lo que se podría decir que la variable de tipo no afecta directamente la exudación, como si lo hace el nivel de reemplazo que se usa en la mezcla.

6.3.4.2. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



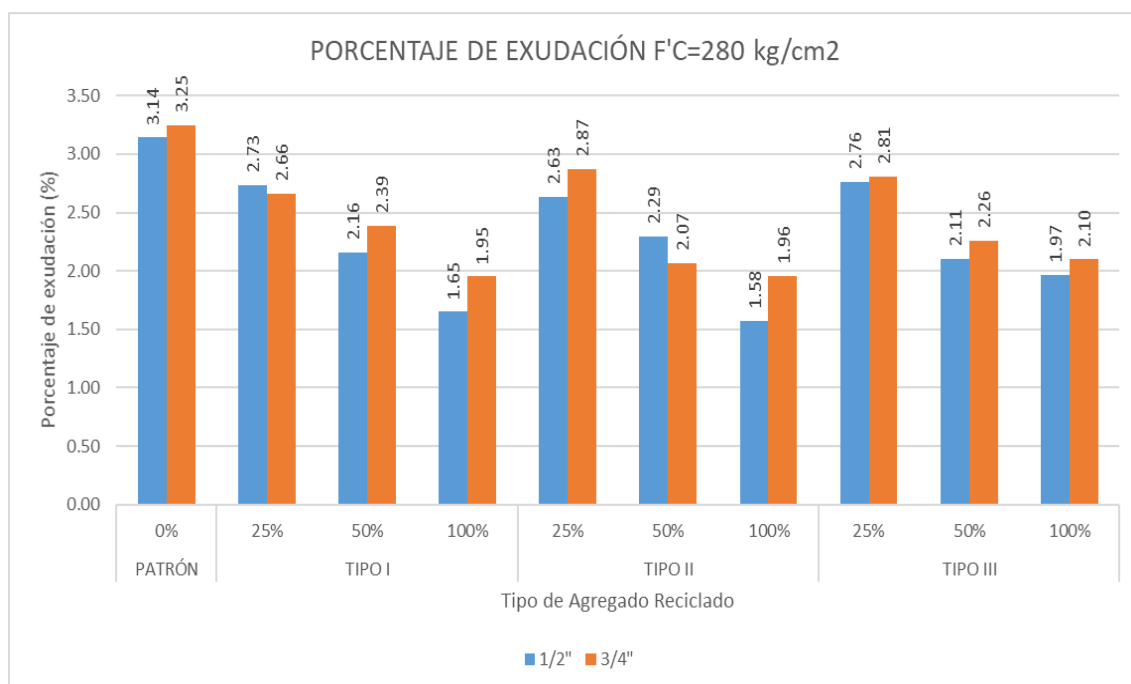
*Gráfica 43: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)*

Del mismo modo que el gráfico anterior, se vuelve a apreciar que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" fueron aquellas que tuvieron un mayor porcentaje de exudación, a pesar de esto, fueron las mezclas que usaron agregado de 1/2" las que presentaron una mayor cantidad de agua exudada, lo que significaría que a pesar que las mezclas que usaron agregado de 1/2", exudaran una cantidad mayor de agua, esta cantidad no sería proporcional con la cantidad de agua que requirió la mezcla.

Respecto al agregado de concreto reciclado se puede apreciar que las mezclas que usaron agregados reciclados de 3/4" presentaron en promedio un 25.69% menos porcentaje de exudación que su mezcla patrón, mientras que las mezclas que usaron agregados reciclados de 1/2" presentaron un 28.33% menos. Además, se puede apreciar que la exudación es inversamente proporcional al nivel de reemplazo del agregado reciclado, es decir que la exudación disminuye a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado grueso reciclado, y de igual manere que las mezclas para 175 kg/cm^2 , se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre la exudación.

La principal diferencia respecto a las mezclas para 175 kg/cm^2 , es que el porcentaje de perdida de exudación promedio se incrementó, además se debe hacer notar que está demandando una menor cantidad de tiempo en promedio en terminar el proceso de exudación

6.3.4.3. Exudación para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 44: Exudación para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Del mismo modo que los anteriores gráficos, se vuelve a apreciar que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" fueron aquellas que tuvieron un mayor porcentaje de exudación, que aquellas que usaron agregados de 1/2", a pesar de esto, fueron las mezclas que usaron agregado de 1/2" las que presentaron una mayor cantidad de agua exudada, lo que significaría que a pesar que las mezclas que usaron agregado de 1/2", exudaran una cantidad mayor de agua, esta cantidad no sería proporcional con la cantidad de agua que requirió la mezcla.

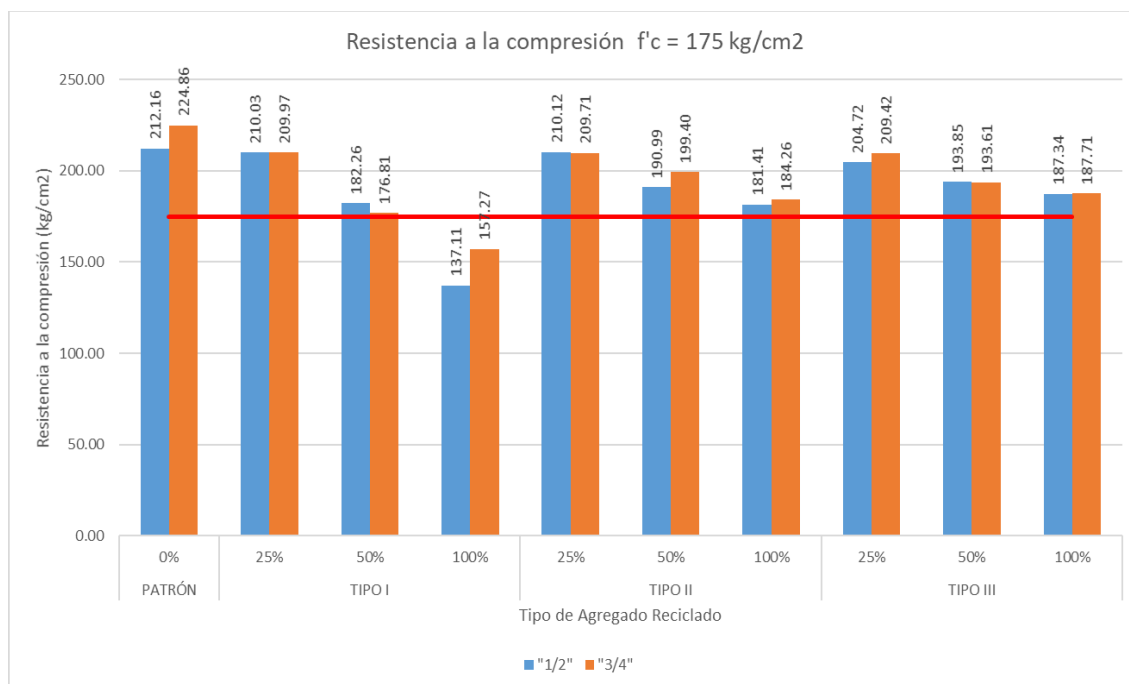
Respecto al agregado de concreto reciclado se puede apreciar que las mezclas que usaron agregados reciclados de 3/4" presentaron en promedio un 27.95% menos porcentaje de exudación que su mezcla patrón, mientras que las mezclas que usaron agregados reciclados de 1/2" presentaron un 29.68% menos. Además, se puede apreciar que la exudación es inversamente proporcional al nivel de reemplazo del agregado reciclado, es decir que la exudación disminuye a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado grueso reciclado; y de igual manera que las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , se puede notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una influencia clara sobre la exudación.

La principal diferencia respecto a las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , fue que para 280 kg/cm^2 esta tuvo en promedio un porcentaje de pérdida de exudación mayor debido al uso de los agregados reciclados, y a la vez demora una menor cantidad de tiempo en terminar el proceso de exudación que las mezclas anteriores.

6.4. Concreto en Estado Endurecido

6.4.1. Resistencia a la Compresión

6.4.1.1. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 45: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

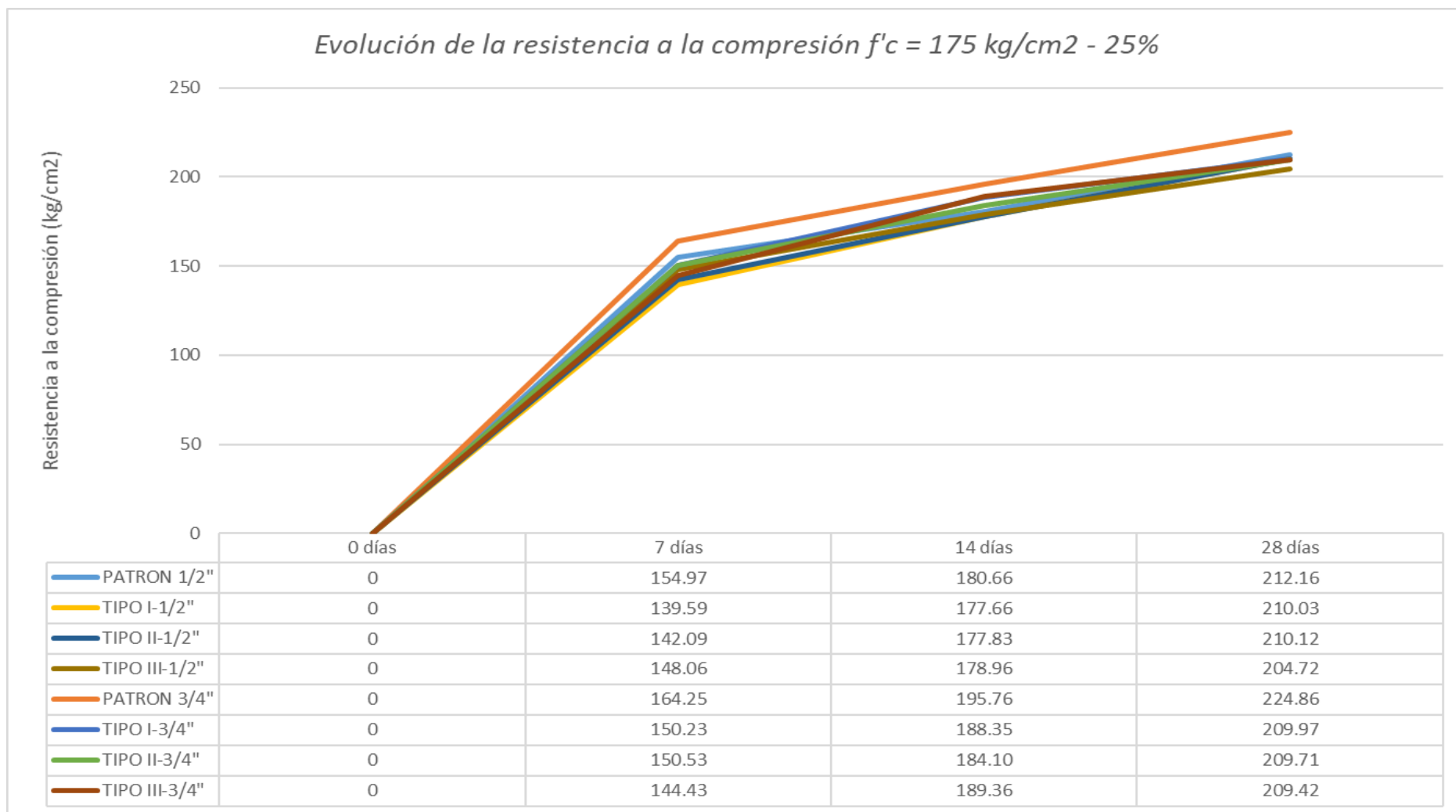
De acuerdo al gráfico se puede apreciar que, en la mayoría de casos, aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron en promedio mejores resultados que aquellas mezclas que usaron agregado de 1/2", sin embargo, la variación de los resultados entre los dos tamaños de agregado es mínima.

Respecto a la influencia del nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado se observa que a medida que aumenta el nivel de reemplazo la resistencia del concreto tiende a disminuir; esto se debe a que el agregado reciclado cualitativamente es de menor calidad por consiguiente era razonable obtener un concreto en estado endurecido de menor calidad.

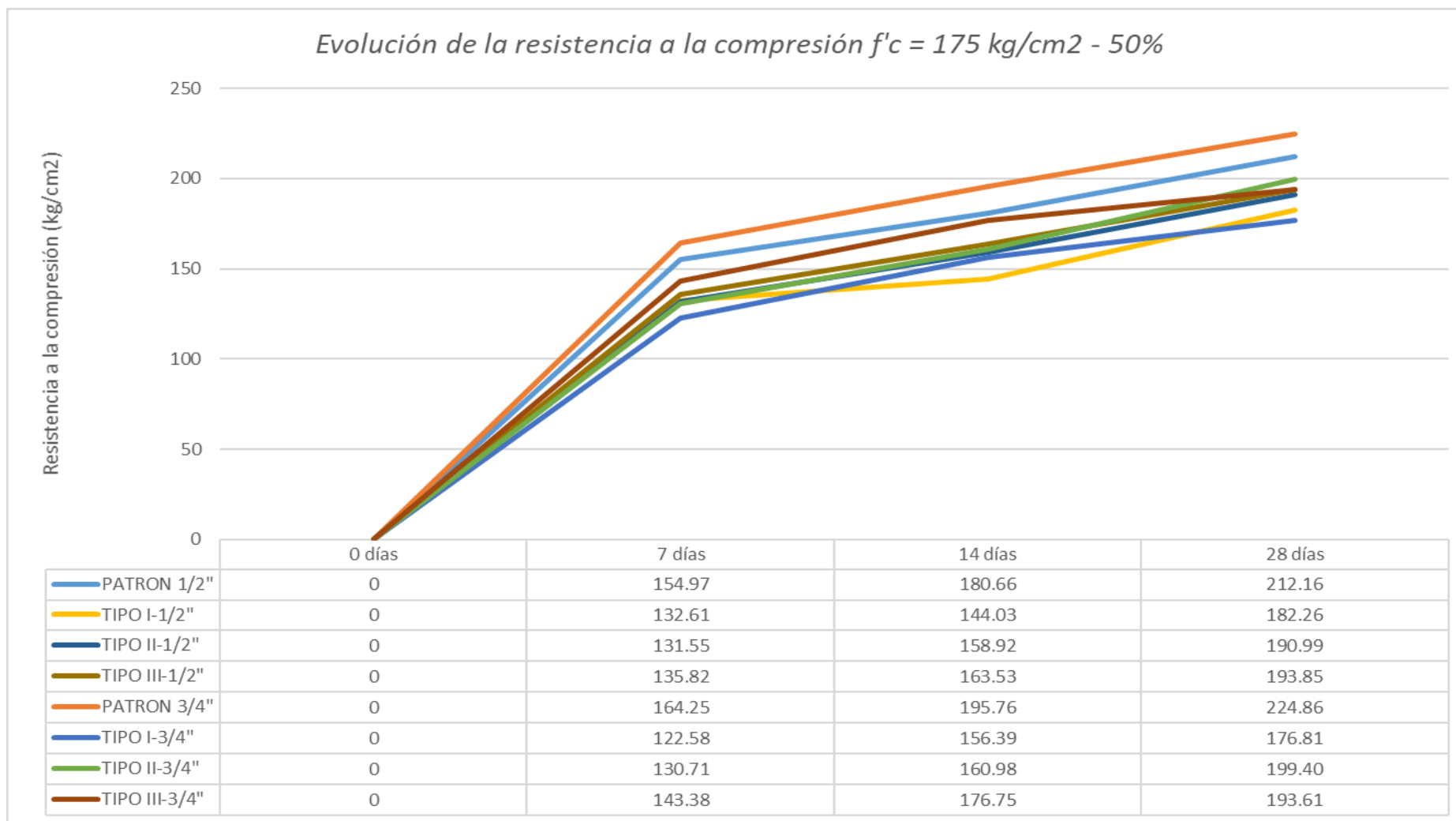
Además, se puede observar cómo influye el tipo de agregado de concreto reciclado usado en las mezclas de concreto:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 18.09% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 10.26% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 10.19% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón

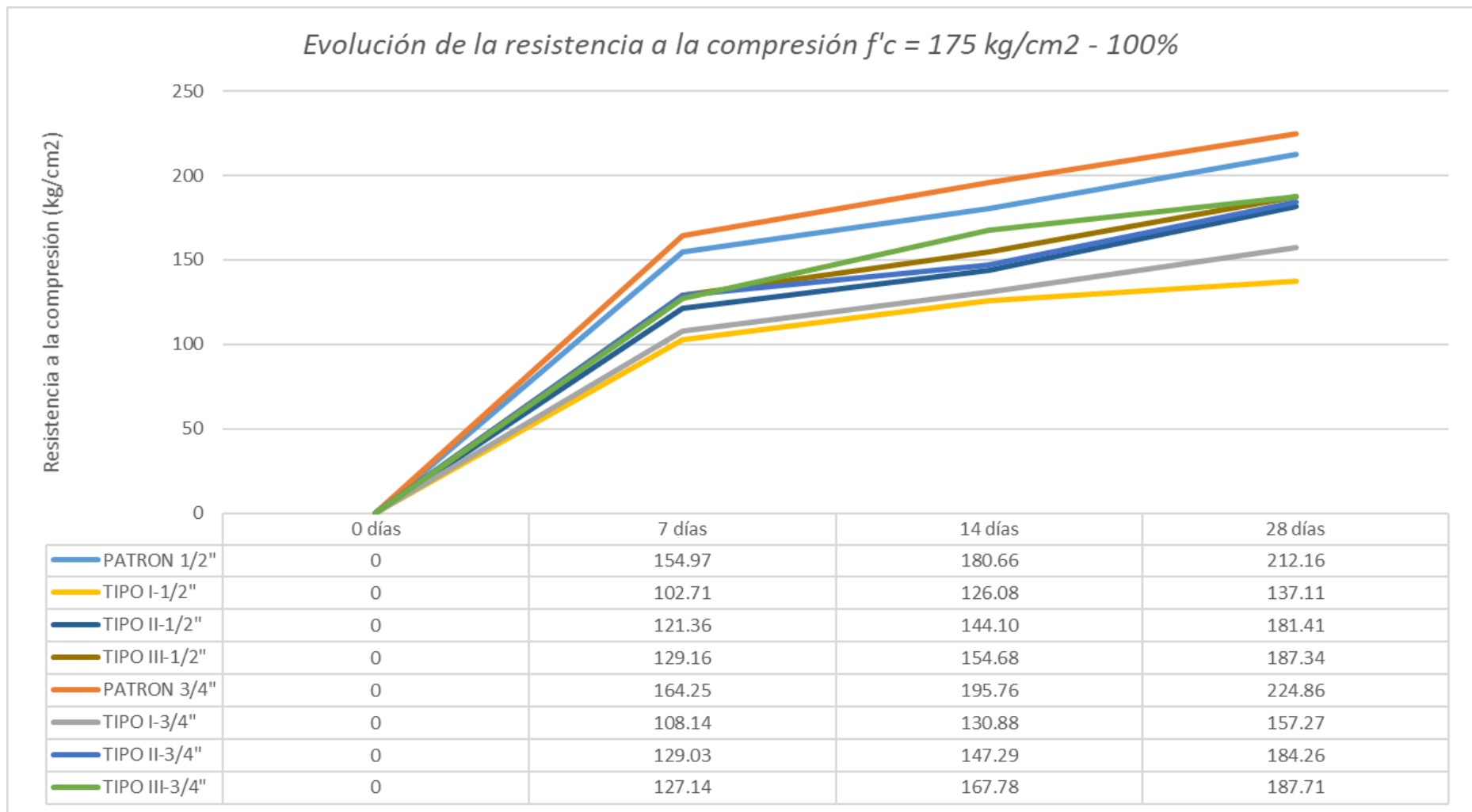
De lo anterior se puede concluir que para esta resistencia el uso de los agregados reciclados daría pérdidas de un promedio de 12.84% respecto de las mezclas patrón. Además, se observa que la resistencia a la compresión del concreto reciclado está en función del tipo de agregado reciclado a usar, obteniendo mejores resultados en aquellas mezclas que usaron agregados reciclados provenientes de concreto de mayores resistencias.



Gráfica 46: Evolución de la resistencia a la compresión - $175 \text{ kg/cm}^2 - 25\%$
(Fuente propia)



Gráfica 47: Evolución de la resistencia a la compresión - 175 kg/cm^2 - 50%
(Fuente propia)



Gráfica 48: Evolución de la resistencia a la compresión - $175 \text{ kg/cm}^2 - 100\%$
(Fuente propia)

6.4.1.2. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 49: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

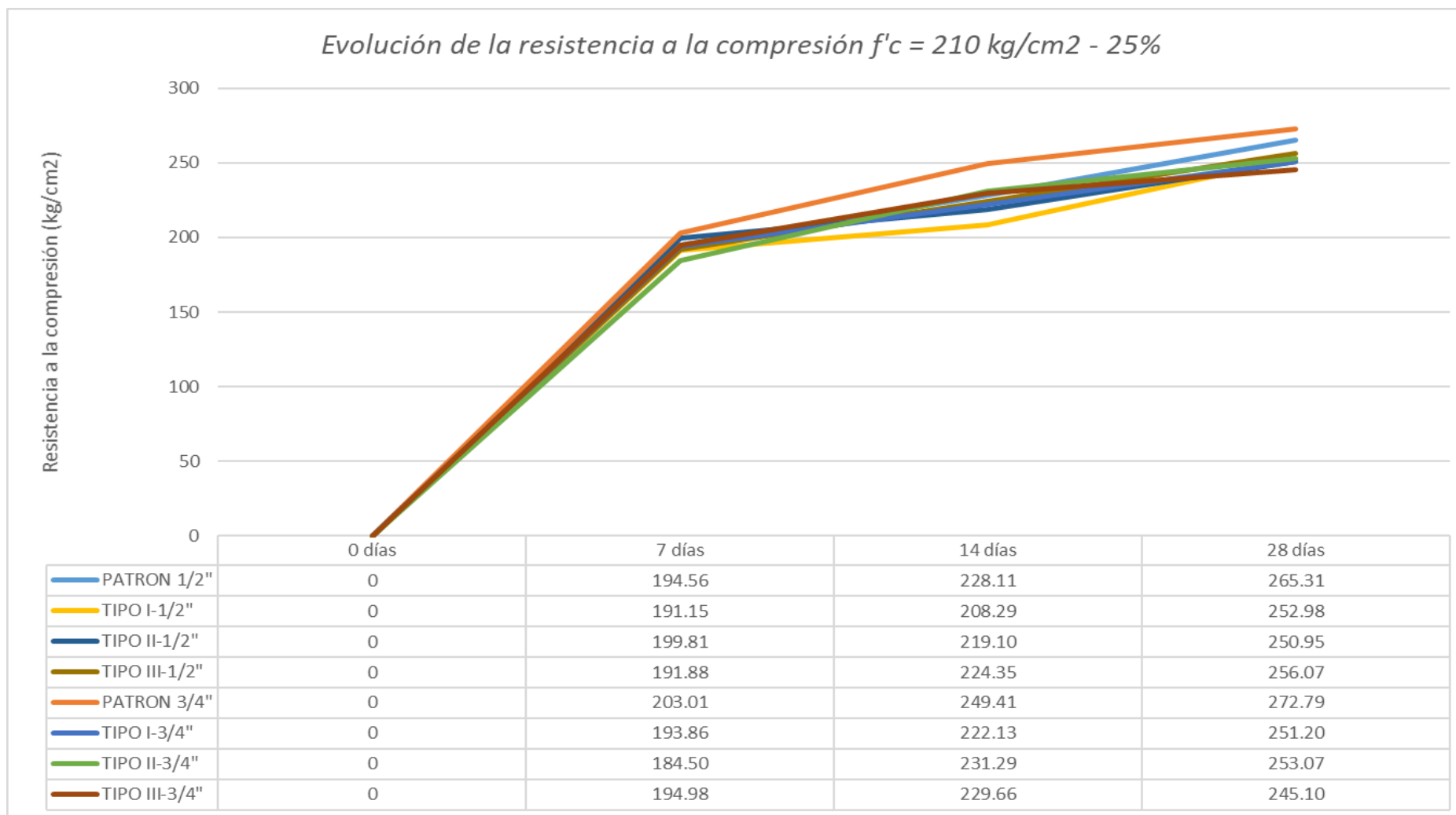
De acuerdo al grafico se puede apreciar que, a diferencia de las mezclas de 175 kg/cm^2 , que aquellas mezclas que usaron agregados de $1/2''$ presentan en promedio mejores resultados que aquellas mezclas que usaron agregado de $3/4''$, sin embargo, la variación de los resultados entre los dos tamaños de agregado es mínima.

Respecto a la influencia del nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado se vuelve a observar una tendencia clara de disminuir la resistencia a compresión a medida que aumenta el nivel de reemplazo de dicho agregado. Además, se puede observar cómo influye el tipo de agregado de concreto reciclado usado en las mezclas de concreto:

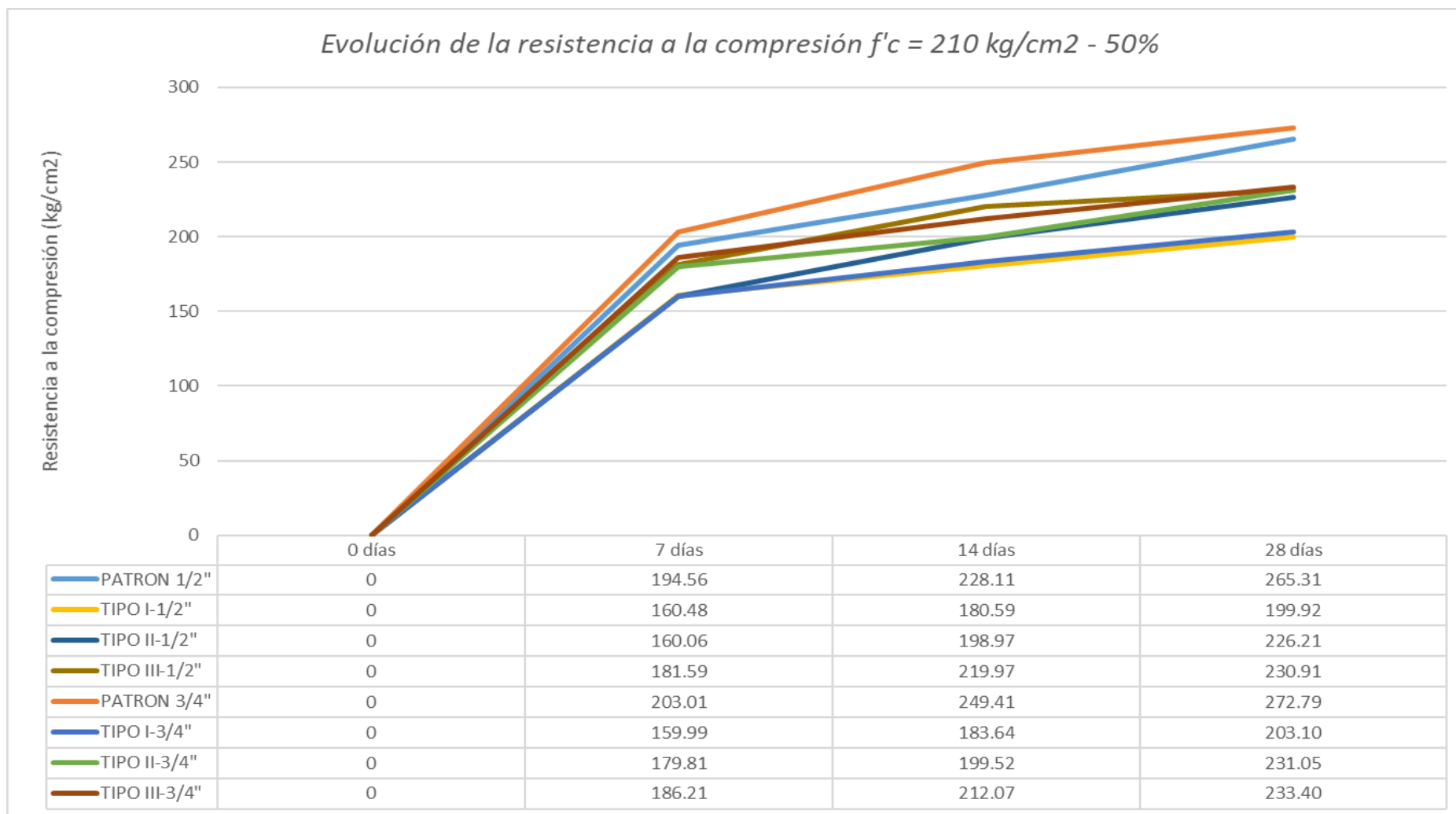
- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 21.29% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 13.80% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.23% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón

De lo anterior se observa que el uso de los agregados reciclados presento un 15.77% menos resistencia respecto de las mezclas patrón. Del mismo modo que para las mezclas para 175 kg/cm^2 , se observa que se obtienen mejores resultados a medida que aumenta resistencia del concreto original del cual se obtienen los agregados de concreto reciclado.

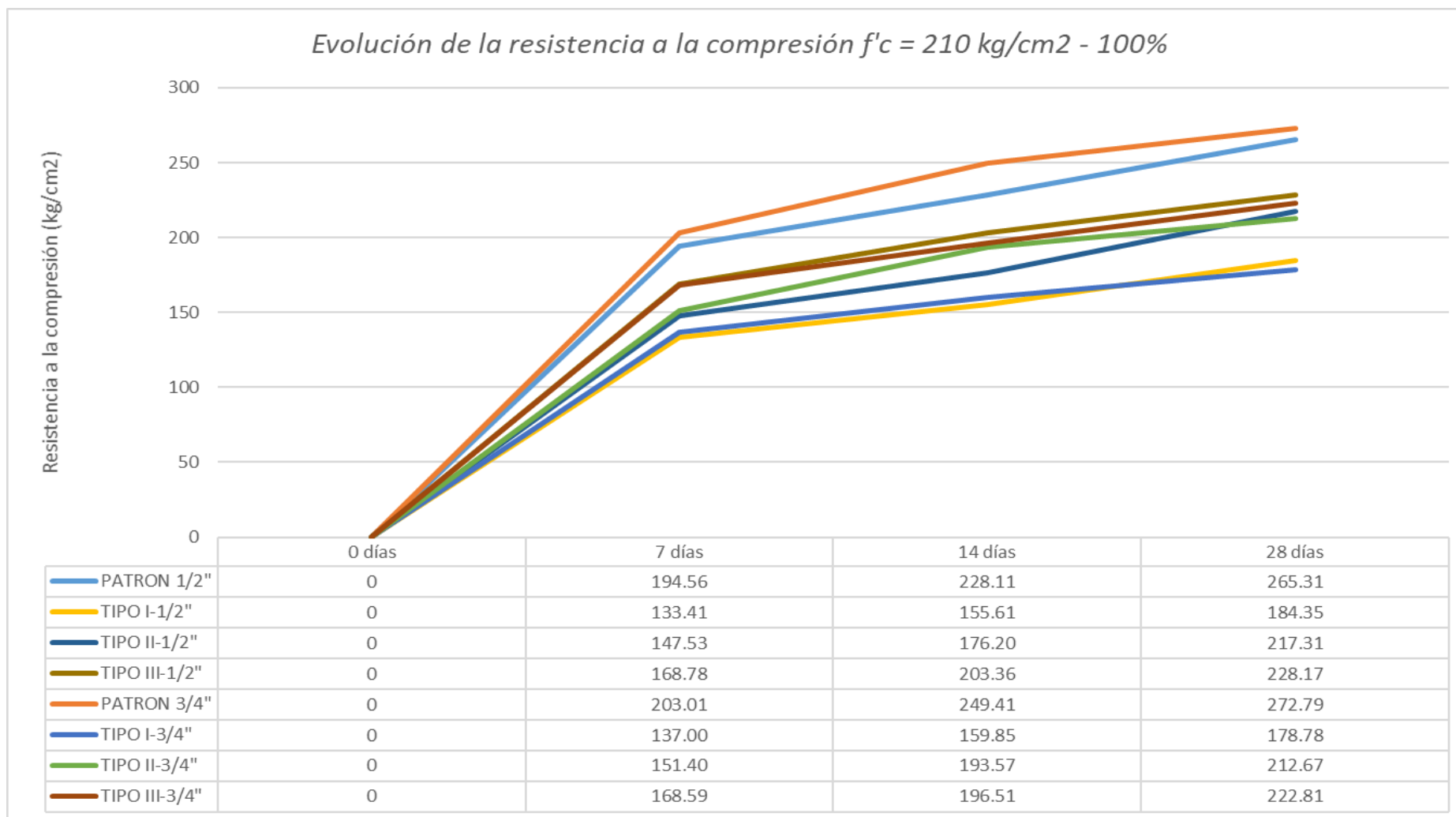
A diferencia de las mezclas para 175 kg/cm^2 , se observa que el número de mezclas que no llego a la resistencia de diseño aumento, además se observa que el porcentaje de pérdidas en la resistencia debido al uso de los agregados reciclados aumento



Gráfica 50: Evolución de la resistencia a la compresión - $210 \text{ kg/cm}^2 - 25\%$
(Fuente propia)



Gráfica 51: Evolución de la resistencia a la compresión - 210 kg/cm^2 - 50%
(Fuente propia)



Gráfica 52: Evolución de la resistencia a la compresión - 210 kg/cm² - 100%
(Fuente propia)

6.4.1.3. Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 53: Resistencia a la Compresión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

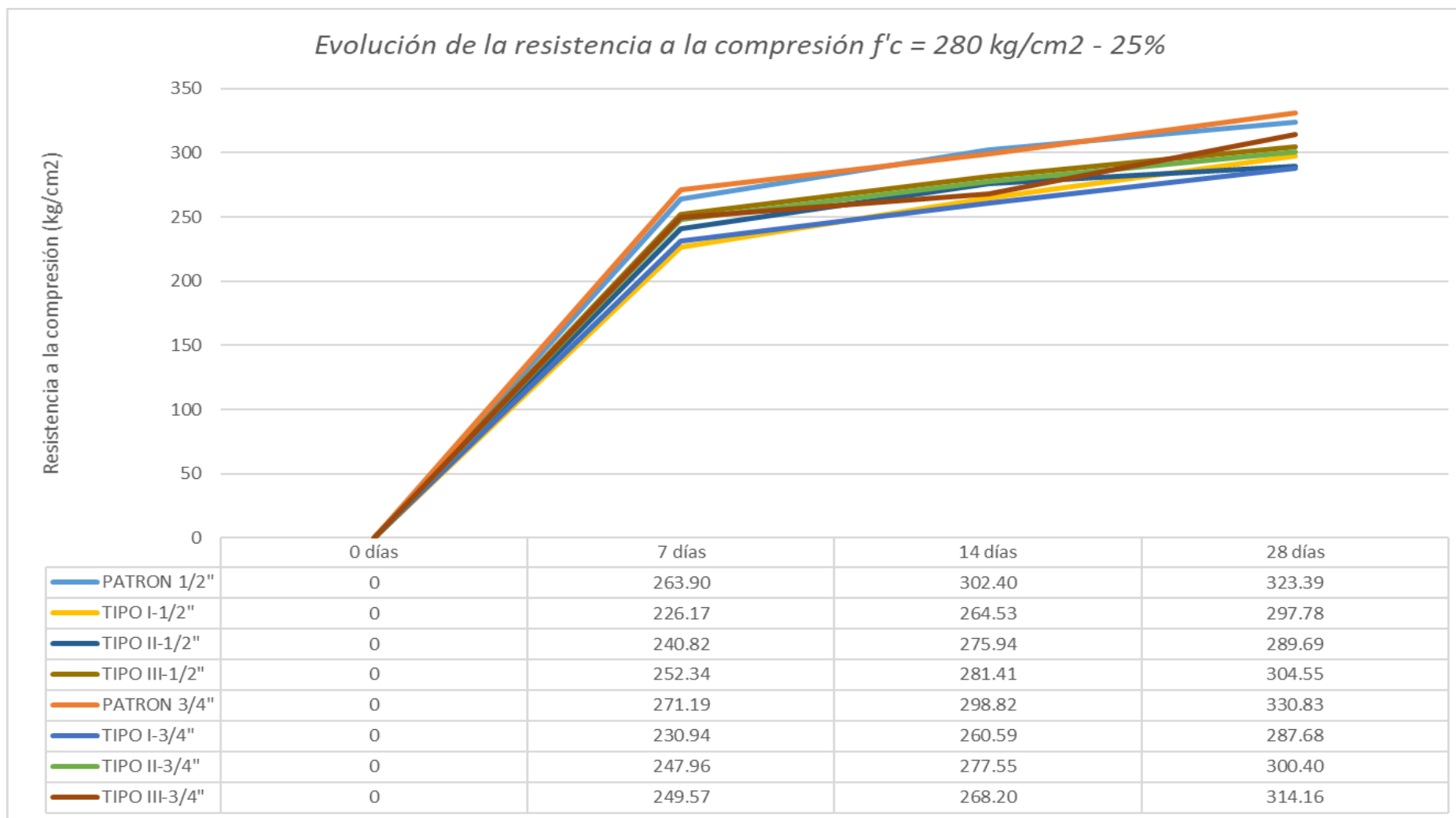
De acuerdo al gráfico se puede apreciar que, en la mayoría de casos, aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron en promedio mejores resultados que aquellas mezclas que usaron agregado de 1/2", sin embargo, la variación de los resultados entre los dos tamaños de agregado es mínima.

Respecto a la influencia del nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado se vuelve a observar una tendencia clara de disminuir la resistencia a compresión a medida que aumenta el nivel de reemplazo de dicho agregado. Además, se puede observar cómo influye el tipo de agregado de concreto reciclado usado en las mezclas de concreto:

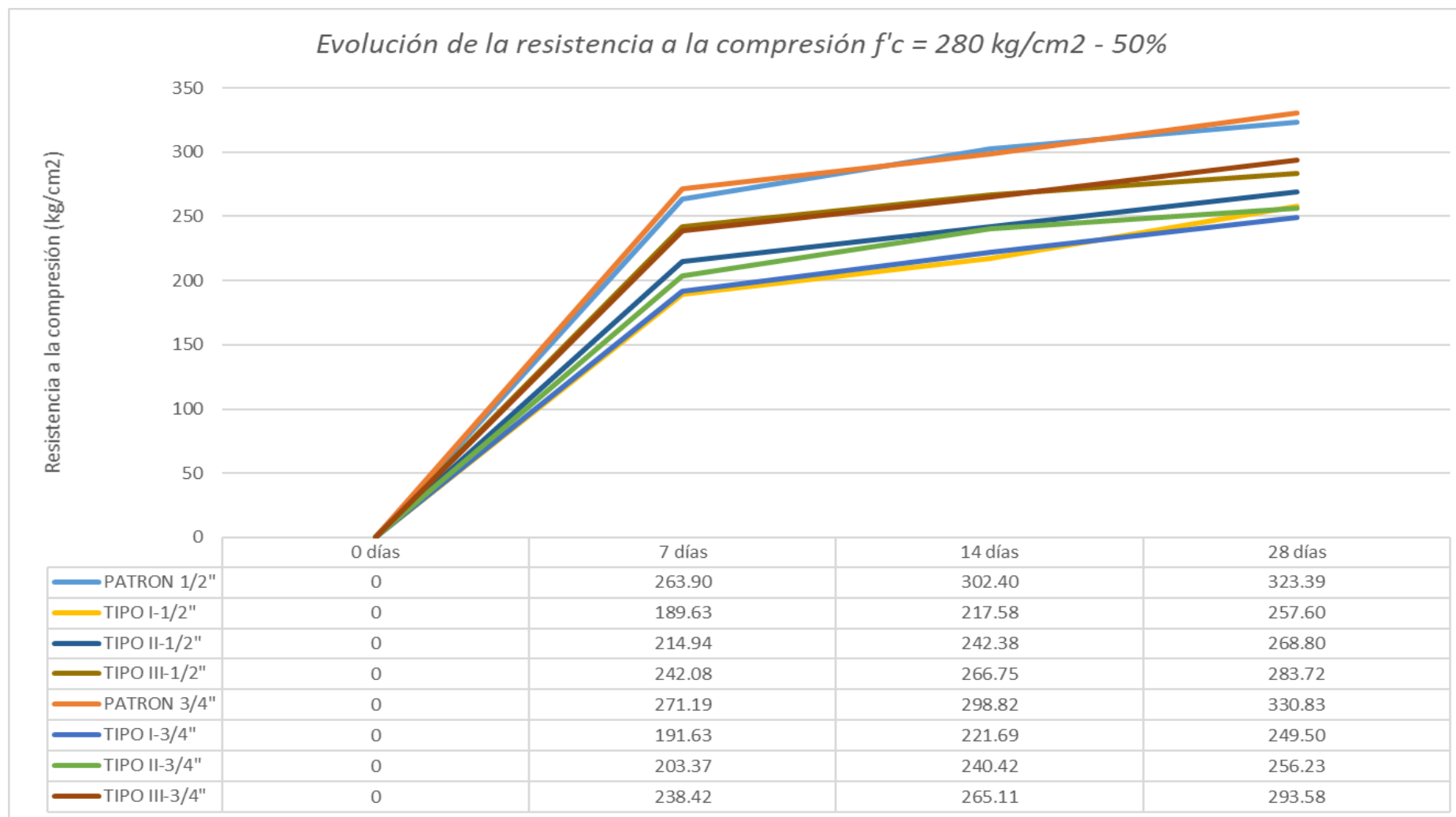
- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 23% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 18.35% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.11% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón

De lo anterior se observa que el uso de los agregados reciclados presentó un 17.82% menos resistencia respecto de las mezclas patrón. Del mismo modo que para las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , se observa que se obtienen mejores resultados a medida que aumenta la resistencia del concreto original del cual se obtienen los agregados de concreto reciclado.

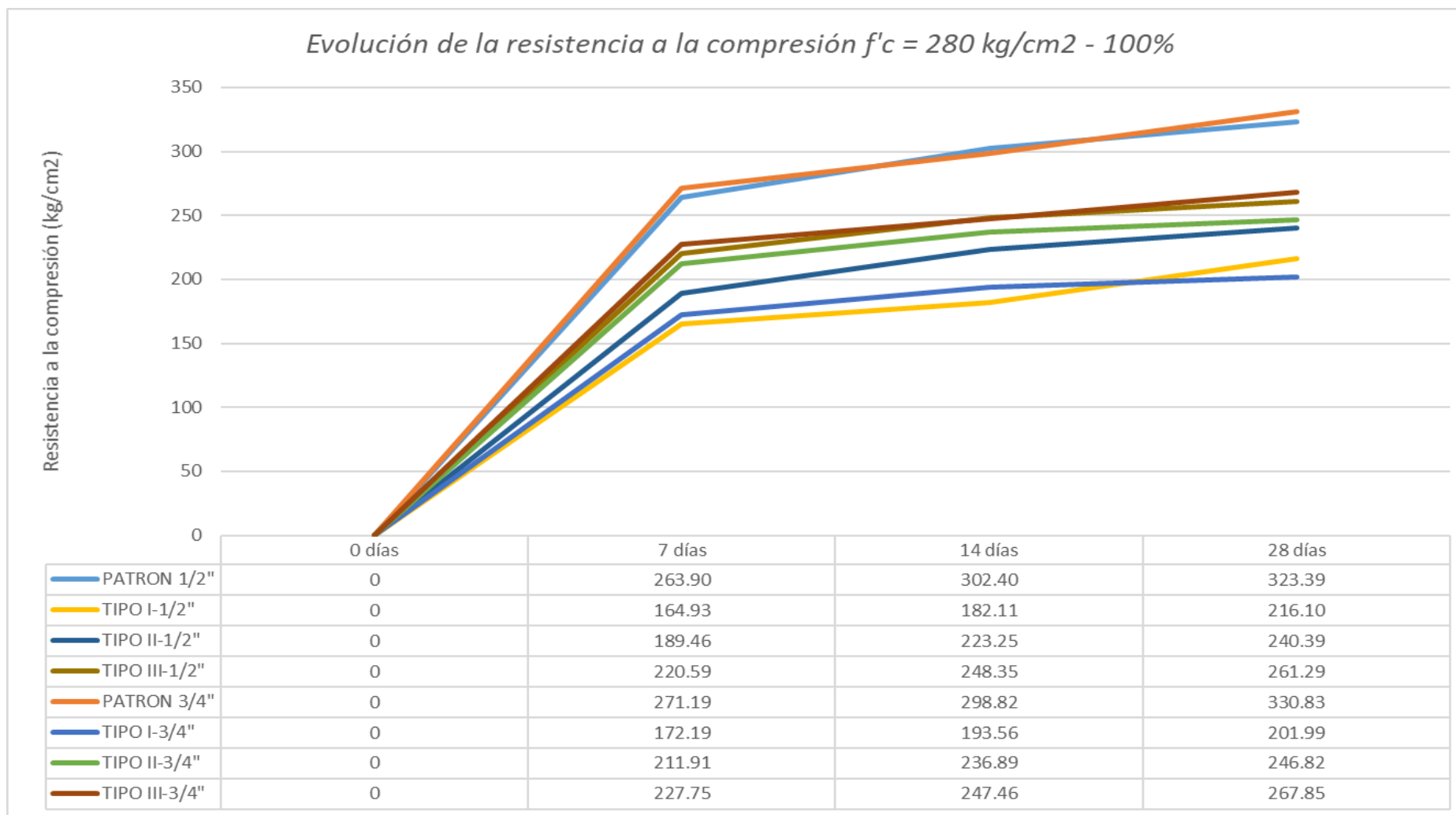
Además, se vuelve a observar un aumento en el número de mezclas que no llegaron a la resistencia de diseño respecto a los diseños para 175 y 210 kg/cm^2 , esto se debe a que el porcentaje de pérdidas en la resistencia debido al uso de los agregados reciclados también aumentó.



Gráfica 54: Evolución de la resistencia a la compresión - $280 \text{ kg/cm}^2 - 25\%$
(Fuente propia)



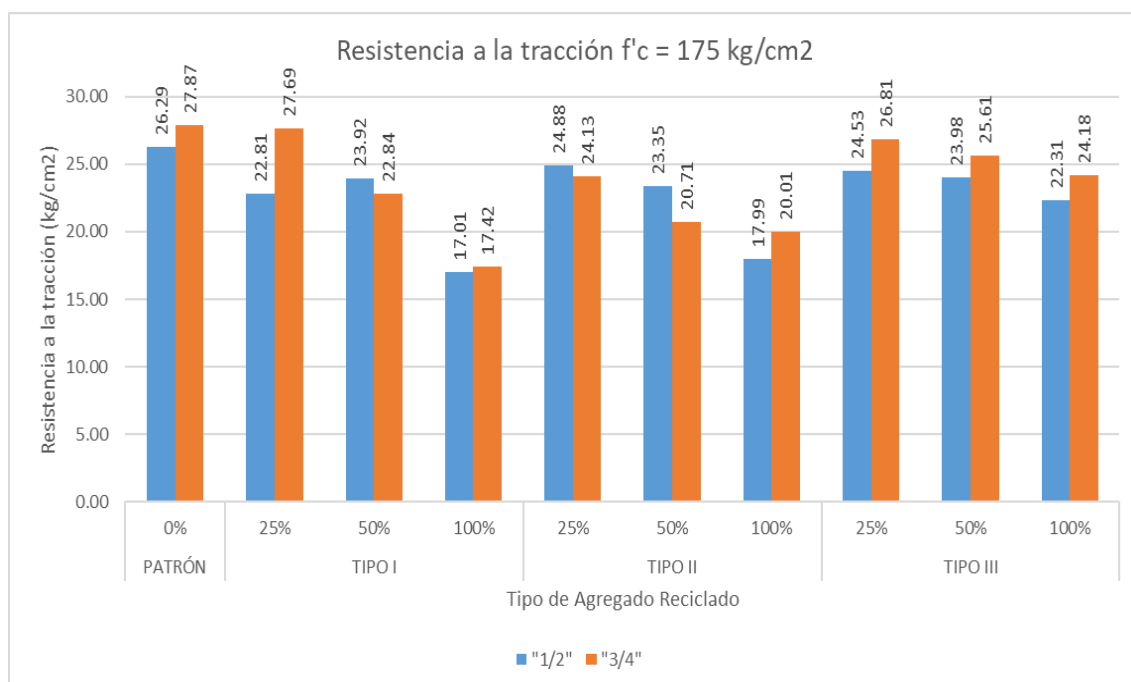
Gráfica 55: Evolución de la resistencia a la compresión - 280 kg/cm^2 - 50%
(Fuente propia)



Gráfica 56: Evolución de la resistencia a la compresión - 280 kg/cm² - 100%
(Fuente propia)

6.4.2. Resistencia a la Tracción

6.4.2.1. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 57: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al gráfico se puede apreciar que el tamaño del agregado que alcanza mayores resistencias a tracción en la mayoría de casos fue el de 3/4", sin embargo, las variaciones entre tamaños no son significativa debido a la proximidad entre sus resultados.

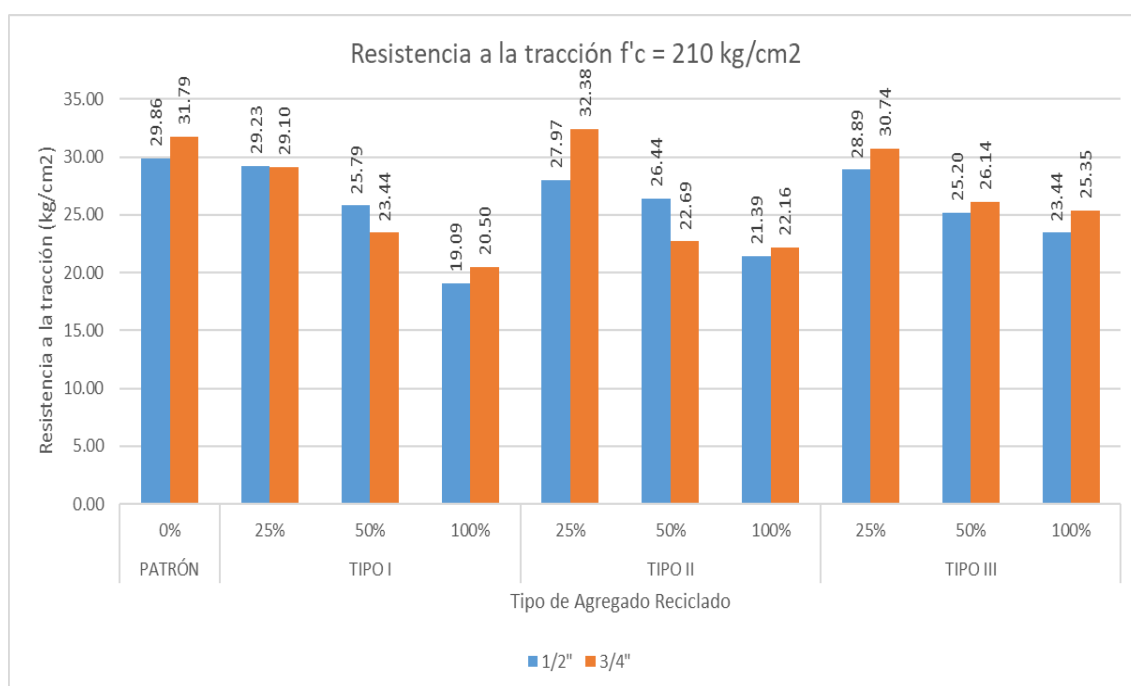
Del mismo modo que la resistencia a la compresión, se puede observar que la relación entre el nivel reemplazo del agregado reciclado y la resistencia a la tracción es inversamente proporcional. Respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado usado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 18.95% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 19.24% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 9.29% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón

De lo anterior se obtiene que el uso de los agregados de concreto reciclado origina pérdidas en promedio de 15.83% respecto de las mezclas patrón. Además, se puede apreciar que con excepción de la mezcla que usó el agregado de concreto reciclado tipo I al 100% de reemplazo, todas las mezclas cumplieron con llegar al 10% de su resistencia de diseño.

Por último, se puede concluir que al igual que la resistencia a la compresión, se observa que la resistencia a la tracción del concreto reciclado está en función del tipo de agregado reciclado a usar, siendo la calidad de estos agregados directamente proporcional a la resistencia del concreto del cual se obtengan estos agregados.

6.4.2.2. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 58: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

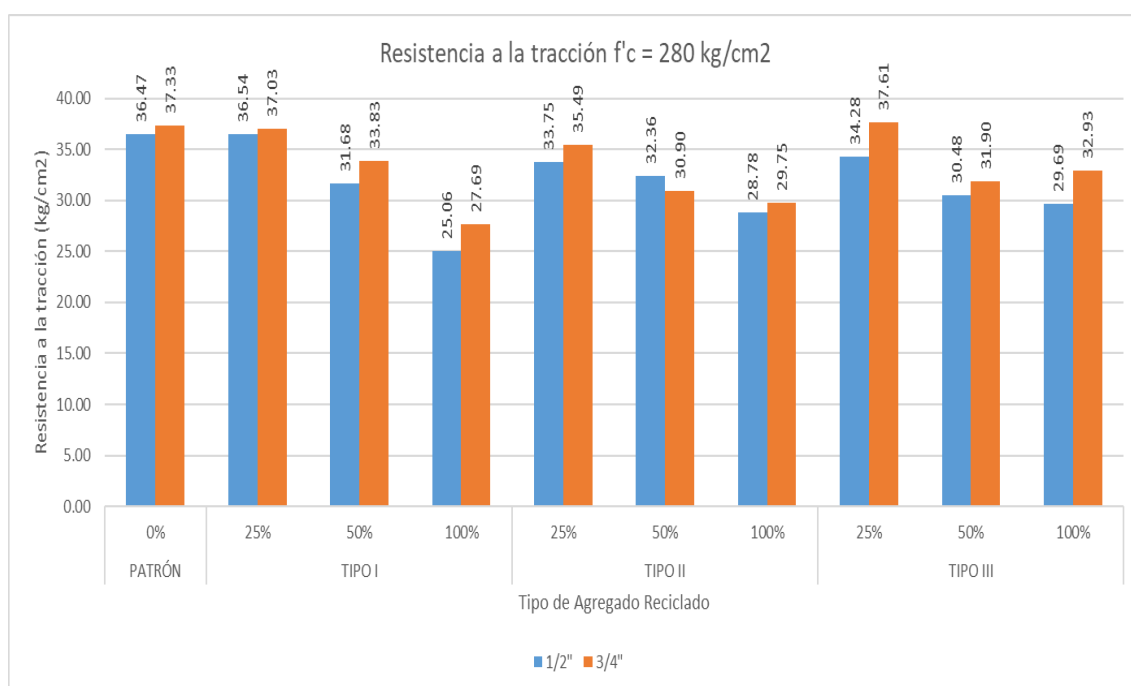
Al igual que el grafico anterior se puede apreciar que el tamaño del agregado que alcanzo mayores resistencias a tracción en la mayoría de casos fue el de 3/4", sin embargo, las variaciones entre tamaños no son mínimas.

También se puede observar que la relación entre el nivel reemplazo del agregado reciclado y la resistencia a la tracción es inversamente proporcional. Respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado usado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 20.34% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 17.20% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 13.62% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón

De lo anterior se obtiene que el uso de los agregados de concreto reciclado origino perdidas en promedio de 17.06% respecto de las mezclas patrón. Además, se vuelve a observar la tendencia que la resistencia tracción es directamente proporcional a la resistencia del concreto original, es decir, a mayor resistencia del concreto original se obtendrán mejores resultados en tracción del concreto

6.4.2.3. Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 59: Resistencia a la Tracción para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

Al igual que los gráficos anteriores se puede apreciar que el tamaño del agregado que alcanza mayores resistencias a tracción en la mayoría de casos fue el de 3/4", sin embargo, las variaciones entre tamaños son mínimas.

De igual manera que las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , se vuelve a observar que la relación entre el nivel reemplazo del agregado reciclado y la resistencia a la tracción es inversamente proporcional. Además, se obtuvieron los siguientes resultados respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado:

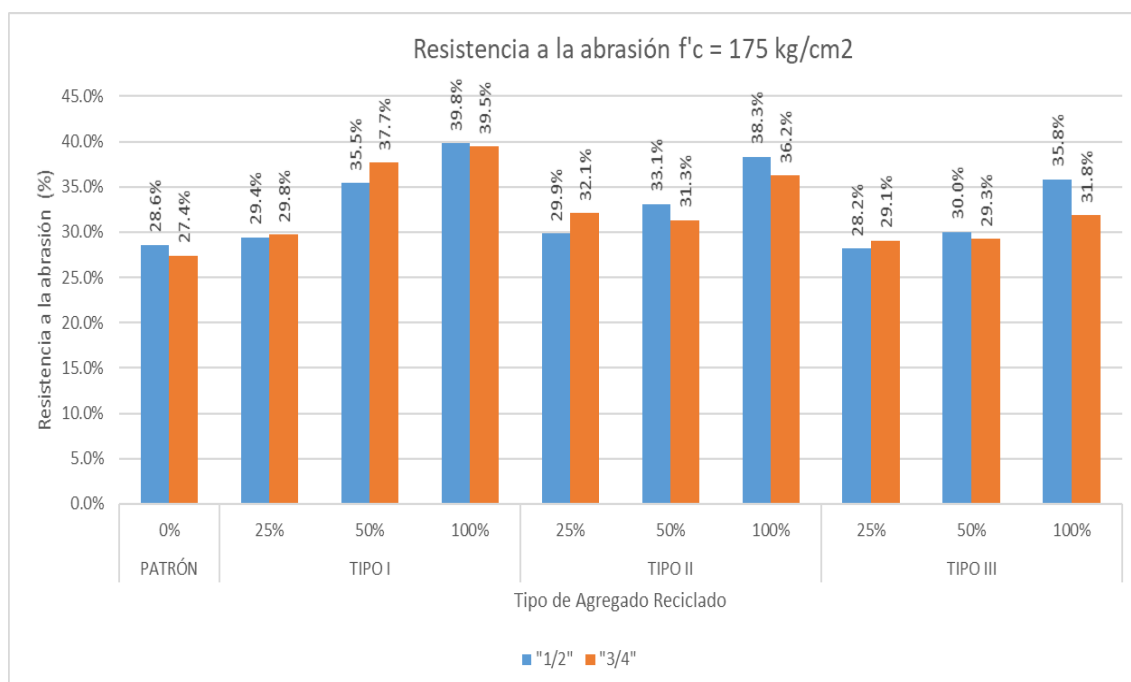
- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 13.37% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 13.71% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 11.10% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón

De lo anterior se observa una mayor paridad respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado usado, comparado con los diseños anteriores, presentado en promedio un 12.73% menos resistencia a la tracción que sus mezclas patrón. Además, se volvió a mostrar que los mejores resultados a tracción se obtienen de las mezclas que usaron los agregados de concreto reciclado provenientes de concretos de mayores resistencias

Finalmente se observa que al igual que las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , únicamente las mezclas que usaron el agregado tipo I al 100% de reemplazo no alcanzaron a su objetivo de llegar al 10% de su resistencia de diseño

6.4.3. Resistencia a la Abrasión

6.4.3.1. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 60: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al gráfico se puede apreciar que el tamaño del agregado que alcanza un mayor desgaste en la mayoría de casos fue el de 1/2", sin embargo, las variaciones entre tamaños no son significativas debido a la proximidad entre sus resultados.

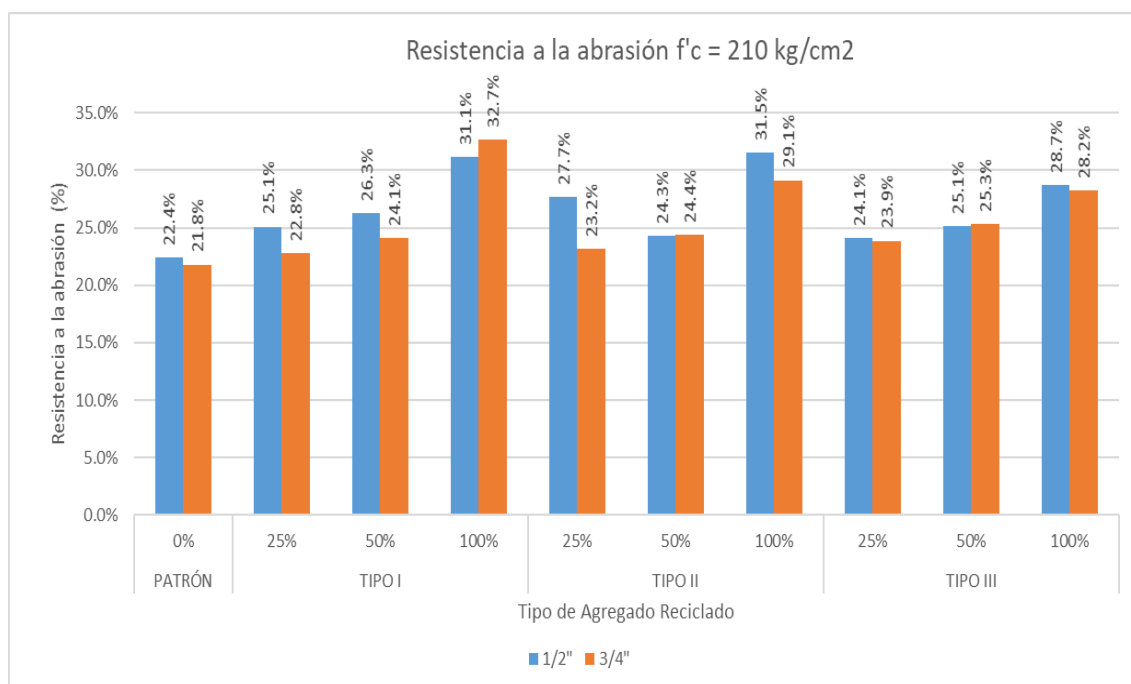
También se puede apreciar la relación entre abrasión y nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado es directamente proporcional. Respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado usado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 25.99% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 19.60% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 9.61% más desgaste respecto de las mezclas patrón

La principal causa de la variación de los resultados respecto al tipo de agregado reciclado usado, se debe al desgaste que cada tipo de agregado reciclado posee, teniendo una relación directamente proporcional entre el desgaste del agregado usado y el desgaste del concreto reciclado. Además, se obtuvo que para las mezclas de 175 kg/cm^2 el uso del agregado reciclado aumentó el desgaste en un promedio de 18.40% respecto a las mezclas patrón.

Por lo tanto, se puede decir que el desgaste del concreto reciclado está en función del desgaste de agregado reciclado a usar, siendo el desgaste de estos agregados directamente proporcional a la resistencia del concreto del cual se obtengan estos agregados, es decir a mayor resistencia del concreto original, se obtendrá un agregado reciclado de mayor calidad y por lo tanto mejores resultados de desgaste del concreto.

6.4.3.2. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 61: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al gráfico se puede apreciar que el tamaño del agregado que alcanza un mayor desgaste en la mayoría de casos fue el de 1/2", sin embargo, las variaciones entre los tamaños del agregado son mínimas.

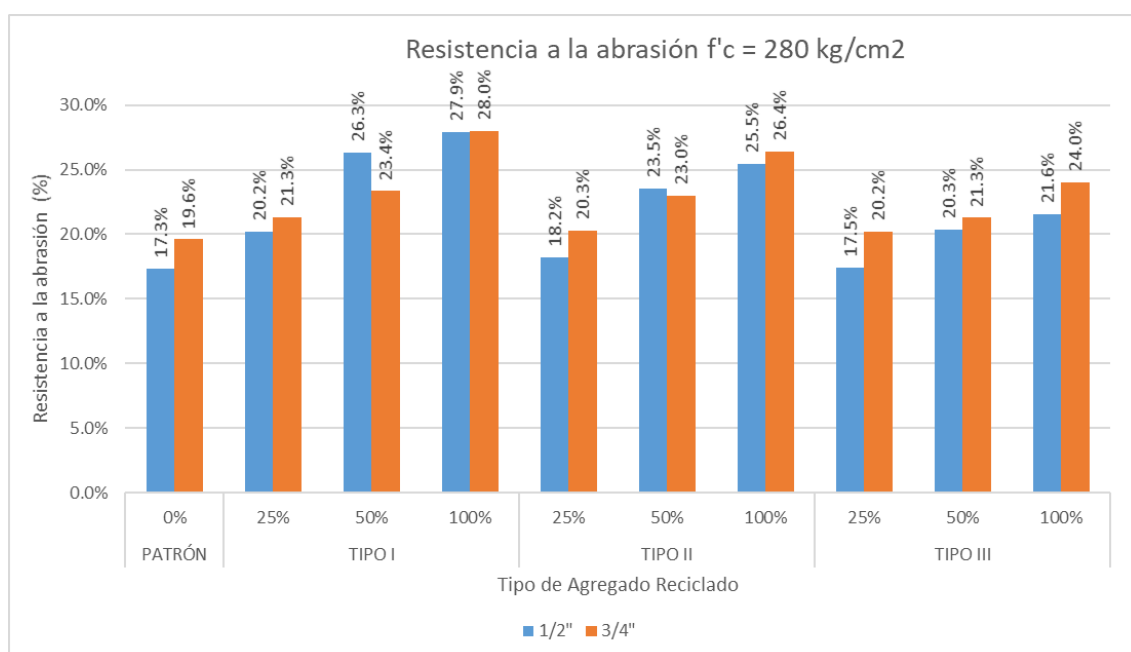
Al igual que las mezclas para 175 kg/cm^2 , se vuelve a apreciar que la relación entre el desgaste y nivel de reemplazo de los agregados de concreto reciclado es directamente proporcional, a medida que aumenta el nivel de reemplazo de los agregados el desgaste del concreto tiende a aumentar; respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 22.14% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 20.69% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 17.16% más desgaste respecto de las mezclas patrón

Obteniéndose un aumento del desgaste del concreto en promedio de un 20% respecto al desgaste de las mezclas patrón. Volviéndose a notar que el desgaste del concreto está en función de la resistencia del concreto original, a mayor resistencia del concreto original se obtendrán concretos reciclados de menores desgates.

A diferencia de las mezclas para 175 kg/cm^2 , se obtuvo que el porcentaje de desgaste extra generado por el uso de los agregados reciclados se vio incrementado, a pesar de que el promedio de desgaste se vio disminuido

6.4.3.3. Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Gráfica 62: Resistencia a la abrasión para diseño de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De acuerdo al gráfico se puede apreciar que a diferencia de las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , el tamaño del agregado que alcanzó en promedio un mayor desgaste fue el de 3/4", sin embargo, las variaciones entre tamaños son mínimas.

Se observa que a medida que aumenta el nivel de reemplazo de los agregados reciclados el desgaste del concreto tiene a aumentar; respecto a la influencia del tipo de agregado reciclado usado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 33.35% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 23.81% más desgaste respecto de las mezclas patrón
- Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.76% más desgaste respecto de las mezclas patrón

Con lo cual se obtiene que el desgaste debido al uso de los agregados de concreto reciclado se vio incremento en un promedio de 23.31% respecto al desgaste de las mezclas patrón, mostrando mejores resultados en aquellas mezclas que usaron los agregados provenientes de concretos de mayores resistencias.

Por último, se observa que el incremento del desgaste debido al uso de los agregados reciclados es mayor que los obtenidos en las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , a pesar de que el promedio del desgaste es menor que las anteriores resistencias.

7. CAPITULO VII: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

7.1. Análisis de Costos Unitarios

En esta sección lo más importante a evaluar es la influencia en el costo del concreto reciclado, para ello se ha calculado el costo de habilitación de este y posteriormente el costo de producción por 1m³ para las diferentes resistencias diseñadas.

7.1.1. Costo de Habilitación del Agregado Reciclado

El costo de habilitar el material para que sea triturado será el que se muestra en la siguiente tabla, sin embargo, este es el costo de 1m³ de materia prima que se reduce a 0.9m³ aproximadamente ya que, al ser procesados en la máquina trituradora, generan polvo y partículas pequeñas menores a 4.75 mm descartándose y perdiendo aproximadamente un 10% de su volumen (GEAR, 2008).

Lo siguiente es calcular el costo para 1m³ de agregado reciclado asumiendo que se tiene el 10% de pérdida de materia prima al momento del triturado; para procesar el concreto de demolición se cotizo el uso de una trituradora, cuyo rendimiento es de 100 m³/día y el precio puesto en obra por un día es de S. /2000.

COSTO DE LA HABILITACIÓN DEL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO					
Rendimiento: 100 m ³ /día	Cuadrilla: 1 Capataz + 1 Operario + 2 peones				
Unidad: m ³	Especificaciones: Chancadora de quijada (12.5 m ³ /hora), puesto en obra				
	unidad	cuadrilla	cantidad	Precio Unitario	Parcial (S./)
Mano de Obra					
Capataz	hh	1	0.080	23.11	1.85
Operario	hh	1	0.080	21.01	1.68
Peón	hh	2	0.160	15.33	2.45
Sub total					5.98
Materiales					
Trituradora de quijada	hm	1	0.080	211.86	16.95
Sub total					16.95
Equipo y Herramientas	%		0.05	5.98	0.30
Sub total					0.30
Total (S./)					23.23
Asumiendo que se tiene un 10% de pérdidas en la materia prima al momento de su trituración, entonces el costo que se tiene para la fabricación de 1m ³ de agregado de concreto reciclado será:					S/25.81
IGV (18%)					S/30.46

Tabla 80: Costo de Habilitación del Agregado Reciclado
(Fuente propia)

A continuación, se mostrará los resultados del análisis de costos unitarios para cada diseño de mezclas propuestos en esta investigación; el análisis se realizó con el objetivo de tener un costo estimado para producir la cantidad de 1 m³ de concreto para cada diseño planteado, posteriormente se realizó una comparación de estos resultados y se analizó la variación entre estos

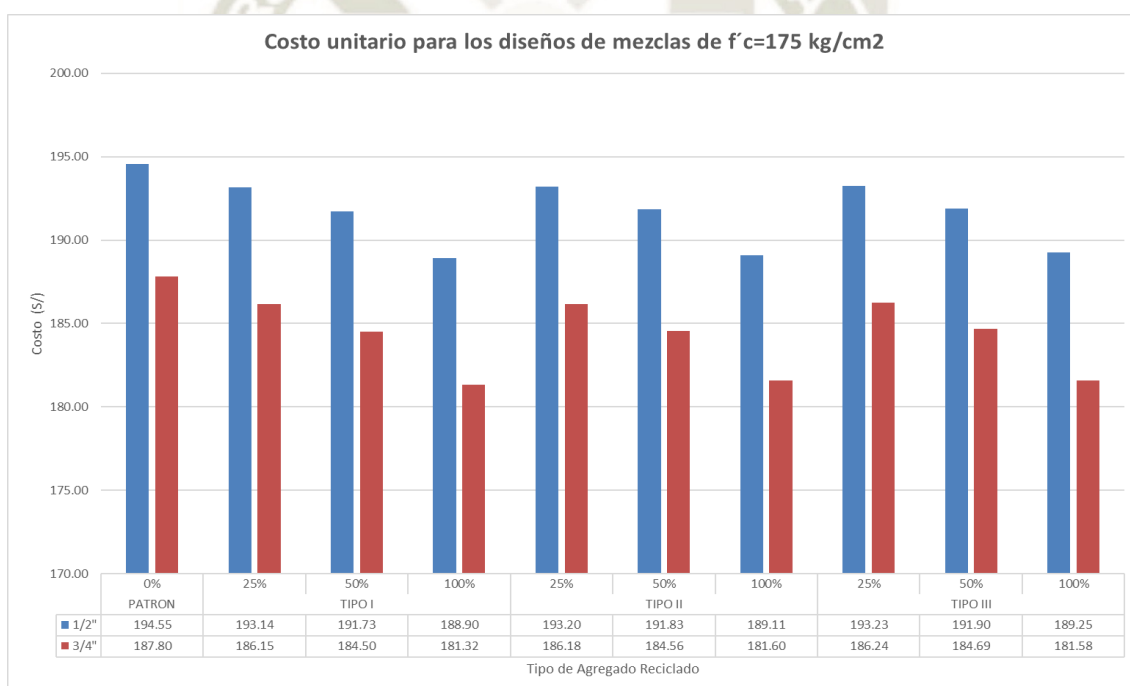
7.1.2. Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S./)	Costo de parcial (S./)	Costo Total (S./)	Diferencia (%)
175-1/2-P	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	194.55	0.00
	A.G.	0.347	m3	48.20	16.70		
	A.F.	0.292	m3	38.80	11.33		
	Agua	0.231	m3	5.00	1.16		
175-1/2-I-25	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	193.14	-0.72%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.293	m3	38.80	11.37		
	A.R.	0.088	m3	30.46	2.68		
	Agua	0.238	m3	5.00	1.19		
175-1/2-I-50	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	191.73	-1.45%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.294	m3	38.80	11.41		
	A.R.	0.176	m3	30.46	5.36		
	Agua	0.245	m3	5.00	1.23		
175-1/2-I-100	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	188.90	-2.90%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.296	m3	38.80	11.49		
	A.R.	0.353	m3	30.46	10.75		
	Agua	0.260	m3	5.00	1.30		
175-1/2-II-25	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	193.20	-0.70%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.294	m3	38.80	11.41		
	A.R.	0.089	m3	30.46	2.71		
	Agua	0.235	m3	5.00	1.17		
175-1/2-II-50	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	191.83	-1.40%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.295	m3	38.80	11.45		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.239	m3	5.00	1.19		
175-1/2-II-100	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	189.11	-2.80%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.299	m3	38.80	11.61		
	A.R.	0.358	m3	30.46	10.91		
	Agua	0.246	m3	5.00	1.23		
175-1/2-III-25	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	193.23	-0.68%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.295	m3	38.80	11.45		
	A.R.	0.089	m3	30.46	2.71		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.17		

175-1/2-III-50	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	191.90	-1.36%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.297	m3	38.80	11.53		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.236	m3	5.00	1.18		
175-1/2-III-100	Cemento	8.066	Bolsa	20.50	165.36	189.25	-2.72%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.303	m3	38.80	11.76		
	A.R.	0.359	m3	30.46	10.92		
	Agua	0.241	m3	5.00	1.20		
175-3/4-P	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	187.80	0.00
	A.G.	0.397	m3	48.20	19.15		
	A.F.	0.267	m3	38.80	10.35		
	Agua	0.214	m3	5.00	1.07		
175-3/4-I-25	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	186.15	-0.88%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.269	m3	38.80	10.43		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.224	m3	5.00	1.12		
175-3/4-I-50	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	184.50	-1.76%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.270	m3	38.80	10.47		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.17		
175-3/4-I-100	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	181.32	-3.45%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.274	m3	38.80	10.62		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.20		
	Agua	0.252	m3	5.00	1.26		
175-3/4-II-25	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	186.18	-0.86%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.270	m3	38.80	10.47		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.222	m3	5.00	1.11		
175-3/4-II-50	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	184.56	-1.73%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.272	m3	38.80	10.54		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.230	m3	5.00	1.15		
175-3/4-II-100	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	181.60	-3.30%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.278	m3	38.80	10.78		
	A.R.	0.406	m3	30.46	12.37		
	Agua	0.245	m3	5.00	1.22		

175-3/4-III-25	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	186.24	-0.83%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.271	m3	38.80	10.50		
	A.R.	0.100	m3	30.46	3.06		
	Agua	0.218	m3	5.00	1.09		
175-3/4-III-50	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	184.69	-1.66%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.275	m3	38.80	10.66		
	A.R.	0.201	m3	30.46	6.11		
	Agua	0.222	m3	5.00	1.11		
175-3/4-III-100	Cemento	7.670	Bolsa	20.50	157.23	181.58	-3.31%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.283	m3	38.80	10.98		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.22		
	Agua	0.230	m3	5.00	1.15		

Tabla 81: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)



Gráfica 63: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De la gráfica se puede observar que a medida que se aumenta el nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado va disminuyendo el costo del concreto tanto para el de las mezclas que usaron agregado de 1/2" y 3/4"; esto debido que el costo unitario de agregado reciclado calculado en el punto anterior es menor que el de agregado grueso natural.

Además, se observa que todas las mezclas que usaron agregado de 1/2" fueron las que obtuvieron un mayor costo, esto debido a la mayor cantidad de cemento que requería en su diseño, por último, se puede notar que las mezclas que usaron agregados de 3/4" presentan un mayor ahorro respecto a las mezclas que usaron agregados de 1/2".

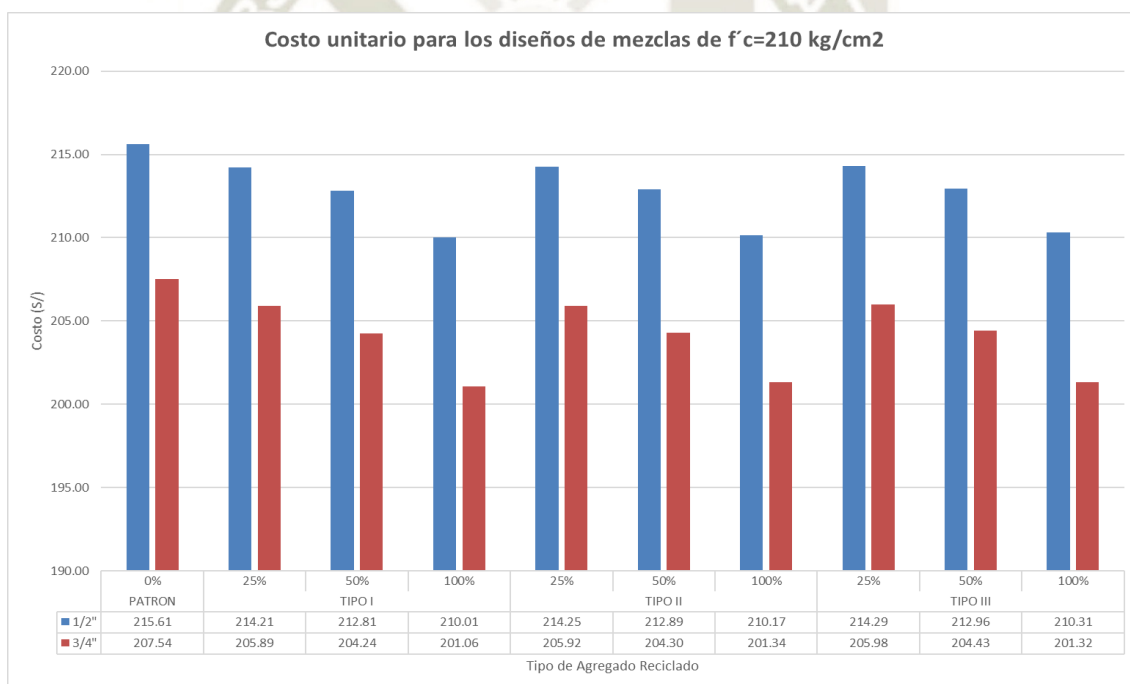
7.1.3. Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S./)	Costo de parcial (S./)	Costo Total (S./)	Diferencia (%)
210-1/2-P	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	215.61	0.00
	A.G.	0.347	m3	48.20	16.70		
	A.F.	0.276	m3	38.80	10.70		
	Agua	0.231	m3	5.00	1.15		
210-1/2-I-25	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	214.21	-0.65%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.277	m3	38.80	10.74		
	A.R.	0.088	m3	30.46	2.69		
	Agua	0.238	m3	5.00	1.19		
210-1/2-I-50	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	212.81	-1.29%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.278	m3	38.80	10.78		
	A.R.	0.177	m3	30.46	5.39		
	Agua	0.245	m3	5.00	1.23		
210-1/2-I-100	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	210.01	-2.60%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.280	m3	38.80	10.86		
	A.R.	0.355	m3	30.46	10.80		
	Agua	0.260	m3	5.00	1.30		
210-1/2-II-25	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	214.25	-0.63%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.278	m3	38.80	10.78		
	A.R.	0.089	m3	30.46	2.71		
	Agua	0.235	m3	5.00	1.17		
210-1/2-II-50	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	212.89	-1.26%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.279	m3	38.80	10.82		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.238	m3	5.00	1.19		
210-1/2-II-100	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	210.17	-2.52%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.283	m3	38.80	10.98		
	A.R.	0.358	m3	30.46	10.91		
	Agua	0.246	m3	5.00	1.23		
210-1/2-III-25	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	214.29	-0.61%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.279	m3	38.80	10.82		
	A.R.	0.089	m3	30.46	2.71		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.17		

210-1/2-III-50	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	212.96	-1.23%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.281	m3	38.80	10.90		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.236	m3	5.00	1.18		
210-1/2-III-100	Cemento	9.124	Bolsa	20.50	187.05	210.31	-2.46%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.287	m3	38.80	11.13		
	A.R.	0.359	m3	30.46	10.92		
	Agua	0.241	m3	5.00	1.20		
210-3/4-P	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	207.54	0.00
	A.G.	0.397	m3	48.20	19.15		
	A.F.	0.251	m3	38.80	9.76		
	Agua	0.214	m3	5.00	1.07		
210-3/4-I-25	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	205.89	-0.79%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.254	m3	38.80	9.84		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.224	m3	5.00	1.12		
210-3/4-I-50	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	204.24	-1.59%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.255	m3	38.80	9.88		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.17		
210-3/4-I-100	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	201.06	-3.12%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.259	m3	38.80	10.03		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.20		
	Agua	0.252	m3	5.00	1.26		
210-3/4-II-25	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	205.92	-0.78%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.255	m3	38.80	9.88		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.222	m3	5.00	1.11		
210-3/4-II-50	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	204.30	-1.56%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.257	m3	38.80	9.95		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.229	m3	5.00	1.15		
210-3/4-II-100	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	201.34	-2.98%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.263	m3	38.80	10.19		
	A.R.	0.406	m3	30.46	12.37		
	Agua	0.245	m3	5.00	1.22		

210-3/4-III-25	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	205.98	-0.75%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.256	m3	38.80	9.91		
	A.R.	0.100	m3	30.46	3.06		
	Agua	0.218	m3	5.00	1.09		
210-3/4-III-50	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	204.43	-1.50%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.260	m3	38.80	10.07		
	A.R.	0.201	m3	30.46	6.11		
	Agua	0.222	m3	5.00	1.11		
210-3/4-III-100	Cemento	8.661	Bolsa	20.50	177.56	201.32	-3.00%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.268	m3	38.80	10.39		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.22		
	Agua	0.230	m3	5.00	1.15		

Tabla 82: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)



Gráfica 64: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De la misma manera que las mezclas para 175 kg/cm^2 , se puede observar que a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado va disminuyendo el costo del concreto reciclado, independientemente del tipo de agregado reciclado que se use. Además, se vuelve a observar que todas las mezclas que usaron agregado de 1/2" fueron las que obtuvieron un mayor costo, y las mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron un mayor ahorro sobre las mezclas que usaron agregado de 1/2".

Por último, se observa el costo unitario aumento, y el porcentaje de ahorro en el uso de los agregados reciclados disminuyo, respecto a las mezclas para 175 kg/cm^2 .

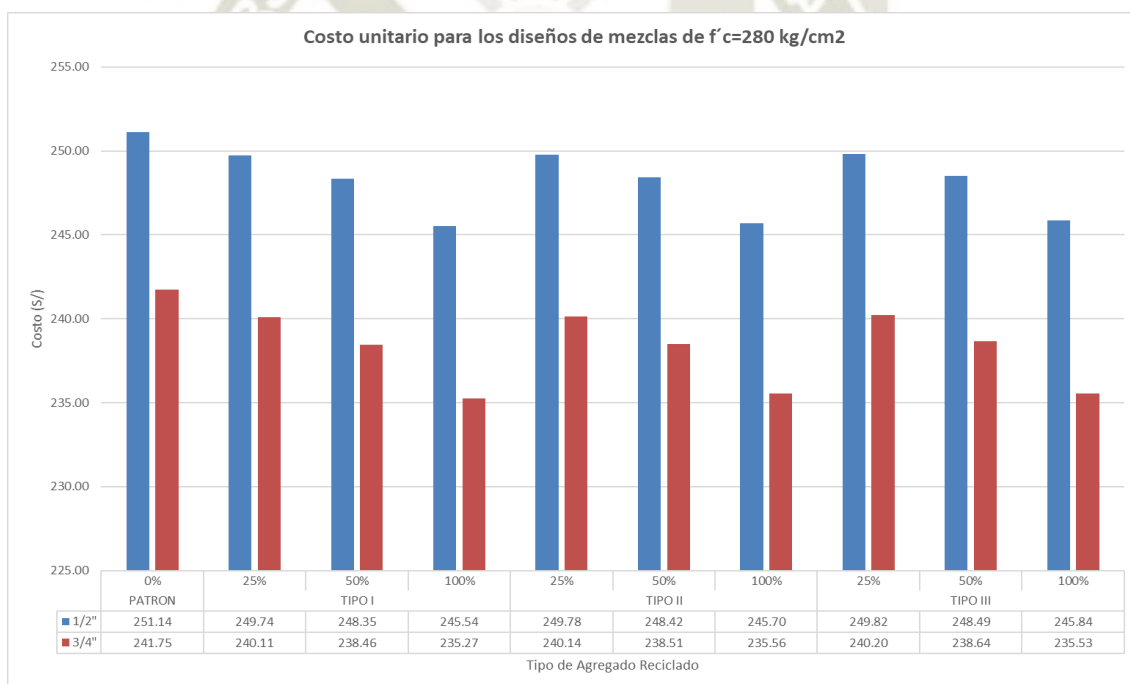
7.1.4. Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S./)	Costo de parcial (S./)	Costo Total (S./)	Diferencia (%)
280-1/2-P	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	251.14	0.00
	A.G.	0.347	m3	48.20	16.70		
	A.F.	0.248	m3	38.80	9.64		
	Agua	0.231	m3	5.00	1.15		
280-1/2-I-25	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	249.74	-0.56%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.249	m3	38.80	9.68		
	A.R.	0.088	m3	30.46	2.69		
	Agua	0.238	m3	5.00	1.19		
280-1/2-I-50	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	248.35	-1.11%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.250	m3	38.80	9.72		
	A.R.	0.177	m3	30.46	5.39		
	Agua	0.245	m3	5.00	1.22		
280-1/2-I-100	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	245.54	-2.23%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.252	m3	38.80	9.80		
	A.R.	0.355	m3	30.46	10.80		
	Agua	0.259	m3	5.00	1.30		
280-1/2-II-25	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	249.78	-0.54%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.249	m3	38.80	9.68		
	A.R.	0.090	m3	30.46	2.74		
	Agua	0.234	m3	5.00	1.17		
280-1/2-II-50	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	248.42	-1.08%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.251	m3	38.80	9.76		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.238	m3	5.00	1.19		
280-1/2-II-100	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	245.70	-2.17%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.256	m3	38.80	9.91		
	A.R.	0.358	m3	30.46	10.91		
	Agua	0.246	m3	5.00	1.23		
280-1/2-III-25	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	249.82	-0.53%
	A.G.	0.260	m3	48.20	12.54		
	A.F.	0.251	m3	38.80	9.76		
	A.R.	0.089	m3	30.46	2.71		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.17		

280-1/2-III-50	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	248.49	-1.05%
	A.G.	0.174	m3	48.20	8.38		
	A.F.	0.254	m3	38.80	9.84		
	A.R.	0.179	m3	30.46	5.46		
	Agua	0.235	m3	5.00	1.18		
280-1/2-III-100	Cemento	10.909	Bolsa	20.50	223.64	245.84	-2.11%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.260	m3	38.80	10.07		
	A.R.	0.359	m3	30.46	10.92		
	Agua	0.240	m3	5.00	1.20		
280-3/4-P	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	241.75	0.00
	A.G.	0.397	m3	48.20	19.15		
	A.F.	0.225	m3	38.80	8.73		
	Agua	0.214	m3	5.00	1.07		
280-3/4-I-25	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	240.11	-0.68%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.227	m3	38.80	8.81		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.223	m3	5.00	1.12		
280-3/4-I-50	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	238.46	-1.36%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.228	m3	38.80	8.85		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.233	m3	5.00	1.16		
280-3/4-100	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	235.27	-2.68%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.232	m3	38.80	9.01		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.20		
	Agua	0.252	m3	5.00	1.26		
280-3/4-II-25	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	240.14	-0.67%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.228	m3	38.80	8.85		
	A.R.	0.099	m3	30.46	3.02		
	Agua	0.221	m3	5.00	1.11		
280-3/4-II-50	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	238.51	-1.34%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.230	m3	38.80	8.93		
	A.R.	0.199	m3	30.46	6.06		
	Agua	0.229	m3	5.00	1.15		
280-3/4-II-100	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	235.56	-2.56%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.236	m3	38.80	9.17		
	A.R.	0.406	m3	30.46	12.37		
	Agua	0.244	m3	5.00	1.22		

280-3/4-III-25	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	240.20	-0.64%
	A.G.	0.298	m3	48.20	14.36		
	A.F.	0.229	m3	38.80	8.89		
	A.R.	0.100	m3	30.46	3.06		
	Agua	0.218	m3	5.00	1.09		
280-3/4-III-50	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	238.64	-1.29%
	A.G.	0.199	m3	48.20	9.58		
	A.F.	0.233	m3	38.80	9.05		
	A.R.	0.201	m3	30.46	6.11		
	Agua	0.222	m3	5.00	1.11		
280-3/4-III-100	Cemento	10.380	Bolsa	20.50	212.80	235.53	-2.57%
	A.G.	0.000	m3	48.20	0.00		
	A.F.	0.241	m3	38.80	9.36		
	A.R.	0.401	m3	30.46	12.22		
	Agua	0.229	m3	5.00	1.15		

Tabla 83: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)



Gráfica 65: Análisis de costo unitario para los diseños de mezclas de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
(Fuente propia)

De la misma manera que las mezclas para 175 y 210 kg/cm^2 , se puede observar que a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado va disminuyendo el costo del concreto reciclado, independientemente del tipo de agregado reciclado que se use. Además, se vuelve a observar que todas las mezclas que usaron agregado de 1/2" fueron las que obtuvieron un mayor costo y las mezclas que usaron agregados de 3/4" presentaron un mayor ahorro sobre las mezclas que usaron agregado de 1/2".

Por último, se observa que las mezclas para 280 kg/cm^2 presentaron un mayor costo y un menor ahorro en el uso de los agregados reciclados, respecto a las resistencias anteriores.

7.2. Análisis Costo-Beneficio

Para el calcular el beneficio de cada mezcla planteada en esta investigación, solo se tomó en cuenta solo las propiedades de resistencia a la compresión y de asentamiento, el beneficio para cada propiedad se calculó dividiendo el resultado obtenido entre el valor para cual se diseñó, obteniendo un porcentaje de cumplimiento, donde 100 % indica cumplimiento del valor de diseño planteado y porcentajes superiores o inferiores indican incremento o perdida respectivamente en el valor esperado.

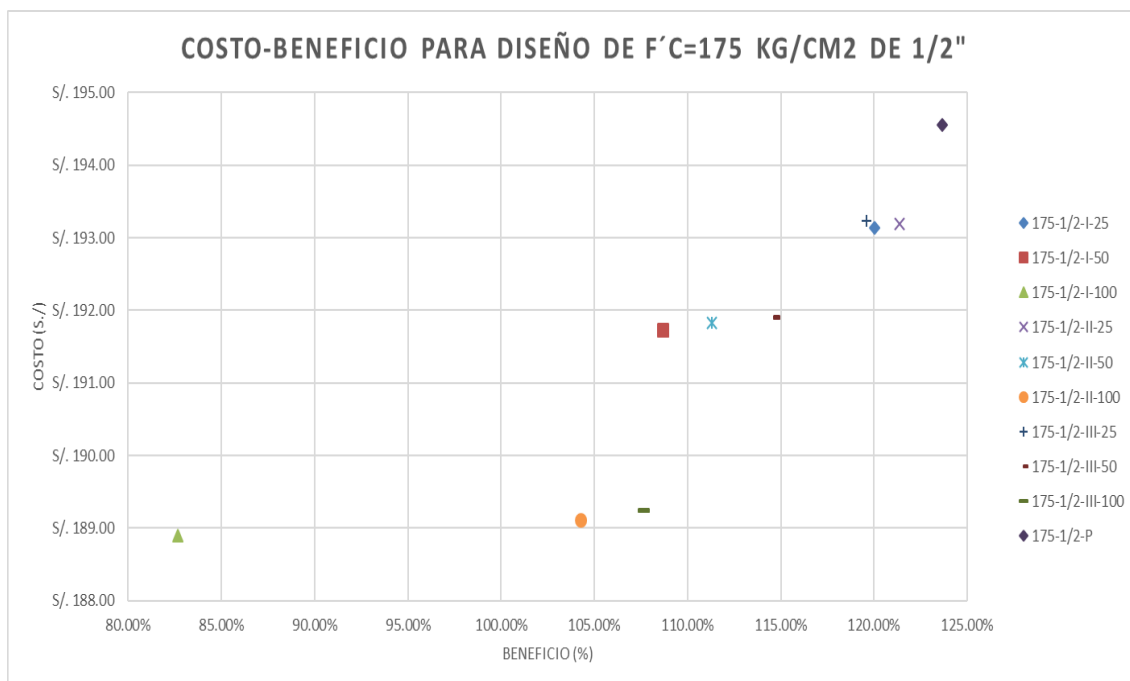
Posteriormente se realiza el análisis costo-beneficio, en el cual se analizarán las propiedades de resistencia a la compresión y asentamiento con el costo de cada diseño de mezcla, se calculará multiplicando el beneficio calculado para cada mezcla por un factor asignado de acuerdo a su importancia, para este análisis se consideró un factor de 0.8 para la resistencia a la compresión y de 0.2 a el asentamiento

7.2.1. Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=175$ kg/cm²

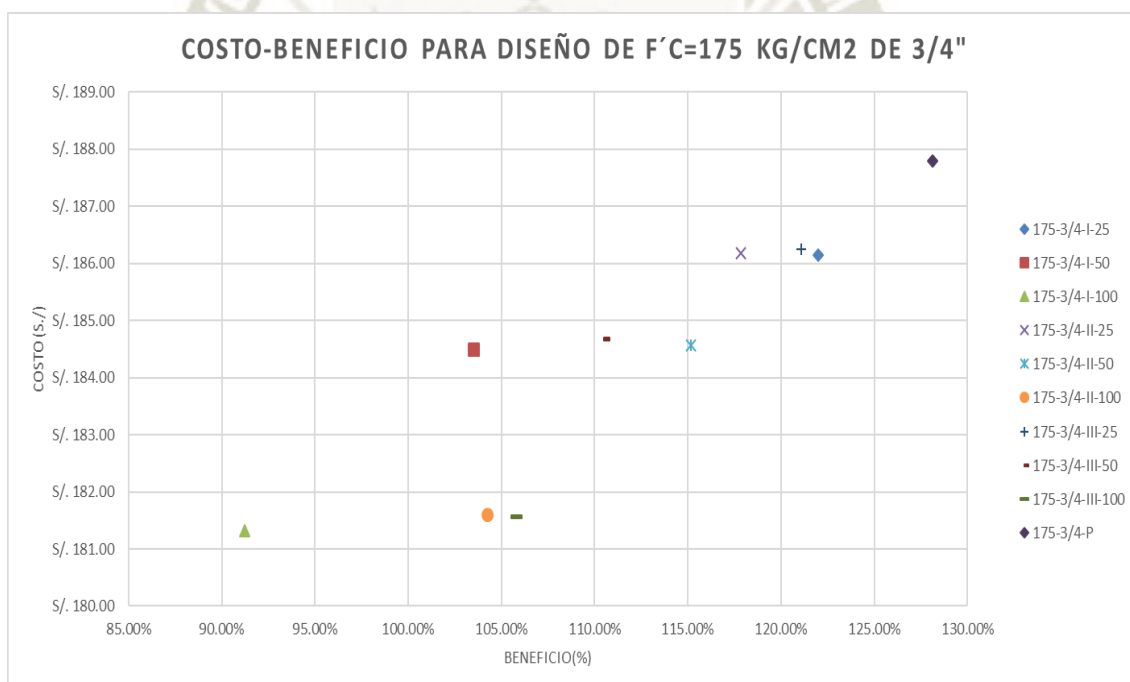
Código	Slump (pulg)	Res. a la Comp. (kg/cm ²)	Beneficio de Slump (%)	Beneficio de Res. a la Comp. (%)	Beneficio (Slump*0.2+ Resistencia*0.8)	Costo
175-1/2-P	4	212.16	133.33%	121.24%	123.66%	S/. 194.55
175-1/2-I-25	3.6	210.03	120.00%	120.02%	120.01%	S/. 193.14
175-1/2-I-50	3.8	182.26	126.67%	104.15%	108.65%	S/. 191.73
175-1/2-I-100	3	137.11	100.00%	78.35%	82.68%	S/. 188.90
175-1/2-II-25	3.8	210.12	126.67%	120.07%	121.39%	S/. 193.20
175-1/2-II-50	3.6	190.99	120.00%	109.14%	111.31%	S/. 191.83
175-1/2-II-100	3.2	181.41	106.67%	103.66%	104.26%	S/. 189.11
175-1/2-III-25	3.9	204.72	130.00%	116.98%	119.58%	S/. 193.23
175-1/2-III-50	3.9	193.85	130.00%	110.77%	114.62%	S/. 191.90
175-1/2-III-100	3.3	187.34	110.00%	107.05%	107.64%	S/. 189.25
175-3/4-P	3.8	224.86	126.67%	128.49%	128.13%	S/. 187.80
175-3/4-I-25	3.9	209.97	130.00%	119.98%	121.99%	S/. 186.15
175-3/4-I-50	3.4	176.81	113.33%	101.04%	103.50%	S/. 184.50
175-3/4-I-100	2.9	157.27	96.67%	89.87%	91.23%	S/. 181.32
175-3/4-II-25	3.3	209.71	110.00%	119.83%	117.87%	S/. 186.18
175-3/4-II-50	3.6	199.40	120.00%	113.94%	115.16%	S/. 184.56
175-3/4-II-100	3	184.26	100.00%	105.29%	104.23%	S/. 181.60
175-3/4-III-25	3.8	209.42	126.67%	119.67%	121.07%	S/. 186.24
175-3/4-III-50	3.3	193.61	110.00%	110.63%	110.51%	S/. 184.69
175-3/4-III-100	3	187.71	100.00%	107.26%	105.81%	S/. 181.58

Tabla 84: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=175$ kg/cm²

(Fuente propia)



Gráfica 66: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=175$ kg/cm² de 1/2"
(Fuente propia)



Gráfica 67: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=175$ kg/cm² de 3/4"
(Fuente propia)

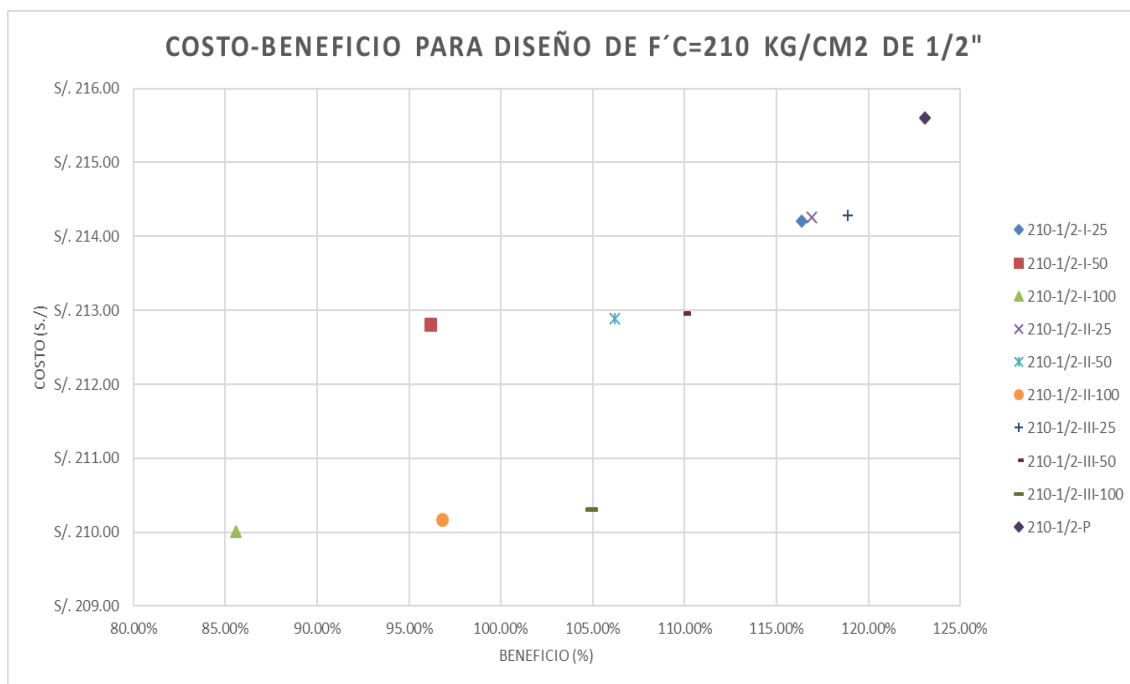
De las graficas anteriores se puede notar claramente que el concreto patron es el que presenta el maximo beneficio, pero al mismo tiempo presenta tambien el maximo costo, tambien se puede notar como el costo varia unicamente en funcion del nivel de reemplazo del agregado reciclado, mientras el beneficio varia en funcion del tipo y del nivel de reemplazo de estos, presentando mayores beneficios aquellas mezclas que usaron niveles de reemplazo bajos y agregados de mayor calidad

Además se puede notar que la mayoría de mezclas cumplieron con el beneficio esperado, con excepción de aquellas mezclas que usaron el agregado tipo I al 100% de reemplazo, esto debido a que estas mezclas usaron agregados de baja calidad en niveles de reemplazo altos. Con lo que se puede concluir que para diseños de 175 kg/cm² el uso de agregado reciclados es muy factible, pero siempre se debe tener cuidado con el tipo de agregado reciclado al realizar reemplazos totales

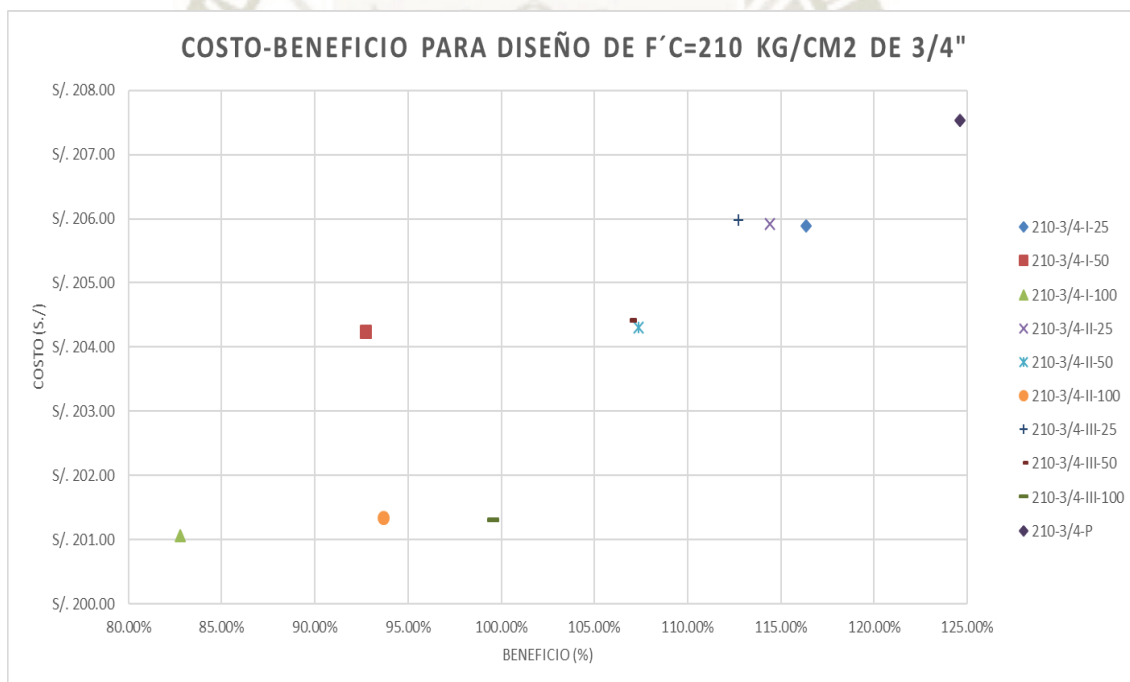
7.2.2. Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²

Código	Slump (pulg)	Res. a la Comp. (kg/cm ²)	Beneficio de Slump (%)	Beneficio de Res. a la Comp. (%)	Beneficio (Slump*0.2+ Resistencia*0.8)	Costo
210-1/2-P	3.3	265.31	110.00%	126.34%	123.07%	S/. 215.61
210-1/2-I-25	3	252.98	100.00%	120.47%	116.38%	S/. 214.21
210-1/2-I-50	3	199.92	100.00%	95.20%	96.16%	S/. 212.81
210-1/2-I-100	2.3	184.35	76.67%	87.78%	85.56%	S/. 210.01
210-1/2-II-25	3.2	250.95	106.67%	119.50%	116.93%	S/. 214.25
210-1/2-II-50	3	226.21	100.00%	107.72%	106.18%	S/. 212.89
210-1/2-II-100	2.1	217.31	70.00%	103.48%	96.78%	S/. 210.17
210-1/2-III-25	3.2	256.07	106.67%	121.94%	118.88%	S/. 214.29
210-1/2-III-50	3.3	230.91	110.00%	109.96%	109.97%	S/. 212.96
210-1/2-III-100	2.7	228.17	90.00%	108.65%	104.92%	S/. 210.31
210-3/4-P	3.1	272.79	103.33%	129.90%	124.59%	S/. 207.54
210-3/4-I-25	3.1	251.20	103.33%	119.62%	116.36%	S/. 205.89
210-3/4-I-50	2.3	203.10	76.67%	96.71%	92.70%	S/. 204.24
210-3/4-I-100	2.2	178.78	73.33%	85.13%	82.77%	S/. 201.06
210-3/4-II-25	2.7	253.07	90.00%	120.51%	114.41%	S/. 205.92
210-3/4-II-50	2.9	231.05	96.67%	110.03%	107.35%	S/. 204.30
210-3/4-II-100	1.9	212.67	63.33%	101.27%	93.68%	S/. 201.34
210-3/4-III-25	2.9	245.10	96.67%	116.72%	112.71%	S/. 205.98
210-3/4-III-50	2.7	233.40	90.00%	111.14%	106.91%	S/. 204.43
210-3/4-III-100	2.2	222.81	73.33%	106.10%	99.55%	S/. 201.32

Tabla 85: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=210$ kg/cm²
(Fuente propia)



Gráfica 68: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=210$ kg/cm² de 1/2"
(Fuente propia)



Gráfica 69: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=210$ kg/cm² de 3/4"
(Fuente propia)

Al igual que las mezclas para 175 kg/cm², se puede notar claramente que el concreto patron es el que presenta el maximo beneficio, pero al mismo tiempo presenta tambien el maximo costo, tambien se puede notar como el costo varia unicamente en funcion del nivel de reemplazo del agregado reciclado, mientras el beneficio varia en funcion del tipo y del nivel de reemplazo de estos agregados

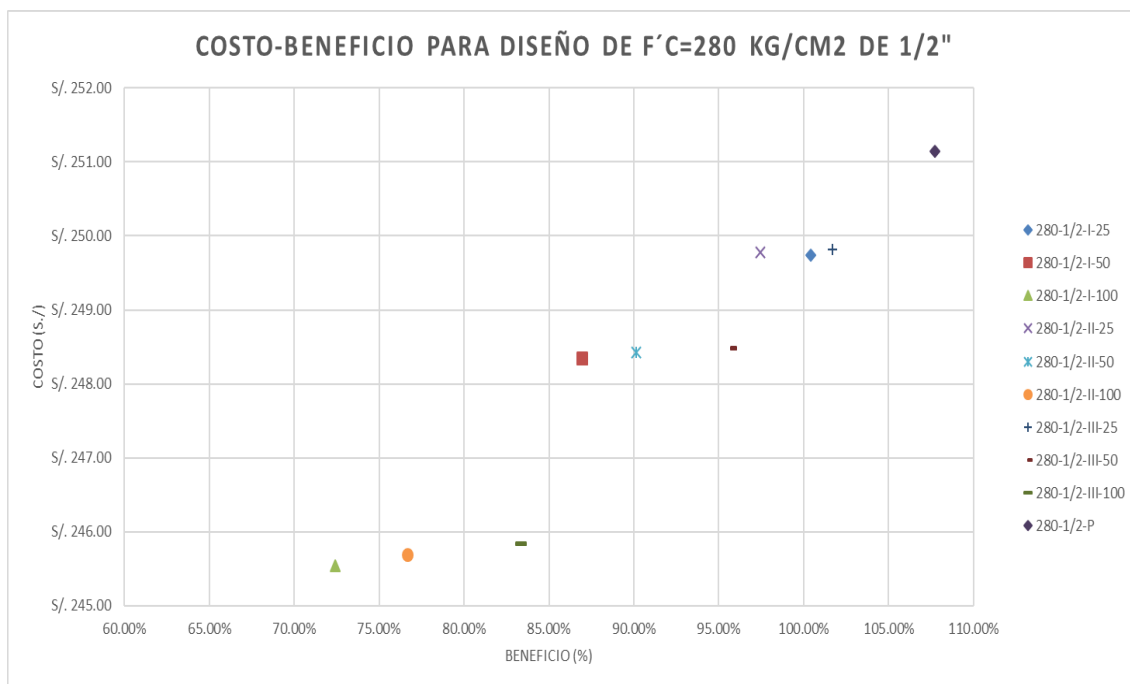
Respecto a los agregados de concreto reciclado, a diferencia de las mezclas de 175 kg/cm², se observa que solo las mezclas que usaron el 25% de reemplazo y algunas que usaron el 50%, llegaron al beneficio esperado, esto debido a que las que no cumplieron su meta usaron agregados de baja calidad en niveles de reemplazo altos.

Por último, se puede concluir que para los diseños de 210 kg/cm², solo sería recomendable usos de hasta el 50% de reemplazo del agregado reciclado, debiendo tener cuidado con el tipo de agregado reciclado que se usa, debido a que usar un agregado de baja calidad conlleva a pérdidas considerable en la resistencia

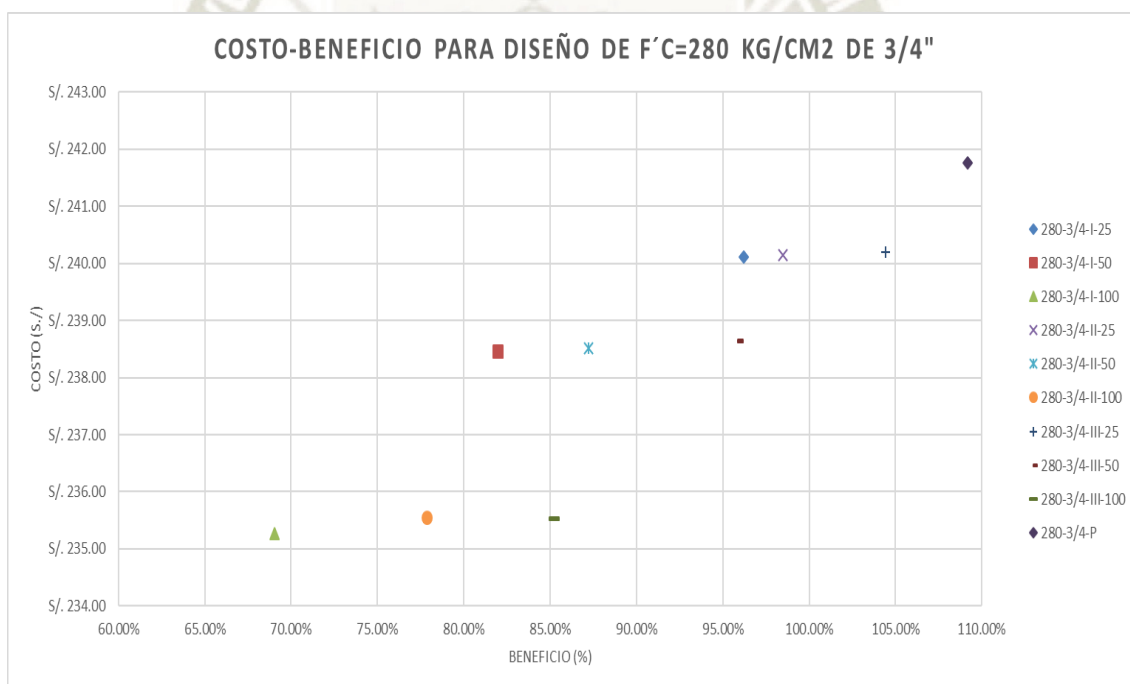
7.2.3. Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=280$ kg/cm²

Código	Slump (pulg)	Res. a la Comp. (kg/cm ²)	Beneficio de Slump (%)	Beneficio de Res. a la Comp. (%)	Beneficio (Slump*0.2+ Resistencia*0.8)	Costo
280-1/2-P	2.3	323.39	76.67%	115.50%	107.73%	S/. 251.14
280-1/2-I-25	2.3	297.78	76.67%	106.35%	100.41%	S/. 249.74
280-1/2-I-50	2	257.60	66.67%	92.00%	86.93%	S/. 248.35
280-1/2-I-100	1.6	216.10	53.33%	77.18%	72.41%	S/. 245.54
280-1/2-II-25	2.2	289.69	73.33%	103.46%	97.44%	S/. 249.78
280-1/2-II-50	2	268.80	66.67%	96.00%	90.13%	S/. 248.42
280-1/2-II-100	1.2	240.39	40.00%	85.85%	76.68%	S/. 245.70
280-1/2-III-25	2.2	304.55	73.33%	108.77%	101.68%	S/. 249.82
280-1/2-III-50	2.2	283.72	73.33%	101.33%	95.73%	S/. 248.49
280-1/2-III-100	1.3	261.29	43.33%	93.32%	83.32%	S/. 245.84
280-3/4-P	2.2	330.83	73.33%	118.15%	109.19%	S/. 241.75
280-3/4-I-25	2.1	287.68	70.00%	102.74%	96.19%	S/. 240.11
280-3/4-I-50	1.6	249.50	53.33%	89.11%	81.95%	S/. 238.46
280-3/4-I-100	1.7	201.99	56.67%	72.14%	69.04%	S/. 235.27
280-3/4-II-25	1.9	300.40	63.33%	107.29%	98.50%	S/. 240.14
280-3/4-II-50	2.1	256.23	70.00%	91.51%	87.21%	S/. 238.51
280-3/4-II-100	1.1	246.82	36.67%	88.15%	77.85%	S/. 235.56
280-3/4-III-25	2.2	314.16	73.33%	112.20%	104.43%	S/. 240.20
280-3/4-III-50	1.8	293.58	60.00%	104.85%	95.88%	S/. 238.64
280-3/4-III-100	1.3	267.85	43.33%	95.66%	85.19%	S/. 235.53

Tabla 86: Análisis Costo-Beneficio para los diseños de mezclas de $f'c=280$ kg/cm²
(Fuente propia)



Gráfica 70: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=280$ kg/cm² de 1/2"
(Fuente propia)



Gráfica 71: Costo-Beneficio para los diseños de $f'c=280$ kg/cm² de 3/4"
(Fuente propia)

Al igual que las mezclas para 175 y 210 kg/cm², se puede notar claramente que el concreto patron es el que presenta el maximo beneficio, pero al mismo tiempo presenta tambien el maximo costo, tambien se puede notar como el costo varia unicamente en funcion del nivel de reemplazo del agregado reciclado, mientras el beneficio varia en funcion del tipo y del nivel de reemplazo de estos agregados

Para las mezclas de 280 kg/cm², son muy pocas las mezclas que llegaron al beneficio esperado de ellas, únicamente algunas mezclas que usaron el 25% de reemplazo llegaron al beneficio esperado, esto debido a que las que no cumplieron su meta usaron agregados de baja calidad.

Por último, se puede concluir que para los diseños de 280 kg/cm², solo sería recomendable usos de hasta el 25% de reemplazo del agregado reciclado, debiendo tener cuidado con la disminución de la trabajabilidad mostrada al usar estos agregados para esta resistencia, además de tener cuidado del tipo de agregado reciclado que se usa, debido a que usar un agregado de baja calidad conlleva a pérdidas considerable en la resistencia.



CONCLUSIONES

1. AGREGADOS

- 1.1. Respecto a la granulometría se puede notar que los agregados reciclados presentaron en promedio un 308.10% más de porcentaje retenido en el fondo respecto a los agregados naturales, generando un menor módulo de fineza en los agregados reciclados, debido a que estos agregados presentan una mayor fragilidad que los agregados naturales.
- 1.2. En el peso específico se obtuvo que los agregados reciclados en todos los casos fueron menores que los agregados naturales, los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ " representan en promedio un 82.33% de su muestra patrón, mientras que los agregados reciclados de $\frac{1}{2}$ " representan un 82.20% de su muestra patrón; además se pudo notar como varía el peso específico en función de la procedencia del agregado de concreto reciclado, disminuyendo a medida que aumenta la resistencia del concreto original del cual provienen estos agregados; respecto a la influencia del tamaño del agregado, se observó que a medida que disminuye el tamaño del agregado el peso específico tiende a disminuir.
- 1.3. Respecto a la absorción se puede observar que los agregados reciclados presentan un porcentaje de absorción mucho mayor que los agregados naturales, llegando a ser en los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ " en promedio un 676.87% respecto a su muestra patrón, mientras que los agregados de $\frac{1}{2}$ " llegaron a ser en promedio un 454.22% respecto a su muestra patrón; esto se debe a la elevada presencia de mortero ya sea solo o adherido a los agregados; además, se puede notar como varía la absorción en función de la procedencia del agregado de concreto reciclado, aumentando a medida que aumenta la resistencia del concreto original del cual provengan estos agregados; respecto a la influencia del tamaño del agregado, se observó que a medida que disminuye el tamaño del agregado el porcentaje de absorción tiende a aumentar.
- 1.4. En el peso unitario suelto, se puede apreciar que los agregados reciclados obtuvieron menores valores que los de la muestra patrón, se observó que los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ " obtuvieron en promedio un 21.34% menos respecto a su muestra patrón, mientras que los agregados reciclados de $\frac{1}{2}$ " obtuvieron un 21.04% menos; además, se puede notar como varía en PUS en función de la procedencia del agregado de concreto reciclado, disminuyendo a medida que aumenta la resistencia del concreto original del cual provengan estos agregados; respecto a la influencia del tamaño del agregado, se observó que a medida que disminuye el tamaño del agregado el PUS tiende a disminuir.
- 1.5. Para el caso de peso unitario compactado, se logró apreciar que los agregados de concreto reciclado son en todos los casos menores a los de la muestra patrón, siendo en promedio un 19.43% menos respecto a la muestra patrón para los agregados reciclados de $\frac{3}{4}$ ", mientras que los de $\frac{1}{2}$ " obtuvieron en promedio un 19.49% menos; además se muestra la misma tendencia que en el PUS, que a medida que aumenta la resistencia del concreto original, el PUC tiende a disminuir; respecto a la influencia del tamaño del agregado se observó que a medida que disminuye el tamaño del agregado el PUC tiende a disminuir.
- 1.6. Respecto al porcentaje desgaste, el agregado natural obtuvo un 17.89%, mientras que los agregados reciclados este porcentaje varió entre 34.50% hasta 21.50%, pudiéndose notar una clara variación entre los agregados reciclados y los de la muestra patrón, siendo mayor en los agregados reciclados, además se pudo observar que a medida

que aumenta la resistencia del concreto original el porcentaje de desgaste de los agregados reciclados tiende a disminuir.

- 1.7. Por último, se puede llegar a concluir que las propiedades de los agregados de concreto reciclado se ven directamente influenciadas por la resistencia del concreto del cual provengan, es decir, una mayor resistencia del concreto original dará como resultado agregados reciclados de: menor peso específico, menor peso unitario suelto y compactado, mayor absorción y menor desgaste.

2. DISEÑO DE MEZCLAS

- 2.1. Del agregado reciclado se observa que el uso de estos reduce la dosificación del agregado grueso en las mezclas, siendo la dosificación del agregado reciclado en promedio un 7.81% menor respecto a la dosificación de los agregados naturales; debido a que el peso unitario compactado del agregado natural es mayor al peso unitario compactado del agregado reciclado.
- 2.2. En el agregado fino se puede notar que todas las mezclas que usaron agregados reciclados, presentaron en promedio un 2.10% más de agregado fino respecto a las mezclas patrón. Además, se debe notar como varía el agregado fino en función del nivel de reemplazo del agregado reciclado, aumentando a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado.
- 2.3. En la cantidad de agua efectiva, se puede notar que aquellas mezclas que usaron los agregados de concreto reciclado presentaron en promedio un 6.02% más de agua respecto a la cantidad de agua de las mezclas patrón, y como era de esperarse a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado, también aumentará la cantidad de agua necesaria en la mezcla, esto se debió al alto porcentaje de absorción presente en los agregados reciclados, generando una mayor demanda de agua.
- 2.4. Respecto a la variación entre las resistencias de diseño, los únicos parámetros que se ven afectados son la cantidad de cemento y la de agregado fino, mientras que a medida que aumenta la resistencia de diseño, la cantidad de cemento tiende a aumentar y la cantidad de agregado fino a disminuir.

3. CONCRETO EN ESTADO FRESCO

- 3.1. En el asentamiento se obtuvieron los siguientes resultados respecto al uso de los agregados de concreto reciclado:
 - Para los diseños de 175 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en la trabajabilidad en promedio de un 11.26% respecto de las mezclas patrón.
 - Para los diseños de 210 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en la trabajabilidad en promedio de un 15.53% respecto de las mezclas patrón.
 - Para los diseños de 280 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en la trabajabilidad en promedio de un 19.04% respecto de las mezclas patrón.

De lo anterior se puede concluir que a medida que aumenta la resistencia de diseño la trabajabilidad de las mezclas que usaron agregados reciclados tiende a disminuir, respecto al tamaño del agregado que se usa se notó que las mezclas que usaron el agregado de ½" mostraron una mayor trabajabilidad que aquellas que usaron agregados de ¾" en la mayoría de casos. Además, se notó que a medida que aumenta el nivel de reemplazo de los agregados reciclados el asentamiento tiende a disminuir, por último, se pudo notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una clara influencia sobre el asentamiento.

- 3.2. En el peso unitario, las variaciones encontradas entre las mezclas patrón y las mezclas de concreto reciclados fueron mínimas, teniendo que las mezclas que usaron los agregados reciclados tuvieron en promedio un 2.46% menos P.U. que las mezclas de concreto normal, esto debido a que los agregados reciclados presentan una menor densidad, lo cual resulta en un concreto de menor peso unitario, además se observó una tendencia a que a medida que aumenta el nivel de reemplazo del agregado reciclado el peso unitario del concreto tiende a disminuir.
- 3.3. Respecto a la temperatura del concreto en estado fresco, no se pudo encontrar una tendencia clara que determine la influencia tanto del tipo, tamaño o nivel de reemplazo del agregado de concreto reciclado, variando la temperatura entre 15.4 °C y 18.7 °C.
- 3.4. En la exudación se obtuvieron los siguientes resultados respecto al uso de los agregados de concreto reciclado:
 - Para los diseños de 175 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en el porcentaje de exudación en promedio de un 25.81% respecto de las mezclas patrón.
 - Para los diseños de 210 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en el porcentaje de exudación en promedio de un 27.01% respecto de las mezclas patrón.
 - Para los diseños de 280 kg/cm² se obtuvieron pérdidas en el porcentaje de exudación en promedio de un 28.81% respecto de las mezclas patrón.

De lo anterior se puede concluir que a medida que aumenta la resistencia de diseño la exudación de las mezclas que usaron agregados reciclados tiende a disminuir, respecto al tamaño del agregado que se usa se notó que las mezclas que usaron el agregado de $\frac{3}{4}$ " mostraron un mayor porcentaje de exudación que aquellas que usaron agregados de $\frac{1}{2}$ ", a pesar que fueron las mezclas que usaron agregado de $\frac{1}{2}$ " las que presentaron una mayor cantidad de agua exudada. Además, se notó que a medida que aumenta el nivel de reemplazo de los agregados reciclados la cantidad de agua exudada tiende a disminuir, por último, se pudo notar que el tipo de agregado reciclado que se usa no muestra una clara influencia sobre la cantidad de agua exudada.

- 3.5. De los resultados obtenidos del concreto en estado fresco se puede llegar la conclusión de que, con excepción de la temperatura, las demás propiedades estudiadas se ven directamente influenciadas por el nivel de reemplazo de agregado reciclado, mientras que la variable del tamaño del agregado afecta en menor medida estas propiedades; respecto al tipo de agregado reciclado este no mostro una clara influencia sobre las propiedades del concreto en estado fresco.

4. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

- 4.1. Según los ensayos de resistencia a la compresión de probetas, se lograron obtener los siguientes resultados respecto al uso de los agregados de concreto reciclado:
 - Para los diseños de 175 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 18.09% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 10.26% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 10.19% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
 - Para los diseños de 210 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 21.29% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.

- ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 13.80% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
- iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.23% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
- Para los diseños de 280 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 23% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 18.35% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.11% menos resistencia a la compresión respecto de las mezclas patrón.

De lo anterior se puede concluir que a medida que aumenta la resistencia de diseño, la pérdida en la resistencia a la compresión generada por el uso de los agregados reciclados tiende a aumentar. Además, se observa que la resistencia a la compresión se encuentra función tanto del tipo y nivel de reemplazo del agregado reciclado, obteniendo mejores resultados con niveles bajos de reemplazo y usando agregados provenientes de concretos de altas resistencias; respecto al tamaño del agregado se puede decir que aquellas mezclas usaron agregado de $\frac{3}{4}$ " tuvieron en promedio mejores resultados que aquellas mezclas que usaron agregado de $\frac{1}{2}$ ", sin embargo, estas variaciones de resultados entre ambos tamaños son mínimas.

4.2. Según los ensayos de resistencia a la tracción de probetas, se lograron obtener los siguientes resultados respecto al uso de los agregados de concreto reciclado:

- Para los diseños de 175 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 18.95% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 19.24% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 9.29% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
- Para los diseños de 210 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 20.34% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 17.20% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 13.62% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
- Para los diseños de 280 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 13.37% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 13.71% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 11.10% menos resistencia a la tracción respecto de las mezclas patrón.

De lo anterior se puede apreciar que no existe una tendencia clara respecto a cómo varía la resistencia a la tracción respecto al uso de agregado reciclado a medida que aumenta la resistencia de diseño. Además, se vuelve a observar que las mezclas que mostraron mejores resultados fueron aquellas que usaron los agregados reciclados provenientes de concreto de mayores resistencias; respecto al tamaño del agregado se

puede decir que aquellas mezclas usaron agregado de $\frac{3}{4}$ " tuvieron en promedio mejores resultados que aquellas mezclas que usaron agregado de $\frac{1}{2}$ ", sin embargo, estas variaciones de resultados entre ambos tamaños son mínimas.

4.3. Según los ensayos de desgaste del concreto, se lograron obtener los siguientes resultados respecto al uso de los agregados de concreto reciclado:

- Para los diseños de 175 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 25.99% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 19.60% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 9.61% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
- Para los diseños de 210 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 22.14% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 20.69% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 17.16% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
- Para los diseños de 280 kg/cm²:
 - i. Las mezclas que usaron agregado tipo I presentaron en promedio un 33.35% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - ii. Las mezclas que usaron agregado tipo II presentaron en promedio un 23.81% más desgaste respecto de las mezclas patrón.
 - iii. Las mezclas que usaron agregado tipo III presentaron en promedio un 12.76% más desgaste respecto de las mezclas patrón.

De lo anterior se concluye que a medida que aumenta la resistencia de diseño del concreto, el incremento en el desgaste debido al uso de los agregados reciclados tiende a aumentar. Además, se observó que aquellas mezclas que usaron el agregado tipo I fueron las que presentaron los mayores incrementos en el desgaste; respecto al tamaño del agregado se puede decir que aquellas mezclas usaron agregado de $\frac{3}{4}$ " tuvieron en promedio menores porcentajes de desgaste que aquellas mezclas que usaron agregado de $\frac{1}{2}$ ".

4.4. De los resultados obtenidos del concreto en estado endurecido, se puede llegar a la conclusión de que estos están en función al tipo y nivel de reemplazo del agregado reciclado, obteniéndose mejores resultados con niveles bajos de reemplazo y usando agregados de concreto reciclados procedentes de concretos de mayores resistencia, es decir a mayor resistencia del concreto original, se obtendrá un agregado reciclado de mayor calidad y por lo tanto mejores resultados tanto en compresión, tracción y desgaste.

5. COSTO-BENEFICIO

5.1. Del análisis de costos unitarios se puede observar lo siguiente:

- Para los diseños de 175 kg/cm², aquellas mezclas que usaron agregados de $\frac{1}{2}$ " lograron un ahorro de hasta 2.90% respecto a la muestra patrón, mientras que las que usaron agregados de $\frac{3}{4}$ " obtuvieron un ahorro de hasta 3.45%.

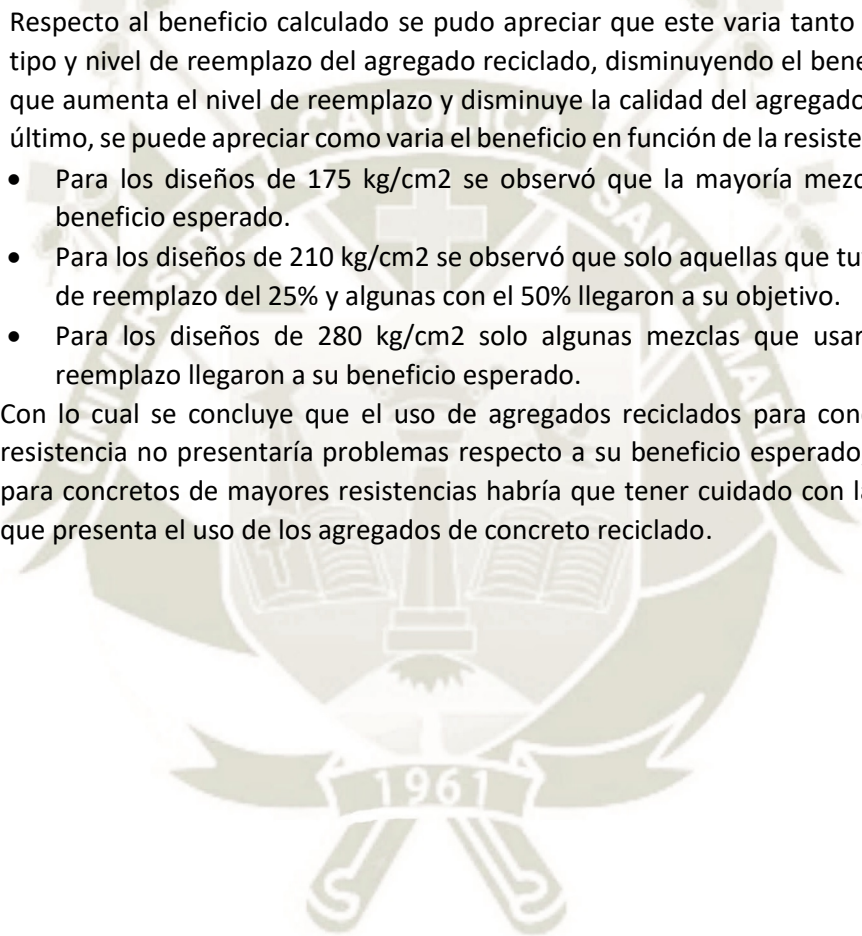
- Para los diseños de 210 kg/cm², aquellas mezclas que usaron agregados de ½" lograron un ahorro de hasta 2.60% respecto a la muestra patrón, mientras que las que usaron agregados de ¾" obtuvieron un ahorro de hasta 3.12%.
- Para los diseños de 280 kg/cm², aquellas mezclas que usaron agregados de ½" lograron un ahorro de hasta 2.23% respecto a la muestra patrón, mientras que las que usaron agregados de ¾" obtuvieron un ahorro de hasta 2.68%.

De lo anterior se puede concluir que aquellas mezclas que usaron agregados de 3/4" son las que presentaron un mayor ahorro, además se observa que a medida que aumenta la resistencia de diseño este porcentaje de ahorro tiende a disminuir. Además, se puede notar que el costo solo se ve influenciado por el nivel de reemplazo del agregado reciclado mas no por el tipo de agregado reciclado usado.

5.2. Respecto al beneficio calculado se pudo apreciar que este varia tanto en función del tipo y nivel de reemplazo del agregado reciclado, disminuyendo el beneficio a medida que aumenta el nivel de reemplazo y disminuye la calidad del agregado reciclado. Por último, se puede apreciar como varia el beneficio en función de la resistencia de diseño:

- Para los diseños de 175 kg/cm² se observó que la mayoría mezclas llegaron al beneficio esperado.
- Para los diseños de 210 kg/cm² se observó que solo aquellas que tuvieron un nivel de reemplazo del 25% y algunas con el 50% llegaron a su objetivo.
- Para los diseños de 280 kg/cm² solo algunas mezclas que usaron el 25% de reemplazo llegaron a su beneficio esperado.

Con lo cual se concluye que el uso de agregados reciclados para concretos de baja resistencia no presentaría problemas respecto a su beneficio esperado, mientras que para concretos de mayores resistencias habría que tener cuidado con las limitaciones que presenta el uso de los agregados de concreto reciclado.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de agregados reciclados en niveles bajos de reemplazo para cualquier mezcla de concreto, pero si se desea utilizar niveles altos de reemplazo se debe tener mucho cuidado con el tipo de agregado reciclado a utilizar.
2. Se recomienda utilizar agregados de concreto reciclado provenientes de concretos de altas resistencias, debido a los mejores resultados mostrados en esta investigación.
3. Si se desea utilizar residuos de una determinada obra, estos deberán obtenerse de forma ordenada, evitando mezclar materiales de diferente tipo para facilitar su proceso de clasificación y procesamiento.
4. Al obtener concreto de demolición de una determinada fuente existe la necesidad de caracterizarlo, para que de alguna manera pueda predecirse el comportamiento del nuevo concreto producido a base de ese agregado reciclado.
5. Se recomienda efectuar el proceso de triturado en la misma obra, así se puede tener un mayor control acerca de la procedencia del material de demolición, y además que resulta más económico que llevarlos a una planta trituradora.
6. Siempre se debe hacer un estudio económico que justifique el uso de los desechos de concreto como agregado reciclado, de este estudio se obtendrán los criterios que establecerán el tipo de agregado a usar y su respectivo porcentaje de reemplazo.
7. Durante el procedimiento de mezcla y para la realización de los ensayos en estado fresco y endurecido siempre usar los equipos de protección personal (EPPs).
8. Se podría recomendar el uso de aditivos plastificantes para los diseños de altas resistencias para evitar problemas con la alta absorción del agregado reciclado.
9. Se propone investigar la utilización de otros materiales procedentes de los residuos de construcción, como sería el caso de la albañilería reciclada, en reemplazo del agregado grueso.
10. Se propone investigar la influencia que tendría utilizar agregado fino procedente del concreto de demolición.
11. Se propone investigar sobre las diferencias entre el agregado fino reciclado y el agregado grueso reciclado, en diferentes niveles de reemplazo.
12. Se propone realizar investigaciones usando agregado de concreto reciclado que se encuentren en condiciones saturados superficialmente secos.
13. Se propone investigar usando diferentes métodos de curado sobre las mezclas de concreto reciclado.
14. Se propone realizar un estudio técnico-económico de la instalación de una planta de reciclaje para la fabricación de agregados reciclados en la ciudad de Arequipa.

BIBLIOGRAFÍA

- Barra de Oliveira, M. (s.f.). *Estudio de la durabilidad del hormigon de Arido Reciclado en su Aplicacion como Hormigon Estructural*. Universidad Politecnica de Cataluña.
- Bazán Garay, I. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN DE LIMA Y CALLAO*. Lima: PUCP.
- Burgos. (2010). *Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición*. Valdivia: Universidad austral de Chile.
- Carpio Fernández , E., & Peña Sánchez, E. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES CANTERAS DE PUZOLANA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA PARA CONCRETOS DE RESISTENCIAS $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 280 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 EN EL AÑO 2017*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Concrete Sustainability Initiative. (2006). *Reciclado Concreto*. CONSEJO MUNDIAL EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.
- GEAR. (2008). *Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición*. España: Proyecto GERD.
- Hansen, T., & Narud, H. (1983). Strength of Recycled Concrete Made from Crushed Concrete Coarse Aggregate. *ACI JOURNAL*.
- Hendriks, C. F. (2005). *Recycled aggregate in concrete*. RILEM.
- Katz, A. (2003). *Properties of concrete made whit recycled aggregate from partially hydrated old concrete*. Cement and Concrete Research.
- Kong, D. T. (2010). Effect and mechanism of surface-coating pozzalanics material around aggregate on proprieties and ITZ microstructure of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 701-708.
- Lopez Gayarre, S., & Agrela, S. d. (2011). Grupo de Trabajo 2/5. En S. Lopez Gayarre, & S. d. Agrela, *Hormigon Reciclado* (págs. 188-190).
- Lopez Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Martel. (2008). *Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones y su aprovechamiento*. Ciudad de México: UNAM.
- Mayorga, U. (2012). *Durabilidad de hormigones armados, con arido reciclado: Una evaluacion de la corrosion en un ambiente marino*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Medez de los Santos, N., Rodriguez Jiminez, C., & Gomez Cruz, N. (2010). *EL CONCRETO A BASE DE RECICLADOS, UNA NECESIDAD URGENTE A RESOLVER DESDE EL AMBITO EDUCATIVO Y EMPRESARIAL*. Instituto Tecnológico de Villahermosa.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. Lima: MTC.
- Montrone Pisculich, M., & Quispe Cotrina, A. (2007). *Desarrollo sostenible mediante el reciclaje y reutilizacion del desmonte como agregado del concreto en la construccion de viviendas*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

- Muñoz Ruiperez, C. (2015). *Propiedades físicas y durabilidad de morteros aligerados con arcilla expandida y agregados con aridos reciclados*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Nagataki, S. A. (2004). *Assessment of recycling process induced damage sensitivity of recycled concrete aggregates*.
- NTP 400.053. (1999). NTP 400.053, Concreto de Demolicion. En C. T. Construccion, *Norma Tecnica Peruana*. Lima.
- NTP.400.050. (1999). *Manejo de Residuos de la actividad de la construcción*. Lima.
- Otsuki, N. S. (2003). Influence of Recycled Aggregate on Interfacial Transition Zone, Strength, Chloride Penetration and Carbonation of Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 241 242.
- Padmini, Mathews, & Ramamutthy. (2000). Behaviour of Recycled Aggregate Concrete. *ICI journal*.
- Ponce Portocarrero, C. (2014). *ESTUDIO DEL CONCRETO RECICLADO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I*. LIMA: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Poon, C. S. (2002). *Use of recycled aggregates in molded concret bricks and blocks*. Construction and Building Materials.
- Portocarrero, C. P. (2014). *Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento Portland Tipo I*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- RILEM, I. U. (2006). *Demolicion y Reciclajes del concreto y la mamposteria especificaciones para concreto con agregados reciclados*.
- Ryu, J. S. (2002). An experimental study on the effect of recycled aggregate on concrete properties. *Magazine of Concrete Research*, 54.
- Sanchez, J. (2004). *Estudio sobre la utilizacion de arido reciclado para la fabricacion de Hormigon Estructural*.
- Sim, J. a. (2011). *Compressive strength and resistance to chloride ion penetration and carbonation of recycled aggregate concrete whit varying amount of fly ash and fine recycled aggregate*. Waste Management.
- Tam, V. W. (2008). Assesing relationships of concrete recycling decision and implementation in construccion industry . En *Journal of hazardous materials* (págs. 703-714).
- Tavakoli, M. a. (1996). Strenghts of recycled aggregate concrete made using field-demolished concrete as aggregate. En M. a. Tavakoli. *ACI Materials Journal*.
- WRAP. (2007). *Aggregate Research Program. Performance related approach to use of recycled aggregates*. WRAP.
- Yagishita, F. M. (1993). Behavior of Reinforced Concrete Beams Containing Recycled Coarse Aggregate. *Third International RILEM Symposium*.



Arequipa - Perú

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA



El que suscribe **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorios de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

HACE CONSTAR

Que el (los) Señor (es) Bachiller (es) en Ingeniería Civil:

EDSON ALBERTO CACERES VILCA
VICTOR ANDRE VALENCIA SALAS

Código N° 2012221191
Código N° 2012202871

Han realizado los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada **“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”**.

Los ensayos efectuados por los señores bachilleres fueron los siguientes:

DESCRIPCIÓN	CANT.
ENSAYOS EN AGREGADOS	
Contenido de Humedad (Ag. Fino)	3
Contenido de Humedad (Ag. Grueso)	24
Análisis Granulométrico por Tamizado (Ag. Fino)	3
Análisis Granulométrico por Tamizado (Ag. Grueso)	24
Peso Específico y Absorción (Ag. Fino)	3
Peso Específico y Absorción (Ag. Grueso)	24
Peso Unitario Suelto (Ag. Fino)	3
Peso Unitario Suelto (Ag. Grueso)	24
Peso Unitario Compactado (Ag. Fino)	3
Peso Unitario Compactado (Ag. Grueso)	24
Contenido de Impurezas Orgánicas (Ag. Fino)	3
Resistencia a la Abrasión (Ag. Grueso)	12
CONCRETO CONVENCIONAL*	
Compresión de Probetas de Concreto de 4"	900
CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS*	
Compresión de Probetas de Concreto de 4"	540
Resistencia a Tracción Indirecta - Ensayo Brasileño	180
Resistencia a la Abrasión	60

*La denominación fue indicada por los testistas.



Arequipa - Perú

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/. 7437.00

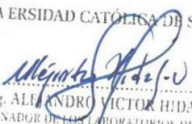
El costo cancelado por dichos ensayos asciende a S/. 500.00** (Comprobante B017-1055)

**Según autorización de la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el **28/02/2018** y el **24/07/2018**.

Se expide la presente constancia a solicitud de los Interesados para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 14 de Agosto del 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dr. Ing. ALFONSO VICTOR HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL
EPIC- FAICA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL