

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

Influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos.

**Para optar por el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:** Bach. Miguel Mario Anampa Ríos.

Bach. Evelyn Lourdes Bernaola Meléndez.

**ASESOR:** Mag. Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer.

**ABANCAY – APURÍMAC**

**2019**

**PÁGINA DEL JURADO**

DIRECTOR:

.....  
Ing. Ángel Maldonado Mendivil.

PRIMER JURADO:

.....  
Ing. Edilberto Gálvez Barrientos.

SEGUNDO JURADO:

.....  
Ing. Holguer Cayo Baca.

ASESOR:

.....  
Mg. Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer.

## **DEDICATORIA**

*A nuestros padres por todo lo que nos brindaron durante nuestra formación profesional, su aliento y esfuerzo fueron la motivación necesaria para culminar nuestros estudios, su confianza nos impulsa a seguir creciendo no solo como profesionales sino como personas de bien.*

*A nuestros familiares en general por su apoyo a lo largo de nuestra investigación.*

*A nuestros amigos que siempre nos apoyaron en las jornadas difíciles de trabajo, con el apoyo de ustedes se logró el objetivo.*

Miguel y Evelyn

## **AGRADECIMIENTO**

*Especial agradecimiento a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil en especial a los docentes que compartieron con nosotros sus conocimientos y experiencias, con lo cual contribuyeron a nuestra formación profesional.*

*A nuestro asesor por el compromiso y apoyo que nos ha brindado a lo largo de este proceso académico.*

Miguel y Evelyn

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PÁGINA DEL JURADO .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Capítulo I. Planteamiento del problema .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Formulación del problema.....	2
1.2.2. Problema general.....	2
1.2.3. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación De La Investigación .....	2
1.4. Objetivos de la investigación .....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Limitaciones .....	3
1.6. Delimitación.....	4
<b>Capitulo II. Marco teórico.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	5
2.1.1. A nivel internacional.....	5
2.1.2. A nivel nacional.....	12
2.2. Bases teóricas .....	16
2.2.1. Cemento.....	16
2.2.1.1. Características del cemento portland.....	17
2.2.1.2. Clasificación del cemento portland.....	17
2.2.2. Agua.....	17

2.2.3.	Agregados.....	18
2.2.3.1.	Clasificación de los agregados.....	20
2.2.3.2.	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	22
2.2.4.	Concreto.....	31
2.2.4.1.	Características del concreto.....	32
2.2.4.2.	Materiales componentes del concreto.....	32
2.2.4.3.	Tipos de concreto.....	33
2.2.4.4.	Propiedades del concreto.....	35
2.2.5.	Pavimentos.....	42
2.2.5.1.	Características que debe reunir un pavimento.....	43
2.2.5.2.	Clasificación de los pavimentos.....	43
2.2.5.3.	Tipos de deterioro en pavimentos de concreto.....	45
2.2.6.	Residuos de construcción y demolición (RCD).....	53
2.2.6.1.	Clasificación de los residuos de construcción y demolición.....	54
2.2.6.2.	Reciclado de pavimentos rígidos.....	55
2.2.6.3.	Impactos ambientales negativos generados por los RCD.....	59
2.3.	Marco conceptual.....	60
2.4.	Marco referencial.....	62
<b>Capítulo III.</b>	<b>Metodología de la investigación.....</b>	<b>64</b>
3.1.	Hipótesis.....	64
3.1.1.	Hipótesis general.....	64
3.1.2.	Hipótesis específica.....	64
3.2.	Método.....	64
3.3.	Tipo de investigación.....	65
3.4.	Nivel o alcance de investigación.....	65
3.5.	Diseño de investigación.....	66
3.6.	Operacionalización de variables.....	67

	VI
3.7. Población, muestra y muestreo.....	68
3.7.1. Población. ....	68
3.7.2. Muestra y muestreo.....	68
3.8. Técnica e instrumentos.....	68
3.9. Consideraciones éticas .....	70
3.10. Procesamiento de datos. ....	70
<b>Capítulo IV. Resultados y discusión.....</b>	<b>71</b>
4.1. Resultados .....	71
4.1.1. A nivel de la variable X/I.....	71
4.1.1.1. El agregado.....	71
4.1.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	73
4.1.2. A nivel de la variable Y/D. ....	87
4.1.2.1. Diseño de mezclas para la elaboración de un nuevo concreto. ....	87
4.1.3. Resistencias alcanzadas de los testigos de concreto. ....	107
4.2. Prueba De Hipótesis .....	112
4.3. Discusión.....	117
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de granulometría según la norma. ....	20
Tabla 2. Requisitos granulométricos de los agregados.....	29
Tabla 3. Número de esferas según gradación para el ensayo de abrasión.....	30
Tabla 4. Peso normalizado de la muestra según el tamaño del agregado.....	31
Tabla 5. Tipos de consistencia de la mezcla según su asentamiento.....	37
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	67
Tabla 7. Población en la cual estará enfocada la investigación.....	68
Tabla 8. Porcentaje de humedad agregado grueso en sus diferentes combinaciones.....	74
Tabla 9. Resultado del porcentaje de humedad que contiene el agregado fino.....	74
Tabla 10. Datos del peso específico y porcentaje de abs. del agregado grueso en sus combinaciones. ....	76
Tabla 11. Datos de los ensayos de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	77
Tabla 12. Datos de ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso..	78
Tabla 13. Datos obtenidos de los ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	79
Tabla 14. Datos obtenidos del tamizado del agregado grueso 100% reciclado. ....	80
Tabla 15. Datos del tamizado del agregado 25% MC + 75% MR. ....	80
Tabla 16. Datos obtenidos del tamizado del agregado grueso 50% MR + 50% MC. ....	81
Tabla 17 Datos del tamizado del agregado grueso 75% MC + 25% MR.....	82
Tabla 18. Datos del tamizado del agregado grueso 100% de cantera. ....	82
Tabla 19. Datos obtenidos durante el proceso de tamizado del agregado fino. ....	85
Tabla 20. Datos del ensayo de abrasión del agregado grueso y sus combinaciones. ....	87
Tabla 21. Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 100% reciclado.....	88



Tabla 22. Estimación de la cantidad de agua a utilizar. ....	88
Tabla 23. Relación de agua - cemento.....	88
Tabla 24. Contenido de agregado grueso. ....	89
Tabla 25. Peso del concreto fresco. ....	90
Tabla 26. Proporciones de todos los elementos que conforman la mezcla de concreto.....	91
Tabla 27. Proporción de materiales para el concreto.....	92
Tabla 28. Resultados de las propiedades del agregado grueso 25% MC + 75% MR. ....	93
Tabla 29. Proporciones de los elementos de la mezcla de concreto.....	95
Tabla 30. Cantidad de materiales para briquetas de concreto. ....	96
Tabla 31. Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 50% MC + 50% MR. .....	97
Tabla 32. Proporciones de los elementos de la mezcla de concreto.....	99
Tabla 33. Cantidad de materiales para briqueta de concreto (50% MC + 50% MR).....	100
Tabla 34. Resultados de las propiedades del agregado grueso 75% MC + 25% MR. ....	100
Tabla 35. Proporciones de los elementos que conforman la mezcla de concreto. ....	103
Tabla 36. Cantidades necesarias para vaciado de briquetas (75% MC + 25% MR). ....	103
Tabla 37. Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 100% de cantera...	104
Tabla 38. Proporciones de elementos que conforman la mezcla de concreto. ....	106
Tabla 39. Proporciones de todos los elementos que conforman la mezcla de concreto....	107
Tabla 40. Resistencia a la compresión de briquetas ensayadas (100% MR).....	108
Tabla 41. Resistencia a compresión de briquetas (25% MC + 75% MR).....	109
Tabla 42. Resistencia a la compresión alcanzada (50% MC + 50% MR).....	110
Tabla 43. Resistencia a la compresión obtenida (75%MC + 25%MR).....	110
Tabla 44. Resultados de someter a compresión briquetas (100% MC).....	111
Tabla 45. Resumen de resistencias obtenidas a los 28 días.....	112

Tabla 46. Datos estadísticos sobre la resistencia del concreto. ....	113
Tabla 47. Resultados obtenidos en el programa SPSS. ....	113
Tabla 48. Resumen de cantidad de materiales utilizados para la elaboración de concreto. .....	114
Tabla 49. Datos estadísticos sobre la influencia del agregado reciclado en el diseño del concreto. ....	114
Tabla 50. Resultados obtenidos en el programa SPSS. ....	114
Tabla 51. Resultados obtenidos en el programa SPSS. ....	115
Tabla 52. Resumen de resistencias obtenidas a los 28 días. ....	116
Tabla 53. Datos estadísticos sobre la resistencia del concreto. ....	116
Tabla 54. Resultados obtenidos en el programa SPSS. ....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección y etiquetado de muestras de agregado grueso proveniente de cantera .....	71
Figura 2. Procesamiento de bloques de concreto, para su posterior triturado en la chancadora. .....	72
Figura 3. Traslado del material reciclado a la chancadora, donde se triturara. ....	72
Figura 4. Recolección y etiquetado de muestras de agregado reciclado. ....	72
Figura 5. Recolección y etiquetado de agregado fino .....	73
Figura 6. Cont. de humedad del agregado grueso 50% MC + 50% MR .....	73
Figura 7. Cont. de humedad del agregado grueso 75% MC + 25% MR. ....	74
Figura 8. Cont. de humedad del agregado grueso 25% MC + 75% MR. ....	74
Figura 9. Secado superficial del agregado grueso como parte del ensayo de peso específico. .....	75
Figura 10. Una recopilación de imágenes del proceso del ensayo de peso específico y el porcentaje de absorción. ....	75
Figura 11. Secado superficial de la arena. ....	76
Figura 12. Peso al final para obtener el porcentaje de absorción. ....	76
Figura 13. Proceso del ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso. ....	77
Figura 14. Proceso del ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso. ....	78
Figura 15. El peso unitario del agregado fino. ....	78
Figura 16. El agregado grueso extendido para la gradación respectiva. ....	79
Figura 17. Se aprecia el tamizado de los agregados. ....	79
Figura 18. Tamizado del agregado fino. ....	85
Figura 19. La gradación del agregado grueso para la prueba de desgaste. ....	86
Figura 20. La colocación del material en la máquina de abrasión de los ángeles. ....	86

Figura 21. Tamizado del material para abrasión, para determinar el desgaste final. ....	86
Figura 22. Proceso de mezclado y prueba de cono de Abrams del concreto. ....	92
Figura 23. Vibrado manual de briquetas. ....	93
Figura24 .Elaboración de concreto y prueba de cono de Abrams para asegurar el slump. .	96
Figura 25. Proceso de elaboración de concreto con 50% MC + 50% MR .....	100
Figura 26. Elaboración de concreto y moldeado de briquetas.....	104
Figura 27. Concreto fresco, enrasado de moldes.....	107
Figura 28. Capeado y rotura de probetas de concreto. ....	108
Figura 29. Rotura de briquetas, concreto 50% MC + 50% MR. ....	109

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Curva granulométrica del agregado grueso 100% reciclada. ....	80
Ilustración 2. Curva granulométrica del agregado grueso 25% MC + 75% MR .....	81
Ilustración 3. Curva granulométrica del agregado grueso 50% MC + 50% MR .....	81
Ilustración 4. Curva granulométrica del agregado grueso 75% MC + 25% MR. ....	82
Ilustración 5. Curva granulométrica del agregado grueso 100% material cantera. ....	83
Ilustración 6. Gráfica que muestra que el material fino no cumple con los parámetros. ....	83
Ilustración 7. Gráfica que representa la gradación de los materiales. ....	84
Ilustración 8. Gráfica que representa la gradación del agregado fino. ....	84
Ilustración 9. Curva granulométrica del agregado fino, con el cual trabajaremos. ....	85
Ilustración 10. Gráfico del incremento de la resistencia (100% MR). ....	108
Ilustración 11. Gráfico del incremento de la resistencia (25% MC + 75% MR) .....	109
Ilustración 12. Gráfico del incremento de la resistencia (50% MC + 50% MR) .....	110
Ilustración 13. Gráfico del incremento de la resistencia (75% MC + 25% MR). ....	111
Ilustración 14. Gráfico que demuestra el incremento de la resistencia (100% MC). ....	111
Ilustración 15. Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 7 días.	117
Ilustración 16. Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 14 días. .....	117
Ilustración 17. Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 21 días. .....	118
Ilustración 18. Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 28 días.	118

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

	<b>PÁG.</b>
Gráfico 1. Medidas del cono de Abrams.Tecnología del concreto Ing. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág.48.....	36
Gráfico 2.Proceso de ensayo de cono de Abrams, para el concreto fresco.Tecnología del concreto, Ing. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág. 49.....	37
Gráfico 3.Medidas reglamentarias de briqueta de concreto. Tecnología del concreto.Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág.51. ....	39

## RESUMEN

La industria de la construcción ha ido en aumento a lo largo de los años y con ello la contaminación que generan los residuos provenientes de esta, por esta razón es importante pensar en soluciones alternativas para reutilizar estos residuos, el concreto reciclado es una de ellas; sin embargo, es necesario realizar pruebas respectivas para determinar si su empleo en este caso en pavimentos rígidos es óptimo.

Si nos enfocamos precisamente en los pavimentos es debido a la situación actual de nuestra ciudad, muchas de nuestras vías principales se ven desgastadas por el paso de los años; sin embargo, nuestra cultura medio ambiental es deficiente.

De estas vías en mal estado, se extrajeron bloques de concreto los cuales fueron procesados en una chancadora para convertirlos en partículas más pequeñas y ser empleadas como agregado grueso.

Estas muestras son provenientes de dos calles de la ciudad de Abancay, y se sometieron a los diferentes ensayos con el fin de definir sus propiedades y en qué medida aportan a la resistencia de un nuevo concreto, es necesario mencionar que se realizaron combinaciones de agregado grueso reciclado y de cantera en porcentajes del 25%, 50% y 75% con el fin de valorar su comportamiento y establecer en cuanto mejora su resistencia. Para someter a una fuerza de compresión al concreto endurecido, fue necesario elaborar 60 briquetas, 12 por cada combinación con el fin de ser evaluadas a los 7, 14, 21 y 28 días, y analizar las resistencias logradas.

Palabras clave: reutilizar, concreto nuevo, concreto reciclado, resistencia.

## ABSTRACT

The construction industry has been increasing over the years and with it the pollution generated by the waste coming from it, for this reason it is important to think of alternative solutions to reuse this waste, recycled concrete is one of them, however, it is necessary to perform respective tests to determine if its use in this case in rigid pavements is optimal.

If we focus precisely on the pavement is due to the current situation of our city, many of our main roads are worn down over the years however our environmental culture is deficient.

From these roads in poor condition concrete blocks were extracted which were processed in a crusher to turn them into smaller particles and be used as coarse aggregate.

For this reason our samples come from two streets of the city of Abancay, which underwent the different tests in order to define their properties and to what extent they contribute to the strength of a new concrete, it is necessary to mention that combinations were made of coarse recycled aggregate and quarry in percentages of 25%, 50% and 75% in order to evaluate their behavior and determine as soon as their resistance improves. To apply a compression force to the hardened concrete it was necessary to elaborate 60 briquettes, 12 for each combination in order to be evaluated at 7, 14, 21 and 28 days, and analyze the resistances achieved.

Keywords: reuse, new concrete, recycled concrete, resistance.



## INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, se investigaron soluciones en las que el ámbito de la construcción opere en armonía con la naturaleza sin ocasionar demasiados daños o por lo menos tratar de resarcirlos de alguna manera. Una de estas prácticas es el concreto reciclado, el cual es una alternativa de solución a lugares que no cuentan con un adecuado plan de manipulación de residuos de construcción.

Para esta investigación, se emplearon bloques de concreto provenientes de pavimentos que serían reemplazados, estos bloques fueron procesados hasta convertirlos en partículas con un tamaño de 3/4" aproximadamente con el fin de ser empleados como agregado grueso para la producción de un nuevo concreto a ser utilizado nuevamente en pavimentos rígidos.

Se determinaron las propiedades mecánicas de estos agregados, entre ellos el contenido de humedad, la absorción, el peso específico, peso unitario, granulometría y abrasión, para evaluar si cumplen con todas las medidas establecidas dentro de las normas.

Con los datos adquiridos de estos ensayos, se realiza el diseño de mezclas que se empleara para lograr las resistencias óptimas en un concreto utilizado en pavimentos.

Se desarrollaron combinaciones de agregados reciclados con aquellos provenientes de cantera en porcentajes de 25%, 50% y 75%, además de un concreto elaborado con 100% material de cantera que es tomado como un patrón, con el fin de evaluar su desempeño en cada caso y determinar si la resistencia se ve perjudicada de manera positiva o negativa por la presencia de elementos reciclados.

## Capítulo I.

### Planteamiento del problema

#### 1.1. Realidad problemática

Durante los últimos años, se ha sido testigo del mal estado de pistas y veredas de la ciudad de Abancay, esto causa un malestar constante en los pobladores de la ciudad, ocasionando quejas constantes en cuanto a refacciones inconclusas y mal hechas. Este es un problema latente en nuestra ciudad, pavimentos deteriorados causados por diferentes factores que van desde la antigüedad del pavimento, reposiciones mal hechas y hasta la ausencia de un sistema de alcantarillado que funcione correctamente y en sociedad a un sistema de evacuación de aguas pluviales completamente inexistente, son probablemente uno de los mayores problemas que aqueja nuestra ciudad en la actualidad. Este es un peligro inminente para la población, tanto conductores como peatones que transitan por las diferentes arterias de la población, además de causar mala imagen en una ciudad en vías de desarrollo.

Es algo sumamente importante mencionar que, en el mantenimiento de vías urbanas, no existe un manejo adecuado de los restos de demolición de las pistas y veredas ya existentes, provocando así que estas se desechen indiscriminadamente en lugares inadecuados y sobre todo sin la supervisión de un ente responsable, lo cual tendrá repercusiones en el ambiente con el paso de los años, y si bien las intenciones por mejorar las vías en nuestra ciudad son aceptables, con el paso del tiempo se convertirán en otro problema más en la lista, de los tantos que nos tendremos que hacer cargo tarde o temprano. Es por eso que se tratan de asociar los problemas que aqueja la ciudad para poder elaborar una solución en conjunto, que lejos de empeorar uno de estos aspectos pueda generar soluciones en cadena, que sean factibles económicamente para la ciudad.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Formulación del problema.**

El manejo inadecuado de residuos provenientes de la demolición de escombros y restos de concreto en nuestra ciudad generan un impacto ambiental negativo; por esta razón, se pretende mitigar dicha acción procesando dicho concreto antiguo y transformándolo en agregado para ser nuevamente utilizado y puesto en obra en las diferentes calles de nuestra ciudad.

### **1.2.2. Problema general.**

¿En qué medida influye el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos?

### **1.2.3. Problemas específicos.**

- ¿En qué medida influye el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en el aporte del agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos?

- ¿En qué medida influye el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos?

- ¿En qué medida influye el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos?

## **1.3. Justificación De La Investigación**

El presente trabajo tiene como propósito plantear la elaboración de un concreto reciclado, que reemplaza dentro de su composición, los agregados de origen natural por agregados extraídos de material de residuos de demolición de pistas y veredas en mal estado de la

ciudad de Abancay, determinar las propiedades del concreto reciclado y plantear las mejores aplicaciones de este en la reposición de pistas y veredas.

Implementar una modalidad de reciclaje de residuos de construcción y demolición reduciendo considerablemente la contaminación ambiental ocasionada por el mal depósito de estos residuos.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Determinar la influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

1. Explicar la influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en el agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.
2. Explicar la influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.
3. Explicar la influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

#### **1.5. Limitaciones**

Durante la investigación, nos limitamos a estudiar aspectos del agregado reciclado que constituyen netamente a la elaboración de concreto comparándolo con un concreto elaborado exclusivamente con agregado de cantera, esta cantera fue elegida básicamente, porque en este

mismo lugar realizamos el procesamiento de nuestras muestras recicladas con el fin de que ambas muestras tuvieran las mismas condiciones de chancado.

Para la obtención de muestras, es necesario tener en cuenta las calles que serían intervenidas en la ciudad y a donde se evacúan los desechos de demolición específicamente de pavimentos, por lo tanto, es importante obtener cierta información de diversas entidades públicas entre ellas la Municipalidad Provincial de Abancay, en la que se hicieron las gestiones pertinentes para poder acceder a la información que ellos manejan; sin embargo, existen múltiples trámites que realizar para poder obtener información, lo que sin duda dificulta mucho más el proceso de nuestra investigación.

El presupuesto económico es uno de los factores más importantes, debido al costo que genera específicamente el transporte de los bloques de concreto de la zona de extracción de muestras a la chancadora, así como de los agregados ya obtenidos de la chancadora al laboratorio donde serán ensayados. Si bien la universidad cuenta con los instrumentos necesarios para los ensayos, estos no son suficientes para la cantidad de alumnos que actualmente hacen uso de ellos, es por esa razón que los ensayos se realizaron en un laboratorio particular el cual imprimió un costo adicional.

## **1.6. Delimitación**

### **Delimitación espacial.**

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Abancay, provincia del mismo nombre, perteneciente a la región de Apurímac, donde se evaluó el estado actual de las vías que pertenecen al sector urbano, teniendo en cuenta la vida útil que poseen, ante el deterioro de la superficie merece ser removidas o reconstruidas.

### **Delimitación Temporal.**

La investigación fue realizada durante el año 2018, realizando todo el procesamiento y toma de muestras además de los ensayos de laboratorio.

## Capítulo II.

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. A nivel internacional.

Barroso, G & Gómez, C.(2011). *“Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales”* (trabajo de grado). Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, Venezuela. Cuyo objetivo principal es analizar la incorporación de materiales reciclados a partir de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales. Además de llegar a las siguientes conclusiones:

1. Mediante una comparación entre el concreto elaborado con agregado grueso reciclado y el concreto convencional nos demuestran que el concreto elaborado no es tan diferente como se podría pensar.
2. El agregado reciclado será utilizado en concretos en los cuales la resistencia requerida sea baja debido a la calidad limitada que posee en cuanto a la resistencia a la compresión en comparación con los agregados naturales.
3. Debido a estas limitaciones que presentan los agregados reciclados es posible que la estructura pueda presentar problemas.
4. No existen normas las cuales den luces acerca del uso del agregado reciclado, este es talvez el problema más grande para los proyectistas.
5. El costo de producción de un concreto reciclado en comparación a un concreto natural es similar, lo cual es un inconveniente en el proceso de implementar el agregado reciclado como parte de la extensa gama de materiales a poder ser utilizados en el rubro de la construcción. Sin duda existen muchas alternativas

mediante las cuales estos costos podrían aminorarse o por lo menos ser introducidos dentro del mercado mediante licitaciones públicas.

6. El uso de este material es viable como material de construcción debido a todo lo demostrado por los ensayos realizados además de contribuir como una solución a el desecho indiscriminado de desechos en botaderos. (págs. 117,118).

Cruz, J & Velásquez, R. (2004). “*Concreto reciclado*”(trabajo de grado). Instituto Politécnico Nacional, México. Cuyo objetivo principal es realizar un estudio del comportamiento de los residuos de construcción y demolición, en especial del escombros para que se pueda utilizar como agregados en el concreto; así como, determinar el empleo de este en el área de la construcción, dependiendo de su resistencia específica “f’c” que se alcance a la edad de 28 días .Además, de llegar a las siguientes conclusiones:

1. El escombros de concreto libre de sustancias o elementos que lo contaminen puede ser considerado conveniente como agregado grueso en la producción de concreto nuevo. Las propiedades de rigidez, durabilidad y trabajabilidad del concreto de agregados son aceptables.
2. Haciendo una comparación entre los concretos elaborados con agregado reciclado y agregado natural se concluye que la resistencia del concreto reciclado es más baja que la de uno convencional, pero este se puede mejorar debido a la adición de cemento en la mezcla, con esto se podría conseguir un concreto en igualdad de resistencia que el realizado con materiales naturales; además, posee como ventaja el disminuir de forma considerable el empleo y extracción de materias primas.
3. Este método de reciclaje de concreto es empleado en diversos países europeos y su estudio nos ayuda a determinar las propiedades de los agregados y observar si posee ventajas o desventajas para el diseño del concreto, investigaciones

realizadas anteriormente nos indican que si es un material que puede sustituir de manera satisfactoria a los agregados naturales.

4. Con el reciclaje de concreto demolido corregimos graves problemas, es importante tener que introducir en la construcción algunos cambios que cooperen con la conservación y mejoramiento de nuestro entorno.
5. Es importante mencionar las acciones que deben tomar tanto instituciones públicas como privadas, con el fin de crear conciencia de reciclaje en todas las familias del país y su implementación como un elemento provechoso (págs. 100,101).

Marroquín, E. (2012). “*Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas*” (trabajo de grado). Universidad de San Carlos, Guatemala. Tiene como objetivo principal reciclar desechos de concreto y verificar las características físicas y propiedades mecánica, proveniente de los ensayos realizados en laboratorio. Llega a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades físicas y mecánicas que posee el agregado reciclado se cumplen con respecto al agregado natural aunque el problema radica en los porcentajes de absorción , que son de 55,70% mientras que la especificación de la norma es del 12% como máximo.
2. Los agregados reciclados poseen un porcentaje de finos de 0,25% , esto sin duda genera que la mezcla requiera mayor cantidad de agua, lo cual resta resistencia al concreto. Las muestras obtenidas provienen de briquetas ensayadas demolidas con lo cual el indice de finos obtenidos es alto, siendo este de 4,39 %.
3. Las resistencias obtenidas por el concreto reciclado fueron bajas en relación a lo diseñado, esto debido a la cantidad de finos presentes en los agregados además de la cantidad de agua que se necesitaba, lo cual reduce considerablemente la



resistencia. Por otro lado la velocidad de fraguado que presenta es mucho más rápida que la de un concreto convencional.

4. El agregado grueso reciclado revasa los límites especificados por la Norma ASTM C-33 en el rango de partículas de diámetro de 1 ½ de pulgada, debido a esto el concreto reciclado obtuvo mayor demanda de agua respecto al concreto convencional (págs. 79,80).

García, C.(2009). “*Características mecánicas de concretos reciclados fabricados con desechos sólidos de construcción*” (trabajo de grado). Universidad Veracruzana, México. Tiene como objetivo principal analizar el material triturado (reciclado) elaborado con desechos sólidos de construcción, producto de la demolición de la capa de rodamiento de concreto hidráulico, obteniendo sus características físicas y mecánicas como agregado grueso. Caracterización del concreto en estado fresco y en estado endurecido en base a las normas oficiales mexicanas. Llega a las conclusiones que los agregados derivados de la demolición de pavimentos de concreto hidráulico, se pueden emplear como agregados gruesos en la fabricación de nuevos concretos. Los resultados que muestran una mayor diferenciación fueron en la prueba de absorción de agua, ya que en el agregado de desecho (pavimentos) fue muy elevada, esto también es atribuido a la porosidad del mortero adherido al agregado original de fabricación y/o a la propia porosidad de este; sin embargo, cumple con la normatividad de concretos reciclados. Las pruebas ejecutadas al concreto en estado fresco revelaron ventajas y desventajas, dentro de ellas tenemos que la consistencia del concreto elaborado con el agregado reciclado (pavimentos) es mejor que la del agregado natural (andesita) ya que los resultados se acercan más a los proyectados, y la desventaja se presenta por el mayor contenido de aire en el concreto elaborado con agregado reciclado (pavimentos), ambos resultados pueden ser consecuencia de la alta

porosidad. En cuanto a la masa volumétrica los resultados promedios quedaron muy parecidos, por lo que se puede decir en lo correspondiente a estas pruebas que el concreto reciclado tiene resultados favorables garantizando su utilización. La resistencia a la compresión y el módulo de ruptura obtenida en los especímenes de concreto reciclado, adquirieron valores mayores a los esperados, por lo que se puede decir, que el comportamiento mecánico es adecuado. Los resultados obtenidos por la norma cubana para determinar la absorción capilar del concreto, muestran que tanto el concreto elaborado con agregado natural y con agregado reciclado, tienen un comportamiento similar, por lo que se puede decir que dicho concreto cumplió con las pruebas satisfactoriamente. Finalmente, se puede decir que debido al comportamiento equivalente en todas las pruebas, tanto en forma de agregado como en concreto en estado fresco y endurecido, es factible la utilización de agregados gruesos reciclados (pavimentos) en la elaboración de nuevos concretos (págs. 85,86).

Ágreda, G & Moncada, G.(2015). *“Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados”* (trabajo de grado). Universidad Católica, Colombia. Cuyo objetivo principal es evaluar la viabilidad técnica del uso de agregado grueso reciclado en la elaboración de productos prefabricados para espacio público tales como sardineles, bordillos, cunetas y topellantas que cumplan con la normativa colombiana para este tipo de elementos (NTC-4109) y con estándares mínimos de calidad. Se llegó a concluir que mediante los ensayos practicados de la resistencia a la compresión en los tres tipos de mezcla fue conveniente, ya que en cada una de ellas se evidenciaron valores iguales o superiores a los 28 MPa demandados para el propósito que fueron diseñadas; sin embargo, la mezcla con contenido del 70% de agregado se destaca de las otras, ya que en los periodos de curado evaluados (7, 14 y 21 días ) se mantuvo constantemente en rangos superiores a los obtenidos al ensayar

la muestra testigo, alcanzando hasta un 8% de diferencia. Así mismo al realizar el ensayo a flexión se evidenció que la probeta que mayor valor obtuvo es la que presenta 70% de contenido de agregado grueso reciclado, sin embargo al realizar el ensayo de consistencia de concreto esta muestra fue la que presentó menor asentamiento, lo que significa una consistencia seca y pérdida en la manejabilidad de la mezcla. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, la mezcla de diseño comprendida de agregado grueso reciclado de 70% muestra los mejores resultados, por lo que sería la dosificación más adecuada para la elaboración de nuevos productos. Sin embargo, los cambios denotados en el análisis de resultados de cada una de las muestras probadas, en los diferentes períodos, evidencia que la muestra comprendida del 25% presenta valores incluso más bajos que los obtenidos en los de mezcla convencional, comportamiento que no coincide con la mezcla de 50% y 70%, por lo tanto se considera, no es sensato recomendar uno de los diseños como el más factible sin antes adelantar nuevamente la mezcla y sus concernientes ensayos y poder confirmar la información. La manejabilidad de concreto puede verse reducida al emplear materiales reciclados, por lo que se aumenta el consumo de agua, pero para que esta característica no afecte la propiedades del concreto es recomendable un aumento gradual hasta obtener la consistencia de mezcla deseada o se podría probar con algún tipo de aditivo plastificante que ayude a mejorar esta característica. El agregado grueso reciclado, demostró ser una opción viable como sustituto del agregado grueso convencional, para la elaboración de prefabricados tipo sardinel, bordillo, cuneta y tope llantas desde el punto de vista técnico, pues en todos los especímenes valorados se cumplió con lo requerido por la norma, al evaluarse mediante el ensayo de resistencia a la compresión así como el ensayo en el que se sometieron a flexión con relación a las probetas elaboradas con mezcla convencional (pág. 42).

Ruíz, C. (2011). “*Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos*” (trabajo de grado). Escuela Politécnica Del Ejército, Sangolquí. Tiene como objetivo principal analizar los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos en las vías Suma – Pedernales y Pedernales – San Vicente, y Chone – Calceta – Junín – Pimpiguasi, mediante la observación y monitoreo in situ y proponer soluciones técnicas a las fallas encontradas. Llega a la siguiente conclusión:

1. Se menciona que los pavimentos rígidos son una propuesta relativamente nueva la cual podría presentar problemas en cuanto a su construcción, por tanto, es importante mantener los procesos de construcción y normas establecidas para evitar deterioros.
2. Los pavimentos rígidos evaluados o monitoreados en el país presentan algunas patologías además de tener deficiencias en cuanto a la parte topográfica y pocas consideraciones ante agentes climáticos.
3. Mediante la verificación in situ de algunos proyectos en donde se construyen pavimentos rígidos se observa el déficit de control de calidad, evidenciándose los parámetros necesarios para su correcta ejecución y que este cumpla con los años de servicio previsto. Entre las diferentes falencias observadas podemos mencionar el deficiente control de materiales, temperaturas inadecuadas, procesos de curado deficientes, cortes de juntas en tiempos no idóneos, utilización de maquinaria inapropiada, modulación de losas fuera de los rangos de esbeltez sin cumplir lo estipulado en normas.
4. En los pavimentos se encuentran fallas; sin embargo, no se revelan las causas que lo ocasionan además de su proceso de reparación es deficiente técnicamente hablando, esto produce a su vez que estas reparaciones produzcan problemas de resistencia en losas aledañas.

5. Finalmente los agregados de la cantera de Picoaza de la cual se extrajeron los materiales, se determina que no son agregados aptos para concretos de alta resistencia debido a las características que presentan lo cual obliga a la utilización de mayor cantidad de cemento, además de la poca adherencia que proporcionan sus partículas por contener arcillas. (pág. 210)

### **2.1.2. A nivel nacional.**

Jordan, J & Viera, N.(2014). “*Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*” (título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Santa, Chimbote - Perú. Cuyo objetivo principal es 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. Llegan a la siguiente conclusión:

1. La mezcla que posee un 25% de agregado reciclado alcanza una resistencia a la compresión que se va incrementando en función a las demás de manera homogénea; sin embargo, el costo de producción es elevado en comparación a la mezcla con 50% de agregado grueso debido a la cantidad de agregado natural utilizado.
2. Se propone como la combinación idónea a utilizar el 50% de agregado reciclado y 50% de agregado natural, debido a lo obtenido durante todos los ensayos realizados, además de obtener una resistencia homogénea .
3. La mezcla de concreto que posee un 100% de agregados gruesos reciclados muestra una resistencia a la compresión irregular y poco homogénea, además de presentar inestabilidad por ello se recomienda su uso en obra de poca relevancia entre ellas veredas, pisos, etc.
4. El agregado reciclado requiere mayor cantidad de agua al ser empleado en concretos, esto debido a su alta cantidad de poros.

5. Las propiedades físicas del agregado de concreto reciclado; como el peso específico, absorción y los pesos unitarios, unicamente de la procedencia de el concreto que se procesó. (págs. 127,128)

Condori, Y.(2015). *“Reutilización de agregados en la producción del concreto para edificaciones en la ciudad de Juliaca”* (título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca - Perú. Cuyo objetivo principal es establecer mecanismos de selección en el manejo de residuos de la construcción y demoliciones, a fin de producir agregados reciclados para ser reutilizados en la elaboración de concretos estructurales para la construcción de edificaciones en la ciudad de Juliaca. Llega a las siguientes conclusiones:

1. La actividad de reciclaje y la importancia de su implementación en el sector de la construcción con el fin de obtener agregados reciclados provenientes de construcciones y demoliciones las cuales sean considerados de calidad para los usos requeridos.
2. Mediante las pruebas realizadas se determinaron las características físicas y mecánicas de los agregados determinando que los agregados de cantera son óptimos para la elaboración de concretos de buena calidad y los agregados reciclados poseen una calidad inferior en comparación al agregado natural pero que alcanza resistencias óptimas por lo que es posible emplearlos en estructuras que requieren altas resistencias.
3. Los concretos realizados con adiciones de agregados reciclados influyen mucho en la resistencia del concreto, a medida que el empleo de los agregados reciclados aumenta, la resistencia disminuye en un 6% (pág. 143).

Sumari, J.(2016). *“Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento portland tipo I”* (tesis para optar por el título

profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.

Concluye que:

1. El agregado reciclado posee una granulometría que se adapta a los parámetros establecidos en la norma NTP.400.037. El módulo de fineza del agregado grueso reciclado se reduce en un 1%.
2. El agregado fino reciclado presenta una granulometría que no se adapta a lo determinado dentro de la norma NTP. 400.037. El módulo de finura del agregado fino reciclado se incrementa en un 28%.
3. El agregado fino reciclado acrecienta su absorción a un 639%, reduce su peso unitario suelto un 15.2%, reduce el peso unitario compactado un 14.8%, reduce el peso específico un 19.5% y reduce la superficie específica un 22%.
4. El agregado grueso reciclado: acrecienta su absorción a un 867% reduce su peso unitario suelto un 11.3%, reduce su peso unitario compactado un 10.5%, reduce su peso específico un 10.9%, acrecienta su desgaste por abrasión e impacto un 121% y acrecienta la superficie específica un 16%.
5. El diseño de mezclas, mediante el método del agregado global se comporta de manera favorable. Según la muestra de comparación, el porcentaje de arena para obtener el máximo PUC del agregado global fue de 54% la cual concuerda con la resistencia máxima a la compresión axial; en el agregado reciclado el porcentaje de arena fue de 49.5% para el máximo PUC y la máxima resistencia a la compresión axial se obtuvo con un 51% de arena (pág. 44).

Asencio, A.(2014). *“Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>”* (tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Llega a la conclusión de que el concreto hecho con agregado de concreto reciclado extraído de

pavimento rígido de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> posee una resistencia 15.49% por debajo del concreto elaborado con agregados naturales a la edad de 28 días. El concreto hecho con agregado de concreto de pavimento rígido de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> es más liviano en 147 kg/m<sup>3</sup> que el concreto elaborado con agregados naturales. La deformación y módulo de elasticidad del concreto realizado a base de agregados de concreto reciclado es menor en 18.7% y 12.98%, respectivamente, que del concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días. Para que el concreto con agregado reciclado logre alcanzar la resistencia requerida (210 kg/cm<sup>2</sup>) es necesaria la incorporación de 1 bolsa/m<sup>3</sup> de cemento, lo que eleva el costo de producción de este un 2.8% en comparación del concreto elaborado con agregado natural. Los agregados reciclados utilizados como sustitutos de agregado natural son una forma de reutilizar el concreto, que debería ser implementada en Cajamarca, sobre todo por la escases que presentan los materiales pétreos de origen natural (pág. 103).

Erazo, N.(2018). *“Evaluación del diseño de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales”* (tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú. Cuyo objetivo principal es evaluar el diseño de concreto de  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>, utilizando agregados reciclados y agregados naturales para su aplicación en elementos no estructurales. Y presentan las siguientes conclusiones:

1. La combinación de agregado fino reciclado 35% mas el 65% de agregado fino natural presentan una granulometría acorde a NTP.400.037 y el módulo de fineza de 2.72, sin duda esta combinación antes mencionada es adecuada debido a que sus partículas se acomodan de tal modo que cumple con la norma técnica peruana.
2. El agregado grueso reciclado posee una granulometría poco uniforme según la NTP 400.037 debido a su distribución inadecuada de partículas, la utilización de este



material se puede realizar debido a que la NTP 400.037 argumenta que se podrán emplear agregados que incumplan con la granulometría establecida si se asegura obtener un concreto de buena calidad.

3. El agregado fino combinado presenta un peso específico de 2524 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual este material es un agregado del tipo normal debido a que esta entre los límites de 2500 a 2750 kg/cm<sup>2</sup>.
4. El agregado grueso reciclado presenta un peso específico de 2285 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual nos indica que este material es de tipo ligero por su valor inferior a los 2500 kg/cm<sup>2</sup>.
5. La absorción del agregado fino combinado y grueso reciclado son 2.92% y 5.3% respectivamente. Éstos valores son relativamente altos comparados con los valores de agregados naturales que oscilan entre 0.2% a 2% para agregados finos y 0.2% a 4% para agregados gruesos. El porcentaje de absorción que presentan los agregados reciclados es elevada debido a la cantidad de poros que poseen, además de que esta absorción aumenta debido a que este agregado esta adherido a mortero antiguo (pág. 128).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Cemento.**

El cemento es uno de los elementos que posee suma importancia dentro de la mezcla.

“El cemento portland es un producto que se adquiere de manera fácil y que al incorporarse con agua u otros elementos como la arena, piedra u otros materiales parecidos, tiene la cualidad de reaccionar a la presencia de agua hasta convertirse en una pasta la cual se endurecerá rápidamente, sustancialmente es un Clinker finamente triturado, procedente de la cocción a temperaturas excesivamente altas, de mezclas que contienen cal, alúmina fierro y sílice en cantidades establecidas” (Abanto, 2009, pág. 15).

### **2.2.1.1. Características del cemento portland.**

El cemento tiene ciertas características las cuales se describen a continuación:

“El cemento portland es un material en forma de polvo con una tonalidad gris, más o menos verdosa. Su comercialización se realiza en sacos de papel que contienen un peso neto de 42.5 kg de cemento y un pie cúbico de capacidad. Existen casos en los que el peso específico se desconocerá, en aquellos casos se considerará un valor de 3.15” (Abanto, 2009, pág. 16).

### **2.2.1.2. Clasificación del cemento portland.**

Los cementos portland están fabricados según ciertas normas, entre esas está la especificación ASTM, a continuación se muestra la clasificación:

TIPO I: este cemento se utiliza en obras generales, es uno de los más usados, sobretodo en el caso de no especificarse el uso de los otros 4 tipos.

TIPO II: este tipo de cemento es también utilizado en obras generales, además de ser empleado en obras cuya exposición a los sulfatos será moderada.

TIPO III: este cemento permite que el concreto elaborado obtenga una resistencia equivalente a la lograda a los 28 días en menos de 3 días, por lo cual se le denomina un cemento con una resistencia preliminar alta.

TIPO IV: es el cemento del cual se solicita un calor de hidratación mínimo.

TIPO V: un cemento que es enteramente utilizado con la finalidad de proteger las estructural que se ven altamente expuestas a aguas que contienen gran cantidad de sulfatos en su composición, generalmente el agua de mar. (Abanto, 2009, pág. 17).

### **2.2.2. Agua.**

El agua utilizada para la elaboración de concreto debe obedecer ciertas condiciones para que sea considerada apta y no perjudique a la mezcla de concreto.

“Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto; sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto” (Polanco, pág. 9).

“El agua a emplearse en la preparación del concreto deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero” (Abanto, 2009, pág. 21).

Indistintamente el uso de aguas que posean sustancias perjudiciales tales como sales de sodio o potasio en un porcentaje elevado está prohibido, en todos aquellos casos en que la relación álcali- agregado sea superior.

### **MÁXIMO**

- Cloruros ..... 300 ppm
- Sulfatos ..... 300 ppm
- Sales de magnesio ..... 150 ppm
- Sales solubles totales.....1500ppm
- Ph .....mayor de 7
- Sólidos en suspensión .....1500ppm
- Materia orgánica..... 10 ppm.

(Rivva, 1992, pág. 17)

Las sales u otros elementos dañinos que pudieron estar presente en los agregados y/o aditivos, deberán añadirse a aquellas que contribuye el agua de mezclado, a fin de analizar la cantidad de sustancias nocivas que pueden perjudicar al concreto, el acero de refuerzo, o los elementos embebidos (RNE, 2009, pág. 31).

### **2.2.3. Agregados.**

Según (Abanto, 2009) “los agregados se definen como los materiales inertes que se asocian con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua dando origen al concreto y

morteros. El agregado es uno de los componentes más importantes dentro de la mezcla de concreto porque constituyen el 75% de cualquier mezcla de concreto”. (pág. 23)

Lo agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2000 a 2500 kg/m<sup>3</sup>) deberán cumplir con los requisitos de la norma NTP 400.037 o de la norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto.

Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea, el agregado integral denominado hormigón deberá cumplirse con lo indicado en el acápite 3.3.10 del que menciona “El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto” (RNE, 2009, pág. 31).

Los agregados elegidos deberán ser procesados, trasladados, manejados, acopiados y dosificados de maneras tal de garantizar que:

- a) Minimizar considerablemente la pérdida de finos.
- b) Es indispensable mantener la uniformidad en el tamaño del agregado.
- c) No se originará contaminación con sustancias extrañas.
- d) No se producirá rotura o segregación importante en ellos. (Rivva, 1992, pág. 17)

“Los agregados fino y grueso deben estar exentos de contenido de sales solubles en un porcentaje que no supere el 0.04% si se trata del concreto armado, el 0.015% si se trata de concreto preesforzado (...). En el caso de agregados que hayan sido expuestos al sol, se recomienda dejar que estos se enfríen antes de depositarlos en la mezcladora” (Rivva, 1992, pág. 18).

### 2.2.3.1. Clasificación de los agregados.

#### a. Agregado fino.

“Se denomina como agregado fino a aquel que proviene de la descomposición natural o artificial de las rocas, que son tamizados por las mallas 9,5 mm (3/8”) y que acata los términos establecidos” (NTP 400.037, 2014, pág. 6).

“El agregado fino puede estar compuesto de arena encontrada de forma natural, también puede ser procesada, o una combinación de ambas. Sus partículas deben cumplir con ciertos requisitos entre estos la limpieza, poseer perfiles que sean por lo general angulares, duros, compactos y resistentes” (RNE, 2009, pág. 30).

El agregado fino debe estar regulado por los términos expuestos en la norma NTP 400.037. Según Rivva (1992) es favorable tomar en cuenta lo siguiente:

- a) La granulometría escogida tendrá que ser de preferencia consecutiva, con cantidades retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100 de la serie Tyler.
- b) El agregado no podrá retener más del 45% en dos mallas contiguas sin importar cuales son.
- c) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites. (pág. 19)

Tabla 1.  
*Límites de granulometría según la norma.*

MALLA	% QUE PASA
3/8”	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N°30	25-60
N°50	10-30
N°100	2-10

“Las arenas que cumplen los parámetros de módulo de finesa comprendido entre 2.2 y 2.8 dan como resultado concreto de una buena trabajabilidad además de no producir separación de la mezcla; y que las que se localizan en aquellos valores posicionados dentro de 2.8 y 3.1 son propicias para los concretos de alta resistencia” (Abanto, 2009, pág. 29).

El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013.

El porcentaje de partículas inadecuadas en el agregado fino no deberá sobrepasar los siguientes límites.

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables ..... 3%
- Material más fino que la malla N°200
  - Concreto sujetos a abrasión..... 3%
  - Otros concretos..... 5%
- Carbón:
  - Cuando la apariencia superficial del concreto es importante...0,5%
  - Otros concretos.....1%. (Rivva, 1992, pág. 20)

*b. Agregado grueso.*

El agregado grueso es denominado así por su composición de partículas retenidas en la malla NTP 4.75 mm(N° 4) y cumple con los términos determinados en la norma NTP 400.037. Esta podrá constar de gravas que se pueden obtener de manera natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso posee en su composición partículas que deben cumplir con ciertos parámetros, entre ellos estar libres de impurezas, tener rasgos angulares o semiangulares, ser duras, macizas, resistentes, y de textura por lo general rugosa.

“Deberá estar libre de tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales. El agregado grueso debe cumplir con una gradación impuesta y descrita en la norma NTP 400.037 o en la norma ASTM C 33” (Rivva, 1992, pág. 21).

“El tamaño máximo nominal del agregado grueso no podrá exceder un quinto de la dimensión más pequeña entre caras de encofrados, o un tercio de la altura de las losas, o tres cuartos del espacio recomendado como mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de pre esfuerzo” (Rivva, 1992, págs. 21,22).

Existen partículas dañinas en al agregado grueso que si exceden los límites a continuación establecidos no podrán ser aptos para la mezcla de concreto.

- Arcilla .....0,25%
- Partículas deleznales.....5,00%
- Materiales más finos que la malla N°200 .....1,00%
- Carbón y lignito:

Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0,50%

Otros concretos.....1, 00%

(...).El agregado grueso empleado en concreto para pavimento, o en estructuras sometidas a fenómenos de erosión, abrasión o cavitación, el agregado óptimo no presentara mayor desgaste que el establecido de acuerdo a las normas NTP 400.019 o 400.020, o a la norma ASTM C 31, el cual es el 50%. (Rivva, 1992, págs. 21,22)

### **2.2.3.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.**

Estas propiedades son fundamentales porque determinan la calidad y los parámetros necesarios para elaborar un concreto.

Cabe mencionar que todas estas propiedades dependen de los ensayos y procedimientos realizados con el fin de obtener datos que demuestran el comportamiento de los mismos.

Los ensayos necesarios se mencionan a continuación:

*a. Contenido de humedad.*

“El método generalmente calcula la humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad representativa de la fuente de agregado. En aquellos casos en que el agregado está alterado por estar expuesto a calor o cuando se soliciten mediciones más delicadas, el ensayo deberá efectuarse usando un horno ventilado con temperatura controlada” (NORMA TECNICA PERUANA, 2013).

Equipos:

Balanza. Con una proximidad al 0,1% del peso al que se somete en cualquier punto dentro del rango de uso. Si existe el caso en que se presente un intervalo igual al 10% de la capacidad de la balanza, la indicación del peso deberá tener una proximidad dentro del 0,1% del rango indicado.

Horno. Un horno oxigenado que rodee a la muestra de una temperatura permanente de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Cuando el proceso no obliga a tener una temperatura controlada, otras fuentes de calor pueden usarse, como una plancha o cocina eléctrica o a gas, lámparas caloríficas eléctricas o un horno microondas ventilado.

Recipiente para muestra. Una vasija la cual no sufra daños al ser expuesta a altas temperaturas y con bastante capacidad para contener la muestra sin riesgo de rebasar.

Tendrá la forma adecuada para que se ajuste a los parámetros requeridos y no exceda un quinto de la menor dimensión lateral. (NORMA TECNICA PERUANA, 2013)

Procedimiento:

- Determinar la masa del espécimen con una exactitud del 0,1%.



- Realizar el proceso de secado de la muestra exponiéndola a una fuente de calor, teniendo atención de impedir la pérdida de las partículas, es necesario realizar este proceso correctamente ya que la rápida ejecución provocaría que algunas partículas de la muestra estallen y se produzcan pérdidas.
- Emplear un horno cuya temperatura pueda ser regulada, la exposición del material a un calor excesivo puede causar alteraciones en cuanto a sus características. Si se usa una estufa como fuente de calor se deberá remover la muestra constantemente.
- La muestra quedará adecuadamente seca cuando el empleo de calor adicional pueda producir menos de 0,1% de pérdida añadida de masa.
- Realizar el pesado de la muestra con una proximidad de 0,1% teniendo en consideración que la muestra debe haber entibiado lo necesario para no deteriorar la balanza. (NORMA TECNICA PERUANA, 2013)

*b. Peso unitario y vacíos de los agregados (MTC E 203).*

Es importante obtener el valor del peso unitario ya que se considera un dato indispensable en la elaboración del diseño de mezclas.

Además es necesario para determinar la relación masa/volumen para conversiones generalmente que tienen que ver con la adquisición de materiales y el almacenamiento de estos.

Equipos:

Balanza. Con una precisión de 0,1% en relación al peso de la muestra utilizada.

Recipiente de medida. Este recipiente es metálico y de forma cilíndrica, lo suficientemente firme y rígido para no sufrir ninguna deformación durante el proceso del ensayo.

Varilla compactadora. De acero liso, con forma cilíndrica de 5/8" de diámetro, uno de los extremos tendrá la punta redondeada.

Pala de mano. Será necesario el empleo de un cucharón para rellenar el recipiente del material a ensayar.

Regla metálica. Necesaria para enrasar el material depositado en el recipiente.

Procedimiento:

Es necesario calcular el volumen y el peso del molde con el cual se realizará el ensayo.

*Peso unitario suelto.*

- Ayudados de un cucharón se continua llenando el recipiente con el material a ensayar desde una altura de 5 cm hasta que este rebose.
- Se enrasa el recipiente con una regla metálica.
- Se determina el peso del recipiente más el contenido, y se registran los datos obtenidos.

*Peso unitario compactado.*

- El recipiente se llenara en tres capas, cada capa se apisonara con la varilla compactadora dando 25 golpes distribuidos uniformemente a lo largo de toda la superficie.
- Cuando se apisone la última capa, se enrasara la superficie con la regla metálica.
- Por último, se realizará el pesaje de la muestra y el recipiente, realizando el registro de los datos. (MTC, 2016, pág. 298)

*c. Gravedad específica y absorción (MTC E 205)*

“El peso específico es la propiedad habitualmente empleada para deducir el volumen adquirido por el agregado en diversas mezclas que contienen agregados. Los valores de absorción son empleados para deducir la transformación de la masa de un agregado por el agua que absorben los poros y entre las partículas que lo conforman, contrastando el estado del agregado completamente seco, con el que es considerado que ha estado en

relación con el agua lo suficiente para impregnar la mayor absorción potencial” (MTC, 2016, pág. 309).

*Para agregado fino.*

Equipos:

Balanza. Con tonelaje mínimo de 1000 g o más y proximidad de 0,1 g.

Horno. Un horno oxigenado el cual posea la capacidad de brindar una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  a la muestra.

Estufa. Capaz de mantener una temperatura continua.

Frasco volumétrico. Con una capacidad de 500 ml.

Molde cónico. Este molde será metálico de 40 mm de diámetro interior en el extremo menor, 90 mm de diámetro interior en su extremo mayor y 75 mm de altura.

Varilla. Esta varilla es metálica y sirve para apisonar el material, en uno de sus extremos posee una punta de superficie circular plana.

Procedimiento:

La muestra será sumergida en agua durante 24 horas, con el fin de absorber agua en su totalidad.

Ayudados de la estufa secaremos el material superficialmente hasta que las partículas no se peguen entre sí. Colocaremos el molde cónico y lo llenaremos de material y apisonaremos la superficie 25 veces con la varilla metálica, al retirar el cono la muestra no debe mantener la forma del cono ni desmoronarse en su totalidad.

Cuando la muestra esta lista, debe ser introducida en el frasco volumétrico y llenarlo con agua hasta alcanzar la marca señalada. A su vez agitaremos el frasco con el fin de eliminar las burbujas existentes.

La burbujas se eliminaran de manera manual al rodar, invertir o agitar el frasco.

Después se procede a establecer el peso del frasco, la muestra y agua.

Mover el agregado fino en un recipiente el cual soporte las altas temperaturas y llevarlo al horno con el fin de determinar la absorción del material.

*Para agregado grueso.*

Equipos:

Balanza. Que posea una sensibilidad de 0,5 g y con capacidad de 5000 g o más. La cual estará provista con un mecanismo con capacidad de suspender la cesta de alambre en el recipiente con agua y ser pesado sin ninguna alteración.

Cesta con malla de alambre. Con abertura que corresponda al tamiz N° 6 o menor.

Depósito de agua. Que pueda ser lo suficientemente grande para almacenar el agua necesaria para el ensayo, además de brindar la facilidad de sumergir la canasta de alambre.

Paño. Que nos ayudara a secar superficialmente cada una de las partículas a ser ensayadas.

Procedimiento:

Se introduce la muestra en agua durante 24 horas, con el fin de que el agua penetre en la muestra.

Al mover la muestra del agua, se continúa con el secado de muestras con una tela absorbente, con el fin de que estas queden saturadas superficialmente secas y se determina su peso en esas condiciones.

Después se coloca la muestra saturada superficialmente seca en la cesta de alambre y se realiza el peso de esta sumergida en agua.

Secar la muestra en el horno durante 24 horas y dejar enfriar para luego realizar el pesaje de la muestra. (MTC, 2016, pág. 309)

*d. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204).*

“Este ensayo es fundamental para determinar la gradación de los materiales ya sean gruesos como finos y determinar si estos cumplen con los límites establecidos en la curva granulométrica” (MTC, 2016, pág. 305).

Equipos:

Balanzas. Se utilizarán balanzas con diferentes características para cada agregado.

*Para agregado fino:* Con proximidad de 0,1 g y precisión a 0,1% del peso de la muestra que va ser estudiada.

*Para agregado grueso:* Con proximidad de 0,5 g y precisión a 0,1% del peso de la muestra a ser estudiada.

Estufa. Que sea capaz de mantener una temperatura constante.

Tamices. Los tamices a utilizar serán aquellos especificados en la norma tanto para los agregados finos como para los gruesos respectivamente.

Procedimiento:

Es necesario verificar que la muestra este seca en su totalidad, aunque esta condición no es necesaria en el caso del agregado grueso.

Seleccionaremos los tamices necesarios para ensayar cada muestra, esta serie de tamices se ordena de acuerdo a la NTP 400.012 y después se procede a realizar el tamizado el cual puede ser de forma manual o mecánica, durante un periodo de tiempo específico.

Es necesario limitar la cantidad de material, para que el proceso de tamizado sea correcto y que cada partícula pueda alcanzar fácilmente las aberturas de los tamices.

Una vez terminado el proceso de tamizado, se continúa con el pesado del retenido en cada tamiz, con estos datos podremos determinar la calidad y composición del material. (MTC, 2016, págs. 303-306)

Tabla 2.  
Requisitos granulométricos de los agregados.

Huso	Tamaño máximo nominal	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
			100m m	90mm	75mm	63mm	50mm	37,5mm	25,0mm	19,0mm	12,5mm	9,5mm	4,75mm	2,36mm	1,18m m	300um
			4 pulg	3 ½ pulg	3 pulg	2 ½ pulg	2 pulg	1 ½ pulg	1 pulg	¾ pulg	½ pulg	3/8 pulg	N° 4	N° 8	N°16	N° 50
1	90mm a 37,5mm	3 ½ pulg a 1 ½ pulg	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15						
2	63mm a 37,5mm	3 ½ pulg a 1 ½ pulg			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0a 5						
3	50mm a 25,0mm	2 pulg a 1 pulg				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15					
357	50mm a 4,75mm	2 pulg a N°4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37,5mm a 19,0mm	1 ½ pulg a ¼ pulg					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
467	37,5mm a 4,75mm	1 ½ pulg a N°4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25mm a 9,5mm	1 pulg a ½ pulg						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25mm a 9,5mm	1 pulg a 3/8 pulg						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25mm a 4,75mm	1 pulg a N°4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19mm a 9,5mm	¾ pulg a 3/8 pulg							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19mm a 4,75mm	¾ pulg a N°4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12,5mm a 4,75mm	½ pulg a N°4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9,5mm a 2,36mm	3/8 pulg a N°8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9,5mm a 1,18mm	3/8 pulg a N°16									100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75mm a 1,18mm	N°4 a N°16										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente. Tecnología del concreto Flavio Abanto Castillo, 2009, Pág.27.

e. *Abrasión los Ángeles, al desgaste de los agregados de tamaños menores de 1 1/2”*  
(MTC E 207).

“Este ensayo es el desarrollo de un procedimiento que mide el desgaste que posee el agregado en un tambor de acero con una rotación de 500 rpm; al rotar este tambor con esferas de acero incluidas y el material dan el resultado de una fricción y trituración por impacto lo cual es el fin del ensayo” (MTC, 2016, pág. 315)

#### Equipos:

Máquina de los Ángeles. La máquina constara de un cilindro hueco de acero con un diámetro interior de 711 mm y longitud interior de 508 mm.

La máquina debe tener una velocidad uniforme, para que los resultados sean verídicos.

Tamices. Los tamices utilizados en este proceso van de acuerdo a la NTP 350.001.

Balanza. Esta balanza tendrá una precisión de 0,1 % de la carga de ensayo requerido para este ensayo.

Carga. Se refiere a las esferas necesarias para el ensayo, esto depende de la gradación de la muestra y a continuación se detallara un cuadro:

Tabla 3.  
*Número de esferas según gradación para el ensayo de abrasión.*

<b>Gradación</b>	<b>Numero de esferas</b>	<b>Masa de la carga (g)</b>
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

*Fuente. Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 316.*

#### Procedimiento:

Es importante separar una cantidad considerable de muestra lo más cercano a la cantidad necesaria para desarrollar el ensayo. se necesita registrar el peso de cada muestra obtenida en cada tamiz. Esto se realizará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 4.  
Peso normalizado de la muestra según el tamaño del agregado

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (⅜")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (⅜")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente. Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 316.

- A continuación, se procede a poner la muestra gradada en la máquina de los Ángeles junto a las esferas metálicas (la cantidad de esferas dependerá del material).
- La máquina rota a una velocidad de 30 rpm por 500 rpm.
- Terminado este proceso se retirara la el material de la máquina y se tamiza por la malla N° 12 con el fin de separar las partículas hechas polvo.
- Se procede a realizar el pesado de la muestra retenida en la malla, para con estos datos determinar el porcentaje de desgaste del material. (MTC, 2016, págs. 315-317)

#### 2.2.4. Concreto.

“El concreto es una combinación de cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en cantidades necesarias para conseguir algunas propiedades prefijadas, principalmente la resistencia” (Abanto, 2009, pág. 11).

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO} + \text{AGREGADO} + \text{AIRE} + \text{AGUA}$$

“El cemento y el agua reaccionan químicamente adhiriendo las partículas de los agregados, formando un material uniforme. Algunas veces se incrementan ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o cambian algunas propiedades del concreto” (Abanto, 2009, pág. 11).



#### **2.2.4.1. Características del concreto.**

Las aptitudes que posee el concreto como material de construcción universal usado son las siguientes:

- La facilidad de colocación del concreto en estado fresco y su adaptación a cualquier encofrado.
- Su utilización en estructuras es debido a la elevada resistencia a la compresión que puede presentar.
- Su alta capacidad de resistir al fuego y a la infiltración del agua

Pero el concreto también tiene desventajas como por ejemplo:

- La elaboración de concreto no es debidamente supervisada debido a la lejanía del lugar de elaboración. (Abanto, 2009, págs. 11-12)

“El concreto es un elemento de poca soporte a la tracción. Esto hace poco accesible su utilización en elementos estructurales que están sometidos a tracción en su totalidad (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión). Para vencer esta condición se emplea el acero, con su superior resistencia a tracción. La combinación que resulta de estos dos materiales, es conocida como concreto armado, los cuales combinados sacan lo mejor de cada uno para aportar en conjunto. Ésta combinación es la que permite el mayor uso del concreto armado en la construcción de estructuras con el fin de ser empleadas en diferentes sectores” (Abanto, 2009, págs. 11-12).

#### **2.2.4.2. Materiales componentes del concreto.**

“Ligantes como el Cemento, Agua; Agregado fino como la arena, Agregado grueso entre los que están la grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos” (Abanto, 2009, pág. 12).

Observación:

Cemento + Agua = Pasta

Agregado Fino + Agregado Grueso = Hormigón

“Las observaciones en la elaboración del concreto se ven afectadas básicamente por el uso al que será destinada la obra y el tipo de concreto que se utilizará para esta. Las etapas fundamentales para la producción de un buen concreto son la dosificación, mezclado, transporte, colocación, consolidación, curado” (Abanto, 2009, pág. 12).

#### **2.2.4.3. Tipos de concreto.**

- Concreto simple. “Es una combinación de materiales tales como el cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. Durante la combinación de estos elementos es importante que el agregado grueso este cubierto de la pasta formada por el agua, cemento y arena, a su vez la arena deberá completar los espacios que se generen” (Abanto, 2009, pág. 12).

CEMENTO + A. FINO + A. GRUESO + AGUA = CONCRETO SIMPLE

- Concreto armado. “Se nombra así al concreto simple que lleva armadura de acero como refuerzo y que está planteado bajo la suposición ambos elementos actúen simultáneamente, con lo cual la armadura será la encargada de resistir los esfuerzos de tracción o aumentar la resistencia a la compresión del concreto” (Abanto, 2009, pág. 12).

CONCRETO SIMPLE + ARMADURA = CONCRETO ARMADO

- Concreto estructural. “Se llama así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, trasladado y situado, de acuerdo a especificaciones puntuales, además de estará acompañado de acero lo cual incrementa la resistencia de las estructuras” (Abanto, 2009, pág. 13).
- Concreto ciclópeo. “Se designa así al concreto simple que en su composición se le adiciona piedras con un tamaño aproximado de 10” cubriendo hasta 30% como máximo

del volumen total las piedras deben ser insertadas pero antes estas deberán ser clasificadas y limpiadas, con la exigencia imprescindible de que cada una de las piedras, en su lugar definitivo tendrá que estar íntegramente cubierta de concreto simple” (Abanto, 2009, pág. 13).

#### CONCRETO SIMPLE + PIEDRA DESPLAZADORA = CONCRETO CICLOPEO

- Concreto liviano. “El cual posee una composición de agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m<sup>3</sup>” (Abanto, 2009, pág. 13).
- Concreto normales. “Se elaboran a base de agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>, esto dependerá del tamaño máximo que presente el agregado. Su peso aproximado es de 2400 kg/m<sup>3</sup>” (Abanto, 2009, pág. 13)
- Concretos pesados. “Son elaborados empleando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/m<sup>3</sup>. Habitualmente se usa agregados como las baritas. Minerales de fierro como la magnesita, limonita y hematita; también, agregados artificiales como fosforo de hierro y partículas de acero. Los concretos pesados tienen utilidades importantes pero poco usuales, tales como la defensa biológica contra todo fenómeno causado por las radiaciones nucleares. También se maneja en muros de bóvedas y cajas fuertes, en pisos industriales y en la elaboración de espacios utilizados para el depósito de desechos radiactivos” (Abanto, 2009, pág. 13).
- Concreto pre mezclado. “Es el concreto que se determina en fabrica, éste concreto puede ser mezclado en camiones mezcladores o en planta y después puesto en obra” (Abanto, 2009, pág. 14).
- Concreto pre fabricado. “Elemento de concreto simple o armado hecho en un lugar ajeno al lugar donde se empleará” (Abanto, 2009, pág. 14)
- Concreto bombeado. “Concreto que es colocado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final” (Abanto, 2009, pág. 14).

#### **2.2.4.4. *Propiedades del concreto.***

Las propiedades del concreto son aquellas que se determinan con la finalidad de cumplir con todas las condiciones establecidas según el fin al que están destinados.

“Por ello el diseño de mezclas establecido para cada metro cúbico de concreto debe ser capaz de adquirir un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se suponen indispensables para la obra específica para la cual el concreto está siendo planteado”(Rivva, 1992, pág. 31).

Las propiedades principales del concreto a tener en cuenta serán.

##### *a. Trabajabilidad y consistencia.*

“Trabajabilidad. Es la disposición que posee el concreto en estado fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas acciones. Ésta es una propiedad que no se puede medir de manera exacta pero la cual se puede apreciar mediante el ensayo de slump” (Abanto, 2009, pág. 47).

“Consistencia. Está determinada por el grado de humedecimiento de la mezcla, la cual está ligada al agua empleada” (Abanto, 2009, pág. 47).

##### Ensayo de consistencia del concreto

El también llamado de revenimiento o “slump test”, es empleado con el único propósito de verificar el comportamiento del concreto en estado fresco. Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo radica en colocar una parte de la muestra en un molde cónico de metal, y evaluar el asentamiento que se produce en la muestra de concreto al ser desmoldada.

El proceder del concreto en la prueba nos indicara la capacidad que posee el concreto para adaptarse a los encofrados con naturalidad y sin generar las muy comunes cangrejeras. La consistencia se cambia esencialmente por cambios en la cantidad de agua utilizada en la mezcla. (Abanto, 2009, pág. 47)

### Equipo

“El equipo está conformado por un cono metálico. Las bases son paralelas un de otra teniendo medidas de diámetros de 20cm y 10cm respectivamente, su altura será de 30cm; el molde consta de una plancha de acero galvanizado, de grosor mínimo de 1.5mm; el cono debe tener asas y aletas de pie para facilitar el desarrollo. Para compactar el concreto, se utilizan una barra lisa de acero de 5/8” y 60cm de longitud y extremo semiesférico” (Abanto, 2009, pág. 47)

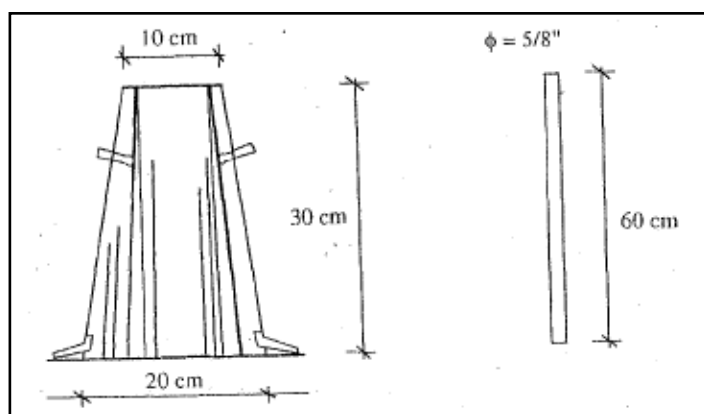


Gráfico 1. Medidas del cono de Abrams. Tecnología del concreto  
Ing. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág.48.

Procedimiento del ensayo. El molde es posicionado en un espacio plano y humedecido, manteniéndolo fijo al piso. Posteriormente, se vacía una de las capas de concreto hasta un tercio del volumen. Se comprime con la vara, dándole 25 golpes, realizados uniformemente.

A continuación se llenan otras dos capas llevando a cabo los mismos pasos, a un tercio del volumen y apisonando, de tal forma que la barra penetre en la capa contigua inferior. La tercera capa la llenaremos en abundancia, para luego enrasar el término de la consolidación. Colmado y enrazado el molde, se procede a retirar lento y con mucho cuidado el molde.

Se podrá observar el asentamiento del concreto fresco y se procederá a realizar la medición con respecto a la altura del molde. (Abanto, 2009, págs. 48,49)

“Se calcula que una vez iniciado el proceso hasta su finalización no deben pasar más de 2 minutos y por consiguiente el desmoldado no será de más de 5 segundos” (Abanto, 2009, pág. 49).

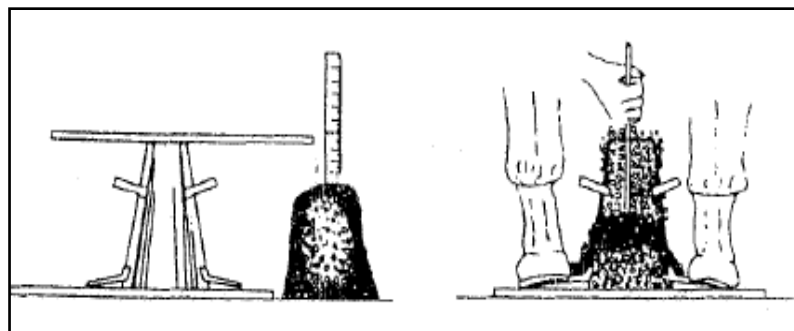


Gráfico 2. Proceso de ensayo de cono de Abrams, para el concreto fresco. Tecnología del concreto, Ing. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág. 49.

Tabla 5.

*Tipos de consistencia de la mezcla según su asentamiento.*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de compactación</b>
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	chuseado

*Fuente.* Tecnología del concreto. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, 2009, pág.49.

#### Limitaciones de aplicaciones.

“El ensayo de abrams solo es adaptable en concretos que poseen plasticidad con asentamiento normal (mezclas buenas de cantidad de agua aceptable). No tiene utilidad en condiciones como las que se mencionaran.

- ✓ En el caso de concretos sin asentamiento, que poseen una resistencia elevada.
- ✓ El Agua como factor determinante (menor de 160 lts por m<sup>3</sup> de mezcla).
- ✓ En el caso de contenido de cemento menor a 250 kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ Cuando se aprecia un contenido evidente de agregado grueso de tamaño máximo que se excede de (2.5")” (Abanto, 2009, pág. 49).

*b. Segregación.*

Esta es una propiedad que poseen algunos concretos en estado fresco y que no es más que la separación del agregado grueso de sus partes constituyentes específicamente hablando del mortero (arena y cemento). Este es un acontecimiento que genera daños a las estructuras de concreto, produciendo en el elemento llenado bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc.

Este fenómeno es un indicador de la consistencia de la mezcla, la cual se puede evitar puesto que es menor cuando la mezcla posee una consistencia más seca.

En el transcurso de diseño de mezcla, es necesario tener siempre en cuenta el riesgo de segregación, el cual se puede disminuir con la adición de elementos de textura más fina (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

“Habitualmente el proceso impropio de manejo y colocación son los que promueven el fenómeno de segregación en la mezcla. La segregación tiene origen cuando el concreto se desplaza con una mayor rapidez que el concreto adyacente, esto se logra observar en el movimiento de las carretillas que produce que el agregado grueso se asiente en la base mientras que la “lechada” asciende a la superficie” (Abanto, 2009, pág. 50).

Cuando se libera el concreto de zonas elevadas mayores de medio metro el efecto es parecido.

También se genera segregación mediante la circulación de concreto por medio de canaletas máximas cuando estas poseen cambio de sentido.

El vibrado de la mezcla de manera excesiva genera segregación. (Abanto, 2009, pág. 50)

*c. Resistencia.*

La resistencia del concreto se experimenta cuando este ya está endurecido, por lo que la manera de realizar las pruebas consiste en tomar muestras las cuales serán depositadas en moldes y posteriormente curadas para luego ser expuestas a fuerzas de compresión.

Se utiliza la resistencia a la compresión por la disposición en la realización de los ensayos y también que el concreto en estado endurecido incrementa sus propiedades y su resistencia. Si bien la resistencia es medida sometiendo a la probeta a una carga máxima de compresión la falla de esta se manifiesta por agrietamientos o fractura.

“La resistencia a la compresión de un concreto ( $f'_c$ ) debe ser logrado a los 28 días después de vaciado y realizado el curado pertinente” (Abanto, 2009, pág. 50).

#### Equipo en obra:

- ✓ Moldes cilíndricos que soporten la expansión del concreto (6" x 12").
- ✓ Barra apisonadora de acero liso, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud. La barra poseerá una terminación semiesférica.
- ✓ Cuchara para la incorporación de la muestra en los moldes.
- ✓ Aceites que puedan ser utilizados con el fin de un desmoldado más fácil.

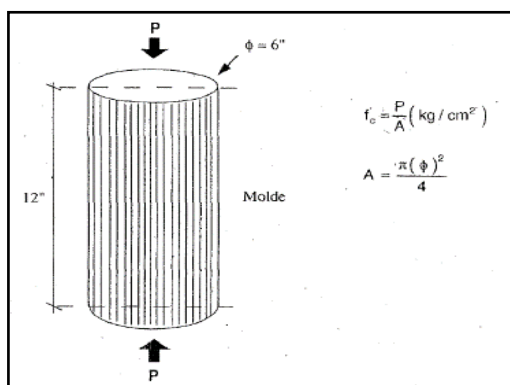


Gráfico 3. Medidas reglamentarias de briqueña de concreto. Tecnología del concreto. Flavio Abanto Castillo, Lima – Perú, Pág. 51.

#### Procedimiento para obtener muestra.

El concreto será elaborado y depositado en un lugar adaptado para poseer impermeabilidad y que no sea capaz de absorber la humedad del concreto, su tamaño será amplio con el fin de realizar el mezclado antes de colmar los moldes.

Se debe elaborar tres probetas de ensayo de cada muestra para calcular la resistencia a la compresión que presenta el concreto en sus diferentes edades mediante un promedio.

Habitualmente los días 7, 14, 21 y 28 son aquellos en los que se evalúa la resistencia.



Luego del remezclado, se procede a llenar el molde con una capa que cubra un tercio del molde aproximadamente. El paso se repite en el procedimiento de las 2 capas consecutivas, de manera que el apisonador traspase la capa continua no más de 1". En la última capa, se pone la mezcla de concreto en abundancia, con el fin de realizar el enrazado en la superficie del molde sin tener la necesidad de añadir más mezcla.

Después de realizar el procedimiento para cada capa, se comienza a pegar sutilmente las paredes del molde, usando la varilla de compactación, con el fin de erradicar el aire que se haya podido quedar atrapado.

La superficie de nuestras probetas necesita estar plana, suave y sin irregularidades por lo cual se enrasara con una regla.

Las muestras de concreto se sacan de los moldes entre 18 y 24 horas después de moldeadas, para luego introducirlas en agua para su curado.

#### Factores que afectan la resistencia.

- ✓ La relación agua – cemento (a/c). El agua es uno de los elementos principales dentro de una mezcla de concreto ya que influye considerablemente en la resistencia de la misma, es decir mientras más agua la resistencia del concreto disminuye.
- ✓ El contenido de cemento. La resistencia reduce en cuanto se aminora la cantidad de cemento utilizada.
- ✓ El tipo de cemento. La prisa con la que el concreto alcanza su mayor resistencia se le atribuye a los tipos de cemento que se utilizaron para la producción del concreto.
- ✓ Las condiciones de curado. La cantidad de agua para el curado es uno de los factores principales para que el concreto desarrolle su resistencia, por lo cual es importante mantener húmeda la probeta durante todo este proceso. (Abanto, 2009, págs. 50-53)

*d. Exudación.*

Se le denomina exudación a la acción de una parte de agua de ascender hacia la superficie a raíz de la sedimentación de los pétreos. Usualmente este proceso se presenta cuando el concreto ya ha sido puesto en los encofrados. La exudación se produce por varios motivos entre ellos la incorrecta dosificación de los materiales, el exceso de agua presente en el concreto, el mal manejo de los aditivos.

Velocidad de exudación.

La rapidez con la que la superficie del concreto se colma de agua.

Volumen total exudado.

Es el volumen total de agua que aparece en la superficie del concreto.

Para medir la exudación se realiza un ensayo el cual no es muy complicado ya que consiste en llenar un molde con concreto en tres capas que se apisonarán con 25 golpes por cada capa, la última capa será llenada dejando un espacio de 1" con referencia al borde, con ello se realizaran lecturas para determinar el volumen de exudación estas se realizaran cada 10 minutos durante un lapso de 40 minutos y cada 30 minutos hasta que el proceso de exudación termine.

La exudación se puede calcular de dos formas.

- Por unidad de área

$$\text{EXUDACIÓN} = \frac{\text{VOLUMEN TOTAL EXUDADO}}{\text{ÁREA DE LA SUPERFICIE LIBRE DEL CONCRETO}}$$

Las unidades a utilizar son milímetros por centímetro cuadrado (ml/cm<sup>2</sup>).

- En porcentajes

$$\text{EXUDACIÓN} = \frac{\text{VOLUMEN TOTAL EXUDADO}}{\text{ÁREA DE LA SUPERFICIE LIBRE DEL CONCRETO}} \times 100$$

El peso del agua en el molde se halla:

$$\text{VOL. AGUA EN MOLDE} = \frac{\text{PESO DEL CONCRET. EN MOLDE}}{\text{PESO TOTAL DE LA TANDA}} \times \text{VOL. DE AGUA EN LA TANDA}$$

(Abanto, 2009, págs. 54,55)

*e. Durabilidad*

“ El concreto debe poseer la capacidad de soportar las acciones provocadas por el medio ambiente, actividad de agentes químicos y desgaste, ya que este estará expuesto durante toda su vida útil, en su mayoría el concreto es afectado por la intemperie debido al congelamiento o descongelamiento . Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos y carbónicos y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro disgregan o deterioran el concreto. Si existiera la posibilidad de exposición del concreto a productos químicos, es necesario cubrir con una capa resistente; y en el caso de exposición a los sulfatos, es importante considerar el uso de cemento tipo V. El concreto adquiere mayor resistencia al desgaste debido a la consistencia densa del concreto fresco además de los materiales con los que es elaborado” (Abanto, 2009, págs. 57,58).

*f. Impermeabilidad.*

“Esta propiedad del concreto que sin duda puede manejarse en la práctica para mejorarla, esto generalmente minimizando la cantidad de agua empleada en la mezcla. La cantidad empleada de agua es uno de los agentes más importantes, si ésta resulta siendo excesiva dejará vacíos durante el proceso de evaporación natural del concreto lo cual con el tiempo facilita la filtración de agua. Si se quiere fortalecer la impermeabilidad es recomendable la inclusión de aire y un adecuado proceso de curado” (Abanto, 2009, pág. 58).

**2.2.5. Pavimentos.**

“Un pavimento está compuesto por varias capas sobrepuestas respectivamente de manera horizontal que se diseñan y construyen técnicamente con materiales adecuados los cuales son compactados. Esta estructura se apoya sobre una sub rasante, la cual es producto de

un movimiento de tierras realizado en el proceso de exploración, y que es evaluada para tolerar los esfuerzos a los cuales será sometido durante el tiempo para el cual fue diseñado el pavimento” (Montejo, 2002, pág. 1).

#### ***2.2.5.1. Características que debe reunir un pavimento.***

Un pavimento para trabajar de una forma adecuada reúne los siguientes requisitos:

- Soportar las cargas que se producen por la acción de los vehículos que transitan.
- Que el pavimento sea resistente a todos los efectos de la intemperie.
- La textura superficial es uno de los factores más importantes debido a que está prevista de acuerdo a la velocidad de circulación y sin duda influye en la seguridad vial. Además, debe proporcionar resistencia al desgaste que generan las llantas de los automóviles.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permita una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe perdurar por lo menos durante el periodo de vida que se le requiere.
- Presentar condiciones óptimas en la evacuación de aguas pluviales (drenaje).
- El ruido de rodadura en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Su costo no debe ser excesivo.
- Las señales de tránsito deben poseer el color adecuado para evitar accidentes y molestias en el conductor. (Montejo, 2002, págs. 1,2)

#### ***2.2.5.2. Clasificación de los pavimentos.***

Según (Montejo, 2002) en nuestro medio, los pavimentos se clasifican en: “pavimentos flexibles, pavimentos semirígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados”.

*a. Pavimento flexible.*

“Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Sin embargo, puede dejar de usarse cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades específicas de cada obra” (Montejo, 2002, pág. 2)

*b. Pavimentos semi-rigidos.*

“Se le denomina así a un pavimento que en su composición es básicamente igual a un pavimento flexible excepto por que una de las capas de pavimento está rigidizada con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos se realiza generalmente para mejorar la calidad de los materiales a utilizar ya que estos no son aptos para la construcción del pavimento y los adecuados puedan ser de difícil acceso debido a su costo” (Montejo, 2002, pág. 2).

*c. Pavimento rígido.*

Son aquellos pavimentos que están hechos de una losa de concreto, el cual se encuentra apoyado sobre la subrasante o sobre una capa denominada subbase, que es básicamente un material seleccionado con el fin de aumentar la capacidad del suelo. El concreto es un elemento de alta resistencia, que entre sus características posee rigidez y a su vez elasticidad, por lo cual lo cual se distribuyen sus esfuerzos de una manera más amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el desempeño de un pavimento rígido es de manera satisfactoria, aunque existan falencias en el comportamiento de la subrasante. El pavimento rígido trabaja de tal forma que depende básicamente de la resistencia que presentan las losas y las otras capas que lo conforman no influyen en la conformación de este. (Montejo, 2002, pág. 5)

#### *d. Pavimentos articulados*

“Los pavimentos articulados están compuestos como todos los pavimentos por una capa de rodadura que está hecha a base de bloques prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento” (Montejo, 2002, pág. 7) .

#### **2.2.5.3. Tipos de deterioro en pavimentos de concreto.**

##### *a. Fisuración transversal*

Fisuras con dirección generalmente perpendicular al eje del pavimento.

Causas:

- Fisuración temprana debido al aserrado tardío de las juntas de contracción.
- Fisuración por fatiga, debido a fallas en el diseño (espesor de carpeta de rodadura) o separación excesiva de juntas.
- La erosión como el principal agente en la pérdida de soporte.
- Reflexión de fisuras de capas inferiores o de losas adyacentes.

Como evitarlas:

- El espesor de la calzada debe estar impuesto de acuerdo a las solicitaciones requeridas.
- Las juntas juegan un papel importante por tanto su diseño debe ser el adecuado.

##### *b. Fisuración longitudinal*

Fisuras con ubicación en general paralela al eje del pavimento.

Causas:

- Fisuración temprana debido al aserrado tardío de las juntas de contracción.

- Fisuración por fatiga, debido a fallas en el diseño (espesor de carpeta de rodadura) o separación excesiva de juntas.
- Reflexión de fisuras de capas inferiores o de losas adyacentes.
- Deficiencia en el compactado o conformación de las capas (asentamiento).

Como evitarlo:

- Un diseño cuidadoso y correcto de las juntas.
- Control en el tipo de suelos que conforman la subrasante.

*c. Roturas de esquina.*

Fisura que es el encuentro entre una junta longitudinal y una junta transversal, orientada en general 45° del eje del pavimento.

Causas:

- No se realiza una correcta transferencia de cargas.
- Losas de ángulo agudo.
- La erosión, que genera que el soporte sea deficiente.

Como evitarlo:

- La evaluación de tránsito determina qué tipo de vehículos circularán y su adecuada transmisión de cargas.
- El diseño de juntas de forma adecuada en superficies de forma irregular.
- En el caso de que el tránsito sea pesado se solicita una sub base que sea capaz de resistir a la erosión.

*d. Erosión por bombeo.*

Provocada por el movimiento de agua debajo de la losa, o el ascenso de esta a la superficie por la acción que generan las cargas a las que es sometido el pavimento.

Causas:

- Material fino capaz de entrar en suspensión (arenas finas y limos)

- La existencia de agua en las capas (base y subbase) que conforman el pavimento.
- Bordes y esquinas del pavimento que presentan múltiples deformaciones.

Como evitarlo:

- En el caso de circulación de vehículos pesados, es necesario proporcionar una sub base resistente a los efectos de la erosión.
- La instalación y el mantenimiento de juntas como medida de protección contra el agua.

*e. Levantamiento de losas.*

El movimiento específico hacia arriba del pavimento especialmente en los lugares donde existen juntas o fisuras que generalmente vienen acompañadas de una desfragmentación.

Causas:

- El empleo de materiales poco adaptables en las juntas, además de la excesiva expansión térmica.
- El diseño deficiente de juntas en intersecciones.
- La presencia de álcali-sílice que ocasionan expansión en la estructura.

Como evitarlo:

- Un diseño responsable de juntas de dilatación en las intersecciones respectivas.
- Utilizar materiales que aporten en la protección a la filtración de agua de la estructura.

*f. Desportillamiento de juntas.*

Desprendimiento de material en los bordes de las juntas o rajaduras.

Causas:

- El empleo de materiales poco adaptables en las juntas.
- Concreto debilitado por falta de compactación, de durabilidad o por aserrado prematuro o por retiro de moldes en juntas de construcción, impactos excesivos al momento de retirar la formaleta.



Como evitarlo:

- Especificar materiales de sellado adecuados que prevengan la filtración de agua y materiales incompresibles.
- Uso de materiales que ayuden en el proceso de desmoldar para prevenir impactos que afecten los bordes de las juntas.

*g. Reacción álcali agregado.*

El pavimento presenta un patrón de fisuración en forma de mapa los cuales van en dirección paralela a los bordes libres de pavimentos.

Causas:

- El uso de materiales en especial agregados que son reactivos sin tener un adecuado cuidado.

Como evitarlo:

- Realizar los estudios necesarios de los agregados y canteras para evaluar las posibles fuentes.
- Tener presente que para determinados agregados se requiere de un año para evaluar su aptitud, en tanto que la evaluación de medidas preventivas puede demorar incluso hasta 2 años.

*h. Fisuras por retracción o tipo de malla.*

Estas fisuras son principalmente en la superficie del pavimento y estas grietas se orientan frecuentemente en sentido longitudinal de las cuales se generan unas ramificaciones más finas.

Causas:

- El proceso se realiza de manera inadecuada.
- El mezclado superficial de manera excesiva, además de la incorporación de agua durante alisado del pavimento.

- El posicionamiento de la malla de refuerzo a una distancia cercana a la superficie.
- La reacción de la estructura a los cambios de clima o de la presencia de algún químico.

Como evitarlo:

- Procesos constructivos eficaces y de calidad.
- El uso de herramientas para contrarrestar cada condición climática a la cual es expuesto el pavimento.
- Un proceso de curado oportuno.

*i. Losas subdivididas.*

El movimiento específico hacia arriba del pavimento especialmente en los lugares donde existen juntas o fisuras que generalmente vienen acompañadas de una desfragmentación.

Causas:

- El empleo de materiales poco adaptables en las juntas, además de la excesiva expansión térmica.
- El diseño deficiente de juntas en intersecciones.
- La presencia de álcali-sílice que ocasionan expansión en la estructura.

Como evitarlo:

- Un diseño responsable de juntas de dilatación en las intersecciones respectivas.
- Utilizar materiales que aporten en la protección a la filtración de agua de la estructura.

*j. Deficiencia de material de sello.*

Circunstancias en la que se deposita material que carece de propiedades de compresión en la juntas el cual imposibilita el movimiento de la losa lo cual ocasiona rajaduras y desportillamientos.

Causas:

- Desgaste de material que funciona como sellante en la juntas de dilatación.

- Extrusión del material de sello (se sale)
- La oxidación del material sellante lo cual hace que este se endurezca y no permita la movilidad de la losa.
- La poca adherencia o la pérdida de la misma en relación con los bordes de la losa.

Como evitarlo:

- Las acciones de mantenimiento propicio de las juntas.
- Los materiales a utilizarse en el sellado de juntas debe guardar relación con su diseño.

#### *k. Fisuras en bloque*

Proceso en el cual la losa se fractura generando bloques pequeños de área inferior aproximada a 1 m<sup>2</sup>.

Causas:

- Cargas pesadas constantes que ocasionan una fatiga del concreto.
- Poco cuidado en el proceso de diseño estructural.
- El someter a una carga pesada constante al concreto (fatiga de concreto), las equivocaciones en el diseño, son indicios de que las condiciones de soporte son precarias.

Como evitarlo:

- Un buen diseño como base fundamental.
- Los materiales a utilizar en la base deben ser resistentes a la erosión.
- El compactado de las capas se debe realizar conforme a lo establecido en el proyecto.
- La correcta evacuación de aguas para que estas no se filtren en las capas de soporte.

#### *l. Fisuras inducidas.*

Se denominan así a las fisuras ocasionadas básicamente por la mala distribución de juntas de dilatación o la colocación inadecuada de estructuras u otros elementos en el interior de las losas.

Causas:

“Cuando el arreglo de juntas en un carril no es respetado en el carril contiguo, es muy probable que induzcan o reflejen en este, fisuras que den continuidad a las juntas existentes. Esta situación se presenta también con frecuencia cuando se ejecutan parchados y el diseño de sus bordes o juntas, sus dimensiones o inclusive distancias mínimas o juntas existentes, no son respetadas; eventualmente este fisuramiento puede continuar subdividiendo los planos resultantes identificándose este caso particularmente como (fisuras en bloques) fisuras alrededor de estructuras pueden inducirse cuando no se prevén elementos de aislamiento que eviten restricción en el movimiento de las losas” (ARGOS, 2012).

Como evitarlas:

- El proceso de mantenimiento debe ser general.
- Se aplicaran buenas técnicas de recuperación de los pavimentos.
- Se aplicara el refuerzo de las losas atípicas.
- Realizar un aislamiento correcto de las losas.

*m. Dislocamientos.*

Es una falla que se origina debido al tránsito en una losa del pavimento cuyo borde de la junta presenta un desnivel en comparación con la losa aledaña, esta también puede presentarse como consecuencia de las fisuras existentes.

Causas:

- Se denomina a la expulsión de material suelto de una capa inferior de la losa por medio de grietas o de la junta como también de un extremo posterior que presente hundimiento. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, alteraciones en el volumen de la capa de suelo bajo la losa de concreto y de una deficiente transmisión de cargas entre juntas.

Como evitarlas:

- Un mantenimiento periódico para no presentar problemas.
- Los aceros de transferencia deben ser colocados cuidadosa y adecuadamente.
- El proceso de compactación debe ser eficaz para que el material de soporte no presente problemas.
- El drenaje como medio de evacuación de aguas para evitar infiltraciones en las capas de soporte.

*n. Hundimiento.*

La superficie del pavimento sufre un descenso en un área específica, este problema se puede ver acompañado de fisuras generadas por el hundimiento del pavimento.

Causas:

- La subrasante presenta asentamiento.
- Exposición a infiltraciones debido a la proximidad a estructuras de drenaje.
- Proceso de compactación inicial inadecuado.
- Asentamiento diferencial.
- La construcción de losas de concreto fue inadecuado.

Como evitarlas:

- La compactación adecuada de las capas de soporte.
- Mejor control de presencia de agua, más si esta es cercana a la estructura.
- Funcionamiento adecuado del drenaje, tanto durante la etapa constructiva como al ser empleada.

*o. Descascaramiento y fisuras capilares.*

Es el desprendimiento superficial de algunos trozos pequeños de concreto de la losa cuya profundidad es entre 5 y 15mm. En el caso de las fisuras capilares, estas son una red de fisuras que se presentan en la superficie de manera muy fina.

Causas:

- El pulido del concreto fresco es excesivo.
- Exudación de mortero y agua debilitando el concreto frente a la retracción.
- El acero es colocado cerca de la superficie de la losa.

Como evitarla:

- Realizando procesos constructivos óptimos.
- El acero deberá ser colocado siguiendo las especificaciones de recubrimiento.

*p. Pulimiento de la superficie*

La superficie de rodadura es demasiado lisa, debido al pulido de los materiales (agregados) que la componen.

Causas:

- Las losas expuestas a tránsito antes de tiempo.
- El concreto utilizado carece de la calidad necesaria.
- Los agregados utilizados no tienen la calidad necesaria.

Como evitarlo:

- El tránsito se acondicionara en el tiempo establecido y para el diseño calculado.
- El concreto realizado con materiales de calidad. (ARGOS, 2012)

#### **2.2.6. Residuos de construcción y demolición (RCD).**

(De santos, Monercillo, & García, 2011). “se denomina RCD a todos los sobrantes que provengan de Canteras, graveras y otros puntos de extracción de áridos propuestos a la construcción, Obras de construcción de edificaciones en proceso u obras civiles, Obras de rehabilitación o restauración de edificaciones u obras civiles, Obras y reformas domiciliarias de pequeñas dimensiones, Rechazos procedentes de la fabricación de materiales destinados a la edificación o a la obra civil”. (pág. 15)

### **2.2.6.1. Clasificación de los residuos de construcción y demolición.**

“Existen varias formas de clasificar los RCD. Estos comprenden a los residuos según su origen, lo que de forma general da una idea de sus características y según la naturaleza del residuo, enumerando sus principales características y los problemas de gestión” (De santos, Monercillo, & García, 2011).

#### *a. Según su origen.*

Los RCD, según su origen, se clasifican en:

- Residuos procedentes de canteras o puntos de la obra donde se realicen movimientos de tierras exclusivamente. Son residuos de origen pétreo sin contaminación por otras sustancias.
- Residuos procedentes de obras de construcción. Que son residuos compuestos fundamentalmente de escombros (el 75%) y otros materiales procedentes de la obra, con una gran cantidad de plástico y papel.
- Residuos procedentes de obras de demolición. Que son residuos con composición similar a los de las obras de construcción, pero mucho más contaminados, con lo cual su clasificación se hace difícil.

#### *b. Según su naturaleza*

Esta clasificación está ligada a la procedencia, los residuos son:

- Residuos inertes, formados por sobras de hormigón, ladrillos, tejas, vidrio y cualquier tipo de tierra o canto.
- Los residuos como la madera, papeles, plástico, textil, yeso y los metales son considerados residuos no peligrosos.
- Todos los residuos como pinturas o sustancias radioactivas, envases etc., son considerados peligrosos. (De santos, Monercillo, & García, 2011, págs. 16-19)

### 2.2.6.2. *Reciclado de pavimentos rígidos.*

En los casos que se justifique la reconstrucción de un pavimento rígido existente, se puede conseguir un ahorro importante de costo mediante el reciclado del concreto de cemento portland (PCC) para su uso como una fuente de agregados, especialmente cuando el pavimento rígido existente se deteriora a tal punto que la reconstrucción total se convierte en una alternativa más rentable que el rejuvenecimiento o restauración. Las condiciones que justifican la necesidad de reconstrucción son las siguientes (Seed et al., 1998):

- Poca o ninguna vida estructural remanente, como lo demuestra la existencia de gran cantidad de agrietamientos de la losa.
- Los asentamientos de losas extensas, alabeo o formación de grietas debido al movimiento de las fundaciones (causada por la expansión del suelo o levantamiento por helada).
- Deterioro de la junta (particularmente para pavimentos con juntas sin refuerzo, ya que la reparación de profundidad total requeriría el reemplazo de un gran porcentaje de la superficie de hormigón).
- Mejoras de las características geométricas de la vía (anchos de carril, gálibo de puentes, peraltes de las curvas).

Típicamente, el carril más exterior de una carretera de varios carriles lleva la mayor parte del tráfico de camiones y, a menudo, alcanza el final de su vida estructural mucho más pronto que el carril interior. Cuando esto ocurre, la opción de reconstruir solo el carril externo debe ser considerada. Aunque el costo inicial por carriles de reconstrucción es mayor que la de recapeo, este proporcionara una vida de servicio más larga y una vida total de más bajo coste (LCC) comparado con la repavimentación.

En la mayoría de los casos en que se justifica la reconstrucción del pavimento, el hormigón existente puede ser reciclado para reducir el costo de la reconstrucción. En el



reciclado de pavimento rígido, el pavimento rígido existente se convierte esencialmente en una fuente de agregados pétreos para su uso en alguna parte del nuevo pavimento reconstruido o en alguna parte de un nuevo pavimento construido en otro lugar. Sin embargo, el árido reciclado tiene propiedades físicas y mecánicas que son ligeramente diferentes de materiales vírgenes y estas propiedades deben ser reconocidas y consideradas tanto en la fase de diseño de mezcla y de diseño de pavimentos del proyecto de reconstrucción.

*a. Definición.*

El reciclado de pavimento de hormigón implica fracturar el pavimento existente, carga y acarrear el material a una planta de trituración y procesarlo en la planta para reducirlo a un tamaño especificado. El producto de este proceso es un agregado que se puede utilizar en lugar de agregado virgen en cualquier componente de la estructura de pavimento. Los agregados gruesos reciclados son más útiles que los agregados finos reciclados (los que pasan el tamiz 9.5 mm), principalmente debido a la angularidad y alta capacidad de absorción de los finos reciclados que pueden afectar adversamente la trabajabilidad de la mezcla resultante.

A través de los años, varios avances en la tecnología de reciclaje de pavimento rígido han hecho que sea una alternativa de rehabilitación más económicamente factible. Estos avances incluyen:

- Desarrollo de equipos para romper con eficacia el pavimento rígido existente.
- Desarrollo de métodos de eliminación de acero que reducen al mínimo la mano de obra.
- El uso y aplicación del equipo que puede procesar el refuerzo de acero producto de la trituración.

*b. Aplicaciones.*

Los pavimentos rígidos existentes que han llegado al final de su vida útil son candidatos para el reciclado de pavimento rígido. El reciclado del pavimento rígido produce un agregado para su uso en la reconstrucción de la calzada. Las principales razones para considerar el reciclado del pavimento rígido como parte de un proyecto de reconstrucción incluyen lo siguiente:

- La disminución de espacio de las cunetas laterales y bermas.
- El aumento de los costos de eliminación.
- Conservación de los materiales.
- La escasez de alta calidad, los agregados vírgenes.
- Reducción global en los costos del proyecto.

Muchos de estos factores se vuelven aún más críticos en los entornos urbanos de reconstrucción. Por ejemplo, la eliminación de un material demolido PCC en una zona urbana puede requerir distancias de transporte elevadas. Por otra parte, la incorporación de agregados vírgenes de calidad para los nuevos proyectos de construcción en los entornos urbanos puede requerir distancias de hasta 80 a 100 km. Los RCA se pueden utilizar como una fuente de agregados de cualquier componente de la estructura de pavimento incluyendo los siguientes:

- Como base granular (si no se trata).
- Para la elaboración de concreto de cemento portland y bases de asfalto estabilizado.
- Material de filtro.
- Capa de drenaje o drenaje de borde.

El reciclado de pavimento rígido se puede realizar en cualquier tipo de pavimento rígido existente: pavimento de concreto simple con juntas (JPCP), losas reforzadas con juntas (JRCP) y continuamente reforzadas (CRCP). En sus inicios, el reciclado de pavimentos

rígidos reforzados se vio limitado por la presencia del acero de refuerzo (barras de refuerzo en CRCP y malla de refuerzo en JRCP); el desarrollo de equipos innovadores para el uso en el sitio a eliminado prácticamente la presencia del acero como un problema.

*c. Limitaciones.*

Al reutilizar el pavimento rígido existente como fuente de agregado para la construcción del nuevo pavimento, se puede obtener un ahorro importante de agregados, acarreo, combustible y costo de eliminación, sobre todo en un entorno urbano. La decisión de que un proyecto comprenda actividades de reciclado depende de numerosos factores incluyendo la idoneidad de la calzada para el reciclaje, la disponibilidad y el costo de los áridos vírgenes, costo de la eliminación de material si no se recicla, costo aproximado de reciclado, la política ambiental y el grado de experiencia de los contratistas locales con el reciclado.

El agregado reciclado tiene propiedades físicas ligeramente diferentes que los agregados vírgenes y estos deben tenerse en cuenta en el diseño de la mezcla de pavimentos. Por ejemplo, la angularidad y mayor capacidad de absorción de los agregados reciclados dan como resultado una mezcla de poca trabajabilidad cuando se utilizan como un reemplazo completo de agregados vírgenes. Además, la resistencia de los concretos de mezclas con agregados reciclados es típicamente de 5 a 10 % inferiores a los de hormigón convencional en las mismas relaciones agua-cemento. Por último, el hormigón que contiene agregados reciclados tiene una mayor contracción y mayores propiedades de expansión térmica que es un factor contribuyente en el desarrollo de excesivos agrietamientos.

Los pavimentos rígidos construidos con agregados reciclados también exhiben diferentes propiedades mecánicas que los pavimentos rígidos convencionales, especialmente la capacidad de transferencia de carga de grietas transversales que se producen en

pavimentos de tipo JRCP y CRCP. Debido a que el agregado reciclado es menos resistente a la abrasión (dado que la mayor cantidad de pasta blanda está presente en el agregado), la superficie de los agregados es más sensible a la abrasión bajo cargas de tráfico repetida. Además, el hormigón que contiene agregados reciclados a menudo presenta fracturas a lo largo, la vieja interface de pasta-árido. En conjunto, estos factores pueden contribuir a la formación de grietas que disminuirán la capacidad de transferencia de carga y, por ende, desarrollar mayores deflexiones verticales bajo cargas de tráfico, lo que puede resultar en la falla del pavimento.

Un comportamiento similar se puede producir en las juntas transversales de los pavimentos que contienen agregados reciclados, si no se proporcionan los dispositivos de transferencia de carga. Sin embargo, la adición de agregados vírgenes a la mezcla puede contribuir a la mejora en el comportamiento del pavimento. (Menéndez, 2011, págs. 32-34)

### ***2.2.6.3. Impactos ambientales negativos generados por los RCD.***

“Un impacto ambiental se conoce como cualquier cambio realizado en el medio ambiente por acción del hombre. Según esto, los impactos ambientales pueden ser beneficiosos, perjudiciales o indiferentes, aunque generalmente estos perjudican en gran medida al medio ambiente. El sector de la construcción produce un gran impacto negativo en el medio ambiente debido a los residuos que genera tanto en la construcción como en la demolición. Estos se producen en dos etapas: en el proceso de extraer los agregados de las canteras y en la construcción de estructuras debido a que estas generan múltiples residuos. Durante la actividad extractiva, el mayor impacto negativo es la propia extracción. Si bien se producen residuos durante el proceso de extracción estos no son comparados con la extracción realizada. La extracción de materias primas crea un círculo vicioso, pues si no se extrajeran agregados estos no generarían residuos. Durante el

proceso de obra los impactos negativos que los RCD producen en el medio se deben exclusivamente a los residuos generados” (De santos, Monercillo, & García, 2011, pág. 34).

### **2.3. Marco conceptual**

- Concreto reciclado: “El concreto reciclado es aquel concreto cuyos agregados provengan parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y arenas de reciclaje” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, pág. 47).
- Reciclar: “Procedimiento mediante el cual los materiales segregados de los residuos son restituidos como materia prima al ciclo productivo” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, pág. 50)
- Agregado o árido: “Acumulado de materiales de constitución mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles” (Gutiérrez, 2003, pág. 9).
- Agregado grueso o grava: “Material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm” (Gutiérrez, 2003, pág. 9).
- Agregado fino o arena: “Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.074 mm)” (Gutiérrez, 2003, pág. 9).
- Resistencia del agregado: “La resistencia de la roca madre se comunica al agregado, aunque debe darse especial cuidado al hecho de que los procesos de explotación y triturado pueden disminuirla” (Gutiérrez, 2003, pág. 24).
- Tenacidad: “La tenacidad es la resistencia que ofrece el agregado al impacto, y tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles al impacto pueden alterar su granulometría y por consiguiente la calidad de la obra” (Gutiérrez, 2003, pág. 25).

- Dureza: “Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario. Los agregados empleados en carreteras, y pisos, deben ser especialmente resistentes al desgaste” (Gutiérrez, 2003, pág. 25).
- Pavimentos: “El pavimento es la superestructura de la obra vial que hace posible el tránsito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstas en el proyecto” (Gutiérrez, 2003, pág. 27).
- Pavimentos rígidos: “Están compuestos por una sub-base y una losa de concreto que debe absorber los esfuerzos transmitidos por los vehículos, por lo que debe ser resistente a los esfuerzos de flexión y descansar sobre una superficie uniforme, la sub-base, que debe ser de material granular” (Gutiérrez, 2003, pág. 28).
- Concreto: “Es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía” (Gutiérrez, 2003, pág. 33).
- Cemento: “La palabra cemento se emplea para designar a toda sustancia que posea condiciones de pegante cualquiera sea su origen” (Gutiérrez, 2003, pág. 35).
- Cemento Portland: “Se define, como el producto obtenido al pulverizar el Clinker con adición de yeso. El Clinker resulta de la calcinación hasta una fusión incipiente de una mezcla debidamente dosificada de materiales silíceos, calcáreos y férricos” (Gutiérrez, 2003, pág. 35).
- Manejabilidad: “La manejabilidad o trabajabilidad es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado, compactado adecuadamente y para ser terminado sin segregación ni exudación; la manejabilidad va asociada al término plasticidad, definida como la propiedad del concreto fresco que le permite dejarse moldear y cambiar lentamente si se saca del molde” (Gutiérrez, 2003, pág. 51).

- Exudación: “Se conoce también como sangrado y consiste en que parte del agua de mezclado tiende a subirse a la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso de fraguado” (Gutiérrez, 2003, pág. 52).
- Resistencia: “El concreto como material estructural se diseña para que tenga una determinada resistencia. La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un concreto y se utiliza normalmente para juzgar su calidad. Sin embargo cuando se diseñan pavimentos rígidos y otras losas que se construyen sobre el terreno, el concreto se diseña para que resista esfuerzos de flexión” (Gutiérrez, 2003, pág. 53).
- Durabilidad: “La durabilidad de un concreto es característica que le hace mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio a través del tiempo y frente a problemas de clima, ataques químicos o cualquier otro proceso de deterioro” (Gutiérrez, 2003, pág. 57).
- Curado: “Es el conjunto de acciones tendientes a mantener un ambiente que favorezca la hidratación paulatina del cemento, bien sea reteniendo la humedad interior del concreto, o suministrando humedad o protección contra temperaturas extremas” (Gutiérrez, 2003, pág. 85).

#### **2.4. Marco referencial**

Investigaciones realizadas en países europeos nos prueban que después de la segunda guerra mundial los habitantes de estas ciudades vieron como los escombros se adueñaron de las calles y decidieron que estos escombros serian un suplente admisible para la reedificación de sus ciudades. (Concreto reciclado: 2010, 2010)

Las primeras ciudades en realizar esta práctica fueron Alemania y Gran Bretaña, con el tiempo se sumaron Estados Unidos, China, Japón, Australia.

“Otras investigaciones se llevaron a cabo por instituciones mexicanas las cuales poseen plantas para el reciclaje de estos materiales y su uso posterior como material de subbase granular o mejoramiento de la subrasante en la construcción de vías terrestres. Existen también investigaciones aisladas en Brasil y Colombia, en este último tienen leyes que tratan de incluir los residuos de construcción y demolición como una alternativa en el ámbito de la construcción, pero en general en América Latina, nuestro conocimiento del material reciclado es escaso” (Concreto reciclado: 2010, 2010).

En el Perú, si bien la implementación del cemento como uno de los materiales principales, si de construcción se trata no se dio hasta 1916, el agregado reciclado como material usual del concreto no es una práctica común y mucho menos implementada en el país.



## Capítulo III.

### Metodología de la investigación

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general.

El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos.

##### 3.1.2. Hipótesis específica.

- El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el aporte del agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.
- El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.
- El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay, influye significativamente en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

#### 3.2. Método

Se definen diferentes tipos de métodos, sin embargo los más usados son:

- Método deductivo, (Buendía, Colás, & Hernández) afirma. “Es aquel que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular”. (pág. 5)
- Método inductivo, (Muñoz, 1998) define. “Es el razonamiento que analiza una porción de un todo; parte de lo particular a lo general”.

- Método de análisis, (Buendía, Colás, & Hernández) opinan. “Consiste en la descomposición de un todo en sus elementos” (pág. 5).

- Método de síntesis, (Buendía, Colás, & Hernández) opinan. “Consiste en la reunión racional de los elementos dispersos de un todo para estudiarlos en su totalidad” (pág. 5).

En este escenario podemos llegar a la conclusión de que nuestro método de investigación será deductivo, debido a que nuestra investigación parte de datos generales para llegar a una aplicación en particular, en este caso la aplicación de agregados provenientes de residuos, específicamente para su aplicación en pavimentos

### **3.3. Tipo de investigación**

Según Hernández, Fernández, & Baptista,( 2006), asegura.

“Investigación descriptiva, se emplea cuando el objetivo es detallar cómo son y cómo se manifiestan fenómenos, situaciones, contextos y eventos; busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para describir lo que se investiga. Describe tendencias de un grupo o población” (pág. 80).

“Investigación correlacional causal, se utiliza cuando se tiene como propósito conocer la relación existente entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo de pobladores” (pág. 81).

Por lo cual nuestro proyecto corresponde al Tipo de investigación descriptivo – correlacional causal.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

El alcance de la investigación es correlacional causal, teórico explicativo.

### 3.5. Diseño de investigación

- Investigación experimental.

“Se presenta el manejo de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular (...). En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas” (Tamayo, 2003, pág. 47).

La descripción antes mencionada básicamente se asemeja a los pasos que utilizamos para recolectar datos durante nuestro proceso de investigación, que se basarán más en procesos de laboratorio que nos permitirá analizar de manera mucho más confiable.

### 3.6. Operacionalización de variables

Tabla 6.  
Operacionalización de variables.

DEFINICION CONCEPTUAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ITEMS	ESCALA
<p><b><u>MATERIAL RECICLADO PRODUCTO DEL PAVIMENTO DETERIORADO.</u></b></p> <p>El reciclado de pavimento de concreto implica fracturar el pavimento existente, cargar y acarrear el material a una planta de trituración y procesarlo en la planta para reducir RCA de un tamaño especificado. El producto de este proceso es un agregado que se puede utilizar en lugar de agregado virgen en cualquier componente de la estructura de pavimento.</p>	Material reciclado proveniente de pavimento deteriorado	Agregado grueso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades mecánicas</li> </ul>	¿Las propiedades mecánicas del agregado grueso reciclado cumplen con los estándares para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimento?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Contenido de humedad</li> <li>* Peso específico y absorción.</li> <li>* Peso unitario suelto y compactado.</li> <li>* Granulometría</li> <li>* Desgaste.</li> </ul>
<p><b><u>ELABORACION DE CONCRETO NUEVO.</u></b></p> <p>El concreto la combinación de elementos tales como el cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en dosificaciones adecuadas para obtener una mezcla que este provista de ciertas características que sean adecuadas para el uso al que será destinado.</p>	Elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos, 2018.	Diseño de mezclas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dosificación de materiales.</li> <li>Trabajabilidad del concreto fresco</li> </ul>	<p>¿Qué porcentaje de material reciclado es el óptimo para ser utilizado en la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizado en pavimentos?</p> <p>¿El concreto nuevo elaborado con agregados provenientes de material reciclado será trabajable?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De acuerdo al diseño de mezclas dado por la ACI 211.1.</li> <li>* Ensayo de cono de Abrams.</li> </ul>
		Resistencia del concreto nuevo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la compresión.</li> </ul>	¿La resistencia a la compresión del concreto se encuentra dentro de los márgenes establecidos para ser reutilizados en pavimentos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Someter a una fuera de compresión a las briquetas.</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia.

### 3.7. Población, muestra y muestreo

#### 3.7.1. Población.

La población de esta investigación está referida a todas las vías del sector urbano de la ciudad que se encuentran en mal estado, se inspeccionaron y determinaron las que se encuentran deterioradas, siendo un total de 17.56 km de vía, aproximadamente 70240 m<sup>2</sup>.

#### 3.7.2. Muestra y muestreo.

El método de muestreo está basado en los criterios básicos para realizar la investigación, dentro de ellos es necesario mencionar el tiempo de vida útil de las vías en mal estado y más importante aún la disponibilidad para extraer la muestra debido que es de interés y competencia de la Municipalidad provincial; por esta razón las calles escogidas para sacar nuestras muestras fueron la Av. Abancay y Jr. puno, que sumadas nos dan un total de 205.6 m de vía con un ancho aproximado de 4 a 6 m.

La muestra se calcula con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde: N= Tamaño de la población. (70240m<sup>2</sup>)  
 Z= nivel de confianza. (1.96)  
 P=probabilidad de éxito. (50%)  
 Q=probabilidad de fracaso. (50%)  
 D= precisión. (5%)

Con lo cual obtenemos que el tamaño de muestra es: n= 382.07 m<sup>2</sup>

Tabla 7.  
*Población en la cual estará enfocada la investigación.*

NOMBRE	ÁREA	BENEFICIARIOS	POBLACIÓN	MUESTRA
Abancay	urbana	56093	70240 m <sup>2</sup>	382.07m <sup>2</sup>

*Fuente.* Elaboración propia.

### 3.8. Técnica e instrumentos

#### Fuentes de investigación.

Las fuentes que se utiliza para la investigación serán el campo donde se realizan análisis visual de los materiales tales como son agregado fino, agregado grueso, cemento,

agua, aditivo y laboratorio determinaremos sus propiedades físicas – mecánicas, las cuales serán necesarias para el diseño del concreto reciclado como el concreto convencional, también de acuerdo al análisis de laboratorio podemos determinar las aplicación respectivas de este concreto reciclado.

Por otro lado parte de las fuentes científicas serán normas nacionales e internacionales como son ACI, ASTM, NTP, etc.

### **Técnicas de obtención de datos.**

El estudio será exploratorio, descriptivo y experimental donde se aplicarán técnicas tales como observación y análisis, mediante formatos de recolección de datos y cuadros comparativos; los cuales nos permitirán evaluar los fenómenos presentados en el concreto fresco, endurecido durante los ensayos del diseño del concreto convencional y reciclado respectivamente.

### **Instrumentos de investigación.**

Se hizo uso de fotografías para evidenciar no solo la situación actual de las vías sino también el proceso de recolección de muestras y su procesamiento

Además, la investigación al ser experimental, hace necesario realizar múltiples ensayos con los cuales se determinan las propiedades de los agregados por lo cual se utilizan equipos establecidos para cada proceso y debidamente calibrados para obtener datos confiables.

Finalmente se realizara un análisis comparativo, entre los formatos de recaudación de datos ordenados y definidos adecuadamente para el concreto convencional y el concreto reciclado.

### **3.9. Consideraciones éticas**

- Responsabilidad, la investigación se desarrolló de acuerdo al cronograma planteado, los instrumentos y normas para realizar los diferentes ensayos, se cumplirán fielmente para la obtención de datos.
- Honestidad, la investigación a desarrollar se ha planteado acorde a la situación problemática del área de estudio, se manipula datos acorde al análisis de los materiales encontrados en la zona, lo cual implica que el trabajo es original y único, más no una copia de trabajos de investigación existente.

### **3.10. Procesamiento de datos.**

Los resultados que se consiguieron en el desarrollo de la investigación, serán procesados por métodos computacionales, utilizando software tales como el Excel, Word, etc.

Todos los ensayos poseen formatos en Excel que se presentan en los anexos, los resultados finales se presentaran en cuadros en los cuales se observaran los resultados por cada combinación realizada, además en el caso de la resistencia se presentan gráficos para observar la evolución de cada muestra de concreto en sus diferentes edades.

En el caso de las pruebas de hipótesis, estas se realizaron mediante el programa SPSS el cual nos ayuda a determinar si nuestra hipótesis es verdadera o no y se presentan mediante cuadros elaborados por el mismo programa. Este programa se basa en la significancia estadística, que utiliza datos tales como el nivel de significancia, la prueba estadística y el cálculo del p – valor.

## Capítulo IV.

### Resultados y discusión

#### 4.1. Resultados

Los resultados obtenidos en cada ensayo se presentan ordenados a nivel de la variable dependiente e independiente. Se puede apreciar que en el caso de la variable X/I consideramos todos los ensayos que determinan las propiedades de los agregados, mientras que para la variable Y/D se tiene en cuenta el diseño de mezclas y la resistencia que alcanza el concreto.

##### 4.1.1. A nivel de la variable X/I.

##### 4.1.1.1. El agregado.

La procedencia de nuestros agregados tanto finos como gruesos se explica detalladamente a continuación:

##### a. Agregado grueso.

Durante el proceso de investigación evaluamos a los agregados de cantera y los agregados reciclados, los cuales se evaluaron por separado y también en combinaciones de 25%, 50% y 75% para apreciar de mejor manera su comportamiento.

Los agregados de cantera provienen de la cantera “BALLON”, la cual está ubicada a la orilla del río pachacha con coordenadas 725212.30 E y 8486010.89 N de la carretera Abancay – Lima.



Figura 1. Recolección y etiquetado de muestras de agregado grueso proveniente de cantera



Por otro lado los agregados reciclados provienen del pavimento deteriorado de dos calles de la ciudad de Abancay (Av. Abancay y Jr. Puno).



*Figura 2.* Procesamiento de bloques de concreto, para su posterior triturado en la chancadora.



*Figura 3.* Traslado del material reciclado a la chancadora, donde se triturara.



*Figura 4.* Recolección y etiquetado de muestras de agregado reciclado.

*b. Agregado fino.*

El agregado fino proviene de la cantera “EL PEDREGAL” ubicada a orillas del río Pachachaca pasando el puente Sahuinto con coordenadas 725368.24 E y 8483833.57 N de la carretera Abancay – Lima.



Figura 5. Recolección y etiquetado de agregado fino

**4.1.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.**

Evaluaremos las propiedades de los agregados de tal manera que se cumplan con las normas establecidas en la NTP, con el fin de garantizar la calidad de los agregados.

*a. Contenido de humedad.*

Es un proceso que determina el porcentaje de agua que posee el agregado en estado natural. Se realiza el pesaje de una pequeña muestra, la cual es llevada al horno para ser secada durante 24 horas determinando así la cantidad de agua que esta posee.

Agregado grueso:



Figura 6. Cont. de humedad del agregado grueso 50% MC + 50% MR



Figura 7. Cont. de humedad del agregado grueso 75% MC + 25% MR.



Figura 8. Cont. de humedad del agregado grueso 25% MC + 75% MR.

Se realizaron tres pruebas para este ensayo, cuyo promedio y la desviación estándar se muestran a continuación:

Tabla 8.  
Porcentaje de humedad agregado grueso en sus diferentes combinaciones.

MATERIAL	M1	M2	M3	PROMEDIO	$\sigma$
100 % MR	1.66	1.67	1.67	1.67 %	0.003
25% MC + 75% MR	1.45	1.44	1.45	1.45 %	0.003
50% MC+ 50% MR	1.01	1.43	1.24	1.22 %	0.105
75% MC + 25% MR	0.43	0.49	0.47	0.46 %	0.015
100 % MC	0.18	0.19	0.19	0.19 %	0.003

Fuente. Elaboración propia.

### Agregado fino:

Tabla 9.  
Resultado del porcentaje de humedad que contiene el agregado fino.

MATERIAL	M1	M2	M3	PROMEDIO	$\sigma$
ARENA (comb. 30 – 70)	0.90	0.89	0.91	0.90 %	0.005

Fuente. Elaboración propia.



*b. Gravedad específica y absorción.*

La gravedad específica es calculada con el fin de determinar el volumen que ocupa el agregado en una mezcla, además de determinar la cantidad de vacíos que presentan los agregados.

Por otro lado la absorción es la capacidad que tienen los agregados de retener agua entre sus poros.

Agregado grueso:



Figura 9. Secado superficial del agregado grueso como parte del ensayo de peso específico.



Figura 10. Una recopilación de imágenes del proceso del ensayo de peso específico y el porcentaje de absorción.

Se realizaron 3 pruebas para este ensayo, cuyo promedio y la desviación estándar se muestran a continuación:

Tabla 10.  
 Datos del peso específico y porcentaje de abs. del agregado grueso en sus combinaciones.

ENSAYO	MATERIAL	M - 1	M - 2	M - 3	RESULTADOS	$\sigma$
Peso específico	100 % MR	2.36	2.35	2.36	2.36 g/cm <sup>3</sup>	0.003
	25% MC + 75% MR	2.40	2.40	2.39	2.40 g/cm <sup>3</sup>	0.003
	50% MC+ 50% MR	2.44	2.45	2.42	2.44 g/cm <sup>3</sup>	0.008
	75% MC + 25% MR	2.64	2.63	2.65	2.64 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	100 % MC	2.69	2.68	2.69	2.69 g/cm <sup>3</sup>	0.003
Porcentaje de absorción	100 % MR	5.22	5.23	5.21	5.22 %	0.005
	25% MC + 75% MR	4.60	4.61	4.59	4.60 %	0.005
	50% MC+ 50% MR	4.03	4.02	4.06	4.03 %	0.010
	75% MC + 25% MR	1.68	1.67	1.68	1.68 %	0.003
	100 % MC	0.89	0.88	0.90	0.89 %	0.005

Fuente. Elaboración propia.

### Agregado fino:



Figura 11. Secado superficial de la arena.



Figura 12. Peso al final para obtener el porcentaje de absorción.

Se realizaron 3 pruebas para este ensayo, cuyo promedio y la desviación estándar se muestran a continuación:

Tabla 11.  
 Datos de los ensayos de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

ENSAYO	MATERIAL	M-1	M-2	M-3	RESULTADOS	$\sigma$
Peso específico	ARENA (comb. 30 -70)	2.63	2.64	2.63	2.63 g/cm <sup>3</sup>	0.003
Porcentaje de absorción	ARENA (comb. 30 -70)	0.80	0.79	0.80	0.8 %	0.003

Fuente. Elaboración propia.

c. *Peso unitario (MTC E 203).*

“Este procedimiento de ensayo es frecuentemente usado para determinar los valores de densidad de masa que son indispensables para usos en muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto” (NTP 400.017, 3era Edición 2011).

Para obtener el peso unitario suelto, se llenará el recipiente en su totalidad, el material se echará desde una altura de 5 cm por encima del borde del recipiente, después se procede a enrasar con una regla metálica la superficie. Determinaremos el peso del material y el recipiente, al igual que el peso del recipiente vacío, para así obtener nuestros datos. En el caso del peso unitario compactado, el procedimiento se realiza llenando el recipiente en tres capas, cada una de ellas será apisonada 25 veces con una varilla lisa de acero, una vez llenado el recipiente completamente se procederá a enrasar la superficie y realizar los respectivos pesajes para determinar nuestros datos.

Agregado grueso:



Figura 13. Proceso del ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso.



Figura 14. Proceso del ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Se realizaron 3 pruebas para este ensayo, cuyo promedio y la desviación estándar, se muestran a continuación:

Tabla 12.  
Datos de ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

ENSAYO	MATERIAL	M1	M2	M3	PROMEDIO	$\sigma$
Peso unitario suelto	100 % MR	1.36	1.37	1.38	1.37 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	25% MC + 75% MR	1.43	1.44	1.45	1.44 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	50% MC+ 50% MR	1.50	1.50	1.51	1.50 g/cm <sup>3</sup>	0.003
	75% MC + 25% MR	1.52	1.53	1.55	1.53 g/cm <sup>3</sup>	0.008
	100 % MC	1.60	1.60	1.60	1.60 g/cm <sup>3</sup>	0
Peso unitario compactado	100 % MR	1.48	1.47	1.46	1.47 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	25% MC + 75% MR	1.51	1.53	1.52	1.52 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	50% MC+ 50% MR	1.58	1.59	1.60	1.59 g/cm <sup>3</sup>	0.005
	75% MC + 25% MR	1.61	1.61	1.61	1.61 g/cm <sup>3</sup>	0
	100 % MC	1.69	1.70	1.68	1.69 g/cm <sup>3</sup>	0.005

Fuente. Elaboración propia.

#### Agregado fino:



Figura 15. El peso unitario del agregado fino.



Los resultados obtenidos durante cada ensayo, el promedio y la desviación estándar se muestran a continuación:

Tabla 13.

*Datos obtenidos de los ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.*

ENSAYO	MATERIAL	M1	M2	M3	RESULTADOS	$\sigma$
Peso unitario suelto	ARENA (comb. 30 -70)	1.70	1.70	1.71	1.70 g/cm <sup>3</sup>	0.003
Peso unitario compactado	ARENA (comb. 30 -70)	1.81	1.82	1.84	1.82 g/cm <sup>3</sup>	0.008

*Fuente.* Elaboración propia.

*d. Granulometría (MTC E 204 y NTP 400.012).*

Es un proceso necesario para la gradación de los agregados y que estos cumplan con los parámetros establecidos dentro de la norma.

Agregado grueso:



Figura 16. El agregado grueso extendido para la gradación respectiva.



Figura 17. Se aprecia el tamizado de los agregados.

Es importante mencionar que el proceso de chancado del agregado reciclado se realizó en la misma cantera donde se obtuvo el agregado natural, con el fin de establecer las mismas condiciones en cuanto al proceso de obtención de estos; al realizar el ensayo de



granulometría del agregado grueso de cantera y el reciclado se obtuvo que estos no cumplían con los límites establecidos de acuerdo a la curva granulométrica ya que evidenciaba mayor cantidad de partículas gruesas, con lo cual se realizó una combinación adicionando partículas más pequeñas que se obtuvieron del mismo lugar, la proporción que manejamos es del 80% de material grueso combinado con un 20% de partículas pequeñas con lo cual se pudo lograr que el material se estableciera en los parámetros establecidos.

Tabla 14.  
Datos obtenidos del tamizado del agregado grueso 100% reciclado.

AGREGADO GRUESO 100 % MR		
ENSAYO	RESULTADOS	
Granulometría del agregado grueso	Módulo de fineza	2.12
	Tamaño máximo	1"
	Tamaño máximo nominal	3/4"
	Perdida de la muestra (%)	0.02%

Fuente. Elaboración propia.

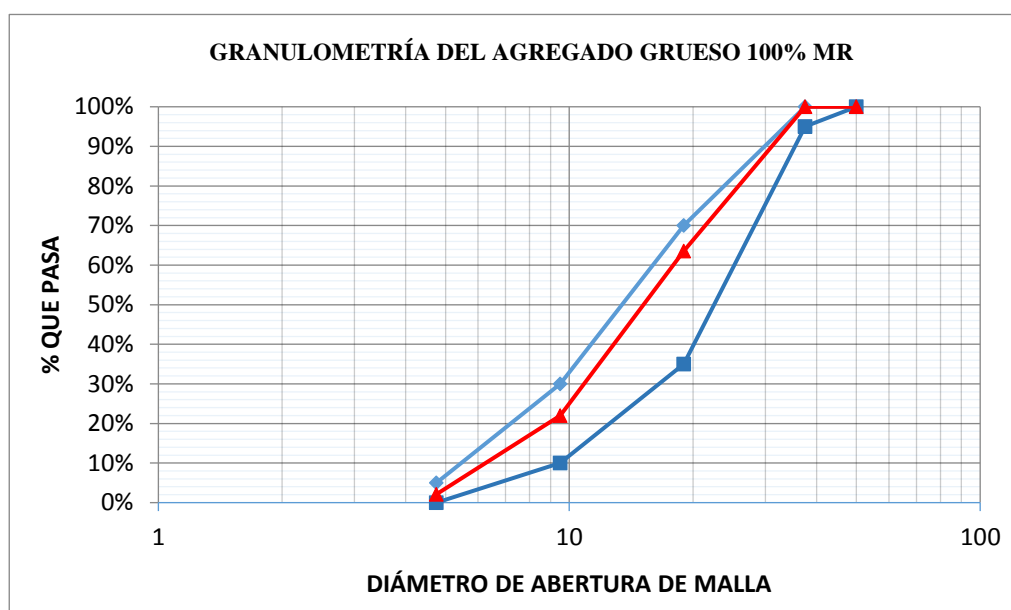


Ilustración 1. Curva granulométrica del agregado grueso 100% reciclada.

Tabla 15.  
Datos del tamizado del agregado 25% MC + 75% MR.

AGREGADO GRUESO 25 % MC + 75% MR		
ENSAYO	RESULTADOS	
Granulometría del agregado grueso	Módulo de fineza	2.15
	Tamaño máximo	1"
	Tamaño máximo nominal	3/4"
	Perdida de la muestra (%)	0.01%

Fuente. Elaboración propia.

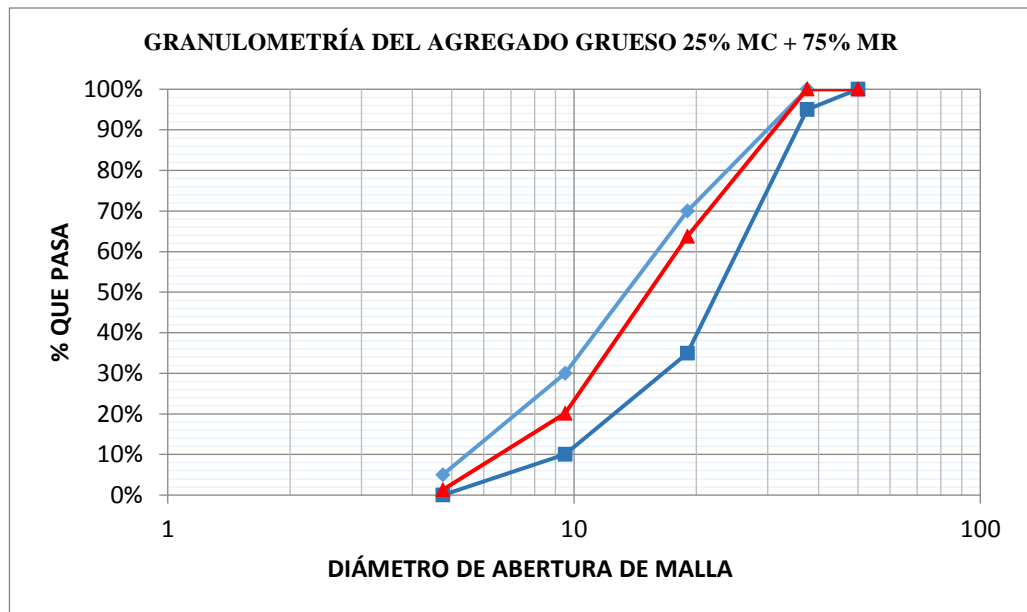


Ilustración 2. Curva granulométrica del agregado grueso 25% MC + 75% MR

Tabla 16.

Datos obtenidos del tamizado del agregado grueso 50% MR + 50% MC.

<b>AGREGADO GRUESO 50 % MR + 50% MC</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADOS</b>	
	Módulo de fineza	2.11
Granulometría del agregado grueso	Tamaño máximo	1"
	Tamaño máximo nominal	3/4"
	Perdida de la muestra (%)	0.04%

Fuente. Elaboración propia.

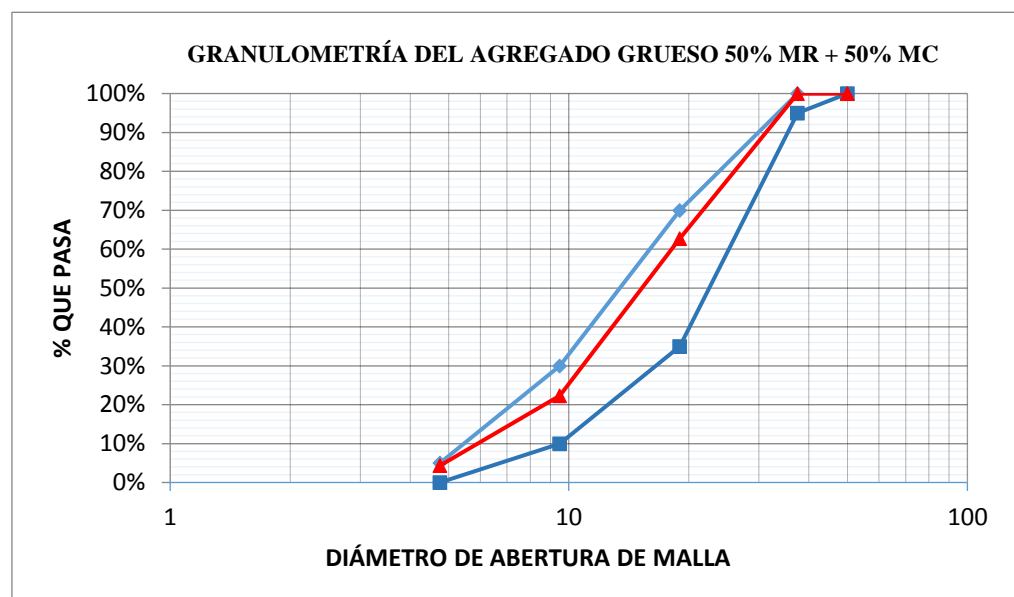


Ilustración 3. Curva granulométrica del agregado grueso 50% MC + 50% MR

Tabla 17

Datos del tamizado del agregado grueso 75% MC + 25% MR.

AGREGADO GRUESO 75 % MC + 25% MR		
ENSAYO		RESULTADOS
	Módulo de fineza	2.18
Granulometría del agregado grueso	Tamaño máximo	1"
	Tamaño máximo nominal	3/4"
	Perdida de la muestra (%)	0.01%

Fuente. Elaboración propia.

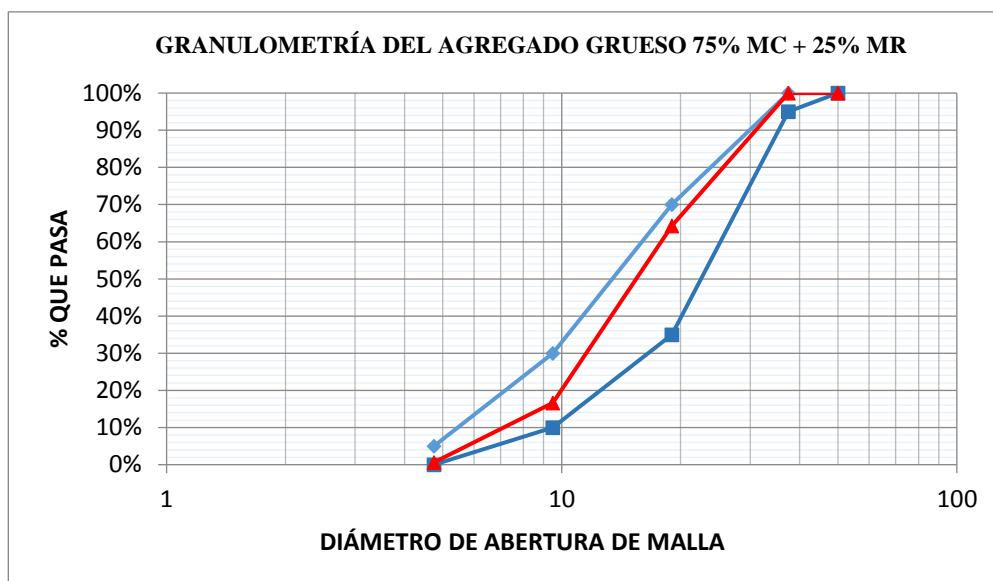


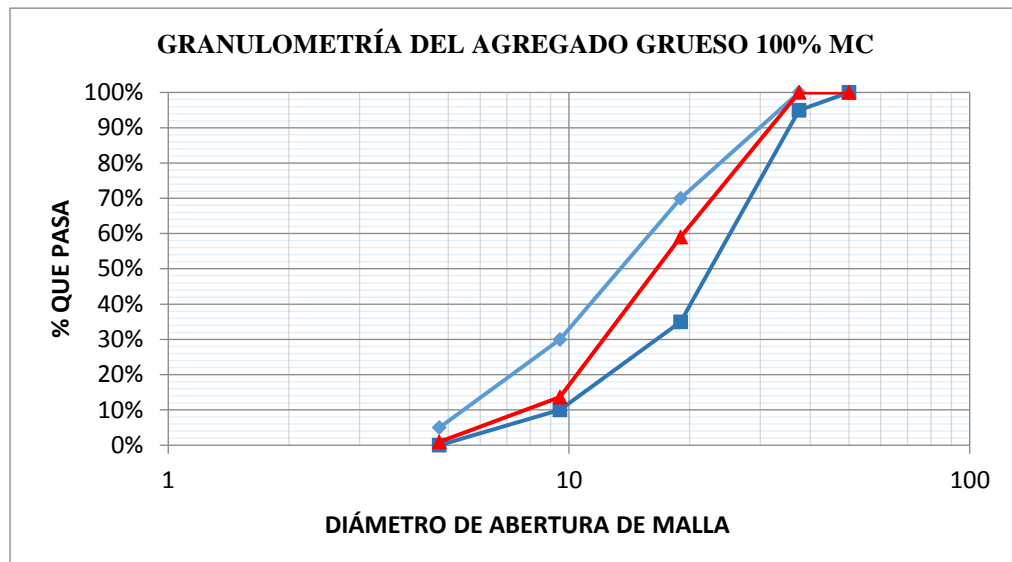
Ilustración 4. Curva granulométrica del agregado grueso 75% MC + 25% MR.

Tabla 18.

Datos del tamizado del agregado grueso 100% de cantera.

AGREGADO GRUESO 100 % MC		
ENSAYO		RESULTADOS
	Módulo de fineza	2.26
Granulometría del agregado grueso	Tamaño máximo	1"
	Tamaño máximo nominal	3/4"
	Perdida de la muestra (%)	0.01%

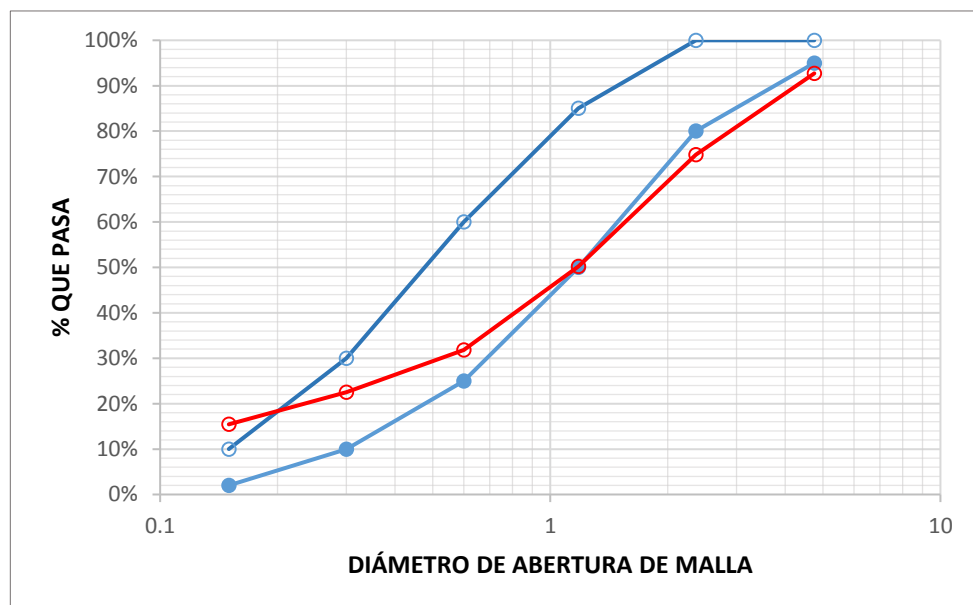
Fuente. Elaboración propia.



*Ilustración 5.* Curva granulométrica del agregado grueso 100% material cantera.

### Agregado fino:

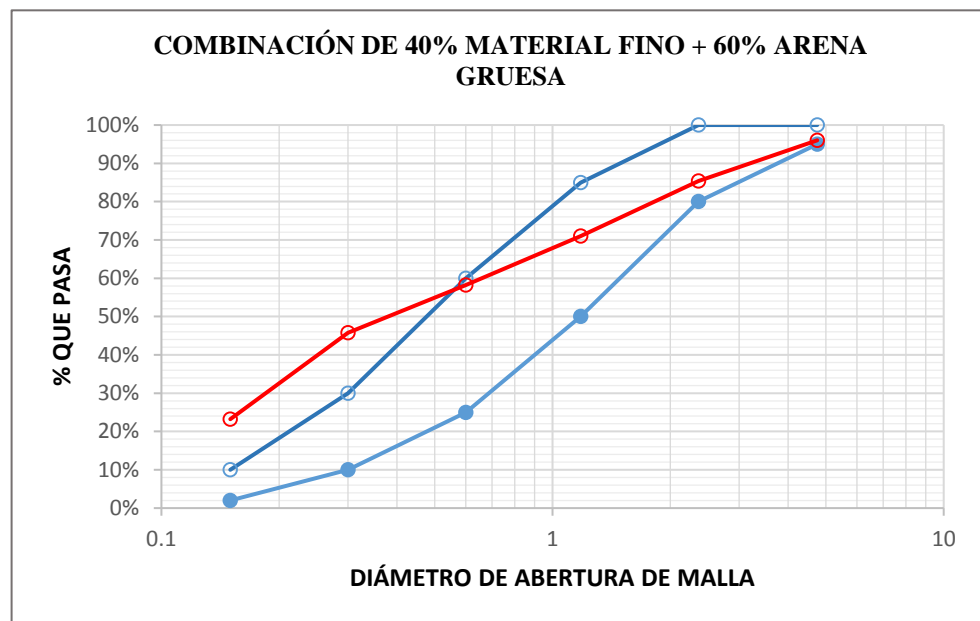
En el caso del agregado fino, se tomaron muestras de la cantera “El pedregal”, las cuales no cumplieron con los parámetros impuestos en la norma, podemos apreciar en la siguiente ilustración cuales fueron los alcances de dicho material.



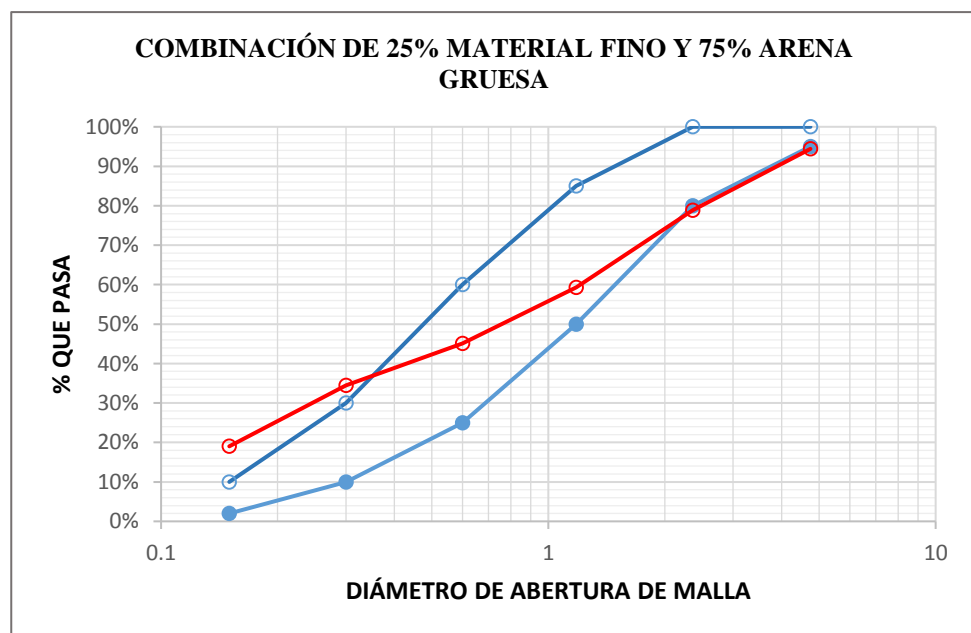
*Ilustración 6.* Gráfica que muestra que el material fino no cumple con los parámetros.

Debido a la cantidad de finos que existe se recomienda lavar la muestra con el fin de reducir las partículas finas, en nuestro caso después de realizar el respectivo lavado no cumplía con los estándares, por lo que se tomó la decisión de combinar la muestra con una

más fina, para lo cual se realizaron combinaciones de 40-60 y 25-75, los gráficos de curvas se muestran a continuación:



*Ilustración 7.* Gráfica que representa la gradación de los materiales.



*Ilustración 8.* Gráfica que representa la gradación del agregado fino.

Debido a la cantidad de finos se realizó el lavado de la muestra, a pesar de ello no se cumplió con lo previsto en la curva granulométrica, por lo cual se procedió a hacer otra combinación.



Figura 18. Tamizado del agregado fino.

La combinación utilizada de 30 – 70 estaba lavada para que cumpla con la cantidad establecida de finos de acuerdo a la norma, esta combinación fue la que mejor se ajustó a los parámetros establecidos además de brindar el módulo de fineza dentro del rango normado.

Tabla 19.

*Datos obtenidos durante el proceso de tamizado del agregado fino.*

AGREGADO FINO		
ENSAYO		RESULTADOS
	Módulo de fineza	2.98
Granulometría del agregado grueso	Tamaño máximo	-
	Tamaño máximo nominal	-
	Perdida de la muestra (%)	0.58 %

Fuente. Elaboración propia.

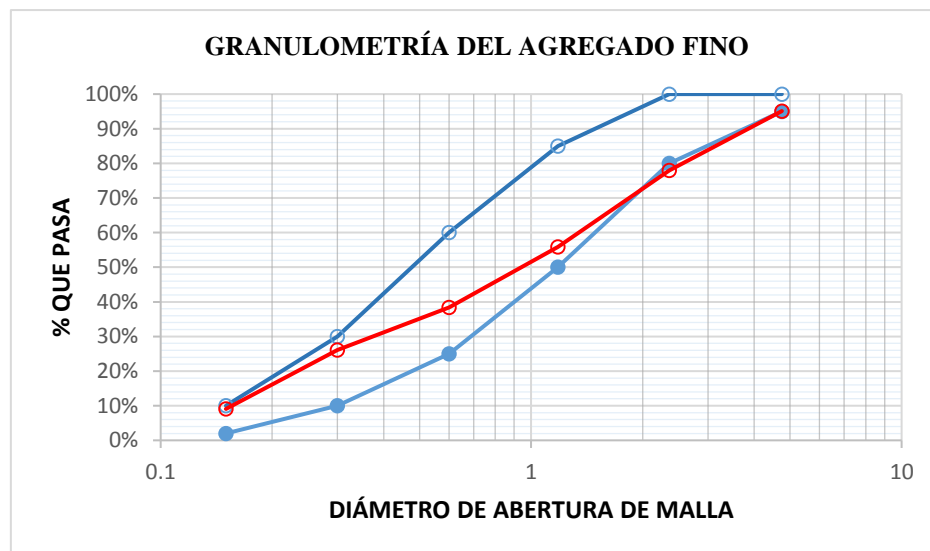


Ilustración 9. Curva granulométrica del agregado fino, con el cual trabajaremos.

e. Resistencia al desgaste (MTC E 207)

Es un ensayo que consiste en la medida de la degradación que presentan los agregados al ser sometidos al proceso de desgaste y trituración de un tambor metálico con cierta cantidad de esferas que giran a 500 rpm, la cantidad de muestra utilizada va de acuerdo a las especificaciones establecidas.



Figura 19. La gradación del agregado grueso para la prueba de desgaste.



Figura 20. La colocación del material en la máquina de abrasión de los ángeles.



Figura 21. Tamizado del material para abrasión, para determinar el desgaste final.

De las 5 combinaciones realizadas se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 20.  
*Datos del ensayo de abrasión del agregado grueso y sus combinaciones.*

ENSAYO	RESULTADOS	
	100 % MR	31.29 %
	25% MC + 75% MR	30.49 %
Prueba de abrasión de los Ángeles	50% MC+ 50% MR	26.88 %
	75% MC + 25% MR	24.38 %
	100 % MC	23.05 %

*Fuente. Elaboración propia.*

#### 4.1.2. A nivel de la variable Y/D.

##### 4.1.2.1. *Diseño de mezclas para la elaboración de un nuevo concreto.*

El diseño de mezclas realizado durante esta investigación está basada en el método ACI 211.1, es necesario mencionar que los diferentes diseños de mezcla se realizaron con la misma arena para todos los casos, alternando solo el agregado grueso en sus diferentes combinaciones.

La resistencia en base a la cual se hizo el diseño de mezcla es de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con una consistencia plástica y un asentamiento de entre 3 a 4”.

Es necesario mencionar que existirá un factor de seguridad para la resistencia a compresión del concreto, a cual se efectúa como se muestra a continuación:

$f'c$	$f'c_{cr}$
Menos de 210	$f'c + 70$
210-350	$f'c + 84$
Mayor a 350	$f'c + 98$

$$f'c_{cr} = f'c + 84$$

La resistencia será:  $Fc'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup>

A continuación se muestra los 5 diseños para nuestra investigación:



a. *Diseño de Mezclas con Agregado Grueso 100% de material reciclado.*

Es necesario tener los datos de todos los ensayos hechos al agregado tanto fino como grueso, esto es fundamental para el diseño.

Tabla 21.

*Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 100% reciclado.*

DESCRIPCIÓN	GRUESO	FINO	CEMENTO SOL
Peso específico	2.36 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1470 kg/m <sup>3</sup>	1820 kg/m <sup>3</sup>	-
Cont. de humedad	1.67%	0.90 %	-
Porcentaje de absorción	5.22%	0.80 %	-
Módulo de fineza	-	2.98	-
Tamaño máximo	3/4"	-	-

*Fuente.* Elaboración propia.

Paso 1: Se realiza la estimación de agua para la mezcla, tomando como apoyo la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 22.

*Estimación de la cantidad de agua a utilizar.*

SLUMP	Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos y consistencia indicada					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
	<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>					
1" a 2"	200	185	180	160	155	145
3" a 4"	215	200	195	175	170	160
6" a 7"	230	210	205	185	180	170

*Fuente.* Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo, 2009, pág.67.

La cantidad de agua = 200 lt/m<sup>3</sup>

Paso 2: Se realiza la selección de la relación agua – cemento (a/c)

Tabla 23.

*Relación de agua - cemento.*

Resistencia a la compresión a los 28 días ( fc'cr)	RELACIÓN AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53

*Fuente.* Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo, 2009, pág.68.

La resistencia que calcularemos es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra entre los valores resaltados en el cuadro, por lo cual se deberá interpolar para obtener un resultado exacto.

El resultado de la relación agua – cemento será:

$$\text{Relación a/c} = 0.56$$

Paso 3: Calcular la cantidad de cemento.

Para este paso utilizaremos la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación}(a/c)}$$

Con lo cual obtenemos como resultado:

$$\text{Cantidad de cemento} = 358.166 \text{ kg/m}^3$$

Paso 4: Estimación del contenido de agregado grueso para la mezcla.

Tabla 24.  
Contenido de agregado grueso.

TM del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado.			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente. Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo, 2009, pág.71.

Debido a que el módulo de fineza del agregado fino es 2.98 se debe interpolar para obtener el volumen adecuado de agregado grueso:

Realizado este procedimiento tenemos:

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.603 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compacto} = 1470.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 884.94 \text{ kg}$$

Paso 5: estimación de la cantidad de agregado fino.

- Método de pesos.

Tabla 25.  
Peso del concreto fresco.

TM (A.G)	PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO Kg/m <sup>3</sup>	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375

Fuente. Tecnología del Concreto. Flavio Abanto Castillo, 2009, pág.73.

De la tabla, podemos verificar lo siguiente:

Peso del concreto = 2355 kg/m<sup>3</sup>

Por lo que podremos deducir por los demás pesos obtenidos:

Peso de agregado fino = 911.894 kg

Método de los volúmenes absolutos

Con este método se pone en uso la siguiente formula:

$$\text{volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Obtuvimos los siguientes datos:

Volumen de cemento = 0.115 m<sup>3</sup>

Volumen de agua = 0.2 m<sup>3</sup>

Volumen de aire = 0.01 m<sup>3</sup>

Volumen de agregado grueso = 0.375 m<sup>3</sup>

Podemos determinar el volumen del agregado fino con la fórmula:

$$\text{VOLUMEN DE A.F} = 1 - [\text{VOL. DE A.G} + \text{VOL. DE AGUA} + \text{VOL. DE CEMENTO}]$$

Lo cual nos da el siguiente resultado:

Volumen del agregado fino = 0.300 m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 788.630 kg

Paso 6: Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (1 + \%W)$$

Lo cual da los siguientes resultados:

Peso húmedo del agregado grueso = 899.718 kg

Peso húmedo del agregado fino = 795.728 kg

Corrección del contenido de agua.

$$\text{AGUA QUE APORTA O QUITAN LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (\%W - \%A)$$

Obtenemos:

Agua que aporta el agregado grueso = -31.42 kg

Agua que aporta el agregado fino = 0.79 kg

Entonces el agua efectiva será:

$$\text{AGUA EFECTIVA} = \text{P. DEL AGUA} - (\text{AGUA QUE APORTA EL A.G} + \text{AGUA QUE APORTA EL A.F})$$

Agua efectiva = 230.627 kg

Paso 7: Proporciones en peso

Tabla 26.  
*Proporciones de todos los elementos que conforman la mezcla de concreto.*

DESCRIPCIÓN	PESO HÚMEDO	UNIDAD
Cemento	358.17	Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	795.73	Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	899.72	Kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	230.63	Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*

#### Proceso de elaboración de concreto en laboratorio.

Durante este proceso de elaboración del concreto, se hicieron pruebas correspondientes al concreto en estado fresco como el Slump y en estado endurecido que es básicamente someter nuestras briquetas a esfuerzos de compresión.

Se hicieron 12 briquetas para cada diseño de mezcla, con el fin de tener roturas a los días 7, 14, 21 y 28, así evaluar el comportamiento durante este periodo de tiempo.

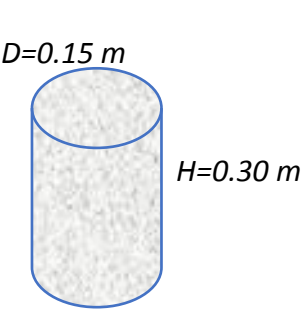
Para la elaboración de concreto con agregado grueso 100% reciclado se tomó como referente la Tabla 26. Donde se muestra el material a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto.

Se realizaron 12 briquetas, que fueron vaciadas en dos etapas con el fin de que el proceso de mezclado sea más efectivo.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados para la cantidad de material que se utiliza en las 7 briquetas de cada etapa de vaciado, consideramos una de más debido al desperdicio que se genera al utilizar la mezcladora.

Tabla 27.

*Proporción de materiales para el concreto.*

<b>DOSIFICACIÓN PARA LOS MOLDES DE BRIQUETAS.</b>	
	Volumen de molde= 0.00530 m <sup>3</sup> Cantidad de 7 volumen total = 0.03711 m <sup>3</sup>
	<b>Proporción en peso</b> Cemento = 13.29 kg A. fino = 29.53 kg A. grueso = 33.39 kg Agua efectiva = 8.56 kg

*Fuente. Elaboración propia.*



Figura 22. Proceso de mezclado y prueba de cono de Abrams del concreto.



Figura 23. Vibrado manual de briquetas.

b. *Diseño de Mezclas con combinación de Agregado grueso 25% de cantera y 75% reciclado.*

Es necesario tener los datos de todos los ensayos realizados al agregado tanto fino como grueso, esto es fundamental para el diseño.

Tabla 28.

*Resultados de las propiedades del agregado grueso 25% MC + 75% MR.*

DESCRIPCIÓN	GRUESO	FINO	CEMENTO SOL
Peso específico	2.40 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1520 kg/m <sup>3</sup>	1820 kg/m <sup>3</sup>	-
Cont. de humedad	1.45%	0.90 %	-
Porcentaje de absorción	4.60%	0.80 %	-
Módulo de fineza	-	2.98	-
Tamaño máximo	3/4"	-	-

*Fuente. Elaboración propia.*

Paso 1: Se realiza la estimación de agua para la mezcla, tomando como apoyo la tabla 22.

Dónde:

La cantidad de agua = 200 lt/m<sup>3</sup>

Paso 2: Se realiza la selección de la relación agua – cemento (a/c)

La resistencia que calcularemos es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra entre los valores resaltados en la Tabla 23. Por lo cual, se debe interpolar para obtener un resultado exacto.

El resultado de la relación agua – cemento será:

Relación a/c = 0.56

Paso 3: Calcular la cantidad de cemento.

Para este paso utilizaremos la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación}(\frac{a}{c})}$$

Con lo cual obtenemos como resultado:

$$\text{Cantidad de cemento} = 358.166 \text{ kg/m}^3$$

Paso 4: Estimación del contenido de agregado grueso para la mezcla.

Para lo cual nos apoyamos en la tabla 24. Obteniendo:

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.602 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso unitario compacto} = 1520.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 915.04 \text{ kg}$$

Paso 5: estimación de la cantidad de agregado fino.

- Método de pesos.

De la Tabla 25, podemos verificar lo siguiente:

$$\text{Peso del concreto} = 2355 \text{ kg/m}^3$$

Por lo que podremos deducir por los demás pesos obtenidos que:

$$\text{Peso de agregado fino} = 881.794 \text{ kg}$$

- Método de los volúmenes absolutos

Con este método se pone en uso la siguiente fórmula:

$$\text{volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Obtuvimos los siguientes datos:

$$\text{Volumen de cemento} = 0.115 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de aire} = 0.01 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.381 \text{ m}^3$$

Podemos determinar el volumen del agregado fino con la fórmula:

$$\text{VOLUMEN DE A.F} = 1 - [\text{VOL. DE A.G} + \text{VOL. DE AGUA} + \text{VOL. DE CEMENTO}]$$

Lo cual nos da el siguiente resultado:

Volumen del agregado fino = 0.294 m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 772.082 kg

Paso 6: Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (1 + \%W)$$

Lo cual da los siguientes resultados:

Peso húmedo del agregado grueso = 928.308 kg

Peso húmedo del agregado fino = 779.031 kg

Corrección del contenido de agua.

$$\text{AGUA QUE APORTA O QUITAN LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (\%W - \%A)$$

Obtenemos:

Agua que aporta el agregado grueso = -28.82 kg

Agua que aporta el agregado fino = 0.77 kg

Entonces el agua efectiva será:

$$\text{AGUA EFECTIVA} = \text{P. DEL AGUA} - (\text{AGUA QUE APORTA EL A.G} + \text{AGUA QUE APORTA EL A.F})$$

Agua efectiva = 228.052 kg

Paso 7: Proporciones en peso

Tabla 29.

*Proporciones de los elementos de la mezcla de concreto.*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PESO HÚMEDO</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Cemento</b>	358.17	Kg/m <sup>3</sup>
<b>A. Fino</b>	779.03	Kg/m <sup>3</sup>
<b>A. Grueso</b>	928.31	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua efectiva</b>	228.05	Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*



Proceso de elaboración de concreto en laboratorio.


Se hicieron 12 briquetas para cada diseño de mezcla, con el fin de tener roturas a los días 7, 14, 21 y 28, así evaluar el comportamiento durante este periodo de tiempo.

Para la elaboración de concreto con agregado grueso 25% de cantera y 75% reciclado se tomó como referente la Tabla 29. Donde se muestra el material a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto.

Se realizaron 12 briquetas, que fueron vaciadas en dos etapas con el fin de que el proceso de mezclado sea más efectivo.

Tabla 30.

*Cantidad de materiales para briquetas de concreto.*

<b>DOSIFICACIÓN PARA LOS MOLDES DE BRIQUETAS.</b>	
<p><math>D=0.15\text{ m}</math></p>  <p><math>H=0.30</math></p>	<p>Volumen de molde= 0.00530 m<sup>3</sup></p> <p>Cantidad de moldes= 7</p> <p>Volumen total = 0.03711 m<sup>3</sup></p>
	<p><b>Proporción en peso</b></p> <p>Cemento = 13.29 kg</p> <p>A. fino = 28.91 kg</p> <p>A. grueso = 34.45 kg</p> <p>Agua efectiva = 8.46 ml</p>

*Fuente. Elaboración propia.*



*Figura24 .Elaboración de concreto y prueba de cono de Abrams para asegurar el slump.*

- c. *Diseño de Mezclas con combinación de Agregado grueso 50% de cantera y 50% reciclado.*

Es necesario tener los datos de todos los ensayos realizados al agregado tanto fino como grueso, esto es fundamental para el diseño.

Tabla 31.  
*Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 50% MC + 50% MR.*

DESCRIPCIÓN	GRUESO	FINO	CEMENTO SOL
Peso específico	2.44 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1590 kg/m <sup>3</sup>	1820 kg/m <sup>3</sup>	-
Cont. de humedad	1.22%	0.90 %	-
Porcentaje de absorción	4.03%	0.80 %	-
Módulo de fineza	-	2.98	-
Tamaño máximo	3/4"	-	-

*Fuente.* Elaboración propia.

Paso 1: Se realiza la estimación de agua para la mezcla, tomando como apoyo la Tabla 22. Dónde:

La cantidad de agua = 200 lt/m<sup>3</sup>

Paso 2: Se realiza la selección de la relación agua – cemento (a/c)

La resistencia que calcularemos es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra entre los valores resaltados en la Tabla 23. Por lo cual, se debe interpolar para obtener un resultado exacto.

El resultado de la relación agua – cemento será:

Relación a/c = 0.56

Paso 3: Calcular la cantidad de cemento.

Para este paso utilizaremos la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación}(\frac{a}{c})}$$

Con lo cual obtenemos como resultado:

Cantidad de cemento = 358.166 kg/m<sup>3</sup>

Paso 4: Estimación del contenido de agregado grueso para la mezcla.

Para lo cual nos apoyamos en la tabla 24. Obteniendo:

Volumen de agregado grueso = 0.602 m<sup>3</sup>

Peso unitario compacto = 1590.00 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de agregado grueso = 957.18 kg

Paso 5: Estimación de la cantidad de agregado fino.

- Método de pesos.

De la Tabla 25, podemos verificar lo siguiente:

Peso del concreto = 2355 kg/m<sup>3</sup>

Por lo que podremos deducir por los demás pesos obtenidos que:

Peso de agregado fino = 839.654 kg

- Método de los volúmenes absolutos

Con este método se pone en uso la siguiente fórmula:

$$\text{volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Obtuvimos los siguientes datos:

Volumen de cemento = 0.115 m<sup>3</sup>

Volumen de agua = 0.2 m<sup>3</sup>

Volumen de aire = 0.01 m<sup>3</sup>

Volumen de agregado grueso = 0.392 m<sup>3</sup>

Podemos determinar el volumen del agregado fino con la fórmula:

$$\text{VOLUMEN DE A.F} = 1 - [\text{VOL. DE A.G} + \text{VOL. DE AGUA} + \text{VOL. DE CEMENTO}]$$

Lo cual nos da el siguiente resultado:

Volumen del agregado fino = 0.283 m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 743.099 kg

Paso 6: Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (1 + \%W)$$

Lo cual da los siguientes resultados:

Peso húmedo del agregado grueso = 968.858 kg

Peso húmedo del agregado fino = 749.787 kg

Corrección del contenido de agua.

$$\text{AGUA QUE APORTA O QUITAN LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (\%W - \%A)$$

Obtenemos:

Agua que aporta el agregado grueso = -26.90 kg

Agua que aporta el agregado fino = 0.74 kg

Entonces, el agua efectiva fue:

$$\text{AGUA EFECTIVA} = \text{P. DEL AGUA} - (\text{AGUA QUE APORTA EL A.G} + \text{AGUA QUE APORTA EL A.F})$$

Agua efectiva = 226.154 kg

Paso 7: Proporciones en peso

Tabla 32.

*Proporciones de los elementos de la mezcla de concreto.*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PESO HÚMEDO</b>	<b>UNIDAD</b>
Cemento	358.17	Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	795.73	Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	899.72	Kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	230.63	Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*

#### Proceso de elaboración de concreto en laboratorio.


Se hicieron 12 briquetas para cada diseño de mezcla, con el fin de tener roturas a los días 7, 14, 21 y 28, así evaluar el comportamiento durante este periodo de tiempo.

Para la realización de un concreto con agregado grueso 50% de cantera y 50% reciclado se tomó como referente la Tabla 32. Donde se muestra el material a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto.

Se realizaron 12 briquetas, que fueron vaciadas en dos etapas con el fin de que el proceso de mezclado sea más efectivo.

Tabla 33.

Cantidad de materiales para briqueta de concreto (50% MC + 50% MR).

DOSIFICACIÓN PARA LOS MOLDES DE BRIQUETAS.	
<p><math>D=0.15\text{ m}</math></p>  <p><math>H=0.30\text{ m}</math></p>	<p>Volumen de molde= 0.00530 m<sup>3</sup></p> <p>Cantidad de moldes= 7</p> <p>Volumen total = 0.03711 m<sup>3</sup></p>
	<p><b>Proporción en peso</b></p> <p>Cemento = 13.29 kg</p> <p>A. fino = 27.82 kg</p> <p>A. grueso = 35.95 kg</p> <p>Agua efectiva = 8.39 kg</p>

Fuente. Elaboración propia.



Figura 25. Proceso de elaboración de concreto con 50% MC + 50% MR

- d. Diseño de Mezclas con combinación de Agregado grueso 75% de cantera y 25% reciclado.

Es necesario tener los datos de todos los ensayos realizados al agregado tanto fino como grueso, esto es fundamental para el diseño.

Tabla 34.

Resultados de las propiedades del agregado grueso 75% MC + 25% MR.

DESCRIPCIÓN	GRUESO	FINO	CEMENTO SOL
Peso específico	2.64 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1610 kg/m <sup>3</sup>	120 kg/m <sup>3</sup>	-
Cont. de humedad	0.46 %	0.90 %	-
Porcentaje de absorción	1.68%	0.80 %	-
Módulo de fineza	-	2.98	-
Tamaño máximo	3/4"	-	-

Fuente. Elaboración propia.

Paso 1: Se realiza la estimación de agua para la mezcla, tomando como apoyo la tabla 22.

Donde:

La cantidad de agua = 200 lt/m<sup>3</sup>

Paso 2: Se realiza la selección de la relación agua – cemento (a/c)

La resistencia que calcularemos es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra entre los valores resaltados en la tabla 23. Por lo cual se deberá interpolar para obtener un resultado exacto.

El resultado de la relación agua – cemento será:

Relación a/c = 0.56

Paso 3: Calcular la cantidad de cemento.

Para este paso, utilizamos la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación(a/c)}}$$

Con lo cual obtenemos como resultado:

Cantidad de cemento = 358.166 kg/m<sup>3</sup>

Paso 4: Estimación del contenido de agregado grueso para la mezcla.

Para lo cual, nos apoyamos en la Tabla 24. Obteniendo:

Volumen de agregado grueso = 0.602 m<sup>3</sup>

Peso unitario compacto = 1610.00 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de agregado grueso = 969.22 kg

Paso 5: estimación de la cantidad de agregado fino.

- Método de pesos.

De la Tabla 25, podemos verificar lo siguiente:

Peso del concreto = 2355 kg/m<sup>3</sup>

Por lo que, podremos deducir por los demás pesos obtenidos que:

Peso de agregado fino = 827.614 kg

- Método de los volúmenes absolutos

Con este método se pone en uso la siguiente fórmula:

$$\text{volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Obtuvimos los siguientes datos:

Volumen de cemento = 0.115 m<sup>3</sup>

Volumen de agua = 0.2 m<sup>3</sup>

Volumen de aire = 0.01 m<sup>3</sup>

Volumen de agregado grueso = 0.367 m<sup>3</sup>

Podemos determinar el volumen del agregado fino mediante la fórmula:

$$\text{VOLUMEN DE A.F} = 1 - [\text{VOL. DE A.G} + \text{VOL. DE AGUA} + \text{VOL. DE CEMENTO}]$$

Lo cual nos da el siguiente resultado:

Volumen del agregado fino = 0.308 m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 809.265 kg

Paso 6: Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (1 + \%W)$$

Lo cual da los siguientes resultados:

Peso húmedo del agregado grueso = 973.678 kg

Peso húmedo del agregado fino = 816.548 kg

Corrección del contenido de agua.

$$\text{AGUA QUE APORTA O QUITAN LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (\%W - \%A)$$

Obtenemos:

Agua que aporta el agregado grueso = -11.82 kg

Agua que aporta el agregado fino = 0.81 kg

Entonces el agua efectiva será:

AGUA EFECTIVA = P. DEL AGUA - (AGUA QUE APORTA EL A.G + AGUA QUE APORTA EL A.F)

Agua efectiva = 211.015 kg

Paso 7: Proporciones en peso

Tabla 35.  
*Proporciones de los elementos que conforman la mezcla de concreto.*

DESCRIPCIÓN	PESO HÚMEDO	UNIDAD
Cemento	358.17	Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	816.55	Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	973.68	Kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	211.02	Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*


Proceso de elaboración de concreto en laboratorio.

Se hicieron 12 briquetas para cada diseño de mezcla, con el fin de tener roturas a los días 7, 14, 21 y 28, así evaluar el comportamiento durante este periodo de tiempo.

Para la realización de concreto con agregado grueso 75% de cantera y 25% reciclado se toma como referente la Tabla 35. Donde se muestra el material a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto.

Se realizaron 12 briquetas, que fueron vaciadas en dos etapas con el fin de que el proceso de mezclado sea más efectivo.

Tabla 36.  
*Cantidades necesarias para vaciado de briquetas (75% MC + 25% MR).*

<b>DOSIFICACIÓN PARA LOS MOLDES DE BRIQUETAS.</b>	
<p><math>D=0.15\text{ m}</math></p>  <p><math>H=0.30\text{ m}</math></p>	<p>Volumen de molde= 0.00530 m<sup>3</sup></p> <p>Cantidad de moldes= 7</p> <p>Volumen total = 0.03711 m<sup>3</sup></p>
	<p><b>Proporción en peso</b></p> <p>Cemento = 13.29 kg</p> <p>A. fino = 30.30 kg</p> <p>A. grueso = 36.13 kg</p> <p>Agua efectiva = 7.83 kg</p>

*Fuente. Elaboración propia.*





Figura 26. Elaboración de concreto y moldeado de briquetas.

e. *Diseño de Mezclas con Agregado Grueso 100% de material de cantera.*

Es necesario tener los datos de todos los ensayos realizados al agregado tanto fino como grueso, esto es fundamental para el diseño.

Tabla 37.

*Resultados de las propiedades físicas del agregado grueso 100% de cantera.*

DESCRIPCIÓN	GRUESO	FINO	CEMENTO SOL
Peso específico	2.69 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1690 kg/m <sup>3</sup>	120 kg/m <sup>3</sup>	-
Cont. de humedad	0.19 %	0.90 %	-
Porcentaje de absorción	0.89 %	0.80 %	-
Módulo de fineza	-	2.98	-
Tamaño máximo	3/4"	-	-

*Fuente. Elaboración propia.*

Paso 1: Se realiza la estimación de agua para la mezcla, tomando como apoyo la Tabla 22. Dónde:

La cantidad de agua = 200 lt/m<sup>3</sup>

Paso 2: Se realiza la selección de la relación agua – cemento (a/c)

La resistencia que calcularemos es de 294 kg/cm<sup>2</sup> que se encuentra entre los valores resaltados en la Tabla 23. Por lo cual, se debe interpolar para obtener un resultado exacto.

El resultado de la relación agua – cemento será:

Relación a/c = 0.56

Paso 3: Calcular la cantidad de cemento.

Para este paso utilizaremos la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación}(\frac{a}{c})}$$

Con lo cual obtenemos como resultado:

Cantidad de cemento = 358.166 kg/m<sup>3</sup>

Paso 4: Estimación del contenido de agregado grueso para la mezcla.

Para lo cual nos apoyamos en la tabla 24. Obteniendo:

Volumen de agregado grueso = 0.602 m<sup>3</sup>

Peso unitario compacto = 1690.00 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de agregado grueso = 1017.38 kg

Paso 5: Estimación de la cantidad de agregado fino.

- Método de pesos.

De la Tabla 25. Podemos verificar lo siguiente:

Peso del concreto = 2355 kg/m<sup>3</sup>

Por lo que podremos deducir por los demás pesos obtenidos que:

Peso de agregado fino = 779454 kg

- Método de los volúmenes absolutos

Con este método se pone en uso la siguiente fórmula:

$$\text{volumen} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Obtuvimos los siguientes datos:

Volumen de cemento = 0.115 m<sup>3</sup>

Volumen de agua = 0.2 m<sup>3</sup>

Volumen de aire = 0.01 m<sup>3</sup>

Volumen de agregado grueso = 0.378 m<sup>3</sup>

Podemos determinar el volumen del agregado fino con la fórmula:

$$\text{VOLUMEN DE A.F} = 1 - [\text{VOL. DE A.G} + \text{VOL. DE AGUA} + \text{VOL. DE CEMENTO}]$$

Lo cual nos da el siguiente resultado:

Volumen del agregado fino = 0.297 m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 780.126 kg

Paso 6: Ajuste por contenido de humedad de los agregados.

$$\text{PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (1 + \%W)$$

Lo cual da los siguientes resultados:

Peso húmedo del agregado grueso = 1019.313 kg

Peso húmedo del agregado fino = 787.147 kg

Corrección del contenido de agua.

$$\text{AGUA QUE APORTA O QUITAN LOS AGREGADOS} = \text{PESO SECO DEL AGREGADO} * (\%W - \%A)$$

Obtenemos:

Agua que aporta el agregado grueso = -7.12 kg

Agua que aporta el agregado fino = 0.78 kg

Entonces, el agua efectiva será:

$$\text{AGUA EFECTIVA} = \text{P. DEL AGUA} - (\text{AGUA QUE APORTA EL A.G} + \text{AGUA QUE APORTA EL A.F})$$

Agua efectiva = 206.342 kg

Paso 7: Proporciones en peso

Tabla 38.

*Proporciones de elementos que conforman la mezcla de concreto.*

DESCRIPCIÓN	PESO HÚMEDO	UNIDAD
Cemento	358.17	Kg/m <sup>3</sup>
A. Fino	787.15	Kg/m <sup>3</sup>
A. Grueso	1019.31	Kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	206.34	Kg/m <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*

Proceso de elaboración de concreto en laboratorio.

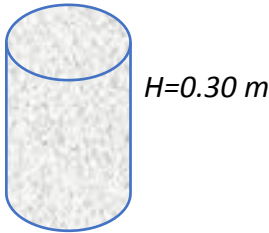
Se hicieron 12 briquetas para cada diseño de mezcla, con el fin de tener roturas a los días 7, 14, 21 y 28, así evaluar el comportamiento durante este periodo de tiempo.

Para la elaboración de concreto con agregado grueso 100% de cantera se tomó como referente la Tabla 38. Donde se muestra el material a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto.

Se realizaron 12 briquetas, que fueron vaciadas en dos etapas con el fin de que el proceso de mezclado sea más efectivo.

Tabla 39.

*Proporciones de todos los elementos que conforman la mezcla de concreto.*

<b>DOSIFICACIÓN PARA LOS MOLDES DE BRIQUETAS.</b>	
<p><math>D=0.15\text{ m}</math></p>  <p><math>H=0.30\text{ m}</math></p>	<p>Volumen de molde= 0.00530 m<sup>3</sup></p> <p>Cantidad de moldes= 7</p> <p>Volumen total = 0.03711 m<sup>3</sup></p>
	<p><b>Proporción en peso</b></p> <p>Cemento = 13.29 kg</p> <p>A. fino = 29.21 kg</p> <p>A. grueso = 37.83 kg</p> <p>Agua efectiva = 7.66 kg</p>

*Fuente. Elaboración propia.*



*Figura 27. Concreto fresco, enrasado de moldes.*

#### **4.1.3. Resistencias alcanzadas de los testigos de concreto.**

Los testigos de concreto para los 5 diseños de mezcla realizados se pusieron a prueba, para determinar su resistencia a la compresión, estos fueron ensayados a los 7, 14, 21 y 28 días, con el fin de evaluar su comportamiento y determinar si son aptos para su reutilización en pavimentos.

**a. Concreto hecho con 100% material reciclado.**

Se detallan los resultados obtenidos durante los 7, 14, 21 y 28 días al someter a una fuerza de compresión a las briquetas.

Tabla 40.

*Resistencia a la compresión de briquetas ensayadas (100% MR).*

Días	RESISTENCIAS ALCANZADAS			$\sigma$
	B - 1	B - 2	B - 3	
0	0	0	0	
7	224.74	228.26	232.52	1.948
14	283.18	328.19	302.54	11.289
21	333.05	341.79	338.11	2.077
28	355.06	389.17	374.36	8.552

*Fuente. Elaboración propia.*



*Ilustración 10. Gráfico del incremento de la resistencia (100% MR).*



*Figura 28. Capeado y rotura de probetas de concreto.*

**b. Concreto hecho con 25% material de cantera y 75% material reciclado.**

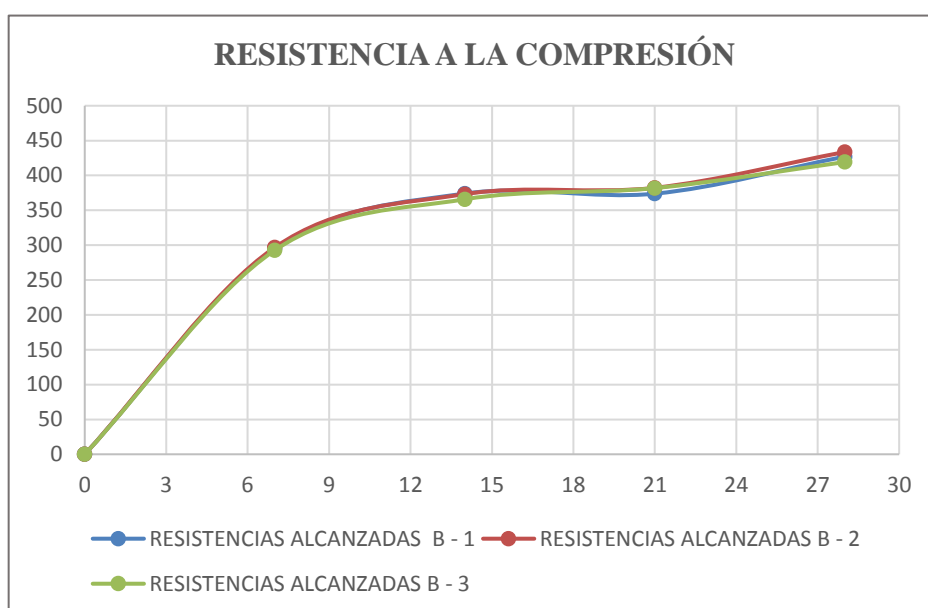
Se detallan los resultados obtenidos durante los 7, 14, 21 y 28 días al someter a una fuerza de compresión a las briquetas.

Tabla 41.

*Resistencia a compresión de briquetas (25% MC + 75% MR).*

Días	RESISTENCIAS ALCANZADAS			$\sigma$
	B - 1	B - 2	B - 3	
0	0	0	0	
7	295.11	296.76	292.7	1.021
14	374.02	373.22	365.84	2.255
21	373.87	382.31	381.88	2.377
28	427.03	433.69	419.28	3.606

*Fuente. Elaboración propia.*



*Ilustración 11. Gráfico del incremento de la resistencia (25% MC + 75% MR)*



*Figura 29. Rotura de briquetas, concreto 50% MC + 50% MR.*

**c. Concreto hecho con 50% material de cantera y 50% material reciclado.**

Se presentan los resultados obtenidos al someter a compresión a las briquetas.

Tabla 42.

*Resistencia a la compresión alcanzada (50% MC + 50% MR).*

Días	RESISTENCIAS ALCANZADAS			$\sigma$
	B - 1	B - 2	B - 3	
0	0	0	0	
7	317.32	302.6	297.05	5.238
14	378.73	369.7	376.19	2.328
21	403.72	399.68	403.23	1.102
28	433.29	435.14	427.99	1.856

Fuente. Elaboración propia.

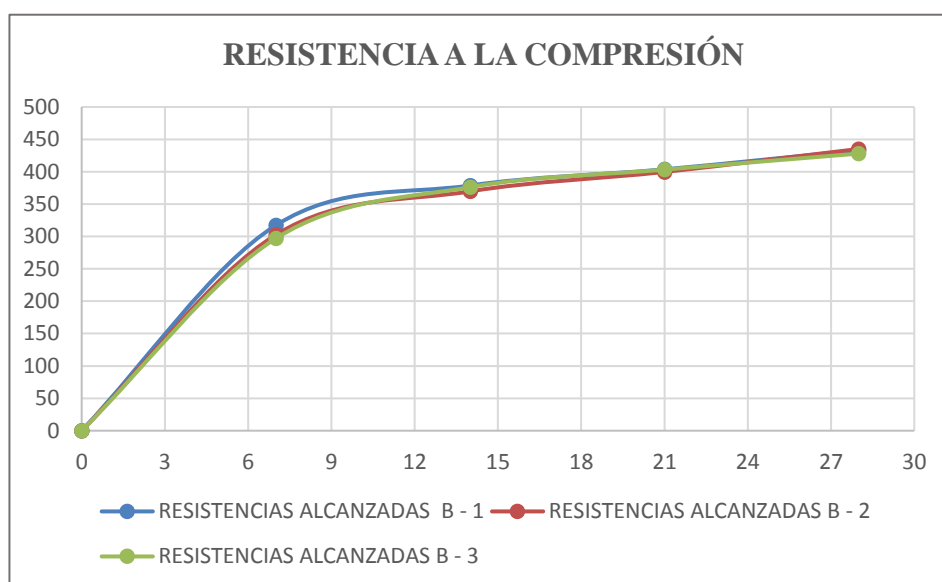


Ilustración 12. Gráfico del incremento de la resistencia (50% MC + 50% MR)

**d. Concreto hecho con 75% material de cantera y 25% material reciclado.**

Se detallan los resultados obtenidos durante los 7, 14, 21 y 28 días al someter a compresión a las briquetas.

Tabla 43.

*Resistencia a la compresión obtenida (75%MC + 25%MR).*

Días	RESISTENCIAS ALCANZADAS			$\sigma$
	B - 1	B - 2	B - 3	
0	0	0	0	
7	325.73	333.16	331.07	1.916
14	383.17	385.25	375.13	2.672
21	394.03	395.8	383.4	3.353
28	395.03	397.09	394.22	0.740

Fuente. Elaboración propia.

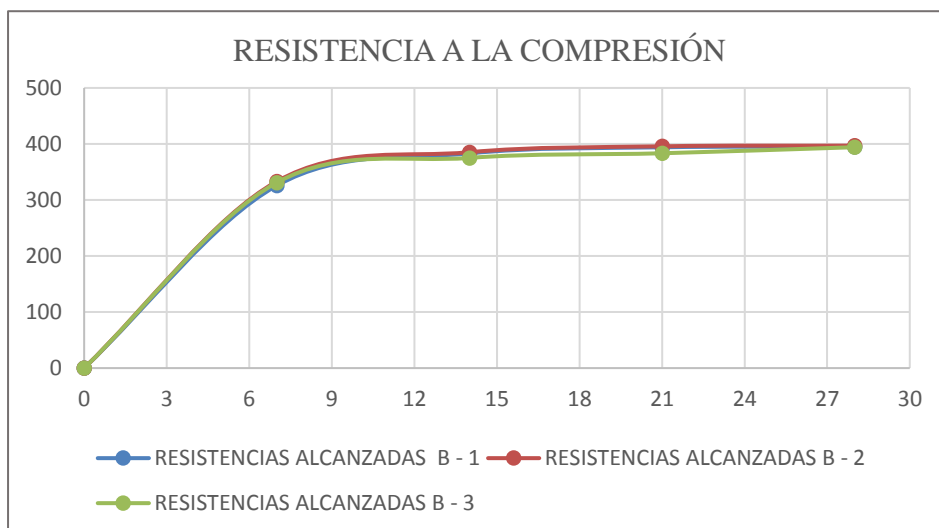


Ilustración 13. Gráfico del incremento de la resistencia (75% MC + 25% MR).

**e. Concreto hecho con 100% material de cantera.**

Se detallan los resultados obtenidos durante los 7, 14, 21 y 28 días al someter a compresión a las briquetas.

Tabla 44.

Resultados de someter a compresión briquetas (100% MC).

Días	RESISTENCIAS ALCANZADAS			$\sigma$
	B - 1	B - 2	B - 3	
0	0	0	0	
7	334.59	322.81	334.76	3.425
14	425.14	425.02	433.26	2.362
21	450.9	442.86	440.41	2.744
28	494.04	499.39	485.72	3.444

Fuente. Elaboración propia.

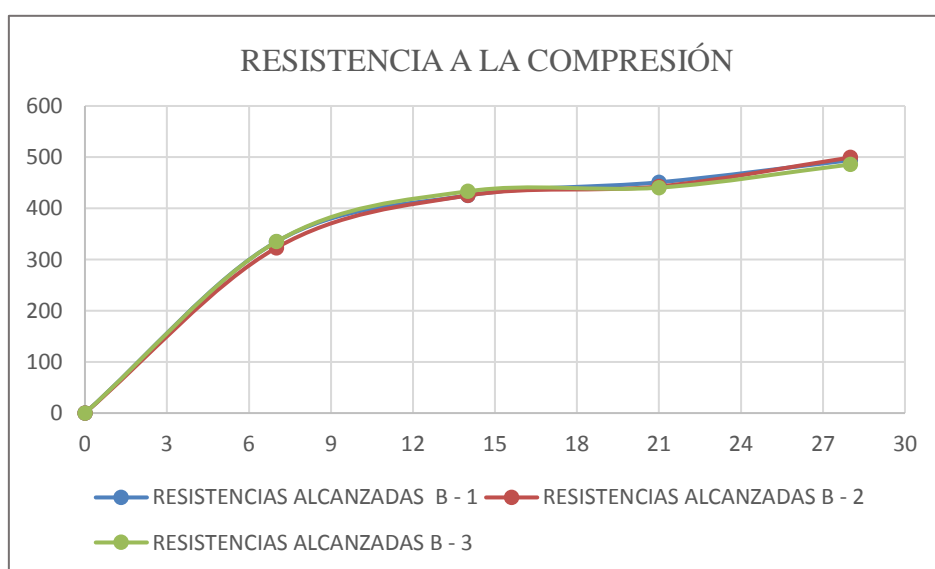


Ilustración 14. Gráfico que demuestra el incremento de la resistencia (100% MC).



## 4.2. Prueba De Hipótesis

Pondremos en conocimiento que cuando hablamos de si influye o no, nos referimos a que la resistencia a la compresión alcanzada por nuestras briquetas sea mayor al 50% obtenida en relación con la briketa realizada con material de cantera en su totalidad, además de mencionar que el valor de prueba será la resistencia alcanzada por el concreto con agregados 100% de cantera.

- **Hipótesis N° 1**

**H<sub>1</sub>:** El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el aporte del agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

**H<sub>0</sub>:** El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay no influye significativamente en el aporte del agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

Tabla 45.  
*Resumen de resistencias obtenidas a los 28 días.*

<b>MATERIAL</b>	<b>Desgaste del agregado grueso.</b>
100% Material de cantera (Valor de comparación)	23.05 %
100% Material reciclado	31.29 %
25% Material de cantera + 75% material reciclado	30.49 %
50% Material de cantera + 50% material reciclado	26.88 %
75% Material de cantera + 25% material reciclado	24.38 %

*Fuente. Elaboración propia.*

**Describir:** Medidas de tendencia central y dispersión.

Tabla 46.  
*Datos estadísticos sobre la resistencia del concreto.*

DESGASTE	VALOR
<b>Media =</b>	28.26
<b>Desviación estándar =</b>	3.22
<b>Error Estándar =</b>	1.61
<b>Varianza =</b>	10.371

*Fuente. Elaboración propia.*

**Contrastar:** El ritual de la insignificancia estadística.

El nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 5% = 0.05.

Para saber si la hipótesis alternativa es correcta es necesario calcular el p-valor.

Tabla 47.  
*Resultados obtenidos en el programa SPSS.*

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 23.05					
			Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	t	gl			Inferior	Superior
desgaste	3,236	3	,048	5,21000	,0857	10,3343

*Fuente. Elaboración con el programa SPSS.*

Con una probabilidad de error de 0.048, el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el aporte del agregado grueso para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

- **Hipótesis N° 2.**

**HI:** El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

**Ho:** El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay **no influye** significativamente en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

Tabla 48.

*Resumen de cantidad de materiales utilizados para la elaboración de concreto.*

<b>MATERIAL</b>	<b>Cantidad de agregado grueso utilizado en el diseño de mezclas.</b>	<b>Cantidad de agua utilizada en el diseño de mezclas.</b>
100% Material C.( comparación)	37.83	7.66
100% Material Reciclado	33.30	8.56
25% Material C. + 75% Material R.	34.45	8.46
50% Material C.+ 50% Material R.	35.95	8.39
75% Material C. + 25% Material R.	36.13	7.83

*Fuente. Elaboración propia.*

**Describir:** Medidas de tendencia central y dispersión.

Tabla 49.

*Datos estadísticos sobre la influencia del agregado reciclado en el diseño del concreto.*

<b>Datos</b>	<b>Valor (a. Grueso reciclado)</b>	<b>Valor (agua en el diseño)</b>
Media =	34.96	8.31
Desviación estándar =	1.34	0.33
Error Estándar =	0.67	0.16
Varianza =	1.79	0.11

*Fuente. Elaboración propia.*

**Contrastar:** El ritual de la insignificancia estadística.

El nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 5% = 0.05.

Para saber si la hipótesis alternativa es correcta es necesario calcular el p-valor.

Tabla 50.

*Resultados obtenidos en el programa SPSS.*

<b>Prueba para una muestra agregado grueso</b>						
	Valor de prueba = 37.83					
			Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	t	gl			Inferior	Superior
A.Grueso	-4,296	3	,023	-2,87250	-5,0004	-,7446

*Fuente. Elaboración propia.*

Tabla 51.  
Resultados obtenidos en el programa SPSS.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 7.66					
			Sig. (bilateral)	Diferenci a de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	t	gl			Inferior	Superior
Agua	3,969	3	,029	,65000	,1288	1,1712

Fuente. Elaboración propia.

En este caso el diseño de mezclas alberga varios factores, pero nos enfocamos principalmente en los cambios que surgen a raíz de los agregados reciclados, principalmente cantidades de agregado grueso y agua, por tanto, se obtiene:

Para el caso de los agregados gruesos reciclados una probabilidad de error de 0.023

Y en el caso del agua una probabilidad de error de 0.029; el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en el diseño de mezclas para la elaboración de concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

- **Hipótesis N° 3**

**H<sub>1</sub>**: El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay, influye significativamente en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

**H<sub>0</sub>**: El material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay **no influye** significativamente en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

Tabla 52.  
Resumen de resistencias obtenidas a los 28 días.

MATERIAL	PROMEDIO DE RESISTENCIA ALCANZADA A LOS 28 DÍAS.
100% Material de cantera (Valor de comparación)	493.05
100% Material reciclado	372.86
25% Material de cantera + 75% material reciclado	426.67
50% Material de cantera + 50% material reciclado	432.14
75% Material de cantera + 25% material reciclado	395.45

Fuente. Elaboración propia.

**Describir:** Medidas de tendencia central y dispersión.

Tabla 53.  
Datos estadísticos sobre la resistencia del concreto.

Resistencia del concreto a 28	Valor
Media =	406.78
Desviación estándar =	27.79
Error Estándar =	13.90
Varianza =	772.56

Fuente. Elaboración propia.

**Contrastar:** El ritual de la insignificancia estadística.

El nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 5% = 0.05.

Para saber si la hipótesis alternativa es correcta es necesario calcular el p-valor.

Tabla 54.  
Resultados obtenidos en el programa SPSS.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 493.05					
			Sig. (bilateral)	Diferenci a de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	t	gl			Inferior	Superior
RESIST.28	-6,208	3	,008	-86,27000	-130,4980	-42,0420

Fuente. Elaboración con el programa SPSS.

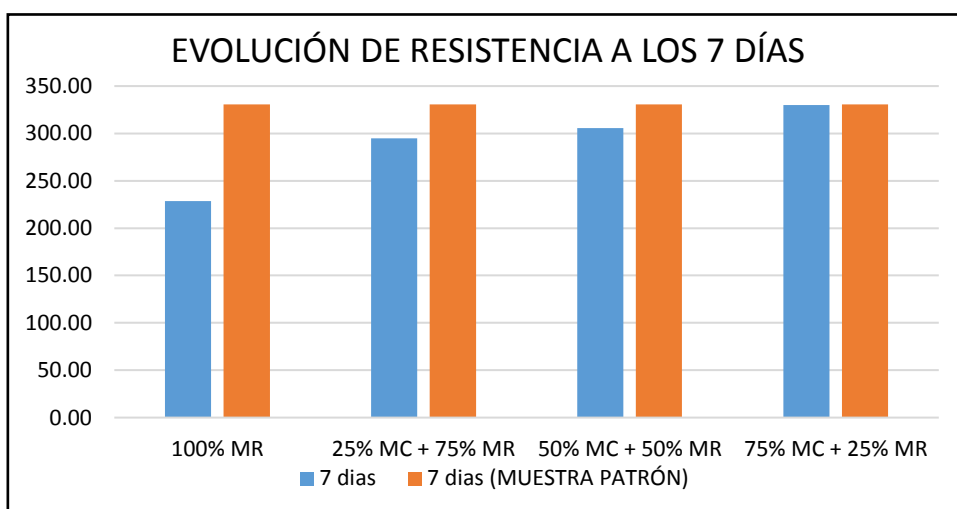
Con una probabilidad de error de 0.008, el material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el Jr. Puno y Av. Abancay de la ciudad de Abancay influye significativamente en la resistencia del concreto nuevo a ser utilizado en nuevos pavimentos.

### 4.3. Discusión

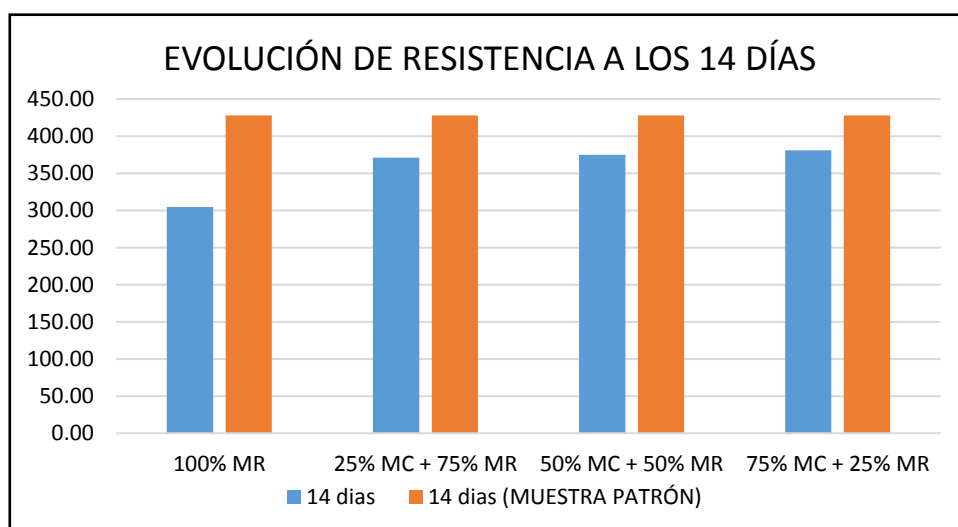
Es necesario mencionar las conclusiones a las que se llegó después de las pruebas de hipótesis realizadas, en estas se confirma que la probabilidad de error en cada caso es menor al 0,05% por lo que todas las hipótesis alternativas serán tomadas como verdaderas.

Se muestran además las gráficas de comparación de resultados obtenidos con el fin de dar un mayor alcance.

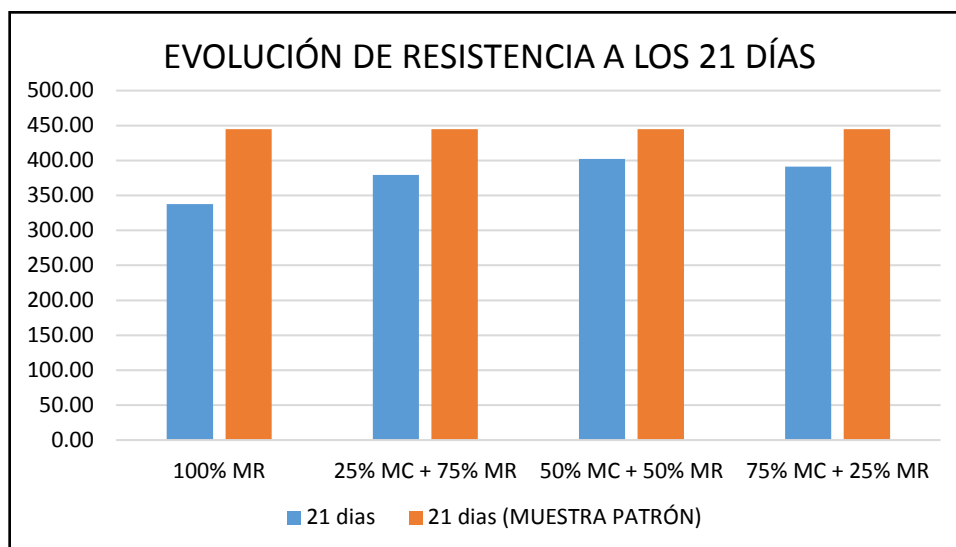
Los diagramas de barras que se presentan a continuación, son diagramas de comparación de resistencias de todas las combinaciones con el modelo patrón esto a los 7, 14, 21 y 28 días.



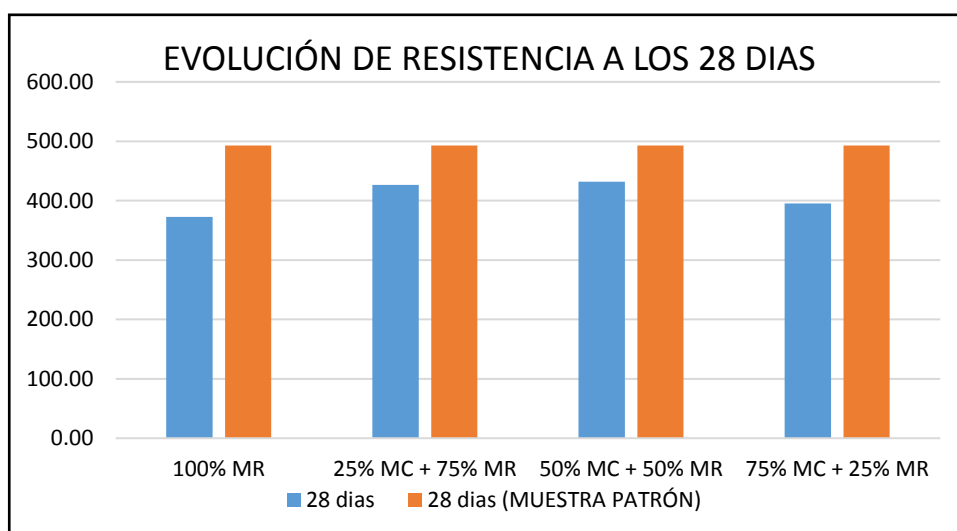
*Ilustración 15.* Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 7 días.



*Ilustración 16.* Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 14 días.



*Ilustración 17.* Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 21 días.



*Ilustración 18.* Comparación de resistencias en relación a la muestra patrón a los 28 días

Estos gráficos dan una muestra de lo logrado durante nuestra investigación, y evidencian que se pueden llegar a resistencias considerables con agregados netamente reciclados, pero que al adicionar porcentajes de agregado de cantera nuestras resistencias aumentan considerablemente.

## CONCLUSIONES

1. El agregado grueso es uno de los componentes más influyentes dentro de una mezcla de concreto y más si este se emplea en pavimentos, por lo cual, el factor de desgaste es necesario para determinar su calidad, los agregados reciclados presentan un porcentaje de desgaste del 31.29%, mientras que los agregados de cantera un 23.05%; sin embargo, estos no exceden los parámetros permitidos por el MTC E 207 con lo cual pueden ser utilizados en concreto para pavimentos rígidos.
2. Es necesario mencionar que el diseño de mezclas de un concreto elaborado con agregado reciclado difiere de uno convencional, específicamente, en la cantidad de agregado y la cantidad de agua necesaria para su elaboración, esto debido a los poros que presenta el agregado al estar adherido a restos de concreto antiguo.
3. Al utilizar material reciclado al 100% para la elaboración de concreto, se logra obtener un porcentaje de resistencia del 75.62% esto en comparación al concreto elaborado con material 100% de cantera.
4. Con el fin de mejorar la resistencia del concreto elaborado con agregado grueso reciclado, se realizó la combinación con agregado grueso de cantera en proporciones del 25%, 50% y 75%, obteniendo resistencias del 86.54%, 87.75% y 80.20 %, respectivamente, todas estas en comparación a la resistencia obtenida del concreto elaborado con agregado grueso 100% de cantera.
5. Al utilizar el material reciclado proveniente de pavimentos deteriorados, se mitiga significativamente la contaminación ocasionada por el manejo indebido de restos de construcción y demolición.



## RECOMENDACIONES

1. Es importante tener un control de gradación de materiales adecuado, con el fin de que cada combinación de agregados se ajuste a los parámetros establecidos bajo la norma.
2. La cantidad de agua para la elaboración del concreto es uno de los puntos en los que se necesita ser demasiado estricto, debido a que esta varía de acuerdo al porcentaje de absorción que presentan los agregados reciclados y podría verse afectada la consistencia adecuada en estado fresco y por tanto la trabajabilidad del mismo.
3. Se recomienda a las autoridades respectivas implementar un lugar de acopio de residuos de construcción y demolición, con el fin de que estos puedan ser reutilizados, de esta manera, mitigar el efecto negativo que genera en el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L. - Editor.
- Ágreda, G. A., & Moncada, G. L. (2015). *Elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados*. Colombia.
- ARGOS. (2012). Tipos de deterioros en pavimentos de concreto. *Asesoría técnica Argos*, 1-10.
- Asencio, A. R. (2014). *Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$* . Cajamarca, Perú.
- Barroso, G. J., & Gómez, C. R. (2011). *Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales*. Bolívar, Bolívar, Venezuela.
- Buendía, L., Colás, P., & Hernández, F. (s.f.). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: Edigrafos, S.A.
- Concreto reciclado: 2010. (25 de Mayo de 2010). *Concreto reciclado colombia*. Obtenido de <http://concretoreciclado colombia.blogspot.com/2010/?m=1>
- Condori, Y. U. (2015). *Reutilización de agregados en la producción del concreto para edificaciones en la ciudad de Juliaca*. Juliaca, Perú.
- Cruz, J. A., & Velásquez, R. (2004). *Concreto reciclado*. México D.F, Mexico.
- De santos, D., Monercillo, B., & García, A. (2011). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Madrid: Tornapunta ediciones.
- Erazo, N. E. (2018). *Evaluación del diseño de concreto  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$  utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales*. Lima, Perú.

- García, C. (2009). *Mecánica de concretos reciclados fabricados con desechos sólidos de construcción*. Veracruz, México.
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México.
- Jordan , J. C., & Viera, N. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. Chimbote, Perú.
- Marroquín, E. I. (2012). *Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas*. Guatemala.
- Menéndez, J. R. (2011). *Ingeniería de pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación*. Lima: ICG.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (s.f.). Reglamento para la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición . Lima, Perú.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos*. Bogotá: Universidad católica de Colombia.
- MTC. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. En M. d. comunicaciones, *Manual de Ensayo de Materiales* (págs. 291-391). Lima.
- Muñoz, C. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- NORMA TECNICA PERUANA. (2013). NTP. 339.185. 3-4. Lima, Perú.
- NTP 400.037. (2014). Lima, Perú.
- Polanco, A. (s.f.). *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*.
- Rivva, E. (1992). *Diseño de mezclas*. Lima.
- RNE. (2009). *Norma E 060 Concreto Armado*. Lima, Perú.

Ruíz, C. A. (2011). *Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos*. Sangolqui.

Sumari, J. C. (2016). *Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento portland tipo I*. Lima, Perú.

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México D.F.: Limusa, S.A.

## **ANEXOS**

Los archivos de los anexos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la biblioteca central de la Universidad Tecnológica de los Andes.