



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MAGNITUD DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS Y COSTO DE MATERIALES DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE CAUCHO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 5, 7.5 Y 10% DEL AGREGADO FINO, CIUDAD DEL CUSCO; RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN DE $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$ "

Presentado por:

CORNEJO ALARCÓN, Jorge

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A mis padres Jaime y Olga, por el apoyo incondicional que me brindaron para lograr uno de mis objetivos principales como profesional, ya que son el pilar de mi esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanos, por la alegría que sienten al verme superar día a día.

A toda mi familia, por ser la fuente de mi esfuerzo y dedicación.

A mi enamorada Karely, por su apoyo constante y por ser mi compañera en el transcurso de mi vida universitaria.

A mis compañeros y amigos, que durante mi etapa universitaria colaboramos mutuamente para poder alcanzar nuestros objetivos.



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por permitir culminar mi formación profesional gracias a su apoyo incondicional.

Al Ing. Víctor Chacón Sánchez por aceptar la asesoría y ayudarme a culminar el presente trabajo de investigación gracias a sus conocimientos, experiencia y motivación.

A mis docentes y compañeros de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, que formaron parte de mi formación académica y con quienes pude guiarme y compartir aulas universitarias.

A todas las personas
que, de alguna forma, hicieron posible concluir esta investigación.



RESUMEN

La investigación tiene por nombre: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MAGNITUD DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS Y COSTO DE MATERIALES DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DE VIRUTA DE CAUCHO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 5, 7.5 Y 10% DEL AGREGADO FINO, CIUDAD DEL CUSCO; RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN DE $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$ ". En la investigación se propone una nueva tecnología mediante un concreto modificado con adición de viruta de caucho que pueda mejorar las características físico mecánicas de éste, como es la consistencia en estado fresco, el peso unitario, la resistencia a la compresión y a la tracción indirecta y el costo de materiales. La metodología que contiene la investigación es de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, método hipotético deductivo y diseño cuasi experimental. Para esto se fabricó y estudió un concreto patrón y un concreto modificado con adición de viruta de caucho, teniendo en cuenta que el método de muestreo que desarrolló la investigación fue por conveniencia puesto que se elaboraron elementos muestrales, donde el número de población es igual al número de la muestra, siendo en total 96 briquetas, 24 briquetas para el concreto patrón y 72 para el concreto modificado. Se fabricaron y analizaron cuatro tipos de concreto, el concreto patrón y el concreto con adición de viruta de caucho al 5, 7.5 y 10% del agregado fino. Con ello se buscó mejorar las características físico mecánicas y costo de materiales del concreto. Mediante el uso de formatos de recolección de datos e instrumentos de ingeniería, se determinaron y analizaron los siguientes aspectos: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, consistencia, peso unitario y costo de materiales por m^3 del concreto patrón y del concreto modificado en el laboratorio de suelos, materiales, concreto y asfalto de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco. Al realizar los ensayos se pudo apreciar que la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 5% de viruta de caucho, a diferencia del concreto con adición al 7.5 y 10%, se asemeja a la del concreto patrón y, además, las características físico mecánicas y costo de materiales, se ven levemente modificadas desfavorablemente, a diferencia del peso unitario que se modifica favorablemente. En conclusión, la adición de la viruta de caucho en el porcentaje propuesto para la elaboración de concreto es acertado.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, consistencia, peso unitario, viruta de caucho.



ABSTRACT

The investigation “COMPARATIVE MAGNITUDE’S ANALYSIS OF THE PHYSICAL MECHANICAL CHARACTERISTICS AND COST OF THE MATERIALS OF A CONCRETE WITH ADDITION OF RECYCLED RUBBER CHIPS IN PERCENTAGES OF 5,75 AND 10% OF THE FINE AGGREGATE”, CUSCO CITY, IN REGARD TO THE CONCRETE’S PATTERN OF $F'C=210\text{KG/GM}^2$ ” proposes a new technology through a modified concrete with rubber chips addition that could be able to improve the physical mechanical characteristics of the same. Some improvements that could be made are the fresh state’s consistency. Unitary weight, resistance to compression and indirect tensile strength and the cost of materials. The methodology that was used in the investigation has a quantitative approach on a descriptive level, hypothetical deductive method and semi-experimental design. In the process of the investigation, a concrete pattern and a modified concrete with addition of rubber chips were crafted and studied, taking in consideration the sampling method developed for the investigation was for convenience due to the elaboration sampling elements, were the number of the population was the same to the number of the sample, having 96 briquettes in total, 24 briquettes for the concrete pattern and 72 for the modified concrete. Four types of concrete were crafted and analyzed, the concrete pattern and the concrete with rubber chips addition in 5,7.5 and 10 percent of the fine aggregate. The purpose was to improve the physical mechanical characteristics and cost of materials of the concrete. Through recollection formats of data and instruments of engineering the following items were determined and analyzed: resistance to compression, resistance to indirect tensile strength, consistency, unitary weight and materials cost per m^3 of the concrete’s pattern and the modified concrete in the soils laboratory; also materials, concrete and asphalt of Civil Engineering University Andina of Cusco. When the rehearsals were being done the evolution of the curve of the concrete’s compression resistance, with addition of 5%, differing form the concrete with addition to 7.5 and 10%, were indeed similar to the concrete’s pattern. In addition, the physical mechanical characteristics and cost of materials, were unfavorably slightly changed, unlike the unitary weight that changed favorably. In conclusion, the addition of the suggested percentages of rubber chips proposed for the elaboration of the concrete is accurate.

Key words: Resistance to compression, resistance to indirect traction, consistency, unitary weight, rubber chips.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto es considerado el material de construcción más utilizado por su extraordinaria versatilidad para moldearse y sus propiedades tanto físicas como mecánicas para su uso como elemento estructural, sin embargo, los materiales empleados para su elaboración son básicamente los mismos, sin ningún tipo de modificaciones.

Se ha observado que el alto consumo de materiales de construcción para lograr fabricar concreto, genera un consumo excesivo de materias primas, que habitualmente se encuentran en la naturaleza, siendo la extracción de recursos naturales el impacto más importante. Sin embargo, el problema ambiental no recae únicamente en la explotación minera, sino que también se resalta el tema de generación de residuos como lo son las llantas, las cuales aumentan proporcionalmente con el parque automotor.

Bajo esta premisa, dicha investigación analizará comparativamente la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales referidas a: el estado de consistencia en estado fresco; la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días; la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral y peso unitario a los 28 días y costo de materiales por m³ de un concreto con adición de viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, cuya obtención se realiza a partir de un proceso de reciclaje de neumáticos que se encuentren desechados; con el fin de obtener valores más favorables.

En la presente investigación también se utilizará el software 'Excel' y también las siguientes normas y antecedentes para su desarrollo: El método ACI para realizar el diseño de mezcla; la NTP 339.034, que establece el método para determinar la resistencia a la compresión; la NTP 339.084, que establece el método para determinar la resistencia a la tracción indirecta; la NTP 339.194, que establece el método para determinar la consistencia del concreto y la NTP 339.046, que establece el método para determinar el peso unitario del concreto y por último, los antecedentes que colaboraron con la investigación son: Irene del Pilar Urra Carrasco. (2006). *Hormigón con caucho: Determinación del módulo de elasticidad*. Universidad Austral de Chile; Hermes Andrés Torres Ospina. (2014). *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

La investigación consta de la recolección de un marco teórico descrito en el capítulo II de la tesis, que describe los ensayos, el diseño de mezcla por el método ACI-211, entre otros; también se realiza la descripción de los formatos de recolección de datos; a través de estos datos recolectados empezaremos con el cálculo para determinar las propiedades físicas y mecánicas



de los agregados a utilizar, luego se realizara la elaboración de testigos para someterlos a ensayos de consistencia en estado fresco, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por compresión diametral y peso unitario; a través de estos ensayos determinaremos si la adición de viruta de caucho en porcentajes del agregado fino favorece a este concreto modificado.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS ii

RESUMEN iii

ABSTRACT iv

INTRODUCCIÓN v

ÍNDICE GENERAL vii

ÍNDICE DE TABLAS x

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Identificación del problema 1

1.1.1. Descripción del problema 1

1.1.2. Formulación interrogativa del problema 1

1.2. Justificación e importancia de la investigación 2

1.2.1. Justificación técnica 2

1.2.2. Justificación social 2

1.2.3. Justificación por viabilidad 3

1.2.4. Justificación por relevancia 3

1.3. Limitaciones de la investigación 3

1.3.1. Limitaciones geográficas 3

1.3.2. Limitaciones del material 3

1.3.3. Limitaciones de los ensayos de laboratorio 3

1.4. Objetivo de la investigación 5

1.4.1. Objetivo general 5

1.4.2. Objetivos específicos 5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS 6

2.1. Antecedentes de la tesis 6

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional 6

2.2. Aspectos teóricos pertinentes 6

2.2.1. Concreto 6

2.2.2. Caucho 26

2.3. Hipótesis 29

2.3.1. Hipótesis general 29

2.3.2. Sub-hipótesis 29

2.4. Definición de variables 29

2.4.1. Variables Independientes 29

2.4.2. Variables Dependientes 30

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables 31

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 32

3.1. Metodología de la tesis 32

3.1.1. Tipo de investigación 32



3.1.2. Nivel de investigación..... 32

3.1.3. Método de investigación 32

3.2. Diseño de la investigación 32

3.2.1. Diseño Metodológico..... 32

3.2.2. Diseño de Ingeniería 32

3.3. Población y muestra 35

3.3.1. Población 35

3.3.2. Muestra 35

3.3.3. Criterios de inclusión 36

3.4. Instrumentos..... 36

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos 36

3.4.2. Instrumentos de ingeniería 49

3.5. Procedimientos de recolección de datos..... 52

3.5.1. Ensayo de Granulometría de los Agregados 52

3.5.2. Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados 58

3.5.3. Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados 62

3.5.4. Ensayo de Peso Unitario de los Agregados 68

3.5.5. Ensayo de Contenido de Humedad de la Viruta de Caucho..... 71

3.5.6. Ensayo de Peso Unitario de la Viruta de Caucho..... 73

3.5.7. Ensayo de Consistencia..... 75

3.5.8. Ensayo de Resistencia a Compresión 77

3.5.9. Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta 86

3.5.10. Ensayo de Peso Unitario del Concreto..... 89

3.6. Procedimientos de Análisis de datos 95

3.6.1. Ensayo de Granulometría de los Agregados 95

3.6.2. Ensayo de Contenido de humedad de los Agregados..... 98

3.6.3. Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados 99

3.6.4. Ensayo de Peso Unitario de los Agregados 102

3.6.5. Ensayo de Contenido de Humedad de la Viruta de Caucho..... 103

3.6.6. Ensayo de Peso Unitario de la Viruta de Caucho..... 104

3.6.7. Diseño de mezcla – Concreto 210 kg/cm² 104

3.6.8. Ensayo de Consistencia..... 122

3.6.9. Ensayo de Resistencia a Compresión 123

3.6.10. Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta 130

3.6.11. Ensayo de Peso Unitario del Concreto..... 132

3.6.12. Costo de materiales por m³ de concreto..... 137

CAPÍTULO IV: RESULTADOS..... 139

4.1. Resultados de las propiedades de los agregados y de la viruta de caucho..... 139

4.2. Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto con adición de viruta de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado..... 139

4.2.1. Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón 140

4.2.2. Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 5% 140

4.2.3. Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 7.5% 141



4.2.4. Curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 10% 141

4.2.5. Resistencia a la compresión a los 7 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición al 5, 7.5 y 10% 142

4.2.6. Resistencia a la compresión a los 14 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición al 5, 7.5 y 10% 142

4.2.7. Resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición al 5, 7.5 y 10% 143

4.3. Resultados de la resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón y del concreto con adición de viruta de caucho a los 28 días de curado 144

4.3.1. Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto con adición al 5, 7.5 y 10% 144

4.4. Resultados de la consistencia en estado fresco del concreto patrón y del concreto con adición de viruta de caucho 145

4.5. Resultados del peso unitario del concreto patrón y del concreto con adición de viruta de caucho 146

4.6. Resultados del costo de materiales por m3 del concreto patrón y del concreto con adición de viruta de caucho 147

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN 148

GLOSARIO 151

CONCLUSIONES 153

RECOMENDACIONES 156

REFERENCIAS 157

ANEXOS 160



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Usos por tipo de Cemento Portland 8

Tabla 2 Granulometría de Agregado fino 12

Tabla 3 Granulometría de Agregado grueso 12

Tabla 4 Cálculo del f'_{cr} con registro de probetas anteriores..... 23

Tabla 5 Cálculo del f'_{cr} sin registro de probetas anteriores 24

Tabla 6 Cálculo del f'_{cr} teniendo en cuenta el control de la obra 24

Tabla 7 Cálculo de la cantidad de agua..... 24

Tabla 8 Cálculo de la relación a/c..... 25

Tabla 9 Cálculo del Volumen de agregado grueso seco y compactado por m³ de concreto..... 25

Tabla 10 Cálculo del % de Aire atrapado 26

Tabla 11 Cuadro de operacionalización de variables 31

Tabla 12 Cantidad de briquetas a ensayar 36

Tabla 13 Formato de recolección de datos – Análisis Granulométrico del Agregado fino 37

Tabla 14 Formato de recolección de datos – Análisis Granulométrico del Agregado grueso..... 38

Tabla 15 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad del Agregado fino 39

Tabla 16 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad del Agregado grueso 40

Tabla 17 Formato de recolección de datos – Peso específico y Absorción del Agregado fino 41

Tabla 18 Formato de recolección de datos – Peso específico y Absorción del Agregado grueso..... 42

Tabla 19 Formato de recolección de datos – Peso unitario del Agregado grueso 43

Tabla 20 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad de la Viruta de Caucho..... 43

Tabla 21 Formato de recolección de datos – Peso unitario de la Viruta de Caucho 44

Tabla 22 Formato de recolección de datos – Consistencia 44

Tabla 23 Formato de recolección de datos – Resistencia a la Compresión..... 45

Tabla 24 Formato de recolección de datos – Resistencia a la Tracción Indirecta 46

Tabla 25 Formato de recolección de datos – Peso unitario del Concreto..... 47

Tabla 26 Formato de recolección de datos – Costo de materiales por m³ de Concreto 48

Tabla 27 Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del Agregado fino 54

Tabla 28 Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del Agregado grueso 57

Tabla 29 Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado fino 60

Tabla 30 Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado grueso 61

Tabla 31 Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado fino 65

Tabla 32 Recolección de datos para el Peso específico y absorción del Agregado grueso 68

Tabla 33 Recolección de datos para el Peso unitario del Agregado grueso 71

Tabla 34 Recolección de datos para el Contenido de Humedad de la Viruta de caucho..... 73

Tabla 35 Recolección de datos para el Peso unitario de la Viruta de caucho 74

Tabla 36 Recolección de datos para el Ensayo de Consistencia 75

Tabla 37 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 0%..... 80

Tabla 38 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 5%..... 80

Tabla 39 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 7.5%..... 81

Tabla 40 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 10%..... 81



Tabla 41 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 0%..... 82

Tabla 42 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 5%..... 82

Tabla 43 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 7.5%..... 83

Tabla 44 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 10%..... 83

Tabla 45 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 0%..... 84

Tabla 46 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 5%..... 84

Tabla 47 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 7.5%..... 85

Tabla 48 Recolección de datos para el Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 10%..... 85

Tabla 49 Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 0% 87

Tabla 50 Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 5% 88

Tabla 51 Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 7.5% ... 88

Tabla 52 Recolección de datos para el Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 10% 89

Tabla 53 Recolección de datos para el Peso unitario del concreto al 0% de adición 91

Tabla 54 Recolección de datos para el Peso unitario del concreto al 5% de adición 92

Tabla 55 Recolección de datos para el Peso unitario del concreto al 7.5% de adición 93

Tabla 56 Recolección de datos para el Peso unitario del concreto al 10% de adición 94

Tabla 57 Análisis granulométrico del Agregado fino 95

Tabla 58 Análisis granulométrico del Agregado grueso 97

Tabla 59 Contenido de humedad del Agregado fino..... 98

Tabla 60 Contenido de humedad del Agregado grueso 99

Tabla 61 Peso específico y absorción del Agregado fino 100

Tabla 62 Peso específico y absorción del Agregado grueso 101

Tabla 63 Peso unitario del Agregado grueso 102

Tabla 64 Contenido de humedad de la viruta de caucho..... 103

Tabla 65 Peso unitario de la viruta de caucho..... 104

Tabla 66 Especificaciones del diseño de mezcla y del cemento 105

Tabla 67 Especificaciones de los agregados 105

Tabla 68 Resistencia a la compresión requerida 105

Tabla 69 Relación agua – cemento del diseño de mezcla 106

Tabla 70 Bolsas de cemento por m3 de concreto..... 106

Tabla 71 Peso del agregado grueso por m3 de concreto 107

Tabla 72 Volúmenes de los componentes de concreto por m3 107

Tabla 73 Peso de los componentes de concreto por m3..... 108

Tabla 74 Peso de los agregados corregidos por humedad..... 108

Tabla 75 Volumen de agua absorbida de los agregados 108

Tabla 76 Proporción final del diseño de mezclas al 0% de adición 109

Tabla 77 Especificaciones del diseño de mezcla y del cemento 109

Tabla 78 Especificaciones de los agregados y de la viruta de caucho 109

Tabla 79 Resistencia a la compresión requerida 110

Tabla 80 Relación agua – cemento del diseño de mezcla 110

Tabla 81 Bolsas de cemento por m3 de concreto..... 111

Tabla 82 Peso del agregado grueso por m3 de concreto 111

Tabla 83 Volúmenes de los componentes de concreto por m3 112



Tabla 84 Peso de los componentes de concreto por m3 112

Tabla 85 Peso de los agregados y de la viruta de caucho corregidos por humedad 113

Tabla 86 Volumen de agua absorbida de los agregados 113

Tabla 87 Proporción final del diseño de mezclas al 5% de adición 113

Tabla 88 Especificaciones del diseño de mezcla y del cemento 114

Tabla 89 Especificaciones de los agregados y de la viruta de caucho 114

Tabla 90 Resistencia a la compresión requerida 114

Tabla 91 Relación agua – cemento del diseño de mezcla 115

Tabla 92 Bolsas de cemento por m3 de concreto..... 115

Tabla 93 Peso del agregado grueso por m3 de concreto 116

Tabla 94 Volúmenes de los componentes de concreto por m3 116

Tabla 95 Peso de los componentes de concreto por m3 117

Tabla 96 Peso de los agregados y de la viruta de caucho corregidos por humedad 117

Tabla 97 Volumen de agua absorbida de los agregados 117

Tabla 98 Proporción final del diseño de mezclas al 7.5% de adición 118

Tabla 99 Especificaciones del diseño de mezcla y del cemento 118

Tabla 100 Especificaciones de los agregados y de la viruta de caucho 119

Tabla 101 Resistencia a la compresión requerida 119

Tabla 102 Relación agua – cemento del diseño de mezcla 120

Tabla 103 Bolsas de cemento por m3 de concreto..... 120

Tabla 104 Peso del agregado grueso por m3 de concreto 120

Tabla 105 Volúmenes de los componentes de concreto por m3 121

Tabla 106 Peso de los componentes de concreto por m3 121

Tabla 107 Peso de los agregados y de la viruta de caucho corregidos por humedad 122

Tabla 108 Volumen de agua absorbida de los agregados 122

Tabla 109 Proporción final del diseño de mezclas al 10% de adición 122

Tabla 110 Revenimiento del concreto en estado fresco 123

Tabla 111 Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 0% 124

Tabla 112 Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 5% 124

Tabla 113 Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 7.5% 125

Tabla 114 Ensayo de Compresión a los 7 días del concreto con adición al 10% 125

Tabla 115 Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 0% 126

Tabla 116 Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 5% 126

Tabla 117 Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 7.5% 127

Tabla 118 Ensayo de Compresión a los 14 días del concreto con adición al 10% 127

Tabla 119 Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 0% 128

Tabla 120 Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 5% 128

Tabla 121 Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 7.5% 129

Tabla 122 Ensayo de Compresión a los 28 días del concreto con adición al 10% 129

Tabla 123 Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 0% 130

Tabla 124 Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 5% 131

Tabla 125 Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 7.5% 131

Tabla 126 Ensayo de Tracción indirecta a los 28 días del concreto con adición al 10% 132



Tabla 127 Peso unitario del concreto con adición al 0%	133
Tabla 128 Peso unitario del concreto con adición al 5%	134
Tabla 129 Peso unitario del concreto con adición al 7.5%	135
Tabla 130 Peso unitario del concreto con adición al 10%	136
Tabla 131 Resumen de las cantidades requeridas para 1m ³ de concreto	137
Tabla 132 Resumen de las cantidades requeridas para 1m ³ de concreto	138
Tabla 133 Propiedades de los agregados de la cantera Vicho y Cunyac	139
Tabla 134 Propiedades de la viruta de caucho	139
Tabla 135 Resultados de la resistencia a compresión clasificado por dosificación y por edad	139
Tabla 136 Resultados de la resistencia a la tracción indirecta a los 28 días de curado clasificado por dosificación ...	144
Tabla 137 Resultados del revenimiento del concreto en estado fresco en diferentes porcentajes de adición	145
Tabla 138 Resultados del peso unitario del concreto en diferentes porcentajes de adición	146
Tabla 139 Resultados del costo de materiales por m ³ del concreto en diferentes porcentajes de adición	147
Tabla 140 Relación entre la resistencia a la compresión (f _c) y la resistencia a la tracción indirecta (T)	149
Tabla 141 Matriz de consistencia	180



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vaciado de Concreto	7
Figura 2 Componentes del Concreto Simple	7
Figura 3 Cemento Portland IP.....	9
Figura 4 Agregados del Concreto	10
Figura 5 Agregados naturales	10
Figura 6 Agregados artificiales	11
Figura 7 Agua	15
Figura 8 Agua de mezcla	16
Figura 9 Agua para curado del concreto	17
Figura 10 Segregación del Concreto.....	18
Figura 11 Exudación del Concreto.....	18
Figura 12 Consistencia del Concreto	19
Figura 13 Curva de Elasticidad.....	20
Figura 14 Ensayo de Resistencia a Compresión	20
Figura 15 Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta por Compresión Diametral	21
Figura 16 Durabilidad del Concreto.....	22
Figura 17 Impermeabilidad del Concreto	23
Figura 18 Caucho natural.....	26
Figura 19 Caucho sintético	27
Figura 20 Vulcanizado de neumáticos	28
Figura 21 Cepilladora fabricadora de viruta	28
Figura 22 Diagrama de flujo de la investigación – parte 1	33
Figura 23 Diagrama de flujo de la investigación – parte 2	34
Figura 24 Cuarteo de muestra del Agregado fino	52
Figura 25 Proceso de tamizado del Agregado fino	53
Figura 26 Gradación del Agregado fino.....	53
Figura 27 Cuarteo de la muestra del Agregado grueso	55
Figura 28 Proceso de tamizado del Agregado grueso	56
Figura 29 Gradación del Agregado grueso	56
Figura 30 Peso de una muestra del Agregado fino con humedad	58
Figura 31 Muestra del Agregado fino sometida a la estufa.....	59
Figura 32 Peso de una muestra del Agregado fino sin humedad	59
Figura 33 Peso de una muestra del Agregado grueso sin humedad	61
Figura 34 Muestra de Agregado fino sometido a la estufa.....	62
Figura 35 Colocado de la muestra del Agregado fino en el cono	63
Figura 36 Muestra del Agregado fino dentro del cono	63
Figura 37 Muestra del Agregado fino en estado superficialmente seco.....	64
Figura 38 Muestra de 500 g del Agregado fino	64
Figura 39 Peso de la fiola y del Agregado fino.....	65
Figura 40 Lavado del Agregado grueso	66



Figura 41 Peso de la muestra del Agregado grueso 67

Figura 42 Peso de la muestra del Agregado grueso sumergido en el cestillo..... 67

Figura 43 Peso del molde de volumen estimado sin muestra de Agregado grueso..... 69

Figura 44 Colocado del Agregado grueso dentro del molde..... 69

Figura 45 Enrasado del Agregado grueso dentro del molde 70

Figura 46 Golpes con varilla para compactar el Agregado grueso dentro del molde..... 70

Figura 47 Peso de la muestra de Viruta de caucho con humedad 72

Figura 48 Muestra de Viruta de caucho sometido al horno 72

Figura 49 Peso de una muestra de Viruta de caucho dentro de molde de volumen estimado 74

Figura 50 Golpes estimados por la norma en la prueba del Slump 75

Figura 51 Colocado de la última capa de concreto en estado fresco en la prueba del Slump 76

Figura 52 Medición del asentamiento del concreto en la prueba del Slump 76

Figura 53 Briqueta desmoldada 77

Figura 54 Briqueta sometida al ensayo a compresión..... 77

Figura 55 Carga máxima aplicada hasta llegar a la ruptura de la briqueta..... 79

Figura 56 Retiro de la briqueta después de someterla al ensayo a compresión..... 79

Figura 57 Briqueta sometida al ensayo de tracción indirecta 86

Figura 58 Retiro de la briqueta después de someterla al ensayo a tracción indirecta..... 87

Figura 59 Medida de la briqueta de 15cm x 30cm con Vernier 90

Figura 60 Peso de la briqueta de 15cm x 30cm..... 90

Figura 61 Curva granulométrica del Agregado fino (Vicho 50% - Cunyac 50%) 96

Figura 62 Curva granulométrica del Agregado grueso (Vicho 100%)..... 97

Figura 63 Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto patrón 140

Figura 64 Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 5% 140

Figura 65 Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 7.5% 141

Figura 66 Curva de evolución por edad de la resistencia a la compresión del concreto con adición al 10% 141

Figura 67 Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición a los 7 días de curado 142

Figura 68 Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición a los 14 días de curado 142

Figura 69 Resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con adición a los 28 días de curado 143

Figura 70 Resistencia a la tracción indirecta del concreto patrón y del concreto con adición a los 28 días de curado . 144

Figura 71 Revenimiento del concreto patrón y del concreto con adición 145

Figura 72 Peso unitario del concreto patrón y del concreto con adición..... 146

Figura 73 Costo de materiales por m3 del concreto patrón y del concreto con adición 147

Figura 74 Gradación del Agregado fino..... 160

Figura 75 Cuarteo de Agregado grueso 160

Figura 76 Muestra de Agregado fino previo al ensayo de peso específico y absorción..... 161

Figura 77 Enrasado del agregado grueso 161

Figura 78 Peso del molde del recipiente metálico con agregado grueso compactado..... 162

Figura 79 Colocado de Agregado grueso dentro del trompo de 125 lts 162

Figura 80 Proceso de vaciado del concreto..... 163

Figura 81 Colocado del concreto en estado fresco dentro del cono de Abrams..... 163

Figura 82 Colocado del concreto dentro de las briqueteras 164

Figura 83 Peso unitario del concreto al 0% de adición 164



Figura 84	Peso unitario del concreto al 5% de adición	165
Figura 85	Peso unitario del concreto al 7.5% de adición	165
Figura 86	Peso unitario del concreto al 10% de adición	166
Figura 87	Ensayo a compresión del concreto al 0% de adición a los 7 días	166
Figura 88	Ensayo a compresión del concreto al 5% de adición a los 7 días	167
Figura 89	Ensayo a compresión del concreto al 7.5% de adición a los 7 días	167
Figura 90	Ensayo a compresión del concreto al 10% de adición a los 7 días	168
Figura 91	Ensayo a compresión del concreto al 0% de adición a los 14 días	168
Figura 92	Ensayo a compresión del concreto al 5% de adición a los 14 días	169
Figura 93	Ensayo a compresión del concreto al 7.5% de adición a los 14 días	169
Figura 94	Ensayo a compresión del concreto al 10% de adición a los 14 días	170
Figura 95	Ensayo a compresión del concreto al 0% de adición a los 28 días	170
Figura 96	Ensayo a compresión del concreto al 5% de adición a los 28 días	171
Figura 97	Ensayo a compresión del concreto al 7.5% de adición a los 28 días	171
Figura 98	Ensayo a compresión del concreto al 10% de adición a los 28 días	172
Figura 99	Rotura de briqueta sometida al ensayo a compresión	172
Figura 100	Ensayo a tracción indirecta del concreto al 0% de adición a los 28 días	173
Figura 101	Ensayo a tracción indirecta del concreto al 5% de adición a los 28 días	173
Figura 102	Ensayo a tracción indirecta del concreto al 7.5% de adición a los 28 días	174
Figura 103	Aplicación de carga en ensayo a tracción indirecta	174
Figura 104	Ensayo a tracción indirecta del concreto al 10% de adición a los 28 días	175
Figura 105	Rotura de briqueta sometida al ensayo a tracción indirecta	175



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

La región del Cusco presenta desarrollo referente a infraestructura, sin embargo, no existe innovación de los materiales que se utilizan en la fabricación del concreto, limitando de esta forma al uso de tecnologías tradicionales. Es por ello que la utilización de la viruta de caucho como elemento material de adición a un concreto convencional puede brindar una alternativa a la mejoría de la calidad en cuanto a las características de dicho concreto convencional.

Además, el alto consumo de materiales de construcción para lograr fabricar concreto, genera un consumo excesivo de materias primas, que habitualmente se encuentran en la naturaleza, siendo la extracción de recursos naturales el impacto más importante, generador de afectaciones ambientales y paisajísticas, llevando a entidades de protección del ambiente y gobiernos distritales y nacionales a limitar cada vez más el acceso a estos recursos.

Sin embargo, el problema ambiental no recae únicamente en la explotación minera, sino que también se resalta el tema de generación de residuos como lo son las llantas, las cuales aumentan proporcionalmente con el parque automotor. El problema ambiental de los desechos de llantas se genera por el escaso conocimiento de planes de gestión de residuos, tanto por temas culturales como por la falta de políticas e investigaciones sobre la reutilización y disposición final de este tipo de residuos.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

De acuerdo a un análisis comparativo, ¿En qué medida se modifican las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 01

¿Cuál es el porcentaje óptimo de adición de viruta de caucho entre 5, 7.5 y 10% del agregado fino, para obtener una curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto modificado a los 7, 14 y 28 días, semejante a la curva de evolución del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$?

Problema específico 02

¿Qué estado de consistencia tendrá el concreto modificado respecto a la del concreto patrón en estado fresco, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28



días, se asemeja a la del concreto patrón de $f_c=210\text{kg/cm}^2$?

Problema específico 03

¿Cuál es la variación de la magnitud de la resistencia a la tracción indirecta a los 28 días del concreto modificado respecto a la del concreto patrón, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f_c=210\text{kg/cm}^2$?

Problema específico 04

¿Cuál es la variación del peso unitario que tendrá el concreto modificado respecto al concreto patrón a los 28 días, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja al del concreto patrón de $f_c=210\text{kg/cm}^2$?

Problema específico 05

¿En qué porcentaje se incrementa el costo de materiales por m^3 del concreto con adición de viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, respecto al del concreto patrón de $f_c=210\text{kg/cm}^2$?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La investigación posee justificación técnica debido a que se basó en una variedad de cursos de la Universidad Andina del Cusco, entre los cuales están: Materiales de construcción, tecnología del concreto, resistencia de materiales en la construcción, concreto armado y costos y presupuestos. Dados los cursos mencionados, dicha investigación pertenece a la rama de tecnología de materiales, ya que se analizaron las características del concreto, para ésta investigación. Además, se justifica la adición de viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, debido a que la forma de viruta le brindará una mayor adherencia y trabajabilidad al concreto en estado fresco; y los porcentajes a priori de 5, 7.5 y 10% de adición se justifican mediante los dos antecedentes internacionales, los cuales mencionan en sus conclusiones que el rango óptimo para adicionar al agregado fino por el caucho debe encontrarse entre 5 y 10% o menor al 10% para que no afecte significativamente sus propiedades mecánicas y pueda reducir su peso volumétrico, por lo que optó por utilizar tres porcentajes que se encuentren dentro del rango.

1.2.2. Justificación social

Esta investigación beneficiará principalmente a la región del Cusco dando a conocer un nuevo producto a base del concreto con adición de viruta de caucho, el cual minimizará los residuos de caucho para darles una aplicación eco ingenieril en nuestro ámbito, así mismo los estudiantes



de la Universidad Andina del Cusco tendrán acceso a información y datos verídicos acerca de la influencia de la adición de la viruta de caucho en el concreto convencional.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Esta investigación es viable, debido a que se cuenta con conocimiento previos, tiempo, materiales y equipos necesarios para la realización de las pruebas y ensayos; estos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología del Concreto; brindados por la Universidad Andina del Cusco, también es viable ya que se cuenta con gran cantidad de caucho que se aprovecha de los neumáticos de los automóviles de la ciudad del Cusco que quedan en desuso, y los lugares donde se destinan dichos neumáticos son en las llanterías, por lo que la factibilidad económica de conseguir dicho material es alta.

Además, es viable debido a que la producción masiva de viruta de caucho para construcciones futuras es factible mediante contrataciones con empresas que fabriquen viruta de caucho.

1.2.4. Justificación por relevancia

Esta investigación se justifica por relevancia ya que, a través de la adición de la viruta de caucho en la producción de concreto, se reduciría la contaminación ambiental que generan los neumáticos, puesto que, en ciertas situaciones, suelen quemar dichos neumáticos.

Además, mejorarían algunas características físicas y mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción indirecta, la consistencia en estado fresco y el peso unitario.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones geográficas

La presente tesis se limita al uso de la viruta de caucho proveniente de los neumáticos en desuso de las llanterías ubicadas en la av. Huayruropata del distrito de Wanchaq de la ciudad del Cusco.

1.3.2. Limitaciones del material

Se limita al uso de cemento Portland tipo IP de la empresa productora de cementos Yura.

Se limita a trabajar con agregado fino proveniente de la cantera Cunyac y Vicho, entre arena y confitillo en porcentajes iguales.

Se limita a trabajar con agregado grueso proveniente de la cantera Vicho.

Se limita a trabajar con agua potable proveniente de la ciudad del Cusco.

Se limita a utilizar viruta de caucho; la cual se obtiene mediante una cepilladora de madera utilizada por un operario; en porcentajes de adición al 5, 7.5 y 10% del agregado fino.

1.3.3. Limitaciones de los ensayos de laboratorio

Se limita el curado de los testigos de concreto por sumersión.



Se limita el uso de la NTP 400.010:2011, para definir el método que determine la extracción y preparación de las muestras de los agregados.

Se limita el uso de la NTP 400.010:2014, para definir el método que determine las especificaciones normalizadas para los agregados.

Se limita el uso de la NTP 400.012:2013, para definir el método que determine la granulometría de los agregados.

Se limita el uso de la NTP 339.185:2013, para definir el método que determine el porcentaje de humedad del agregado grueso y del agregado fino.

Se limita el uso de la NTP 400.021:2013, para definir el método que determine el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso.

Se limita el uso de la NTP 400.022:2013, para definir el método que determine el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino.

Se limita el uso de la NTP 400.017:2011, para definir el método que determine el peso unitario de los agregados.

Se limita a utilizar el método ACI para obtener el diseño de mezclas, con una resistencia de diseño igual a 210 kg/cm^2 y un asentamiento de 3".

Se limita al uso del caucho sintético proveniente de los neumáticos en desuso de las llanterías ubicadas en la Av. Huayruropata del distrito de Wanchaq en la ciudad del Cusco.

Se limita a utilizar caucho sintético en forma de viruta con longitudes de fibra que oscilen entre 4 mm a 15 mm.

Se limita a utilizar probetas de concreto con dimensiones de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

Se limita el uso de la NTP 339.033:2009, para definir el método que determine la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto.

Se limita el uso de la NTP 339.035:2015, para definir el método que determine la consistencia del concreto en estado fresco.

Se limita el uso de la NTP 339.034:2015, para definir el método que determine la resistencia a la compresión del concreto.

Se limita el uso de la NTP 339.084:2012, para definir el método que determine la resistencia a la tracción indirecta del concreto.

Se limita el uso de la NTP 339.046:2008, para definir el método que determine el peso unitario del concreto.

Se limita la obtención del costo de materiales por m^3 del concreto netamente a los materiales, y solamente se elaboró un análisis de precios unitarios para el costo por kg de la viruta a utilizar en el concreto modificado.



Se limita el uso del programa Microsoft Excel para realizar los cálculos de los diferentes ensayos mencionados anteriormente.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar comparativamente la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 01

Determinar el porcentaje óptimo de adición de viruta de caucho entre 5, 7.5 y 10% del agregado fino, para obtener una curva de evolución de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, semejante a la curva de evolución del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Objetivo específico 02

Calcular el estado de consistencia que tendrá el concreto modificado respecto a la del concreto patrón en estado fresco, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Objetivo específico 03

Medir la variación de la magnitud de la resistencia a la tracción indirecta a los 28 días del concreto modificado respecto a la del concreto patrón, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Objetivo específico 04

Medir la variación del peso unitario que tendrá el concreto modificado respecto al concreto patrón a los 28 días, cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Objetivo específico 05

Determinar el porcentaje de incremento del costo de materiales por m^3 del concreto con adición de viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, respecto al costo del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Título: “Hormigón con caucho: Determinación del módulo de elasticidad”

Universidad: Universidad Austral de Chile

Autores: Bach. Irene Del Pilar Urra Carrasco, Ing. Hernán Arnés Valencia

Año de publicación: 2016

El objetivo de la investigación es reciclar neumáticos y utilizarlos en trozos de caucho para la fabricación de hormigón, aportando datos del comportamiento elástico bajo cargas estáticas de compresión, cuyos resultados de resistencia a compresión al 0% de sustitución es igual a 328kg/cm², al 5% de sustitución es igual a 280kg/cm², al 10% de sustitución es igual a 256kg/cm², al 15% de sustitución es igual a 224kg/cm² y al 20% de sustitución es igual a 200kg/cm². (Urta Carrasco, 2016)

Título: “Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho”

Universidad: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Autores: Ing. Hermes Andrés Torres Ospina, Ing. Nancy Torres Castellanos

Año de publicación: 2014

El objetivo de la investigación es evaluar algunas propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto con reemplazo parcial de agregado fino por residuos de llantas, cuyos resultados de resistencia a compresión al 0% de sustitución es igual a 208kg/cm², al 10% de sustitución es igual a 157kg/cm², al 20% de sustitución es igual a 168kg/cm² y al 30% de sustitución es igual a 97kg/cm². (Ospina Torres, 2014)

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Concreto

2.2.1.1. Definición del concreto

El concreto es el material constituido por la mezcla, en ciertas proporciones, de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.



Figura 1 Vaciado de Concreto

Fuente: (CONSTRUYORED, 2017)

El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. Las mezclas de estos compuestos producen una masa plástica que puede ser moldeada pero cuanto más pasa el tiempo esta pierde esa característica y se vuelve cada vez más rígida. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.1.2. Tipos de concreto

El concreto se clasifica de la siguiente manera:

2.2.1.2.1. Concreto simple

Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Abanto Castillo, 2009)



Figura 2 Componentes del Concreto Simple

Fuente: (Quispe Granados, 2016)

2.2.1.3. Componentes del concreto

El concreto está constituido por tres principales materiales:

2.2.1.3.1. Cemento

A. Definición del cemento

El cemento es un material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de una cantidad

conveniente de agua, forma una pasta conglomerada capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva López, 2000)

B. Cemento Portland

El cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulico y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. (INDECOPI, 2013)

C. Tipos de cemento Portland

Según (INDECOPI, 2013), existen los siguientes tipos de cemento:

- Tipo I: para el uso general que no requiere propiedades especiales de cualquier tipo.
- Tipo II: par el uso general, y esencialmente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Tabla 1 Usos por tipo de Cemento Portland

Tipo*	Descripción	Características Opcionales
I	Uso General	1, 5
II	Uso general; calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos	1, 4, 5
III	Alta resistencia inicial	1, 2, 3, 5
IV	Bajo calor de hidratación	5
V	Alta resistencia a los sulfatos	5, 6
Características Opcionales		
1. Aire incluido, IA, IIA, IIIA.		
2. Resistencia moderada a los sulfatos: C ₃ A máximo, 8%.		
3. Alta resistencia a los sulfatos: C ₃ A máximo, 5%.		
4. Calor de hidratación moderado: calor máximo de 290 kJ/kg (70cal/g) a los 7 días, o la suma de C ₃ S y C ₃ A, máximo 58%.		
5. Alcali bajo: máximo de 0.60%, expresado como Na ₂ O equivalente.		
6. El limite de resistencia Alternativa de sulfatos esta basado en el ensayo de expansión de barras de mortero.		
(*) Para cementos especificados en la ASTM.C 150.		

Fuente: (ASTM, Especificación Normalizada para Cemento Portland, 2005)

D. Cemento Portland tipo IP:

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total. La puzolana es un material sílico aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar

compuestos con propiedades cementicias. (YURA, 2014)

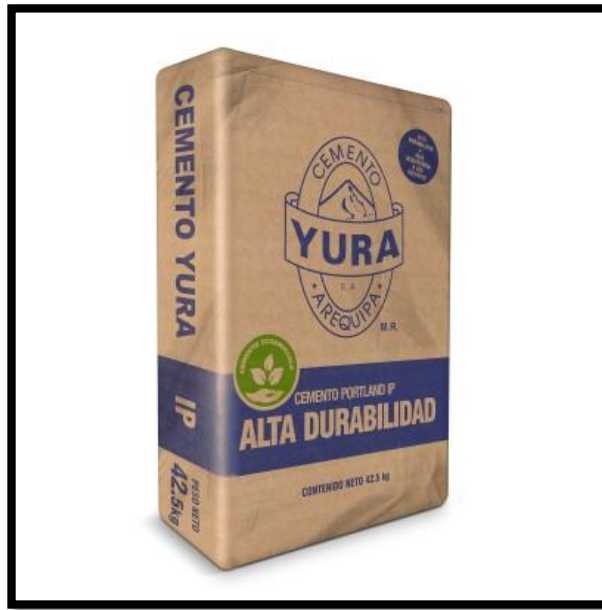


Figura 3 Cemento Portland IP

Fuente: (YURA, 2014)

E. Puzolana:

La puzolana es un material sílico aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementicias. (YURA, 2014)

Las ventajas de la puzolana en el cemento portland son:

- Mayor resistencia a la compresión a largo plazo
- Resistencia a los ataques químicos
- Mayor impermeabilidad
- Menor calor de hidratación

La desventaja de la puzolana en el cemento portland es:

- Baja resistencia a la compresión inicial

2.2.1.3.2. Agregados

A. Definición de los agregados

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. (INDECOPI, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos), 2008)



Figura 4 Agregados del Concreto

Fuente: (ACI 211, 2012)

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

B. Clasificación de los agregados

B.1. Clasificación por su origen

B.1.1. Agregados naturales

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto. (Rivva López, 2000)

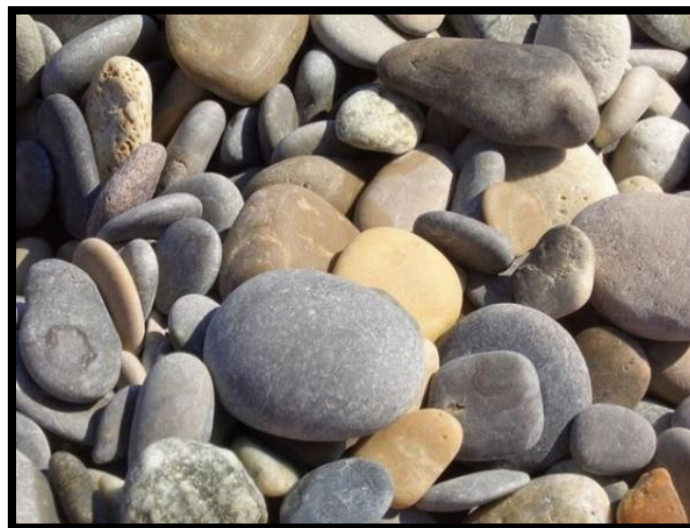


Figura 5 Agregados naturales

Fuente: (Silva O. J., 2015)

B.1.2. Agregados artificiales

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos

secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. (Rivva López, 2000)



Figura 6 Agregados artificiales

Fuente: (Lelu, 2013)

B.2. Clasificación por su tamaño

B.2.1. Agregado fino

Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200. (Rivva López, 2000)

B.2.2. Agregado grueso

Es aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4. (Rivva López, 2000)

C. Propiedades físicas

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. (Pasquel Carbajal, 1998)

C.1. Granulometría

C.1.1. Granulometría del agregado fino

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites. (INDECOPI, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) , 2002)

Tabla 2 Granulometría de Agregado fino

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"(9.50 mm)	100
Nº 4 (4.75 mm)	95 a 100
Nº 8 (2.36 mm)	80 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	50 a 85
Nº 30 (600 micrones)	25 a 60
Nº 50 (300 micrones)	10 a 30
Nº 100 (150 micrones)	2 a 10

Fuente: (INDECOPI, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) , 2002)

C.1.2. Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4". (INDECOPI, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos), 2008)

Tabla 3 Granulometría de Agregado grueso

Tamaño nominal	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3 1/2" 90 mm	3" 75 mm	2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	1" 25.0 mm	3/4" 19.0 mm	1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3 1/2" a 1 1/2"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1 1/2" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
3/4" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1 a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1 1/2" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
3/8" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Fuente: (INDECOPI, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) , 2002)

**C.2. Módulo de fineza del agregado fino**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100. (INDECOPI, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global., 2001)

C.3. Tamaño máximo del agregado grueso

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (INDECOPI, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global., 2001)

C.4. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (INDECOPI, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global., 2001)

C.5. Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP.400.021 y NTP.400.022 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación, estableciéndose las expresiones para la determinación en laboratorio y cálculo del peso específico. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m³. (SENCICO, 2014)

C.6. Peso unitario

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. Su valor para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado, 2011)

C.7. Porcentaje de vacíos

Es la medida del volumen expresada en porcentaje de espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso



unitario del agregado, 2011)

C.8. Absorción

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado, 2011)

C.9. Peso específico de masa (Pem)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado grueso, 2013)

C.10. Peso específico de masa suturado superficialmente seco (SSS)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado grueso, 2013)

C.11. Peso específico aparente (Pea)

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino, 2013)

C.12. Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas. No hay un método estándar en ASTM para evaluarla. (Pasquel Carbajal, 1998)

C.13. Contenido de humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporciónamiento de las mezclas, para que se cumplan las

hipótesis asumidas. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.1.3.3. Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto. Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto. (SENCICO, 2014)



Figura 7 Agua

Fuente: (Silva, 2016)

A. Agua de mezcla

El agua de mezcla tiene las siguientes funciones:

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

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Para la utilización del agua de mezcla nos basamos en obra la utilización del agua potable, apta para consumo humano, que siendo en Perú muy pocas de estas cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos.

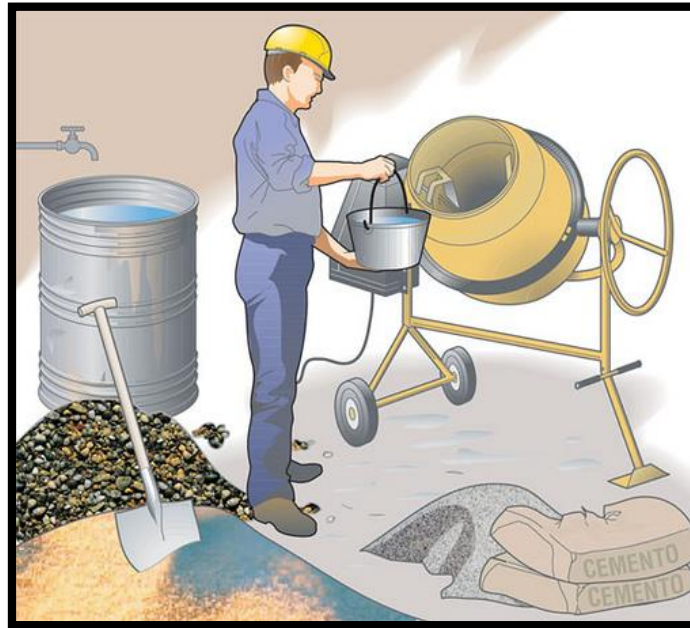


Figura 8 Agua de mezcla

Fuente: (Arquigráfico, 2018)

Hay que destacar que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para la elaboración de mortero y concreto, siendo el tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes. (SENCICO, 2014)

A.1. Consideraciones de agua de mezcla

Según (SENCICO, 2014):

- El agua no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del cemento.
- Las aguas muy puras (lluvia) son ácidas si el $\text{Ph} < 7$
- El Agua potable es incolora, inodora, insípida, fresca y no contiene materia orgánica.
- Los mayores problemas del concreto provenientes del agua están relacionados con la cantidad y no con calidad.
- Cuando se sospecha de la calidad del agua lo mejor es hacer ensayos comparativos de cementación, resistencia mecánica y estabilidad del volumen.

B. Agua para curado

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto.



Figura 9 Agua para curado del concreto

Fuente: (Civilgeeks, 2016)

No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos. (SENCICO, 2014)

2.2.1.4. Propiedades del concreto

2.2.1.4.1. Propiedades del concreto en estado fresco

Entre las propiedades del concreto en estado fresco tenemos:

A. Segregación

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. (Abanto Castillo, 2009)



Figura 10 Segregación del Concreto

Fuente: (Ottazzi, 2010)

B. Exudación

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla Nro. 100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla.

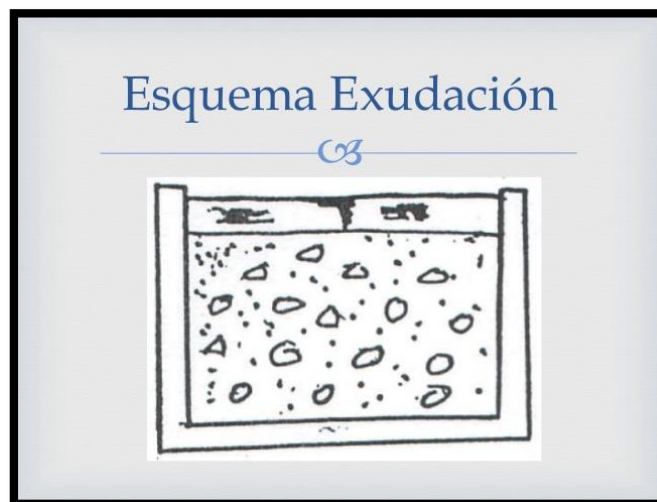


Figura 11 Exudación del Concreto

Fuente: (Giraldo Betancourt, 2016)

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a la estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que

pudiera tener. (Pasquel Carbajal, 1998)

C. Consistencia y trabajabilidad

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuando más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. La trabajabilidad es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener una alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia lo hace adecuada para vigas o columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas.

La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua y de la granulometría y características físicas del agregado, las que determina la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada. Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas. (Rivva López, 2000)

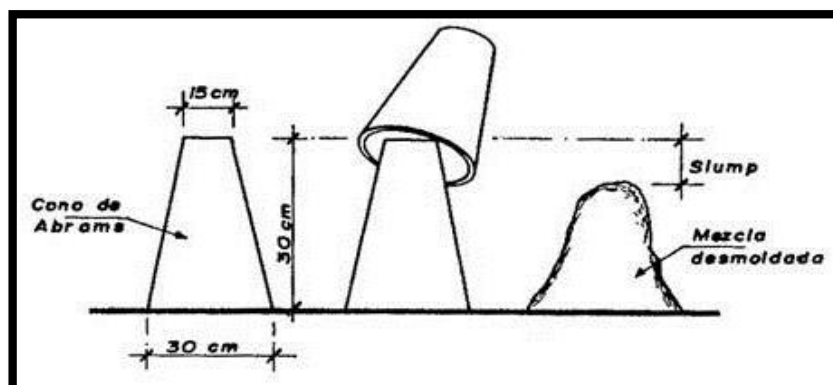


Figura 12 Consistencia del Concreto

Fuente: (Civilgeeks, Introducción a la tecnología del concreto: Civilgeeks, 2016)

2.2.1.4.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

A. Elasticidad

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva. (Rivva López, 2000)

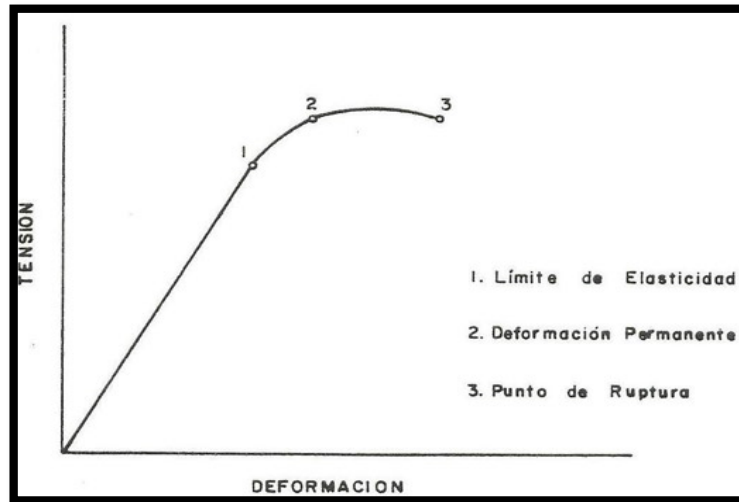


Figura 13 Curva de Elasticidad

Fuente: (Osorio, 2011)

B. Resistencia a la compresión

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. (Pasquel Carbajal, 1998)

B.1. Ensayo de la resistencia a la compresión

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra. (INDECOPI, HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, 2015)



Figura 14 Ensayo de Resistencia a Compresión

Fuente: (Vidaud, 2013)

C. Resistencia a la tracción indirecta

En los ensayos a tracción indirecta, a diferencia de los ensayos directos, la rotura de la probeta de hormigón se produce debido a la aplicación de una carga de compresión o flexo tracción da lugar a una distribución de tensiones de tracción que acaban por fisurar la probeta. (INDECOPI, HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 2ª Edición, 2012)

C.1. Ensayo de la resistencia a la tracción indirecta

El ensayo de compresión diametral es el método estandarizado para hallar un valor de la resistencia a tracción, el cual consiste en aplicar una carga externa de compresión en una de las caras de la muestra cilíndrica o cúbica, mientras que el extremo opuesto a la carga permanece apoyado. De esta forma aparecen dos fuerzas diametralmente opuestas que producen una distribución uniforme de tracciones transversales a lo largo del eje de carga, causando la rotura a tracción de la muestra. (INDECOPI, HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 2ª Edición, 2012)



Figura 15 Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta por Compresión Diametral

Fuente: (Amador, 2014)

D. Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese q ser dos fenómenos nominalmente independientes. (Pasquel Carbajal, 1998)

E. Durabilidad

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente incluso de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie. (Abanto Castillo, 2009)



Figura 16 Durabilidad del Concreto

Fuente: (Amador, Factores que afectan a la durabilidad del hormigón: Más que Ingeniería, 2015)

F. Impermeabilidad

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto Castillo, 2009)



Figura 17 Impermeabilidad del Concreto

Fuente: (Sika, 2014)

2.2.1.5. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente, la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Es usual el suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.1.5.1. Método de diseño: ACI

Este procedimiento considera pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

El método del American Concrete Institute se basa en tablas empíricas mediante las cuales se determinan las condiciones de partida y la dosificación. (Rivva López, 2000)

Los pasos para realizar el diseño son los siguientes:

- Establecimiento de f'_{cr} en función a los criterios establecidos por la ACI

Tabla 4 Cálculo del f'_{cr} con registro de probetas anteriores

TIPO DE CONTROL	DESVIACION ESTANDAR (σ)
Muy bueno	0.07 fm
Bueno	0.14 fm
Regular	0.21 fm
Deficiente	0.28 fm

Fuente: (ACI 211, 2012)

Tabla 5 Cálculo del f'_{cr} sin registro de probetas anteriores

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 20$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$20 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

Fuente: (ACI 211, 2012)

Tabla 6 Cálculo del f'_{cr} teniendo en cuenta el control de la obra

Nivel de Control	F'_{cr}
Regular o malo	1.3F'c a 1.5F'c
210 - 350	1.2F'c
>350	1.1F'c

Fuente: (ACI 211, 2012)

- Establecimiento de la cantidad de agua por m³ de concreto en función de las condiciones de trabajabilidad, el tamaño máximo de los agregados y ocasionalmente el tipo de cemento.

Tabla 7 Cálculo de la cantidad de agua

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: (ACI 211, 2012)

- Definición de la relación agua/cemento en peso en base a la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad.

Tabla 8 Cálculo de la relación a/c

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: (ACI 211, 2012)

- Cálculo de la cantidad de cemento en peso en función de la relación agua/cemento y la cantidad de agua.
- Cálculo de los volúmenes absolutos del agua y el cemento.
- Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso según el módulo de fineza y el tamaño máximo nominal.

Tabla 9 Cálculo del Volumen de agregado grueso seco y compactado por m³ de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: (ACI 211, 2012)

- Estimación del porcentaje de aire por m³ y el volumen absoluto que atrapa el concreto en función de las características granulométricas de los agregados.

Tabla 10 Cálculo del % de Aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: (ACI 211, 2012)

- Obtención del volumen absoluto que ocuparan el agregado fino, restando de 1 m³ los volúmenes hallados de cemento, agua, aire y agregado grueso.
- Cálculo del peso del agregado fino de acuerdo a su volumen absoluto.
- Correcciones por humedad y absorción de diseño.
- Diseño final: Agua final (kg), peso húmedo piedra (kg), peso húmedo arena (kg), peso cemento (kg).

2.2.2. Caucho

2.2.2.1. Tipos de caucho

2.2.2.1.1. Caucho natural

A. Definición

Sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados. (Anónimo, 2018)



Figura 18 Caucho natural

Fuente: (Valero, 2015)

2.2.2.1.2. Caucho sintético

A. Definición

Se le llama a toda sustancia elaborada artificialmente que se parezca al caucho natural. Se obtiene por reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. Los compuestos básicos del caucho sintético llamados monómeros, tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes denominadas polímeros. Después de su fabricación, el caucho sintético se vulcaniza. (Anónimo, Caucho Sintético: Wikipedia, 2018)



Figura 19 Caucho sintético

Fuente: (Barea Gallego, 2016)

B. Caucho sintético en neumáticos

B.1 Proceso de vulcanizado

La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

La vulcanización es un proceso de curado irreversible y debe ser fuertemente contrastado con los procesos termoplásticos que caracterizan el comportamiento de la vasta mayoría de los polímeros modernos. Este proceso irreversible define a los cauchos curados como materiales termoestables (no se funden con el calor) y la saca de la categoría de los termoplásticos (como el polietileno y el polipropileno). (Anónimo, Vulcanización: Wikipedia, 2018)



Figura 20 Vulcanizado de neumáticos

Fuente: (Cheapy Llantas, 2017)

B.2 Proceso de fabricación de viruta de caucho de neumáticos en desuso

El proceso de fabricación de viruta de caucho de neumáticos en desuso se realiza a través de la cepilladora de madera que utilizan los carpinteros para obtener la viruta de madera.



Figura 21 Cepilladora fabricante de viruta

Fuente: (Paramio, 2012)

C. Propiedades

El caucho sintético posee una resistencia a la tracción menor que el caucho natural y no es tan extensible como éste, sin embargo, supera al caucho natural con las siguientes propiedades:

- Elasticidad
- Resistencia a la abrasión
- Insolubilidad
- No es adhesivo
- Resistente a altas temperaturas



- Resistencia eléctrica

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Al realizar un análisis comparativo, la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino se modifican favorablemente respecto a las del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

2.3.2. Sub-hipótesis

Sub-hipótesis específica 01

El porcentaje óptimo de adición de viruta de caucho es igual al 5% del agregado fino, para obtener una curva de evolución de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, semejante a la curva de evolución del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Sub-hipótesis específica 02

La consistencia del concreto modificado; cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$; es plástica, respecto a la del concreto patrón en estado fresco.

Sub-hipótesis específica 03

La variación de la magnitud de la resistencia a la tracción indirecta a los 28 días del concreto modificado respecto a las del concreto patrón; cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$; es mínima.

Sub-hipótesis específica 04

El peso unitario que tendrá el concreto modificado respecto al del concreto patrón a los 28 días; cuya curva de evolución de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, se asemeja a la del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$; es menor.

Sub-hipótesis específica 05

El porcentaje de incremento del costo de materiales por m^3 del concreto con adición de viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, respecto al costo del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, es de un 15%.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables Independientes

- Viruta de caucho: Elastómero sintético derivado del petróleo obtenido de neumáticos en desuso y presentado en viruta para adicionar en porcentajes de volumen del agregado fino.



2.4.1.1. Indicadores de variable independiente

- Viruta de caucho: Volumen (m³)

2.4.2. Variables Dependientes

- Resistencia a la compresión: Es la capacidad para soportar una carga en una determinada área, éste ensayo se realizará a briquetas de concreto elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, a edades de 7, 14 y 28 días.
- Resistencia a la tracción indirecta: Es la fuerza diametral que se aplica hasta que la falla ocurra a las briquetas de concreto elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, a la edad de 28 días.
- Consistencia: Es el grado de trabajabilidad medida mediante el revenimiento del concreto en estado fresco; elaborado con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino; a través del ensayo del Slump.
- Peso unitario: Es la relación entre el peso y el volumen de las briquetas de concreto; elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino; tomando en cuenta las dimensiones promedio de altura y diámetro de dichas briquetas.
- Costo de materiales por m³ de concreto: Es el análisis de costo de los materiales del concreto modificado, y un análisis de precios unitarios de la viruta de caucho por kg.

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

- Resistencia a la compresión: Esfuerzo (kg/cm²).
- Resistencia a la tracción indirecta: Esfuerzo (kg/cm²).
- Consistencia: Longitud (pulg).
- Peso unitario: Peso unitario (kg/m³).
- Costo de materiales por m³: Costo (Soles)

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 11 Cuadro de operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DEL INDICADOR
Variable independiente Xi	X1: Viruta de caucho	Elastómero sintético derivado del petróleo obtenido de neumáticos en desuso y presentado en viruta para adicionar en porcentajes de volumen del agregado fino.	Al 0% de adición del agregado fino. Al 5% de adición del agregado fino. Al 7.5% de adición del agregado fino. Al 10% de adición del agregado fino	Volumen	Formatos de recolección de datos
Variable dependiente Yi	Y1: Resistencia a la compresión	Es la capacidad para soportar una carga en una determinada área, éste ensayo se realizará a briquetas de concreto elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, a edades de 7, 14 y 28 días.	Resistencia a las 7 días. Resistencia a los 14 días. Resistencia a los 28 días	Esfuerzo	Formato de recolección de datos de Resistencia a Compresión del concreto
	Y2: Resistencia a la tracción indirecta	Es la fuerza diametral que se aplica hasta que la falla ocurra a las briquetas de concreto elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino, a la edad de 28 días.	Resistencia a los 28 días	Esfuerzo	Formato de recolección de datos de Resistencia a Tracción Indirecta del concreto
	Y3: Consistencia	Es el grado de trabajabilidad medida mediante el revenimiento del concreto en estado fresco; elaborado con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino; a través del ensayo del Slump.	Seco. Plástico. Blando. Fluido	Longitud	Formato de recolección de datos de la consistencia del concreto
	Y4: Peso unitario	Es la relación entre el peso y el volumen de las briquetas de concreto; elaboradas con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino; tomando en cuenta las dimensiones promedio de altura y diámetro de dichas briquetas.	Peso unitario a los 28 días	Peso Unitario	Formato de recolección de datos de peso unitario del concreto
	Y5: Costo de materiales por m3	Es el análisis de costo de los materiales del concreto modificado, y un análisis de precios unitarios de la viruta de caucho por kg.	Costo de materiales por m3 del concreto con adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino.	Costo	Formato de recolección de datos de costo de materiales por m3 de concreto

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la tesis

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de la investigación es Cuantitativo debido a que se midió la consistencia en estado fresco mediante el revenimiento a través del ensayo del Slump, la resistencia a la compresión a través del ensayo a compresión a los 7, 14 y 28 días, la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral y el peso unitario a los 28 días y el costo de materiales por m³; del concreto elaborado con cemento IP adicionando viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, y del concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación tiene un nivel Descriptivo debido a que describe el comportamiento de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, de la resistencia a la tracción indirecta y el peso unitario a los 28 días, de la consistencia en estado fresco y el costo de materiales por m³; del concreto elaborado con cemento IP adicionando viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, y del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

3.1.3. Método de investigación

El método de la investigación es Hipotético-Deductivo debido a que se tienen diferentes hipótesis, las cuales fueron planteadas con ayuda de la revisión de los antecedentes de la investigación, mediante el marco teórico y experimentaciones previas, y finalmente dichas hipótesis fueron deducidas a partir del transcurso de la investigación mediante los ensayos de rotura de briquetas a compresión, rotura de briquetas a tracción indirecta por compresión diametral, calculando el revenimiento de nuestros especímenes en estado fresco, el peso unitario a los 28 días y el costo de materiales por m³ del concreto modificado.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño Metodológico

La investigación es Cuasi-Experimental, ya que no se tuvo un control de todas las variables intervinientes en la investigación.

3.2.2. Diseño de Ingeniería

El diseño de ingeniería se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

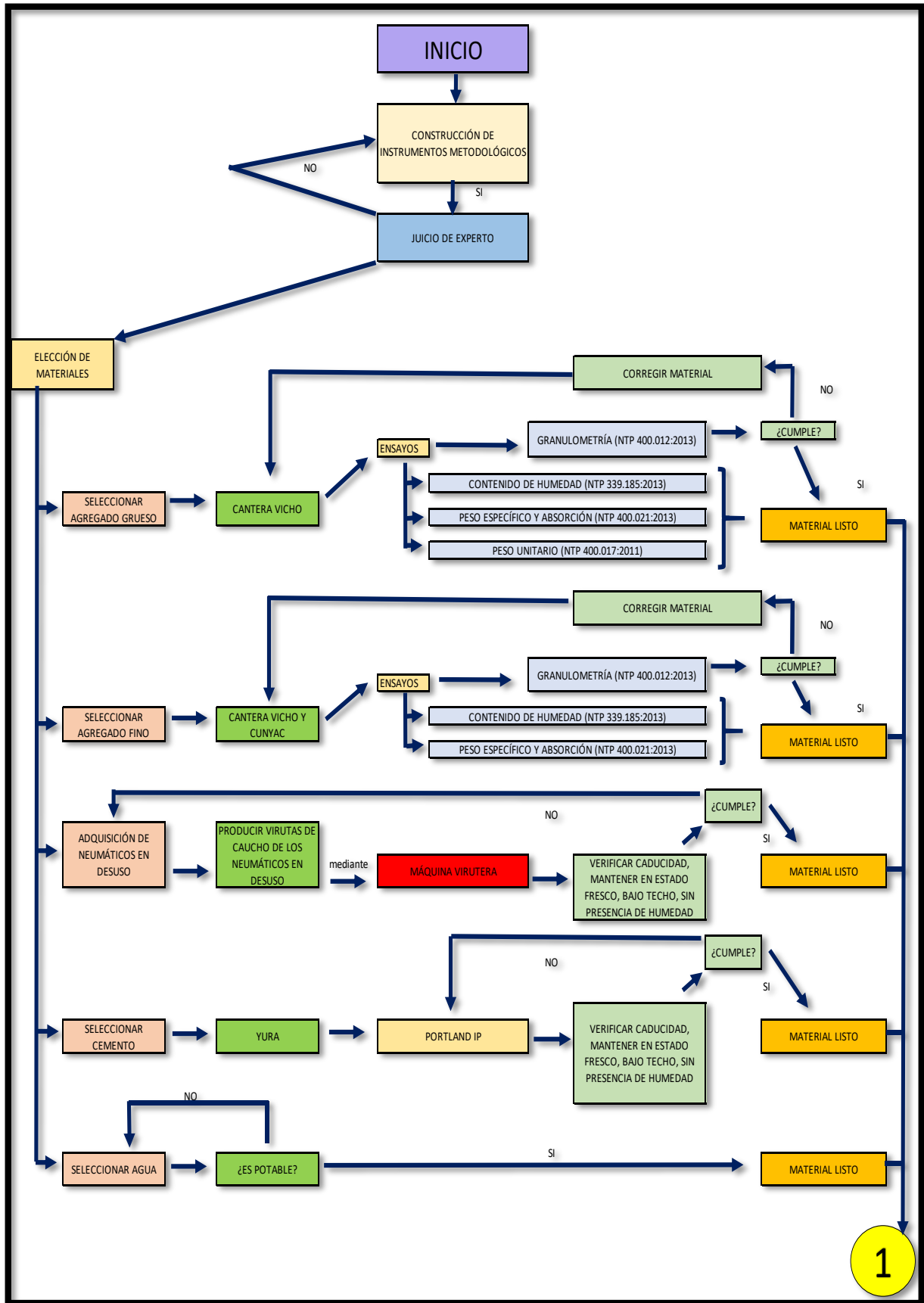


Figura 22 Diagrama de flujo de la investigación – parte 1

Fuente: Elaboración propia

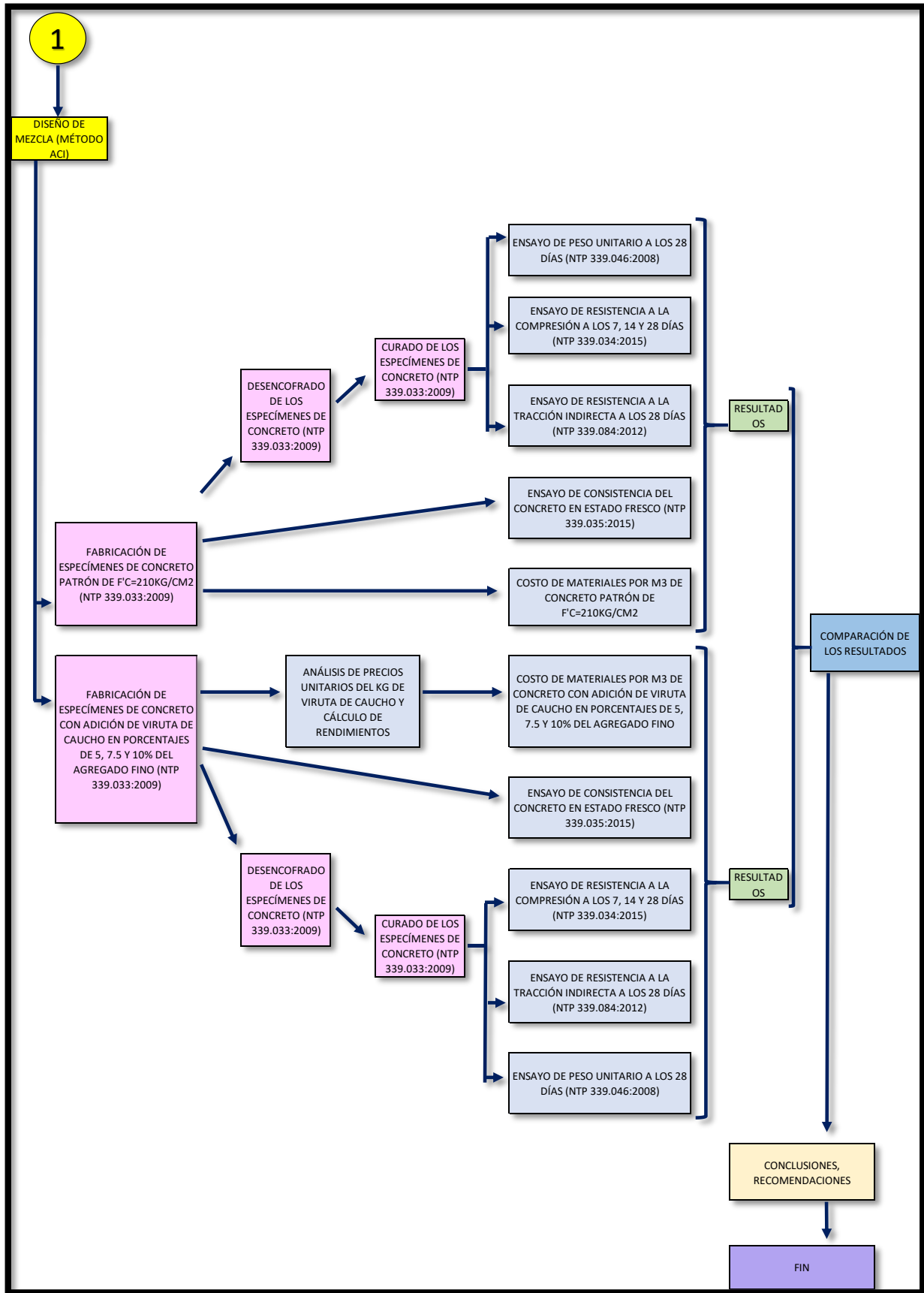


Figura 23 Diagrama de flujo de la investigación – parte 2

Fuente: Elaboración propia



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población está constituida por la elaboración de briquetas de concreto patrón y concreto con adición de viruta de caucho en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino sometidas a diferentes ensayos.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de la población está constituida por 96 briquetas en total para los 4 tipos de concreto a elaborar: El concreto patrón, el concreto con adición de viruta de caucho al 5% del agregado fino, el concreto con adición de viruta de caucho al 7.5% del agregado fino, y el concreto con adición de viruta de caucho al 10% del agregado fino.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La población está constituida por los 4 tipos de concreto a elaborar: El concreto patrón, el concreto con adición de viruta de caucho al 5% del agregado fino, el concreto con adición de viruta de caucho al 7.5% del agregado fino, y el concreto con adición de viruta de caucho al 10% del agregado fino.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Al igual que la población, la cuantificación de la muestra está constituida por 96 briquetas en total para los 4 tipos de concreto a elaborar: El concreto patrón con 24 briquetas, el concreto con adición de viruta de caucho al 5% del agregado fino con 24 briquetas, el concreto con adición de viruta de caucho al 7.5% del agregado fino con 24 briquetas y el concreto con adición de viruta de caucho al 10% del agregado fino con 24 briquetas.

3.3.2.3. Método de muestreo

El método de muestreo empleado en la investigación es NO PROBABILÍSTICO, debido a que se consideró la cantidad de briquetas a elaborar en función al criterio personal y/o a la accesibilidad del investigador.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Para la evaluación de la muestra se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 12 Cantidad de briquetas a ensayar

Días de rotura de Briquetas de concreto	Para la resistencia a compresión			Para la resistencia a la tracción indirecta
	7 días	14 días	28 días	28 días
Adición de la viruta de caucho en porcentajes del agregado fino				
Concreto patrón	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas
5.00%	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas
7.50%	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas
10.00%	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas	6 briquetas
	N° de briquetas = 72			N° de briquetas = 24
Total de briquetas ensayadas = 96 unidades				

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Criterios de inclusión

- En la investigación se elaboró el concreto patrón con una resistencia de 210 kg/cm²
- Se utilizó cemento Portland tipo IP, agua potable y agregados de las canteras Vicho y Cunyac.
- Se elaboró el diseño de mezcla por el método ACI, y se elaboraron las briquetas con dimensiones de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó en base a fichas técnicas de elaboración propia, las cuales permitieron sistematizar los datos para su adecuado análisis. Dichas fichas se realizaron de manera secuencial con procedimientos estandarizados para cada ensayo.

Estos instrumentos de recolección de datos fueron elaborados para los ensayos a continuación:

- Ensayo de Granulometría de Agregado fino

Tabla 13 Formato de recolección de datos – Análisis Granulométrico del Agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012:2013)							
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "						
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón						
UBICACIÓN:		CANTERA:					
FECHA:		MUESTRA:					
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón						
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO							
Malla		Peso ret (g)	% Peso Ret	% Peso Acumulado	% Que pasa	Lím inferior (%)	Lim superior (%)
Tamiz	mm.						
N° 4	4.76					95.00	100.00
N° 8	2.36					80.00	100.00
N° 16	1.19					50.00	85.00
N° 30	0.60					25.00	60.00
N° 50	0.30					10.00	30.00
N° 100	0.15					2.00	10.00
N° 200	0.07					0.00	2.00
FONDO	0.00						
TOTAL							
M.F.							

Curva granulométrica

Abertura (mm)	% Que Pasa (Superior)	% Que Pasa (Inferior)
5.00	100.00	95.00
2.36	100.00	80.00
1.19	85.00	50.00
0.60	60.00	25.00
0.30	30.00	10.00
0.15	10.00	2.00
0.07	2.00	0.00
0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Granulometría de Agregado grueso



Tabla 14 Formato de recolección de datos – Análisis Granulométrico del Agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012:2013)							
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "						
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón						
UBICACIÓN:		CANTERA:					
FECHA:		MUESTRA:					
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón						
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO							
Malla		Peso ret (g)	% Peso Ret	% Peso Acumulado	% Que pasa	Lím inferior (%)	Lim superior (%)
Tamiz	mm.						
1"	25.40					100.00	100.00
3/4"	19.05					90.00	100.00
1/2"	12.70					20.00	55.00
3/8"	9.53					0.00	15.00
FONDO	4.76					0.00	5.00
TOTAL							
T.M.							
T.M.N.							
<p style="text-align: center;">Curva granulométrica</p>							

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado fino



Tabla 15 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad del Agregado fino

				
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 339.185:2013)				
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "			
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón			
UBICACIÓN:	CANTERA:			
FECHA:	MUESTRA:			
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
	Nro	1	2	3
1	Peso del suelo a temperatura ambiente			g
2	Peso del suelo sometido al horno			g
3	Contenido de humedad			%
Contenido de humedad Promedio				%

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado grueso

Tabla 16 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad del Agregado grueso

				
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NTP 339.185:2013)				
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de f'c=210kg/cm2"			
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón			
UBICACIÓN:	CANTERA:			
FECHA:	MUESTRA:			
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
	Nro	1	2	3
1	Peso del suelo a temperatura ambiente	g		
2	Peso del suelo sometido al horno	g		
3	Contenido de humedad	%		
Contenido de humedad Promedio		%		

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Peso específico y Absorción de Agregado fino

Tabla 17 Formato de recolección de datos – Peso específico y Absorción del Agregado fino

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022:2013)			
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210kg/cm^2$ "		
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón		
UBICACIÓN:	CANTERA:		
FECHA:	MUESTRA:		
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón		
Peso específico y absorción del agregado fino			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valores
A	Peso en el aire de la muestra seca	g	
B	Peso del picnómetro con agua	g	
C	Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración	g	
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	
Pem	Peso específico de la masa	g/cm3	
PeSSS	Peso específico saturado superficialmente seco	g/cm3	
Pea	Peso específico aparente	g/cm3	
Ab	Absorción	%	

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Peso específico y Absorción de Agregado grueso

Tabla 18 Formato de recolección de datos – Peso específico y Absorción del Agregado grueso

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021:2013)			
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "		
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón		
UBICACIÓN:	CANTERA:		
FECHA:	MUESTRA:		
RESPONSABLE	Jorge Cornejo Alarcón		
Peso específico y absorción del agregado grueso			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valores
A	Peso de la muestra seca en el aire	g	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	g	
Pem	Peso específico de la masa	g/cm ³	
PeSSS	Peso específico saturado superficialmente seco	g/cm ³	
Pea	Peso específico aparente	g/cm ³	
Ab	Absorción	%	

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Peso Unitario del Agregado grueso

Tabla 19 Formato de recolección de datos – Peso unitario del Agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
7. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017:2011)					
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "				
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón				
UBICACIÓN:		CANTERA:			
FECHA:		MUESTRA:			
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón				
Peso unitario del agregado fino					
Suelto	Número de ensayo	Unidad	1	2	3
	Peso del molde	g			
	Volumen del molde	cm ³			
	Peso del molde más agregado	g			
	Peso unitario suelto	g/cm ³			
	Peso unitario suelto promedio	g/cm ³			
Compactado	Número de ensayo	Unidad	1	2	3
	Peso del molde	g			
	Volumen del molde	cm ³			
	Peso del molde más agregado	g			
	Peso unitario compactado	g/cm ³			
	Peso unitario compactado promedio	g/cm ³			

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Contenido de Humedad de la Viruta de Caucho



Tabla 20 Formato de recolección de datos – Contenido de humedad de la Viruta de Caucho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
8. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA VIRUTA DE CAUCHO					
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "				
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón				
UBICACIÓN:		CANTERA:			
FECHA:		MUESTRA:			
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón				
CONTENIDO DE HUMEDAD					
	Nro		1	2	3
1	Peso de la viruta de caucho a temperatura ambiente	g			
2	Peso de la viruta de caucho sometido al horno	g			
3	Contenido de humedad	%			
	Contenido de humedad Promedio	%			

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Peso Unitario de la Viruta de Caucho

Tabla 21 Formato de recolección de datos – Peso unitario de la Viruta de Caucho

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
9. PESO UNITARIO DE LA VIRUTA DE CAUCHO					
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "				
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón				
UBICACIÓN:		CANTERA:			
FECHA:		MUESTRA:			
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón				
Peso unitario de la viruta de caucho					
Suelto	Número de ensayo	Unidad	1	2	3
	Peso del molde	g			
	Volumen del molde	cm ³			
	Peso del molde más la viruta de caucho	g			
	Peso unitario suelto	g/cm ³			
	Peso unitario suelto promedio	g/cm ³			

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Consistencia



Tabla 22 Formato de recolección de datos – Consistencia

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
10. ENSAYO DE CONSISTENCIA (NTP 339.035:2015)						
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "					
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón					
UBICACIÓN:						
FECHA:						
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón					
Revenimiento del concreto en estado fresco						
CONCRETO	ADICIÓN DE VIRUTA DE CAUCHO EN PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO	cm				pulg
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida prom	Medida prom
	Concreto patrón					
	5.00%					
	7.50%					
	10.00%					

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Resistencia a Compresión



Tabla 23 Formato de recolección de datos – Resistencia a la Compresión

				
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
11. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:2015)				
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "			
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón			
UBICACIÓN:	MUESTRA:			
FECHA:				
RESPONSABLE	Jorge Cornejo Alarcón			
ROTURA DE BRIQUETAS CONCRETO PATRÓN				
BRIQUETA	Tiempo de ensayo	Dimensiones		
		ϕ Sup 1 (cm)	ϕ Sup 2 (cm)	ϕ Inf 1 (cm)
1				ϕ Inf 2 (cm)
2				
3				
4				
5				
6				
			Área (cm²)	Carga (kg)
				F'c=Carga/Área (kg/cm²)

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta



Tabla 24 Formato de recolección de datos – Resistencia a la Tracción Indirecta

														
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
12. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (NTP 339.084:2015)														
NOMBRE DE LA TESIS		"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "												
TESISTA		Jorge Cornejo Alarcón												
UBICACIÓN:		MUESTRA:												
FECHA:														
RESPONSABLE		Jorge Cornejo Alarcón												
ROTURA DE BRIQUETAS CONCRETO PATRÓN														
BRIQUETA	Tiempo de ensayo	Dimensiones						Área= $(\pi/2) * H * \Phi$ (cm²)	Carga (kg)	T=Carga/Área (kg/cm²)				
		Φ Sup 1 (cm)	Φ Sup 2 (cm)	Φ Sup (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Inf 2 (cm)	Φ Inf (cm)				H1 (cm)	H2 (cm)	H (cm)	
1														
2														
3														
4														
5														
6														

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de Peso Unitario del Concreto



Tabla 25 Formato de recolección de datos – Peso unitario del Concreto

									
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
13. ENSAYO DE PESO UNITARIO NTP 339.046:2008									
NOMBRE DE LA TESIS		"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "							
TESISTA		Jorge Cornejo Alarcón							
UBICACIÓN:		MUESTRA:							
FECHA:									
RESPONSABLE:		Jorge Cornejo Alarcón							
PESO UNITARIO DEL CONCRETO									
BRIQUETA	Dimensiones						VOLUMEN (m³)	PESO (kg)	P. U. (kg/m³)
	Φ Sup 1 (cm)	Φ Sup 2 (cm)	Φ Sup (cm)	Φ Inf 1 (cm)	Φ Inf 2 (cm)	Φ Inf (cm)			
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Fuente: Elaboración propia

- Costo de materiales por m3 de concreto

Tabla 26 Formato de recolección de datos – Costo de materiales por m3 de Concreto

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
14. COSTO DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO						
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "					
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón					
UBICACIÓN:						
FECHA:						
RESPONSABLE	Jorge Cornejo Alarcón					
Fabricación de viruta de caucho						
Rendimiento en kg/día						
	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S./)	Parcial (S./)
	Mano de obra	hh				
	Materiales	und				
	Equipos	hm				
	Costo unitario directo en Kg	0.00				
Costo de materiales por m3 del concreto						
TIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. (S./)	SUBTOTAL (S./)	TOTAL (S./)
CONCRETO CON 0% DE ADICIÓN	CEMENTO IP	bls				
	ARENA CUNYAC	m3				
	CONFITILLO VICHO	m3				
	PIEDRA CHANCADA VICHO	m3				
	AGUA	m3				
	VIRUTA DE CAUCHO	kg				
CONCRETO CON 5% DE ADICIÓN	CEMENTO IP	bls				
	ARENA CUNYAC	m3				
	CONFITILLO VICHO	m3				
	PIEDRA CHANCADA VICHO	m3				
	AGUA	m3				
	VIRUTA DE CAUCHO	kg				
CONCRETO CON 7.5% DE ADICIÓN	CEMENTO IP	bls				
	ARENA CUNYAC	m3				
	CONFITILLO VICHO	m3				
	PIEDRA CHANCADA VICHO	m3				
	AGUA	m3				
	VIRUTA DE CAUCHO	kg				
CONCRETO CON 10% DE ADICIÓN	CEMENTO IP	bls				
	ARENA CUNYAC	m3				
	CONFITILLO VICHO	m3				
	PIEDRA CHANCADA VICHO	m3				
	AGUA	m3				
	VIRUTA DE CAUCHO	kg				

Fuente: Elaboración propia



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Los instrumentos o equipos que se utilizaron para realizar cada uno de los ensayos se muestran a continuación, catalogados por el ensayo realizado:

Granulometría del Agregado fino

- Tamizador mecánico
- Serie de Tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.19 mm (N° 16), 0.60 mm (N° 30), 0.30 mm (N° 50), 0.15 mm (N° 100) y 0.07 mm (N° 200)
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Cucharón metálico
- Escobillón metálico

Granulometría del Agregado grueso

- Tamizador mecánico
- Serie de Tamices: 25.40 mm (1"), 19.05 mm (3/4"), 12.70 mm (1/2"), 9.53 mm (3/8") y 4.76 mm (N° 4) como fondo
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Cucharón metálico
- Escobillón metálico

Contenido de Humedad del Agregado fino

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

Contenido de Humedad del Agregado grueso

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Bandejas
- Cucharón
- Horno o estufa

Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado fino

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Molde cónico y apisonador
- Fiola de 500 ml



- Horno
- Bomba de vacíos
- Bandejas
- Cucharon metálico

Ensayo de Peso específico y Absorción del Agregado grueso

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Cesta cilíndrica
- Balde
- Cucharón metálico
- Horno

Ensayo de Peso Unitario del Agregado grueso

- Balanza con sensibilidad de 1 g
- Recipiente cilíndrico o molde de volumen conocido
- Varilla de 5/8” de diámetro y 60cm de longitud
- Cucharón metálico
- Horno

Ensayo de Contenido de Humedad de la Viruta de Caucho

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

Ensayo de Peso Unitario de la Viruta de Caucho

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g
- Recipientes metálicos
- Cucharón metálico

Ensayo de Consistencia

- Cono de Abrams
- Varilla de 5/8” y 60cm de longitud
- Wincha de 3 m
- Cucharón metálico

Ensayo de Resistencia a Compresión

- Máquina de ensayo a compresión
- Almohadillas de neopreno



- Vernier
- Wincha de 3 m

Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

- Máquina de ensayo a compresión
- Molde de acero para tracción indirecta de 15cm x 30cm
- Vernier
- Wincha de 3 m

Ensayo de Peso Unitario del Concreto

- Balanza con sensibilidad de 1 gr
- Wincha de 3 m
- Vernier

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Ensayo de Granulometría de los Agregados

3.5.1.1. Granulometría del Agregado fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Tamizador mecánico
- Serie de Tamices: 4.76 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.19 mm (N° 16), 0.60 mm (N° 30), 0.30 mm (N° 50), 0.15 mm (N° 100) y 0.07 mm (N° 200)
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Cucharón metálico
- Escobillón metálico

b) Procedimiento

- Se realizó el cuarteo de la muestra de Agregado fino, utilizando agregados de la cantera de Vicho (confitillo) y Cunyac (arena) en una proporción de 50% para cada uno de ellos, obteniendo más de 1 kg.



Figura 24 Cuarteo de muestra del Agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a realizar el tamizado con la serie de tamices desde el N°4 al N°200.



Figura 25 Proceso de tamizado del Agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- Se registró los pesos retenidos.



Figura 26 Gradación del Agregado fino

Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 27 Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del Agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012:2013)							
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "						
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón						
UBICACIÓN:	Lab. De Suelos UAC	CANTERA:	Vicho y Cunyac				
FECHA:	17/11/2017	MUESTRA:	Agregado Fino				
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón						
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO							
Malla		Peso ret (g)	% Peso Ret	% Peso Acumulado	% Que pasa	Lím inferior (%)	Lim superior (%)
Tamiz	mm.						
N° 4	4.76	65.40				95.00	100.00
N° 8	2.36	167.20				80.00	100.00
N° 16	1.19	153.30				50.00	85.00
N° 30	0.60	174.80				25.00	60.00
N° 50	0.30	240.50				10.00	30.00
N° 100	0.15	145.80				2.00	10.00
N° 200	0.07	64.50				0.00	2.00
FONDO	0.00	1.80					
TOTAL							
M.F.							
Curva granulométrica							

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2. Granulometría del Agregado grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Tamizador mecánico
- Serie de Tamices: 25.40 mm (1"), 19.05 mm (3/4"), 12.70 mm (1/2"), 9.53 mm (3/8") y 4.76 mm (N° 4) como fondo
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Brocha
- Cucharón metálico
- Escobillón metálico

b) Procedimiento

- Se realizó el cuarteo de la muestra de Agregado fino, utilizando agregados de la cantera de Vicho (piedra chancada), obteniendo más de 2 kg.



Figura 27 Cuarteo de la muestra del Agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a realizar el tamizado con la serie de tamices desde el tamiz de 2" al de 3/8".



Figura 28 Proceso de tamizado del Agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- Se registró los pesos retenidos.



Figura 29 Gradación del Agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 28 Recolección de datos para el Análisis Granulométrico del Agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012:2013)							
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "						
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón						
UBICACIÓN:	Lab. De Suelos UAC	CANTERA:	Vicho				
FECHA:	17/11/2017	MUESTRA:	Agregado Grueso				
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón						
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO							
Malla		Peso ret (g)	% Peso Ret	% Peso Acumulado	% Que pasa	Lím inferior (%)	Lim superior (%)
Tamiz	mm.						
1"	25.40	0.00				100.00	100.00
3/4"	19.05	140.20				90.00	100.00
1/2"	12.70	820.30				20.00	55.00
3/8"	9.53	579.00				0.00	15.00
FONDO	4.76	564.20				0.00	5.00
TOTAL							
T.M.							
T.M.N.							

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados

3.5.2.1. Del Agregado fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Cucharón
- Horno o estufa

b) Procedimiento

- Se procedió a extraer las muestras con humedad del Agregado Fino.
- Se registraron las masas de las muestras.



Figura 30 Peso de una muestra del Agregado fino con humedad

Fuente: Elaboración propia

- Las muestras fueron sometidas al horno o estufa para eliminar la humedad.



Figura 31 Muestra del Agregado fino sometida a la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Las muestras ya secas fueron pesadas para así calcular el contenido de humedad.




Figura 32 Peso de una muestra del Agregado fino sin humedad

Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 29 Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (NTP 339.185:2013)			
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de f'c=210kg/cm2"		
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón		
UBICACIÓN:	Lab. De Suelos UAC	CANTERA:	Vicho y Cunyac
FECHA:	20/11/2017	MUESTRA:	Agregado Fino
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón		
CONTENIDO DE HUMEDAD			
	Nro		1 2 3
1	Peso del suelo a temperatura ambiente	g	363.61 364.04 363.68
2	Peso del suelo sometido al horno	g	345.87 345.15 345.79
3	Contenido de humedad	%	
Contenido de humedad Promedio		%	

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2. Del Agregado grueso

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Bandejas
- Cucharón
- Horno o estufa

b) Procedimiento

- Se procedió a extraer las muestras con humedad del Agregado Grueso.
- Se registraron las masas de las muestras.
- Las muestras fueron sometidas al horno o estufa para eliminar la humedad.
- Se registraron los pesos de las muestras ya secas para así poder calcular el contenido de humedad.



Figura 33 Peso de una muestra del Agregado grueso sin humedad

Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 30 Recolección de datos para el Contenido de Humedad del Agregado grueso

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NTP 339.185:2013)					
NOMBRE DE LA TESIS	"Análisis comparativo de la magnitud de las características físico mecánicas y costo de materiales de un concreto con adición de viruta de caucho reciclado en porcentajes de 5, 7.5 y 10% del agregado fino, ciudad del cusco; respecto al concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ "				
TESISTA	Jorge Cornejo Alarcón				
UBICACIÓN:	Lab. De Suelos UAC	CANTERA:	Vicho		
FECHA:	20/11/2017	MUESTRA:	Agregado Grueso		
RESPONSABLE:	Jorge Cornejo Alarcón				
CONTENIDO DE HUMEDAD					
	Nro		1	2	3
1	Peso del suelo a temperatura ambiente	g	1342.9	1343.6	1343.3
2	Peso del suelo sometido al horno	g	1332.9	1335	1332.9
3	Contenido de humedad	%			
Contenido de humedad Promedio		%			

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Ensayo de Peso específico y Absorción de los Agregados

3.5.3.1. Del Agregado fino

a) Instrumentos o equipos utilizados

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Molde cónico y apisonador
- Fiola de 500 ml
- Horno
- Bomba de vacíos
- Bandejas
- Cucharon metálico

b) Procedimiento

- Se seleccionó una muestra de 1 kg de material que pase por la malla N°4.
- Se colocó en el horno a una temperatura de 110 °C para luego dejar a temperatura ambiente y sumergir a un balde con agua durante 24 horas para lograr su saturación.
- Transcurrido el tiempo se echó agua y el agregado húmedo se colocó en la bandeja para ser sometido en la estufa, para que así, gradualmente pierda humedad.



Figura 34 Muestra de Agregado fino sometido a la estufa

Fuente: Elaboración propia

- Para hallar el peso del material en estado superficialmente seco se utilizó la prueba del cono, que consiste en colocar el agregado fino en el cono que se encuentra sobre una bandeja metálica.
- Se colocó el agregado fino dentro del cono hasta rebasar y luego se dió unos cuantos

golpes con el apisonador, se repitió este procedimiento 3 veces hasta cubrir un total de 25 golpes.



Figura 35 Colocado de la muestra del Agregado fino en el cono

Fuente: Elaboración propia

- Al momento de retirar el cono, la forma que el agregado adoptó fue la de una forma cónica, la misma que demuestra un estado del material saturado superficialmente seco.



Figura 36 Muestra del Agregado fino dentro del cono

Fuente: Elaboración propia