



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en
el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de
Abancay, 2018.**

**Para optar el título o grado académico de:
Ingeniero Civil**

Presentado Por:

Bach. Quispe Soto, Yaneth.

Bach. Mayhuire Pacheco, Huber Jorge.

Abancay - Apurímac - Perú
2019

Tesis
INCORPORACION DE FIBRAS DE CAUCHO NEUMATICO
RECICLADO INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DEL
CONCRETO ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE ABANCAY,
2018

Línea de Investigación:
Estructuras

Asesor:
Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer

PAGINA DEL JURADO

TESIS

**INCORPORACIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO NEUMÁTICO
RECICLADO INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DEL
CONCRETO ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2018.**

APROBADO POR:

PRESIDENTE

Ing. Ángel Maldonado Mendivil

PRIMER MIEMBRO

Ing. Holguer Cayo Baca

SEGUNDO MIEMBRO

Ing. Calixto Cañari Otero

DEDICATORIA

A Dios, por colmarme de bendiciones y permitirme alcanzar mis metas

A mi padre Nicolás Quispe U., a pesar de nuestra distancia, siento que estás conmigo.

A mi madre Fortunata Soto H., por ser mi soporte emocional, por tu apoyo y tu cariño incondicional.

A mis hermanos, quienes son parte de mi motivación para seguir avanzando con mis metas.

Yaneth

A Dios, el forjador de mi camino, el que me levanta y me acompaña en mi continuo andar.

A mis padres, Jorge Apolinario y Glory por su Compresión, paciencia y apoyo e inculcarme buenos principios de educación.

A mis hermanos, a Ruth y Ronald, por ser parte de mi vida y compartir gratos recuerdos en vida cotidiana.

Huber Jorge

AGRADECIMIENTO

A la Universidad.

A la Universidad tecnológica de los Andes, porque en sus aulas, recibimos el conocimiento técnico, intelectual y humano de cada docente de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil.

Al Ingeniero.

De manera especial, a nuestro asesor de tesis Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer por su dedicación y esmero, puesto que desinteresadamente aceptó orientarnos en este proyecto.

A los docentes.

Agradecemos a los ingenieros y profesores de la Universidad Tecnología de Los Andes, quienes fueron guía y apoyo para el desarrollo personal y en la formación académica adquirida a lo largo de los años.

Huber Jorge y Yaneth

ÍNDICE

PORTADA	¡Error! Marcador no definido.
PAGINA DEL JURADO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCION:	xxiv
CAPÍTULO 1.Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problema específico.	4
1.3 Justificación de la investigación.	5
1.4 Objetivos de la investigación.	6
1.4.1 Objetivo general.	6
1.4.2 Objetivo específico.....	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO 2.Marco teórico conceptual.	8
2.1 Antecedentes de la investigación.	8
2.1.1. Investigaciones a nivel Internacional.	8

2.1.2.	Investigaciones a nivel Nacional.....	16
2.1.3.	Investigaciones a nivel Regional y Local.....	21
2.2	Bases teóricas.....	21
2.2.1.	El concreto normal	25
2.2.1.1.	Componentes del concreto.	27
2.2.1.1.1.	Agregados gruesos.	31
2.2.1.1.2.	Agregado fino.....	38
2.2.1.1.3.	El Cemento Portland.	41
2.2.1.1.4.	Agua para concreto.	44
2.2.1.2.	Comportamiento del concreto.	46
2.2.1.3.	Propiedades principales del concreto endurecido.	52
2.2.1.4.	Diseño de mezcla.	55
2.2.1.4.1.	Método de diseño del ACI	56
2.2.1.5.	Elaboración y curado de testigos de concreto en laboratorio.....	59
2.2.2.	Concreto modificado con fibras de caucho de neumático reciclado.....	60
2.2.2.1.	Aspectos generales de reciclaje.....	61
2.2.2.2.	Aspectos generales del neumático.	63
2.2.2.2.1.	Componentes del neumático.	64
2.2.2.3.	Fibras de caucho de neumático reciclado.....	70
2.2.2.3.1.	Técnicas de trituración de los neumáticos para su reciclaje	70
2.2.2.3.2.	Proceso de reciclaje de los neumáticos	73
2.2.2.4.	Obtención del concreto modificado con fibra de caucho.....	75
2.3	Marco conceptual.....	76
2.4	Hipótesis de la investigación.....	83

2.4.1.	Hipótesis principal.	83
2.4.2.	Hipótesis Específicas.	84
2.5	Operacionalizacion de variables	85
CAPÍTULO 3. Metodología de la investigación.....		87
3.1	Método	87
3.1.1	Método de investigación.	87
3.2	Tipo de investigación	88
3.3	Nivel o alcance de investigación.....	89
3.4	Diseño de investigación	89
3.5	Población, muestra y muestreo	90
3.6	Técnicas e instrumentos	94
3.7	Consideraciones éticas	95
3.8	Procesamiento de datos	96
3.8.1	Análisis e integración de los Datos.	96
CAPÍTULO 4.....		99
Resultados y discusión de resultados.		99
4.1	Resultados	99
4.1.1	A nivel de la variable X/ I.....	99
4.1.1.1.	Muestreo de Agregado.	99
4.1.1.2.	Agregados gruesos.	102
4.1.1.3.	Agregados finos.	117
4.1.1.4.	Muestreo de fibra de caucho neumático reciclado.	128
4.1.1.5.	Diseño de Mezcla.....	135

4.1.1.6.	Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del cemento X_1 :	138
4.1.1.7.	Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado fino X_2 :	139
4.1.1.8.	Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado grueso X_3 :	141
4.1.2	A nivel de la variable Y / D	149
4.1.2.1.	Resultados obtenidos de la resistencia a compresión:.....	149
4.1.2.1.1.	Resultado de resistencia a compresión con incorporación fibra caucho al peso del cemento Y_1 :	151
4.1.2.1.2.	Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino Y_2 :	154
4.1.2.1.3.	Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso Y_3 :.....	156
4.1.2.1.4.	Análisis de resultado del ensayo a compresión.....	158
4.1.2.2.	Resultados obtenidos de la resistencia a la flexión de vigas:.....	161
4.1.2.2.1.	Resultados a resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento Y_4 :	165
4.1.2.2.2.	Resultados de resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino Y_5 :	167
4.1.2.2.3.	Resultados de resistencia a la flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso Y_6 :	168
4.1.2.2.4.	Análisis de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días.	169
4.2	Prueba de Hipótesis.....	172
4.3	Discusión.....	185
CONCLUSIONES		187

RECOMENDACIONES	191
Referencias Bibliografía.....	193
Web Grafía – Link Grafía	198
ANEXOS	200
ÍNDICE DE ANEXOS.....	200

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Husos del agregado grueso.....	30
Tabla.2. Límites para sustancias deletreas en el agregado grueso.....	31
Tabla 3 Clasificación por su forma del agregado grueso	32
Tabla 4 Clasificación por su textura del agregado grueso.....	32
Tabla 5 Tamices para agregado grueso	33
Tabla 6 Cantidad mínima de la muestra del agregado grueso.....	34
Tabla 7 Carga abrasiva para agregado grueso.....	37
Tabla 8 Peso de la muestra según a la gradación	37
Tabla 9 Límites de la granulometría del agregado fino.....	39
Tabla 10 Requisitos físicos para cemento Portland.....	43
Tabla 11 Requisitos químicos para cemento Portland.....	44
Tabla 12 Cuadro de valores máximos de las sustancias en el agua.....	45
Tabla 13 Requisitos de performance del concreto para el agua de mezclado	46
Tabla 14 Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada	46
Tabla 15 Resistencia a la compresión promedio	57
Tabla 16 Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.....	57
Tabla 17 Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump	58
Tabla 18 Relación agua/cemento vs $f'c$	58
Tabla 19 Cantidad de agregado grueso.....	59
Tabla 20 Datos obtenidos de las encuestas realizadas semanalmente.....	62
Tabla 21 Resumen de neumáticos desechados semanalmente.....	62
Tabla 22. Composición general de los neumáticos	65

Tabla 23. Composición de neumáticos de automóviles y camionetas	65
Tabla 24. Composición de neumáticos de camiones y microbuses.....	66
Tabla 25 Composición química de los neumáticos	66
Tabla 26 Principales propiedades de los componentes del neumático.....	68
Tabla 27 Matriz de operacionalización de variables	86
Tabla 28 Cantidad de muestras cilindricos para concreto patron.	91
Tabla 29 Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al cemento	91
Tabla 30 Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al agregado fino.....	92
Tabla 31 Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al agregado grueso.....	92
Tabla 32 Cantidad de muestras prismaticos para concreto patron	92
Tabla 33 Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al cemento.....	93
Tabla 34 Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al agregado fino	93
Tabla 35 Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al agregado grueso	93
Tabla 36 Resultado de ensayo de granulometría del agregado grueso.....	103
Tabla 37 Resultado de materiales más finos que pasa el tamiz N°200	106
Tabla 38. Resultado de peso específico y absorción del agregado grueso	108
Tabla 39 Peso unitario suelto del agregado grueso	111
Tabla 40 Resultado de peso unitario compactado del agregado grueso	113
Tabla 41 Resultado de abrasión los Ángeles de los agregados menor de 1 1/2”	115
Tabla 42 Contenido de humedad del agregado grueso.....	117
Tabla 43 Análisis granulométrico del agregado fino.....	118
Tabla 44 Resultados del peso específico de los agregados finos	121
Tabla 45 Resultado de peso unitario suelto del agregado fino.....	125

Tabla 46 Resultado peso unitario compactado del agregado fino	126
Tabla 47 Contenido de humedad del agregado fino	128
Tabla 48 Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho fino	132
Tabla 49 Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho grueso.....	133
Tabla 50 Resultados de ensayos peso específico y absorción de las fibras caucho	135
Tabla 51 Parámetros físicos de los agregados para el diseño de mezcla.....	136
Tabla 52 Resumen de diseño de mezcla patrón (CP)	136
Tabla 53 Dimensiones del testigo cilíndrico 6”x12”.....	137
Tabla 54 Dimensiones del testigo prismático 15x15x60cm.....	137
Tabla 55 Densidades de materiales de utilizados en la dosificación.....	137
Tabla 56 Diseño de concreto con incorporación de fibra caucho al peso cemento.....	138
Tabla 57 Dosificación de concreto para una unidad de testigo cilíndrico.....	139
Tabla 58 Dosificación de concreto para una unidad de testigo prismático	139
Tabla 59 Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado fino (cilindrico).	140
Tabla 60 Diseño con incorporación de fibras para una unidad de testigo cilíndrico.....	140
Tabla 61 Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del ag. fino (prismático).....	141
Tabla 62 Diseño con incorporación de fibra al peso del ag. grueso.....	141
Tabla 63 Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso (Cilíndrico).	142
Tabla 64 Diseño con incorporación de fibras al peso del agr. grueso (prismático).	142
Tabla 65 Cronograma de vaciado de testigos cilíndricos.	143
Tabla 66 Cronograma de elaboración de testigos prismático.....	144
Tabla 67 Tiempo mínimo de mezclado recomendado.....	145

Tabla 68 Resultado SLUMP promedio obtenido de los ensayos.	147
Tabla 69 Numero de capas requerido por testigo	147
Tabla 70 Resultado de compresión con incorporación de fibra al peso del cemento.....	151
Tabla 71 Resistencia a compresión % con incorp. de fibras caucho al peso del cemento	153
Tabla 72 Resultados a compresión con incorp. fibras caucho al peso del agregado fino	154
Tabla 73 Variación resistencia a compresión % con incorporación de fibra caucho al ag. fino.....	155
Tabla 74 Resultados a compresión con incorporación de fibras al peso del agregado grueso	156
Tabla 75 Resistencia a compresión % con incorporación de fibras al peso del agr. grueso. ..	157
Tabla 76 Resultados a compresión a 28 días de curado con incorporación de fibras de caucho.....	158
Tabla 77 Variación porcentual de resistencia a la compresión con incorporación de fibras...	159
Tabla 78 Diferencia % de resistencia a compresión con incorporación de fibras de caucho..	160
Tabla 79 Resistencia a flexión con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento ..	165
Tabla 80 Variación % del módulo de rotura con incorporación de fibra al peso del cemento	166
Tabla 81 Resultado de resistencia a flexión con incorporación de fibra al peso del agr. fino	167
Tabla 82 Resistencia a flexión % con incorp. de fibras caucho al peso del agr. fino.....	168
Tabla 83 Resultado de resistencia a flexión con incorpor. de fibras caucho al agr. grueso	168
Tabla 84 Resistencia a flexión % con incorporación de fibras caucho al peso del cemento...	169
Tabla 85 Resultados de resistencia a flexión a 28 días del concreto con incorporación de fibra.....	170
Tabla 86 Resistencia a la flexión % para un concreto con incorporacion de fibras	171
Tabla 87 Diferencial % de resistencia a flexión para concreto con incorporacion de fibra	171

Tabla 88 Prueba de hipótesis general resistencia a la flexion (concreto patrón- fibra).....	173
Tabla 89 Prueba de hipótesis general resistencia a la compresión (concreto patrón- fibra). ..	173
Tabla 90 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 3% fibra al cemento.....	174
Tabla 91 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexion en 3% fibra al cemento	175
Tabla 92 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 5% fibra al cemento.....	175
Tabla 93 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexion en 5% fibra al cemento	176
Tabla 94 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 7% fibra al cemento.....	176
Tabla 95 Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexion en 7% fibra al cemento	177
Tabla 96 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 3% fibra al agr. fino.	178
Tabla 97 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexion en 3% fibra al agregado fino.....	178
Tabla 98 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 5 % fibra al agr. fino	179
Tabla 99 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexion en 5 % fibra al agr. fino	179
Tabla 100 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 7 % fibra al agr. fino.....	180
Tabla 101 Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexion en 7 % fibra al agr. fino.....	180
Tabla 102 Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 3 % fibra al agr. grueso.	181
Tabla 103 Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a la flexion en 3 % fibra al agr. grueso	182

Tabla 104 Prueba de hipótesis específica 3 f°c en 5 % fibra al agregado grueso.....	182
Tabla 105 Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a la flexion en 5 % fibra al agr. grueso.	183
Tabla 106 Prueba de hipótesis específica 3 f°c en 7 % fibra al agr. grueso	183
Tabla 107 Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a la flexion en 7 % fibra al agr. grueso	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Constituyentes del concreto.	27
Figura 2. Procedimiento para medir el asentamiento.	49
Figura 3 Neumáticos desechados en Av. Tamburco de la ciudad de Abancay.	61
Figura 4. Neumáticos desechados en la quebrada de Ñacchero - Limapata - Abancay.	62
Figura 5. Estructura del neumático.	66
Figura 6. Proceso de trituración de caucho natural.	69
Figura 7. Proceso de emulsión en frío del caucho sintético.	70
Figura 8. Diagrama de flujo de trituración criogénica.	71
Figura 9. Máquina de reciclaje automático de neumáticos.	72
Figura 10. Tratamiento neumáticos usados.	74
Figura 11 Campana de Gauss de la tabla de distribución de t de Student.	98
Figura 12 Ubicación de las canteras estudiadas de la ciudad de Abancay.	100
Figura 13. Muestreo de cantera Ballón.	101
Figura 14 Muestreo por el método del cuarteo.	102
Figura 15 Grafico de curva granulométrica del agregado grueso.	104
Figura 16 Tamizado manual del agregado grueso de la C. Ballón.	104
Figura 17 Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado.	106
Figura 18 pesado de gravedad específica del agregado grueso de la C. Ballón.	107
Figura 19 histograma del peso específico del agregado grueso.	109
Figura 20 Histograma % de absorción del agregado grueso de las canteras de Abancay.	110
Figura 21 Histograma del peso unitario suelto del ag. grueso.	111
Figura 22 Obtención del peso unitario suelto de la cantera Ballón del agregado grueso.	112

Figura 23 Histograma del peso unitario compactado del agregado grueso.	114
Figura 24 Obtencion del peso unitario compactado de la c. Ballón.	114
Figura 25 Pesado de la muestra para el desgaste a la abrasión los Ángeles.	116
Figura 26 Tamizado de la muestra del desgaste a la abrasión con la malla N° 12.	116
Figura 27 Análisis granulométrico de los agregados finos.	118
Figura 28 Distribucion granulometrico del agregado fino despues del ensayo.	119
Figura 29 Histograma del peso específico del agregado fino de canteras.	122
Figura 30 Peso específico del agregado fino verificación de cantidad de humedad.	122
Figura 31 Pesado de fiola mas muestra del agregado fino.	123
Figura 32 Histograma del % de Absorción del agregado fino.	123
Figura 33 Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.	124
Figura 34 Histograma del peso suelto del agregado fino de las canteras.	125
Figura 35 Histograma del peso unitario compactado de los agregados finos.	126
Figura 36 Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino.	127
Figura 37 a) caucho granulado pasante malla de 3/8", b) caucho pulverizado.	129
Figura 38 Caucho granulado retenido en la Malla N°4.	130
Figura 39 Ensayo granulométrico de fibra de caucho reciclado fino.	131
Figura 40 Ensayo granulométrico de fibra de caucho reciclado gruesa.	131
Figura 41 Curva granulométrico de fibra de caucho fino.	132
Figura 42 Curva granulométrica de fibra caucho grueso.	133
Figura 43 Ensayo a peso específico y absorción de la fibra fina,	134
Figura 44 Ensayo a peso especifico de fibra gruesa.	135
Figura 45 Mezclado de concreto.	146

Figura 46 Verificación de Slump la relación agua – cemento.....	146
Figura 47 Elaboración de especímenes de concreto con incorporación de fibras.	148
Figura 48 Desencofrado y vaciado de testigos prismáticos.....	148
Figura 49 Curado de especímenes y toma de temperatura de los testigos.	149
Figura 50 Recubrimiento de superficie del espécimen de apoyo con Capping.....	150
Figura 51 Rotura de briqueta con equipo a compresión.....	150
Figura 52 Grafico de patrones de tipos de fracturas.....	151
Figura 53 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado con fibras al peso cemento. 152	
Figura 54 Resistencia a la compresión c/incorporación fibra al peso cemento.....	153
Figura 55 Resistencia vs. edad de rotura de concreto incorporado fibra al peso agr. fino.	154
Figura 56 Variación de resistencia a la compresión c/incorporación fibra al agr. fino.	155
Figura 57 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado fibras al peso agr. grueso. ...	156
Figura 58 Variación resistencia a compresión c/incorpor. fibra al peso del agr. grueso.....	157
Figura 59 Variación de resistencia a compresión a 28 días con incorporación de fibras.....	159
Figura 60 Grafico del equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto.	162
Figura 61 Extracción de los especímenes prismáticos y dispositivo para ensayo a flexión..	163
Figura 62 Colocación del dial para la deflexión de la viga,	163
Figura 63 Toma de medida del dial y fallas de la viga.....	164
Figura 64 Determinando las fallas de la resistencia a la flexión del concreto en vigas.	165
Figura 65 Resistencia a la flexión con incorporación de fibra al peso del cemento.....	166
Figura 66 Resistencia a flexión con incorp. de fibras caucho al peso del agregado fino.	167
Figura 67 Resistencia a flexión concreto c/ incorporación de fibras caucho al agr. grueso..	169
Figura 68 Histograma de variación de resistencia a la flexión a los 28 días.	170

ÍNDICE DE ECUACIONES

(EC- 1) Concreto Simple	26
(EC- 2) Concreto Armado	26
(EC- 3) Concreto Ciclopeo	27
(EC- 4) Módulo de fineza	34
(EC- 5) Porcentaje de Desgaste	36
(EC- 6) Contenido de humedad	38
(EC- 7) Módulo de elasticidad,	53
(EC- 8) Peso unitario normal.....	53
(EC- 9) Resistencia promedio requerido a la compresión	56
(EC- 10) Resistencia promedio requerido a la compresión	56
(EC- 11) Factor cemento	58
(EC- 12) Peso Agregado Humedo.....	59
(EC- 13) Peso fibra caucho.....	76
(EC- 14) Peso fibra caucho.....	76
(EC- 15) Varianza maestral	97
(EC- 16) Distribucion de probabilidad t Student.....	97
(EC- 17) % <i>del Material Fino que pasa el Tamiz N°200</i>	106
(EC- 18) Volumen desplazado	107
(EC- 19) Peso específico	107
(EC- 20) Peso unitario suelto de la masa.....	110
(EC- 21) Porcentaje de humedad.....	127
(EC- 22) Peso del Caucho	138

(EC- 23) Modulo de ruptura	164
(EC- 24) Modulo de ruptura fuera del tercio central	164

RESUMEN

El concreto es un componente más empleado en la construcción, se busca experimentar materiales que puedan proporcionar más eficiencia, en este aspecto experimentamos con residuos provenientes del reciclado de los neumáticos, incorporando las fibras de caucho reciclado a los componentes del concreto, utilizando los agregados de la zona de estudio.

El objetivo es la investigación del comportamiento del concreto con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado en el concreto estructural. Utilizándose en la investigación el enfoque cuantitativo, diseño experimental, método estadístico diferencia de medias: distribución t de student con nivel de significancia al 5%.

La proporción de fibra utilizada fue; 3%, 5%, 7% en relación a la gravedad específica del cemento, agregado fino y agregado grueso; apoyado en la norma técnica peruana N° 400.037.

El concreto patrón tuvo una resistencia promedio a compresión de 397.24 kg/cm², la fibra de caucho incorporada en 3% al peso del agregado grueso tiene menor disminución llegando a la resistencia de 382.03 kg/cm² una variación de 3.83%, y la fibra incorporada en 5% al peso del agregado fino llegó a una resistencia de 379.16 kg/cm² habiendo una variación de 4.55%. La resistencia promedio a flexión del concreto patrón tuvo 46.08 kg/cm², la incorporación de la fibra en peso del cemento; al 3% se tuvo 45.89 kg/cm² siendo una variación de 0.41% y 5% se tuvo 45.13 kg/cm² siendo una variación de 2.06%. Se llegó a concluir que la resistencia a compresión desciende en mayor porcentaje con respecto a la resistencia a flexión, en ambos resultados hay disminución gradual con respecto al concreto patrón.

Palabras clave: Fibra de caucho, neumático reciclado, concreto, estructural.

ABSTRACT

Concrete is a material more used in construction, we seek to experience materials that can provide more efficiency, in this aspect we experiment with waste from tire recycling, incorporating recycled rubber fibers to concrete components, using the aggregates of The study area.

The objective is to investigate the behavior of concrete with the incorporation of recycled tire rubber fiber in structural concrete. Using the quantitative approach, experimental design, statistical method, difference in means: the student's t distribution with a 5% level of significance.

The proportion of fiber used was; 3%, 5%, 7% in relation to the specific gravity of cement, fine aggregate and coarse aggregate; supported by the Peruvian technical standard N ° 400.037.

The standard concrete had an average compressive strength of 397.24 kg / cm², the rubber fiber incorporated in 3% to the weight of the coarse aggregate has a smaller decrease reaching a resistance of 382.03 kg / cm² a variation of 3.83%, and the fiber incorporated At 5% of the weight of the fine aggregate, it reached a resistance of 379.16 kg / cm², with a variation of 4.55%. The average flexural strength of the standard concrete was 46.08 kg / cm², the incorporation of the fiber by weight of the cement; at 3% there was 45.89 kg / cm² being a variation of 0.41% and 5% had 45.13 kg / cm² being a variation of 2.06%. It was concluded that the compressive strength decreases in greater percentage with respect to the flexural strength, in both results there is a gradual decrease with respect to the standard concrete.

Keywords: Rubber fiber, recycled tire, concrete, structural.

INTRODUCCION:

En estos últimos años, el empleo de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un realce significativo en los diseños y la fabricación de la mezcla de concreto. No obstante, no se trata de un método nuevo en el mundo de la Ingeniería de la construcción; en realidad, se remonta a muchos años atrás antes del surgimiento del cemento Pórtland y del concreto, cuando se aprovechaba materiales como pasto, hilo, vara, e incluso, pelo animal, el hichu, los cuales fueron incorporados al adobe con el fin de evitar las fisuraciones y mejorar las resistencias a tensiones.

El avance en la tecnología de la construcción ha permitido evolucionar en fibras diversos materiales, siendo resistentes a los álcalis (sodio y potasio), tales como: polipropileno, polietilenos, acero, carbono, etc.

En consecuencia, es necesario conocer las propiedades del producto resultante, sus componentes y su correlación, ya que son los que otorgan su particularidad, permitiendo controlar un óptimo uso de fibras de caucho de neumático reciclado.

La generación numerosa de neumáticos, provoca insuficientes sitios de disposición final y la carencia de recursos pétreos (agregados). Si se reutiliza los neumáticos como material de reciclable podría contribuir en beneficio del medio ambiente, la tecnología y contribuir a la economía de la sociedad. Se pretende lograr lo antes mencionado con la investigación intitulada: “Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay”.

La es investigación es en beneficio tecnológico y ambiental, se presenta la mejoría y los resultados de ensayos de probetas cilíndricas y las probetas prismáticas de concretos incorporados con fibras de caucho, con el fin de evaluar el comportamiento del concreto,

determinándose las propiedades mecánicas la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, siendo útil para el calculista en el diseño estructural.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos en el Capítulo 1 se desarrolló el planteamiento del problema estableciendo los objetivos con el fin de determinar las características y resultados que se puedan obtener del concreto con incorporación de fibras de caucho reciclado para que el concreto cumpla con las necesidades de construcción establecidas por las normas técnicas peruanas y el Reglamento Nacional de Edificaciones que estipulan los materiales.

En el Capítulo 2 se desarrolló el marco conceptual enfatizando en las variables de los objetivos y el desarrollo metodológico del marco teórico del concreto convencional y concreto modificado. En el Capítulo 3 se desarrolló la Metodología de la investigación con enfoque cuantitativo siendo de diseño experimental, correlacional y explicativo, se determinó el tamaño de la población y la muestra. En el Capítulo 4 se establecen los resultados y discusiones en los resultados obtenidos en laboratorio partiendo de una mezcla de concreto tradicional denominándose concreto patrón ($f^c=210 \text{ kg/cm}^2$), se realizó 9 mezclas diferentes de concreto de 210 kg/cm^2 con su respectivo porcentaje de caucho fino y grueso en 3, 5 y 7% al peso respectivamente del cemento, agregado fino, agregado grueso con relación agua/ cemento de 0.56 y edad de curado de 7, 14 y 28 días. Se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión y Flexión, obteniéndose valores para precisar cuál muestra se acerca a los valores esperados y posibles ventajas, de esta manera definir qué cantidad de fibra de caucho reciclado de neumáticos es favorable y a que componente favorece (cemento, agregado fino o grueso).

También se adjunta los anexos del desarrollo de los ensayos, fotografías certificados de calibración de los equipos usados y especificaciones técnicas.

La metodología de la investigación se siguió a los parámetros establecidos del diseño de mezcla del método ACI-211. Para el análisis de la prueba de hipótesis se desarrolló por la distribución de medias de t de student.

la limitancia de la investigación se tuvo básicamente de los equipos necesarios para determinar las propiedades físico – químicos de las fibras de caucho las cuales son molidas o trituradas de forma global sin distinción del tipo de neumático.

La investigación se realizó en el año 2018 -2019 como proyecto de grado y requisito para obtener el título de ingeniero civil de la universidad Tecnológica de los Andes.

CAPÍTULO 1.

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El concreto es un elemento compuesto por la mezcla de cierta correspondencia de cemento, agua, agregados y alternativamente los aditivos, al inicio se observa un cuerpo plástico y moldeable, con el transcurso del tiempo llega a adquirir una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, haciendo que sea un material ideal para la construcción. (Pasquel, 1998, pág. 11). Al adicionar o incorporar otro componente implica mayor consumo del concreto.

Los usos de fibras según estudios realizados concuerdan en:

1. Disminuir las fisuraciones por revenimiento.
2. Disminuir la fisuración por contracción plástica, por la pérdida de agua superficial del concreto antes del fraguado.

3. Disminuir la permeabilidad
4. El incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto.
5. Desempeño Mecánico y la trabajabilidad del concreto con fibra.
6. El concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, con el fin de tomar medidas a la problemática de los tamaños de fisuras y agrietamientos en el revestimiento de construcciones, las cuales pueden afectar la durabilidad del concreto, al incorporar las fibras de caucho es proporcionar un refuerzo secundario a la mezcla del concreto. Otro de los propósitos es alcanzar nuevas condiciones y propiedades para ser utilizados en varias aplicaciones dentro del campo de la ingeniería.

Por otro lado, la contaminación ambiental es un problema global o mundial, los Neumáticos son unos de los productos de mayor consumo en el mundo y uno de los residuos de más difícil descomposición en la naturaleza. Cuando se vuelven inservibles son colocados en basurales donde pueden permanecer por más 500 años sin presentar ningún tipo de degradación, esto constituye un problema de la ingeniería ambiental. El descarte de neumáticos usados es un problema técnico, para la utilización de tecnologías en el proceso de la separación de componentes que en la actualidad se utiliza: es la trituración criogénica y mecánica, la mecánica es el método que se emplea en la mayoría de las plantas trituradoras de llantas. En la actualidad, existen empresas que han decidido formar parte de este problema, y con el uso de innovación y tecnología.

Se realizó encuestas de la zona de estudio que comprende la ciudad de Abancay, según la tabla anexo 02 donde se tienen como resultado se desechan un promedio de 410 llantas semanalmente, de las cuales 338 son desechados, 56 llantas se reencauchan y 16 llantas de lona son usados para trabajos artesanales (ojotas, lavadores, sogas, etc.). En mayor porcentaje se

tiene el 82.48%; donde resalta los neumáticos usados son desechados en depósitos clandestinos como son las azoteas de las casas en sus retiros de las viviendas, espacios públicos como ríos, calles, parques y rellenos sanitarios que traen graves consecuencias en términos ambientales, sanitarios y ecológicos. Según la encuesta se tiene que arbitrariamente son eliminados como desmonte y/o basura las cuales son transportados por motocarga o en camiones de basura de la ciudad de Abancay en un porcentaje. Otro porcentaje de 3.86% minoritario que corresponde al reciclaje.

La acumulación de neumáticos reciclados se convierte en el hábitat ideal para las ratas y mosquitos, se sabe que en un corto tiempo su efecto propaga enfermedades infecciosas en la salud de la población, siendo las más comunes; el dengue, fiebre amarilla y la encefalitis equina. Se ha verificado en varias zonas de la ciudad de Abancay, el mayor depósito se vio en la faja marginal de la quebrada de Ñacchero encontrándose cada 20 metros lineales un promedio de 28 llantas y en las quebradas Sahuanay-Chinchichaca, Ullpuhuayco y río Mariño en menores cantidades, se muestran imágenes en anexos, otra zona que se encuentra afectada es el botadero de Quitasol I y II.

Otro de los problemas es el transporte y la movilización social en la ciudad de Abancay, es álgida donde el tránsito vehicular crece de manera desmesurada, por consiguiente, se tiene el crecimiento del parque automotor, ocasionando mayor acumulación de los neumáticos usados; al cambiar una llanta usada con uno nuevo de un vehículo se desecha 9 kg de material biodegradable. El estudio realizado por la INEI se tiene 584 transportes vehiculares con placas asignadas por tipos de uso al año 2016 de la ciudad de Abancay.

Conociendo la ciudad de Abancay, se encuentra en una zona sísmica zona 2, las variaciones de temperatura y movimientos telúricos hacen que el concreto estructural sea

expuesto a diferentes comportamientos patológicos siendo uno de ellos las fisuraciones y grietas. Sabemos que el concreto se caracteriza por tener un excelente comportamiento a la resistencia a la compresión, aunque su capacidad a la tensión es menor por lo cual se le desestima para propósitos estructurales. Al caucho de neumático reciclado ha obtenido varios usos en la línea de la construcción; grass artificial, pavimentaciones flexibles, protecciones en los parques, etc. pero en la línea de estructuras de la ingeniería es investigado y no se tiene antecedentes de aplicación, incorporar las fibras de caucho de neumático reciclado para el concreto estructural y es innovador realizar una investigación en la ciudad de Abancay, evaluar el comportamiento del concreto estructural con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, siguiendo las especificaciones sismo-resistentes que estipulan la normas técnicas peruanas y el reglamento nacional de edificaciones.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Problema general.

¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018?

1.2.2 Problema específico.

a) ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay?

- b) ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay?
- c) ¿En qué medida la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso, influyen en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay?

1.3 Justificación de la investigación.

De acuerdo a la revisión de los antecedentes de investigación a nivel mundial y nacional desarrollados en el tema de la inclusión fibras de caucho de neumático reciclado en el concreto, lograron mejorar a nivel promedio de 1 al 5% de fibra un comportamiento del concreto elástico aceptable y la resistencia a la compresión no sufre una drástica disminución.

El incremento del parque automotor que circula en la ciudad de Abancay es considerable, que trae como consecuencia el incremento de neumáticos desechados y no cuentan con zonas de almacenamiento por el Gobierno Local, motivo por el cual merece ser estudiado y mejorar el uso de las fibras de neumáticos reciclados en el concreto, así dándose la reutilización de los neumáticos desechados.

Se verificó que, en la ciudad de Abancay, se verifico que no existen investigaciones con incorporación de fibra de neumático reciclado al concreto. La razón del desarrollo de la presente investigación es por la necesidad de proponer diseños de mezcla óptimos, proponiendo la mejora en la tecnología de producción de concreto en el ámbito local, empleando agregados locales y cemento con la inclusión de las fibras de caucho neumático reciclado.

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

1.4.2 Objetivo específico.

- a) Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.
- b) Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.
- c) Determinar la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

1.5 Limitaciones de la investigación.

En la investigación se encontró las siguientes limitaciones:

En la parte social, no se tiene depósito de almacenamiento y planta granuladora de caucho para los neumáticos reciclados en la ciudad de Abancay, las fibras de caucho neumático reciclado son adquiridas en la ciudad de Arequipa, encontrándose mejor granulometría.

A nivel científico en la zona, no existe un conocimiento del comportamiento del concreto cuando se adiciona otros elementos que son más flexibles que la piedra.

En el ámbito tecnológico, se tiene limitancias de los equipos necesarios para definir las propiedades físico – químicos de las fibras de caucho que son molidas o trituradas de forma global sin distinción del tipo de neumático (autos, camionetas, camión, tráiler, etc.).

CAPÍTULO 2.

Marco teórico conceptual.

2.1 Antecedentes de la investigación.

De acuerdo a la revisión de la literatura encontramos en otros contextos estudios realizados como mencionamos a continuación.

2.1.1. Investigaciones a nivel Internacional.

Urra, I. (2006). *Hormigón con caucho: determinación del módulo de elasticidad* (tesis de pregrado). Universidad de Austral, Chile. La investigación tuvo como objetivo en el reciclado de los neumáticos usando éstos en la fabricación de hormigones especiales de esta manera aportar más datos sobre el comportamiento elástico de hormigones con trozos de caucho bajo cargas estáticas de compresión. La metodología utilizada fue correlacional, se prepararon cuatro grupos de probetas de hormigón con caucho con dosis de caucho de 5%, 10%, 15% y 20% Considerando que el tamaño máximo de los

áridos es de 1 ½" (40 mm) se reemplazará la grava por trozos de caucho de 40 - 30 mm y la gravilla será sustituida por trozos de 20 - 10 mm, se realizaron ensayos a compresión con los cuales se determinó la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad. Del análisis de las curvas tensión- deformación se pudo observar que el comportamiento del hormigón con caucho frente a cargas de compresión es prácticamente lineal hasta una tensión relativa del orden del 70% de la resistencia máxima. En las figuras se observó que cuando el módulo es mayor, la deformación elástica resultante de la aplicación de la carga es menor. Así también se observó que el módulo de elasticidad disminuye con el aumento del contenido de caucho. Teniendo en consideración los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se observó que las cantidades de caucho pueden variar hasta lo que se desee, entre unos límites razonables que en este trabajo se han establecido entre 5% y 10%.

Finalmente, el presente trabajo demuestra la viabilidad de las adiciones de caucho reciclado de neumáticos al hormigón, contando para ello con una base elástica.

García, M. (2007). *Factibilidad de sustitución del agregado fino del concreto por fibras de termoplásticos y elastómeros reciclados* (tesis grado de Magister). Universidad de Simón Bolívar, Venezuela. La investigación tuvo como objetivo desarrollar nuevas mezclas de concreto sustituyendo el agregado fino por elastómeros provenientes de bandas de rodamiento de neumáticos, y por fibras de polipropileno (PP) y nylon reciclados. Realizándose una mezcla convencional de concreto, cuatro mezclas en donde se sustituyó el 0,5% y el 1% del agregado fino por la fibra de polímero termoplástico y cinco mezclas en donde se sustituyó el 1%, 3%, 6%, 12% y 18% del agregado fino por

el elastómero. Se hizo una última mezcla ternaria en donde se sustituyó el agregado fino por 1% de la fibra de nylon y 1%, 3%, 6%, 12% y 18% de caucho siendo el tamaño promedio de partícula es de 0,29 mm. la metodología utilizada para los resultados fue estadístico distribución media. Luego se hicieron probetas en forma de cilindros y losas. Se realizaron pruebas de trabajabilidad, ensayos mecánicos de compresión y flexión en estado envejecido, haciendo uso de una prensa hidráulica siguiendo el procedimiento de las Normas Venezolanas Covenin 338 y 343, utilizadas para ensayar probetas cilíndricas y losas de concreto. Los mejores resultados en la resistencia a la compresión, las cuales fueron la formulación con 6% de caucho y la formulación con 1% de fibra de nylon. En la resistencia a la flexión, ésta disminuye con la introducción del caucho reciclado a la mezcla, pero al adicionarse la fibra de nylon a la mezcla de concreto, el valor de la resistencia a la flexión se mantiene igual a la mezcla base.

En definitiva se tiene que es totalmente factible hacer una mezcla ternaria concreto/nylon/caucho, sustituyendo parte del agregado fino (arena) por estos materiales reciclados, ya que los resultados obtenidos muestran que se pueden lograr mantener y mejorar algunas propiedades de las mezclas de concreto convencionales. Aparte de las mejoras mecánicas también se logran combinar la gran disponibilidad que se tiene actualmente de estos materiales reciclados y el bajo costo, todas ellas cualidades necesarias para realizar nuevas aplicaciones.

Alfonso y Badillo, (2011). *Evaluación de la capacidad de disipación de energía de concreto con fibras metálicas y de caucho de desecho de llanta* (tesis de pregrado). Universidad de Javeriana, Bogotá. La investigación se realizó por que se encuentra en una zona

sísmicamente activa, en la interacción de tres placas tectónicas, por lo cual es imprescindible el análisis del comportamiento sísmico de las estructuras. Su objetivo fue evaluar la capacidad de disipación de energía en placas y vigas de concreto adicionado con fibras metálicas y tiras de caucho de desecho de llanta. Para el cual se desarrolló en primer tipo de mezcla (C), se incluyeron fibras de caucho en reemplazo del agregado grueso en un porcentaje de 10%, dimensiones de tiras de caucho de 5cm x 0,4cm x 0,4cm y las fibras metálicas empleadas en esta investigación fueron fibras Dramix de 60 mm de largo (l), diámetro de 0,9 mm (d) se emplearon dos dosificaciones diferentes, 15kg/m³ y 30 kg/m³. En los resultados obtenidos en los ensayos de placa circular, placa cuadrada y tensión residual en vigas, indican que la mezcla adicionada con caucho, en la totalidad de los ensayos, fue la mezcla que menor tenacidad reflejó; las tiras de caucho no fallaron sino que por el contrario, se desprendieron de la matriz de concreto, generando un mecanismo de falla que no aporta tenacidad al concreto, seguida por la mezcla adicionada con fibras metálicas con una dosificación 15 kg/m³ y finalmente, la mezcla adicionada con fibras metálicas con una dosificación de 30 kg/m³ fue la que mayor tenacidad reflejó.

Hernández, B. (2011). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y Llantas*. (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala. La investigación busca sustituir recursos básicos por reciclaje provenientes de la producción del cemento y de las llantas en desuso se desarrolla el presente trabajo en beneficio de la disminución del impacto ambiental. El presente trabajo es un estudio de la resistencia a la compresión que alcanzaron mezclas

de concreto, que contenían materiales de reciclaje, plástico de botella PET, y material de llantas. Comparando dichos resultados con los obtenidos en una mezcla de concreto tradicional. Su objetivo fue determinar las características mecánicas a compresión que adquiere el concreto, al adicionarle materiales de reciclaje, en este caso, el plástico y las llantas. Para el desarrollo se usó los materiales seleccionados para el estudio fue el plástico de las botellas de bebidas siendo el 10% del total del volumen de la base de concreto simple, fabricadas con polietileno tereftalato PET y la fibra de caucho utilizado tiene forma cubica, de tamaño aproximado de 4 mm de lado. Su peso unitario fue calculado en aproximadamente 720 kg/m³.

Se concluyó que la mezcla con plástico PET alcanzó un 89% de la resistencia esperada, mientras que la mezcla con material de llanta alcanzó un 81%, lo que indica una reducción del 11% y 19% respectivamente. La resistencia a la compresión alcanzada por la mezcla patrón fue menor a la resistencia para la cual fue diseñada, esto se debió seguramente a deficiencias en la calidad de los agregados pétreos utilizados en la misma, se concluye al observar que la adición de los materiales de reciclaje redujo la resistencia a la compresión del concreto, siendo dicha reducción mayor en el concreto con material de llanta.

Torres, H. (2014). *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho* (tesis grado de Magister). Escuela de Ingeniería Julio Garavito, Colombia. La investigación tiene énfasis en estructuras, el propósito es valorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto con sustitución de residuos de llantas de caucho, reemplazando parcialmente el agregado

fino en volumen. El ensayo de impedancia se realizó tomando como base la metodología de la norma española de durabilidad del concreto (UNE 83988-1), tuvo como objetivo la valoración de algunas propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con reemplazo parcial de agregado fino, por residuos de llantas. Se usó las fibras donde se fijaron en porcentajes de 10, 20 y 30% y la relación A/C de 0.60. Se realizaron en total 4 tipos de mezclas, la primera sin sustitución de agregado fino, que serviría como muestra de referencia para las otras 3, las cuales tendrían sustitución parcial de agregado fino por grano de caucho en porcentajes de 10, 20 y 30%, el curado de los especímenes se realizó bajo inmersión en agua con cal. Siendo de mejor comportamiento son las de 10% de sustitución de caucho a la resistencia a compresión. La densidad del concreto se ve claramente disminuida con el aumento del porcentaje de sustitución de caucho, esto se debe a la diferencia de densidades entre el caucho y el agregado fino que fue reemplazado, disminuyendo la densidad en 1.7, 2.7 y 6% para el 10, 20 y 30% de sustitución de caucho respectivamente, concluyéndose que el concreto con caucho no necesariamente es para uso en elementos estructurales reforzados. Usos en los cuales bajos módulos elásticos, baja permeabilidad y baja resistencia mecánica no sean un problema pueden ser un nicho para estos concretos, aun con altos porcentajes de reemplazo. Inclusive puede haber usos en los cuales un bajo módulo elástico unido y alta deformabilidad pueden ser propiedades deseables. Pensar en andenes, mobiliario urbano, barrera anti ruido, paneles de fachada, cimentaciones para equipos vibrantes, muros divisorios, etc. Con esta investigación, se concluye que, para evitar disminuciones grandes en las propiedades mecánicas del concreto, el uso de agregados de grano de

caucho debe limitarse a niveles porcentuales menores del 10 %, para minimizar estos impactos negativos.

Ramos y Eraso, (2015). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo* (tesis de pregrado). Universidad Javariana de Santiago de Cali, Chile. La investigación tuvo el propósito de buscar sustituir recursos básico por reciclado provenientes de la producción del cemento y de las llantas en desuso se desarrolló el presente trabajo en beneficio de la disminución del impacto ambiental. Para el estudio se hicieron ensayos experimentales (Norma Técnica Colombiana) en los cuales se realizó la caracterización de los agregados y de material reciclado y con ello se diseñó una mezcla de concreto patrón cuya resistencia es de 15 Mpa para evaluar las propiedades mecánicas de esta. Su objetivo fue estudiar los efectos de la incorporación de caucho molido recubierto con polvo calcáreo en su diseño de mezcla, realizándose mezclas con sustitución de agregado fino por caucho del 5%, 10%, 15% y los otros se agregó caucho tratado con polvo calcáreo. Se obtuvo en los resultados la resistencia a compresión disminuye significativamente al respecto del concreto patrón, el módulo de elasticidad disminuyó a mitad que se aumenta las fibras debido a la disminución de la resistencia a compresión. La que tuvo mejor resultado fueron las mezclas tratadas con polvo calcáreo y remplazo al 5% de caucho molido, el polvo calcáreo contrarresto levemente la disminución de resistencia a compresión, esto se debe al mejoramiento de adherencia entre pasta de cemento y granulo de caucho. También se apreció el desarrollo nítido de la fractura del espécimen de la mezcla del concreto patrón, en cambio en los especímenes

de concreto modificado con caucho tardaron más en fracturarse y presentaron fracturas débiles.

Pérez y Arrieta, (2017). *Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI* (tesis de pregrado). Universidad Católica, Colombia. La investigación tomo la muestra obteniéndolo en una planta de Madrid llamada GCR Soluciones la cual ofrece un producto granulado GCR Granulado M10 con una granulometría (tamiz 10 grueso (2 mm) y GCR Pulverizado M30 tamiz 30 fino (0.5mm)) eligiendo esta como el material para realizar las mezclas 5% en peso de la mezcla total del concreto de 3500 psi con 3 porcentajes diferentes y la mezcla tradicional con material de la empresa Concrecol ubicada en Bogotá- Colombia que ofrece excelentes materiales para diseñar la mezcla, para la elaboración de las mezclas se toma todos los cuidados y pasos respecto a las normas establecen las especificaciones y métodos de prueba que se deben cumplir en el concreto hidráulico y en su elaboración según (NTC). Tuvo como objetivo Caracterizar el concreto de 3500 psi con mezcla de grano de caucho al 5% de material particulado fino y grueso en diferente porcentaje comparado con una mezcla tradicional. Realizándose las dosificaciones para mezcla de 5% en peso 50% grueso; 50% fino, para mezcla de 5% en peso 70% grueso; 30% fino, para mezcla de 5% en peso 30% grueso; 70% fino. Siendo la mezcla que presento mejor resultado con respecto a la resistencia a compresión fue C30%/70% la cual posee más reemplazo de caucho fino por agregado fino, con un valor de 2244 Psi un 39% menos que la mezcla tradicional a sus 28 días de edad, así mismo el compuesto concreto-caucho presenta una diversidad de sus agregados, no se presentó segregación del agregado y el caucho se distribuyó casi

uniformemente en todos los compuestos analizados, se observó en el concreto convencional la primera grieta se propago inmediatamente provocando una fractura instantánea como se ha de esperar en un espécimen tradicional, en cambio a los compuestos con caucho reciclado, este último conserva ambos lados de la grieta unidos permitiendo que el material flexible absorba parte de la carga a mayores deformaciones localizadas, lo cual fue un parámetro observado en varios estudios que evidencia el tipo de grieta que se genera en cada caso. Este comportamiento es positivo e importante para algunas aplicaciones en la infraestructura vial como concreto para pavimentos rígido y flexible, defensas de concreto para autopistas, y también en la parte estructural, en recubrimientos pobres de zapatas o vigas, en el caso que el hormigón se encuentre expuesto al suelo etc. por su baja absorción del agua.

2.1.2. Investigaciones a nivel Nacional.

Surco y Suni, (2008). *Estudio del comportamiento del concreto con adición de fibras de caucho* (tesis de pregrado). Universidad de San Agustín, Arequipa, Perú. El objetivo de la presente investigación es evaluar el comportamiento del concreto con adición de fibras de caucho, obtenida a partir del reciclaje de neumáticos y proponer una aplicación en el diseño de pavimentos rígidos, analizándose las deformaciones sufridas por estos elementos estructurales sobre esfuerzos de flexión, la cantidad de fibra utilizada fue de 1%, 2%, 3% en relación al peso de cemento. La resistencia de compresión del concreto patrón disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso de cemento, está en un intervalo de 3.64% a 3.77% y para el mayor porcentaje

de fibra, 3% del peso de cemento, alcanzó valores entre 15.6% a 23. % con respecto al concreto patrón, el módulo de elasticidad estático disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación del concreto patrón con respecto al concreto con mayor porcentaje de fibra añadida, 3% del peso del cemento, está en un intervalo de 84% a 88%. Además se observó que el módulo de elasticidad hallado en laboratorio fue menor que el módulo de elasticidad teórico. La resistencia al impacto del concreto patrón se incrementa conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, así tenemos que la variación del concreto patrón con respecto al concreto con mayor porcentaje de fibra añadida, 3% en peso de la mezcla en fibra, está en un intervalo de 11.1% a 8.35%, para ambos casos el caucho ya toma más participación en el aporte frente a la resistencia al impacto del concreto. Podríamos afirmar que el concreto reforzado con fibras es más tenaz y por ello es más resistente al impacto.

Guzmán y Guzmán, (2015). *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015* (tesis de pregrado). Universidad de Santa, Chimbote, Perú. La investigación descriptiva experimental con la recolección de datos para el análisis del ensayo de laboratorios con diferentes porcentajes de fibras de caucho en las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con fibras de caucho de neumático reciclado. Tuvo como objetivo desarrollar nuevas mezclas de concreto y el estudio del comportamiento físico y mecánico de las mezclas de concreto sustituyendo parcialmente los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural. Se realizará una mezcla convencional de concreto, de una resistencia de diseño de 210

kg/cm², según el método ACI-211, además de tres mezclas con la misma resistencia, en donde se sustituirá parcialmente el 5, 15 y 25% de los áridos del agregado grueso y el agregado fino por la fibra de caucho, utilizando dos tamaños de partículas de caucho reciclado que oscile entre 1-4mm grano fino y 10-20mm grano grueso. Luego se efectuaran testigos de concreto en forma de cilindros y con ello ejecutar los ensayos pertinentes en base a la norma técnica peruana (NTP) y ASTM. Dichos ensayos son: de consistencia, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, módulo de elasticidad, comportamiento al fuego y microestructura. Las partículas de caucho originan mayores espacios intersticiales que se encuentran probablemente llenos de agua, por lo que produce una pérdida en la resistencia a la compresión. Es importante destacar que el valor esperado de la resistencia a la compresión para mezclas de concretos para los 28 días de curado según el método ACI-211, está alrededor de los 294 kg/cm² por lo cual el valor de la resistencia a la compresión para esta edad, obtenido para el CP-S/C fue de 282.7 kg/cm², se concluye que se puede incorporar a la mezcla de concreto hasta un 5% de contenido de caucho reciclado sin que ésta sufra una drástica disminución de la resistencia a la compresión, siendo este el porcentaje óptimo permisible para adicionarle. La sustitución parcial de los áridos en un C5%-FCR-G y C5%-FCR-F mejoró algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto, y ello se comprueba en el modelamiento estructural de una edificación, que tuvo un comportamiento elástico aceptable, por lo que se recomienda el uso de este porcentaje de sustitución del árido. En los ensayos de resistencia a la compresión y de resistencia a tracción, en el momento de la rotura, se pudo observar que el comportamiento era distinto dependiendo de la mezcla, ya que cuando las probetas no contenían caucho

producían un ruido estruendoso, lo que no sucedía con las muestras sin caucho (evaluación auditiva).

Calle, J.(2015). *Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado* (tesis de pregrado). Universidad de Señor de Sipan, Chiclayo, Peru. La investigación fue enfocada en el estudio comparativo de dos tipos de concreto: el concreto convencional o patrón (CP) y concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP+CSR); a una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=280$ kg/cm², de las cuales se realizaron sus respectivos ensayos a compresión y flexión en relación a las normas técnicas peruanas. Para el concreto con fibra de caucho sintético reciclado (CP+CSR), se plantearon tres dosificaciones en función a la cantidad del cemento en el diseño de mezclas en los siguientes porcentajes 1%, 3% y 5%. Se evaluó el concreto: primero en su estado fresco, teniendo en cuenta su trabajabilidad, peso y temperatura, en su estado endurecido, su resistencia a compresión y a flexión. Se tuvo como factor influyente el tiempo de curado (usando agua para este tipo de curado) en ambos concretos. Como resultado se observó que el uso de fibras de caucho sintético reciclado aumenta la resistencia a flexión del concreto, siendo la dosis 2 = 34.90 kg/cm² (210=kg/cm²) y a compresión la dosis 1 = 219 kg/cm² (210=kg/cm²), concluyeron que su aplicabilidad puede mejorar las propiedades del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm².

Cabanillas, E. (2017). *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado* (tesis de pregrado). Universidad de Cajamarca, Perú. La investigación tuvo un enfoque metodológico cuantitativo Explicativa el contexto donde se desarrollo

fue en laboratorio se realizó probetas de concreto reemplazando en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% de agregado fino por caucho reciclado y se aplicó 3 dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a los 7,14 y 28 días. Su objetivo principal fue determinar el comportamiento mecánico del concreto elaborado con la adición de partículas de caucho reciclado, así como también determinar su influencia en sus propiedades físicas como su peso unitario. Los porcentajes usados de caucho reciclado con una granulometría bien gradada con un m:f de 3.70, fueron 10%, 15% y 20% respecto al volumen del agregado fino en una mezcla homogénea de concreto cuya resistencia a la compresión, de diseño fue de 210 kg/cm². Al finalizar este trabajo de investigación se obtuvo como resultado que la resistencia mecánica a la compresión varía un 8.47% entre ambos diseños; el diseño elaborado con el 10% de adición de partículas de caucho reciclado obtuvo una resistencia de: 191.65 Kg/cm², mientras que el concreto patrón es de 209.39 kg/cm²; la diferencia de un 38.15% en la resistencia mecánica a la compresión lo obtuvo el concreto patrón y el 15% de adición de partículas de caucho reciclado obteniendo este una resistencia a la compresión de 129.52 Kg/cm² y por último la variación del concreto patrón y el concreto elaborado con el 20% de adición de partículas de caucho reciclado fue de 46.13%, obteniendo una resistencia de 112.79 Kg/cm² el concreto adicionado el 20% de partículas de caucho reciclado. El porcentaje de disminución del módulo de elasticidad del concreto diseñado con la sustitución de diferentes porcentajes del agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de: 4.66% con respecto al concreto elaborado con una sustitución del 10%, un 21.62% con sustitución del 15% y un 26.87% con sustitución de 20%.

2.1.3. Investigaciones a nivel Regional y Local.

En Apurímac, aún no se ha trabajado con concreto elaborado con caucho. Los estudios citados tienen relación con el problema de estudio; de tal manera, el presente trabajo de investigación titulado: “Incorporación de fibras de caucho neumático reciclado influyen en el comportamiento del concreto estructural en la ciudad de Abancay”, contribuirá con la investigación para el tratamiento y dar uso posterior a los neumáticos reciclados.

2.2 Bases teóricas.

Metodologías existentes.

Las diferentes fibras se usaron como elemento de construcción por muchos siglos. En los últimos años se le dado mayor interés el uso de fibras en concreto premezclado, concreto prefabricado y concreto lanzado. (Zarco, n.d.) según el artículo de IMCYC.

Existe una gran variedad de fibras que son utilizadas en el concreto. las más usadas son las fibras de acero y de vidrio y fueron usadas a partir del año 1960, no obstante fue en 1971 en Estados Unidos, se hicieron las primeras investigaciones con el uso del concreto consolidado con incorporación de fibras, desde entonces se han convertido en componentes importantes en la industrias de alto desempeño, pavimentos rígidos, cubiertas para puentes, concretos lanzados(shotcrete) para la estabilización de taludes de diferentes pendientes, revestimientos de túneles de las obras civiles y mineras, elementos estructurales prefabricados, bóvedas y refractarios, entre otros usos. (Zarco, n.d.).

Estas fibras son comercializadas en formas, tamaños y materiales diferentes que entre otros se pueden citar las fibras de acero, las fibras de vidrio y las fibras de polipropileno, y demostrando altos y bajos módulos de elasticidad.

El objetivo de adicionarse fibras al concreto es inducir una costura entre las infinitas secciones que componen el sólido; combatiendo principalmente las fisuras provocadas por la retracción sobre tensiones aplicadas, esas fisuras se propagan rápidamente, siendo responsables por la ruptura del material.

Se tienen la disponibilidad de fibras de acero, plástico, vidrio y materiales naturales (celulosa de madera) de amplia diversidad, dimensiones, tamaños y grosor; pueden ser cilíndricas, llanas, onduladas (rizadas) las fibras son vertidas a la mezcla del concreto durante el proceso de batido.

Principales factores del desempeño de las fibras:

- ✓ Propiedades físicas y mecánicas de las fibras.
- ✓ Resistencia de adherencia entre la fibra.
- ✓ La adición de fibras al concreto es normalmente muy bajos volúmenes (aproximadamente menor del 1%) se verifico eficiencia en el control de la fisuración por contracción (retracción).

La aplicación adecuada de las fibras puede aumentar las resistencias al agrietamiento (fisuración) y disminuir la abertura de las fisuras. (“Los diferentes tipos y beneficios de las fibras para concreto,” n.d.).

La propuesta de agregar caucho al concreto surge con la idea de contribuir con el desarrollo de algunas propiedades citadas. Para eso haremos un análisis de la bibliografía a respecto a la incorporación de caucho de neumático reciclado. Así podremos tener una idea de sus propiedades mecánicas, su dosificación específica y sus perspectivas aplicaciones.

La investigación realizada por Urra, I. (2006), el desarrollo de la investigación experimental parte con el análisis físico de las propiedades del concreto, realizando el diseño

de un hormigón sin caucho y se prepararon 4 conjuntos de probetas de hormigón con caucho con porción de caucho de 5%, 10%, 15% y 20%, se elaboraron probetas de 20x20x20 cm. de hormigón, en las cuales se sustituyó parte del volumen de los áridos por trozos de caucho de 10-20mm y 30-40 mm proveniente del reciclaje de neumáticos usados. La reducción de la Resistencia a la Compresión fue gradual siendo de concreto patrón 328 kg/cm² al sustituir el árido (grava y gravilla) del 5% $f'c=280$ kgcm², del 10% $f'c=256$ kgcm², del 15% $f'c=224$ kgcm² y de 20% $f'c=200$ kgcm². El módulo de elasticidad se incrementa a media que se adiciona en mayor porcentaje de fibras.

La investigación realizada por García, M. (2007), de la misma forma que la anterior se partió definición de sus variables seguidamente se realizó análisis físico de los componentes del concreto. Se elaboró testigos cilíndricos partiendo de un concreto patrón siendo el tamaño promedio de la partícula de caucho 0.29 mm. Se sustituyó a los áridos en porcentajes de 1%, 3%, 6% 12% y 18% de caucho. La resistencia a compresión del concreto patrón fue de 28.66 Mpa se observó que al incorporar fibra de caucho al 6% no hubo drástica disminución a la resistencia a compresión. La prueba de resistencia a la flexión también sufrió una disminución gradual.

La investigación realizada por Alfonso y Badillo, (2011), siguiendo la misma metodología de las anteriores, se diseñó concreto sin adición (N) y el concreto adicionado con tiras de fibra de caucho en remplazo del 10% del volumen de agregado grueso (C), las dosificaciones del concreto adicionado con fibras metálicas de 15 kg/m³ (F1) y el concreto adicionado con fibras metálicas con de 30 kg/m³ (F2). Los resultados obtenidos a la resistencia a la compresión a los 28 días para N: 368.8 kg/cm², C: 338.4 kg/cm² F1: 446.10 kg/cm² y F2: 355.6 kg/cm²., la resistencia disminuyó en 8%.

La investigación realizada por Hernández, B. (2011), con la misma metodología anterior se elaboraron los 3 tipos de diseño de mezclas de concreto, la primera con adición de plástico PET, la segunda con adición de material de llantas y la tercera sin materiales extra. La concentración de materiales de reciclaje (plástico y llantas) del 10% del total del volumen de la base de concreto simple, el material de caucho empleado tiene forma cubica, de tamaño aproximado de 4 mm de lado. Su peso unitario fue calculado en aproximadamente 720 kg/m³. Los testigos cilíndricos de ensayo fueron de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de altura. Los resultados obtenidos a los 28 días a la resistencia a la compresión del concreto patrón 201.12 kg/cm², mezcla con plástico 119.74 kg/cm² y la mezcla con material de llanta 136.31 kg/cm². La mezcla con plástico PET alcanzó un 89% de la resistencia esperada, mientras que la mezcla con material de llanta se logró un 81%, lo que indica una disminución del 11% y 19% respectivamente.

La investigación realizada por Torres, H. (2014), habiéndose definido la parte teórica sus variables y habiendo realizado el análisis de sus componentes del concreto, se diseñaron 4 prototipos de mezclas: la primera sin adición de grano de caucho, la segunda `sustituyo el 10% del agregado fino de igual cantidad en volumen de caucho, la tercera y cuarta mezcla de igual forma pero con porcentajes de reemplazo de 20% y 30% respectivamente. La resistencia a la compresión a los 90 días del 0% 28.1 kg/cm², 10% 21.5 kg/cm², 20% 21.0 kg/cm² y al 30% 12.2 kg/cm². El módulo de elasticidad desciende respecto al concreto sin sustitución.

La investigación realizada por Ramos y Eraso, (2015), después de conocer las propiedades físicas de sus componentes del concreto se realizaron 4 mezclas: partiendo de un concreto sin sustitución de fibra, la segunda en con sustitución parcial de agregado fino por caucho al 5%, la tercera es al 10% y la cuarta al 15%. La resistencia a la compresión con respecto

al diseño patrón va bajando gradualmente de 20.38 Mpa, al 5% 19.44 Mpa, al 10% 18.19 y al 15% 12.58 Mpa. Con los mismos porcentajes también se sustituyó con polvo calcáreo la cual tiene mejor comportamiento a los 28 días en 5%. El módulo de elasticidad disminuyó a medida que se aumenta el porcentaje de caucho molido.

La investigación realizada por Guzmán y Guzmán, (2015), se usaron dos tamaños de caucho; el caucho de grano fino usado de tamaño de 1-4 mm y el caucho de grano grueso usado de tamaño de 10-16 mm proveniente de neumáticos usados de trituración manual. Se sustituyó sus áridos (agregado fino y agregado grueso) por fibras de caucho reciclados en dosis de 5%, 15% y 25%, respectivamente, se elaboró testigos cilíndricas de 30x15 cm. Los resultados a la resistencia a la compresión en sustitución al agregado fino de diseño patrón 282.7 kg/cm² y va disminuyendo 5% 262.4 kg/cm², 15% 191.9 kg/cm² y al 25% 157.9 kg/cm². El resultado sustitución al agregado grueso al 5% 237.6 kg/cm², 15% 174.2 kg/cm² y al 25% 129.9 kg/cm². Los resultados de módulo de elasticidad tienden a bajar gradualmente.

2.2.1. El concreto normal

El concreto es una estructura compuesta por cemento portland, agregados, agua y aire; en proporciones adecuadas, que permitan obtener un elemento que cumpla propiedades de durabilidad y de resistencia a la compresión, entre otras. En algunos casos, con el fin de mejorar las características del concreto, se incorporan aditivos. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Opcionalmente se añaden los aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2017, p.19).

Variedades de concreto.

Según el Ing. Flavio Abanto Castillo (Abanto C., 2009, p.12) menciona los siguientes tipos de concreto:

Concreto Simple: “se denomina mezcla del concreto a la unión cemento Portland, agua, agregado fino y agregado grueso. El agregado grueso es totalmente cubierto por pasta de cemento y el agregado fino llena los espacios vacíos que deja el agregado grueso”. (Abanto C., 2009, p.12)

$$\text{Cemento} + A. \text{Fino} + A. \text{Grueso} + \text{Agua} = \text{Concreto Simple} \quad (\text{EC- 1})$$

Concreto Armado: “Concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzos, diseñado bajo la presunción de que los dos materiales trabajan conjuntamente, la armadura actúa para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto” (Abanto C., 2009, p.12).

$$\text{Concreto Simple} + \text{Armaduras} = \text{Concreto Armado} \quad (\text{EC- 2})$$

Concreto Estructural: “Se le designa así al concreto simple, cumpliendo las especificaciones precisas que garanticen su resistencia mínima pre establecido en el diseño, garantizando su durabilidad. Comprende la dosificación, mezclado, transportado y colocado” (Abanto C., 2009, p.12)

Concreto Ciclópeo: Es el concreto simple que esta complementado con piedras boleadas de tamaño máximo de 10”, cubriendo hasta un promedio de 30% como máximo, del volumen total. Las piedras seleccionadas son introducidas y lavados, con el requisito indispensable de que cada piedra boleada, en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. (Abanto C., 2009, p.12).

Concreto Simple + Piedra boleada = Concreto Ciclopeo (EC- 3)

Concretos livianos: “Son elaborados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m³” (Abanto C., 2009, p.12).

Concretos normales: “Son elaborados con agregados comunes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 Kg/m³. Según el tamaño máximo del agregado. El peso del concreto tiene un promedio de 2400 kg/m³” (Abanto C., 2009)

Concretos Pesados: Son diseñados utilizando agregados pesados, obteniendo peso unitario valores entre 2800 kg/m³ - 6000 kg/m³. Comúnmente se usan agregados como las baritas, minerales de fierro como la magnetita, limonita y hematita. También, agregados artificiales como el fósforo de hierro y partículas de acero. La aplicación principal de los concretos pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También se utiliza en paredes de bóveda y cajas fuertes, en pisos industriales y en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos. (Abanto C., 2009, p.18)

2.2.1.1. Componentes del concreto.

Las tecnologías del concreto moderna define para este material cuatro componentes primordiales: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

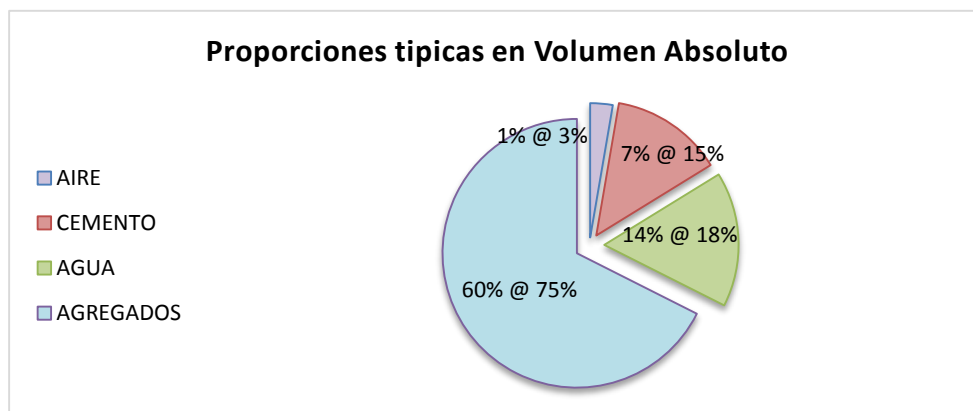


Figura 1. Constituyentes del concreto.

Fuente: adaptado del libro Tecnología del Concreto, (Abanto 2017, p.20).

Ligantes: cemento y agua

Agregados:

Agregado fino: arena

Agregado grueso: grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos.

Observación:

Cemento + agua = pasta

Agregado fino + agregado grueso = hormigón

Agregados

Los agregados son materiales inertes del concreto que son conglomerados por pasta de agua y cemento, para formar la estructura resistente. Ocupa próximamente alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total del concreto.

- a) El peso unitario suelto del agregado fino según la NTP 400.017, indica el intervalo de 1400 kg/m³ a 1600 kg/m³.
- b) El peso unitario suelto del agregado grueso según la norma NTP 400.017, indica el intervalo de 1500 kg/m³ a 1600 kg/m³.
- c) Los agregados utilizados en la elaboración del concreto de peso normal (2300 kg/m³) deben cumplir con la norma NTP. 400.037 o de la norma ASTM C-33.

Los agregados utilizados en concretos que son sometidos a procesos de congelación y deshielo y no cumplan con el acápite 5.2.2 de la NTP 400.037 podrán ser utilizados si un concreto de propiedades comparables, preparado con agregado del mismo origen, ha demostrado un comportamiento satisfactorio cuando estuvo sometido a condiciones de intemperismo similares a las que se esperan. (E-060, 2009, p.18).

La norma establece en su apéndice la información de husos granulométricos considerados óptimos, para determinar la proporción de agregados finos y gruesos en el diseño de mezclas, para obtener concretos trabajables y compactos.

El tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso según (E-060, 2009) no debe ser mayor a:

- a. Un quinto de la menor separación entre las caras del encofrado.
- b. Un tercio del espesor de la losa, de ser el caso.
- c. Tres cuartos del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

“Estas restricciones se pueden obviar si se demuestra que la trabajabilidad y los procedimientos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras”.(E-060, 2009) del reglamento nacional de Edificaciones.

Tabla 1.
Husos del agregado grueso.

Tamaño N°	Tamaño nominal en pulgadas	Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso												
		porcentajes pasantes en peso para cada malla standard												
		4" (100 mm)	3 1/2" (mm)	3" (75mm)	2 1/2" (63mm)	2" (50mm)	1 1/2" (37.5mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	N° 4 (4.75mm)	N°8 (2.36mm)	N°16 (1.18mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	.....	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....
2	2 1/2" a 1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	.....	.....	.....	.....	.....
3	2" a 1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....
357	2" a Malla # 4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	.....	10 a 30	.....	0 a 5	.....	.....
4	1 1/2" a 3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	.....	0 a 5	...	.....	.....
467	1 1/2" a Malla # 4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	.....	10 a 30	0 a 5	.....	...
5	1" a 1/2"	...	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	.....	.....
56	1" a 3/8"	...	.....	...	.....	.....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	.....	.....
57	1" a Malla # 4	...	.....	...	.....	...	100	95 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 10	0 a 5	.....
6	3/4" a 3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	.....
67	3/4" a Malla # 4	...	...	.....	...	...	.....	100	90 a 100	.....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....
7	1/2" a Malla # 4	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	.....
8	3/8" a Malla # 4	...	.....	.....	.....	...	.....	.....	.....	.....	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: adaptada de la norma técnica Peruana 400.037

Tabla.2.
Límites para sustancias deletereas en el agregado grueso.

Ensayo	Porcentaje del total de la muestra (máx.)
terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 μm (N°200)	1,0 ^A
Horsteno (menos de 2,40 de densidad)	5,0 ^B
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	0,5
Otro concretos	1,0

^A Este porcentaje podrá ser aumentado a 1,5% si el material está esencialmente libre de limos y arcillas

^B Solo en casos de intemperización moderada (concreto en servicio a la intemperie continuamente expuesto a congelación y deshielo en presencia de humedad).

Fuente: adaptado de la norma técnica Peruana 400.037 2015).

Muestreo de Agregado.

La norma técnica peruana NTP 400.010 indica procedimientos de la muestra del agregado fino y del agregado grueso con el fin de:

- Aceptación o rechazo de los materiales.
- Control de las operaciones en el lugar donde se utilizarán.
- Investigación preliminar de la cantera potencial de abastecimiento.

2.2.1.1.1. Agregados gruesos.

Procedente de la disgregación natural de las rocas, se considera agregado grueso retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) y debe cumplir con la norma NTP 400.037 (ASTM C-33). Los agregados son conformados por partículas de grava y piedra chancada y tiene las siguientes características: son angulares, semi angulares, textura rugosa, sonido metálico, etc.

Las gravas: son denominados canto rodado provenientes de las rocas que un peso de 1600 kg/m³ a 1700 kg/m³, la piedra chancada; es el agregado grueso artificial de las rocas o gravas, según los ensayos obtenidos en laboratorio y en la practica la piedra chancada con grava

da mejores resistencias. Se tiene una estimación del peso de la piedra chancada 1450 kg/m³ a 1500 kg/m³

Tabla 3
Clasificación por su forma del agregado grueso.

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción	grava de río o playa; arena del desierto, de la playa o del viento
Irregularidad	Naturalmente irregular, o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado Roca Laminada
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas	Roca triturada de todos tipos, escoria triturado
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	.....

Fuente: adaptado de la norma técnica Peruana 400.037.

Tabla 4
Clasificación por su textura del agregado grueso.

Grupo	Textura de la superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrio	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vitrea
2	Lisa	Desgastado por agua, o debido a fractura de lámina o roca de grano fino	Gravas, esquisto, pizarras, mármol, algunas riolitas
3	Granulosa	Fractura que muestra granos uniformes más o menos pulidas	Arenisca, oolita
4	Rugosa	Fractura rugosa de rocas granular fina - a media - que tiene constituciones cristalinos que no se pueden ver fácilmente	Basalto, felsita, pórfido. Caliza
5	Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Granito, gabro, gneis
6	Panal de abeja	Con cavidades y poros visibles	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, ladrillo, vitreo, barro expandido

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 400.037.

A. Granulometría del agregado. grueso.

Los análisis granulométricos es la representación de un valor numérico a la “distribución volumétrica de las partículas por tamaños. La cual se concreta haciendo pasar una muestra representativa de agregados en una fila de tamices ordenados con diferentes tamaños de abertura, de menor a mayor en forma ascendente según a la norma” (400.037, 2015) y la norma NTP 400.012 ó ASTM C33, se tiene los límites establecido en la norma mencionada los mismos que están sujetos exclusivamente del tamaño máximo nominal del agregado. La tabla 5 se aprecia las aberturas de tamices para agregado grueso establecido en la norma.

Tabla 5
Tamices para agregado grueso.

Descripción	Tamaño de tamices
	9,50 mm (3/8")
	12,5 mm (1/2")
	19,0 mm (3/4")
	25,0 mm (1")
Grupo de agregado grueso	37,5 mm (1 1/2")
	50,0 mm (2")
	63,0 mm (2 1/2")
	75,0 mm (3")
	90,0 mm (3 1/2")
	100,0 mm (4")

Fuente: adaptado de la norma técnica Peruana 400.037.

La cantidad de muestra mínima que se debe ensayar según al tamaño máximo nominal del agregado grueso establecido en la norma se observa en la tabla 6.

Tabla 6
Cantidad mínima de la muestra del agregado grueso.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg (lb)
9,5 (3/8")	1 (2)
12,5 (1/2")	2 (4)
19,0 (3/4")	5 (11)
25,0 (1")	10 (22)
37,5 (1 1/2")	15 (33)
50 (2")	20 (44)
63 (2 1/2")	35 (77)
75 (3")	60 (130)
90 (3 1/2")	100 (220)
100 (4")	150 (330)
125 (5")	300 (660)

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 400.012, (2001).

B. Módulo de fineza del agregado grueso.

El módulo de fineza se calcula con la suma de porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz establecidos según la norma: 3", 1½", ¾", 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100 y la suma total se divide entre 100, el módulo de fineza esta en proporción logarítmico de la distribución granulométrica, según la norma NTP 400.037.

$$MF = \frac{\Sigma(\%Retenido Acumulado)}{100} \quad (EC- 4)$$

C. Determinación de material fino que el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado.

El objetivo es determinar la cantidad de polvo o materiales delezables que pasan por lavado con agua en el tamiz N° 200 (75 µm) de un agregado especificado en la norma NTP 400.018. Se separan la arcilla, los agregados muy finos y materiales solubles en el agua de la superficie del agregado ensayado.

D. Peso específico del agregado grueso.

El peso específico es una propiedad física de los agregados, se determina por la relación del peso y volumen de una masa, por lo tanto, depende principalmente de las características del

grano del agregado. Por lo general los agregados poseen poros saturables y no saturables que depende de la permeabilidad interna de los vacíos, que puede estar llenos de agua o saturado. las características que prevalece al momento de diseñar una mezcla es la densidad aparente, definiendo la relación entre el peso del agregado y volumen que ocupa las partículas.

El peso específico es muy importante para el diseño de mezcla, por lo que determinamos la cantidad del agregado. Los pasos del ensayo y los parámetros se establecen en la norma NTP 400.021.

E. Absorción del agregado grueso.

La absorción en los agregados gruesos, es la variación de la masa del agregado por factores como el agua y porosidad de los áridos. No se considera el agua contenida en la superficie de los áridos. Los datos son expresados en unidades de porcentaje de la masa seca, descrito los procedimientos y cálculos en la norma NTP 400.021.

F. Peso unitario suelto del agregado grueso.

El objetivo del peso unitario suelto del agregado grueso es tener la proporción de las partículas del agregado con el volumen total del envase normalizado, el agregado es vertido desde una altura no mayor a 5 cm. con una pala sobre recipiente sin generar ninguna presión. Los espacios que se generan las partículas están en cierta relación con el acomodo de estas.

El peso unitario del agregado influye mucho con el tamaño de los agregados, peso específico, textura de las caras del agregado, su perfil y su grado compactación. Los pasos del ensayo están establecidos en la norma NTP 400.017.

G. Peso unitario compactado del agregado grueso.

El peso unitario compactado de los agregados se realiza por el método del varillado o compactado, el apisonado se realiza con la finalidad de determinar el valor para ser utilizado en

el diseño de mezcla y también para la relación masa y volumen cuando se desconoce el grado de compactación.

Se aplica este procedimiento si el tamaño máximo del agregado es menor a 150 milímetros (6 pulgadas). Los pasos para el ensayo están establecidos en la norma NTP 400.017.

H. Ensayo resistencia al desgaste agregado grueso.

Esta prueba de desgaste o abrasión se realiza para comprobar la dureza de las partículas del agregado grueso que tan resistente es a la abrasión y erosión. Según investigaciones anteriores entre las rocas empleadas en concretos que sean resistentes al proceso de abrasión o erosión, se encuentran el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas. El ensayo para la dureza se realiza por el método indirecto, se describe el procedimiento en la norma NTP 400.019 para los agregados gruesos.

La colisión entre el agregado y las bolas de acero se genera la abrasión o desgaste, la prueba de los ángeles permite realizar el ensayo. Los resultados se cuantifican por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

$$\% \text{ Desgaste} = \left(\frac{P_o - P_f}{P_o} \right) * 100 \quad (EC- 5)$$

Donde:

Po: Peso inicial de muestra seca (gr).

Pf: Peso final de la muestra posterior al ensayo, lavada sobre el tamiz #12 (gr).

Para realizar la prueba se elige una carga abrasiva para introducir con la esfera de fundición o de acero de unos 46 mm de diámetro y entre 400 gr - 440 gr de masa, la cantidad de esfera depende de la cantidad de muestra a ensayar, se sigue lo establecido en la siguiente tabla 7:

Tabla 7
Carga abrasiva para agregado grueso.

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 400.019.

La cantidad de muestras es según la norma mencionada especificado en la tabla 8.

Tabla 8
Peso de la muestra según a la gradación.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,50 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	.....	.....	.....	5000
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 400.019.

I. Contenido de humedad del agregado grueso.

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad evaporable para el diseño de mezcla. Los agregados tienden a tener un grado de humedad las cuales se relacionan con la porosidad dependiendo del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros, el ensayo está establecido según la norma NTP 339.185. Las partículas de agregado grueso pasan por cuatro etapas, que se describen a continuación:

- ✓ **Totalmente seco.** Secado al horno a 110°C hasta obtener un peso constante de los agregados (por lo general es 24 horas).
- ✓ **Parcialmente seco.** Se logra mediante exposición al aire libre o ambiente.

- ✓ **Saturado y superficialmente seco. (SSS).** En Este estado los agregados tienen sus poros llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Normalmente Este estado se logra en el laboratorio.
- ✓ **Totalmente húmedo.** Los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad en los agregados se puede determinar mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\%w = \frac{Po - Ps}{Ps} * 100 \quad (EC- 6)$$

Donde:

W: Contenido de humedad (%)

Po: Peso natural de la muestra (gr)

Ps: Peso seco de la muestra (gr)

2.2.1.1.2. Agregado fino.

El agregado fino, son conjunto de partículas de origen natural o artificial, las magnitudes del agregado están normalizadas en la norma NTP 400.011, se considera agregado fino, al material que pasa totalmente por el tamiz 9.5 mm (3/8").

A. Granulometría del agregado fino:

La granulometría del agregado fino al igual que el agregado grueso tiene como finalidad determinar la gradación de los agregados las cuales se usarán al cumplir la distribución de tamaño de sus partículas exigidos en la norma NTP 400.037, NTP 400.012 y ASTM C 33, el agregado fino depende de la trabajabilidad de la mezcla, el tamaño máximo del agregado grueso. Se sabe que la relación agua-cemento se mantiene constante y la relación entre el agregado fino

y el agregado grueso se eligen siguiendo el método de diseño de mezcla elegida. Para la verificación de calidad de los agregados finos debe cumplir con los límites del uso según la tabla 9 especificado en la norma NTP 400.037.

Tabla 9
Límites de la granulometría del agregado fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Normativa N.T.P 400.037	
		Inferior	Superior
3/8"	9.50	100	100
N°4	4.75	95	100
N°8	2.36	80	100
N°16	1.18	50	85
N°30	0.60	25	60
N°50	0.30	5	30
N°100	0.15	0	10

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 400.037.

El porcentaje indicado en las mallas N°50 y N°100 se puede reducir a 5% y 0% respectivamente.

B. Módulo de fineza del agregado fino

El módulo de fineza se determina por la suma total de los porcentajes que fueron retenidos en los tamices según la norma NTP 400.037; 3", 1½", ¾", 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100 a dicha cantidad será dividido entre 100. Los módulos de fineza del agregado fino están comprendidos 2.2 – 2.8 tiene mejor trabajabilidad y menor segregación; y los que están comprendidos entre 2.8 – 3.2 tienen mejor comportamiento para los concreto de alta resistencia.

C. Peso específico del agregado fino.

El objetivo es obtener el peso específico o densidad relativa también conocida gravedad específica para calcular el volumen ocupado por los agregados, este dato se usa para el cálculo de proporción de mezclas y el control ya que determina el volumen absoluto que ocupa el agregado. Los pasos del ensayo están constituidos según la norma NTP 400.022.

D. Absorción del agregado fino.

En la siguiente prueba se Tiene el propósito de saturar con agua los poros internos de las partículas sin generar ninguna presión, a este proceso se le conoce como como capilaridad, no se llega a saturar totalmente los poros siempre quedaran espacios de aire atrapado en el agregado fino.

La absorción del agregado fino se calcula con el aumento de peso de la muestra secada en el horno normalizado, luego de un día sumergido en el agua y secado la superficie de los agregados. Este proceso representa al agregado en el interior del mezclado del concreto, los pasos para el ensayo están establecidos según la norma NTP 400.022.

Los valores de absorción del agregado fino se usan para calcular la cantidad de agua absorbida y determinar la cantidad de agua necesaria para el diseño de mezcla.

E. Peso unitario suelto del agregado fino.

El peso unitario suelto de un agregado seleccionado se obtiene del peso volumétrico de la muestra que entra en la unidad de volumen en estado suelto, el proceso del siguiente desarrollo es según la norma NTP 400.017

El peso unitario está directamente vinculado con textura superficial, su perfil, peso específico. Es usado este método cuando el tamaño máximo del agregado es menor a 10 cm. (4"). Para usar el siguiente método se tendrá que ser secada al aire.

F. Peso unitario compactado del agregado fino.

Al igual que el peso unitario compactado del agregado grueso se realiza siguiendo la norma NTP 400.017, con el objetivo de determinar su peso unitario compactado con el fin de obtener el valor para el diseño de mezcla y también obtener la relación masa/volumen del agregado fino.

G. Contenido de humedad del agregado fino.

Los agregados están constituidos por material sólida y vacíos donde se pueden tener agua o no, para establecer el contenido de humedad se especifica en la norma NTP 339.185 y las normas internacionales ASTM C 70, C 127, C 128 y C 566 para el control de agua neto del concreto en el diseño de mezcla.

2.2.1.1.3. El Cemento Portland.

El cemento portland es un aglomerante hidrófilo, obtenido de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, obteniéndose un polvo muy fino que la mezclarse físicamente con el agua de diseño obtenemos un material endurecido que adquiere propiedades de resistencia y adherencia. (Pasquel, 1998, p.17)

Proceso de hidratación del cemento.

La transformación de estado plástico al estado endurecido se denomina mecanismo de hidratación, habiendo reacción química entre el agua y sus compuestos del cemento, convirtiéndose en un nuevo producto con propiedades propias.

El aluminato tricalcico (C3A) es el primer elemento en reaccionar seguido de silicato y el aluminoferrita tricalcica (C4AF), este proceso se caracteriza por la dispersión de millones de partículas. El yeso equilibra la velocidad de reacción haciendo que las reacciones duren entre 40 y 120 minutos según las condiciones de la temperatura ambiente y el tipo de cemento en la partícula. En esta fase se forma el hidróxido de calcio que aporta el incremento notable en la alcalinidad de la pasta alcanzando un ph del orden de 13. (Pasquel, 1998, p.27).

- a) **Fraguado inicial:** La pasta del cemento genera una reacción química empezando con la etapa de endurecimiento y la perdida de plasticidad, que son medidos con términos de resistencia a deformarse. el proceso exotérmico se genera en esta etapa ya que el calor de hidratación es producto de las reacciones químicas

- b) **Fraguado final:** Etapa de culminación del fraguado inicial, se identifica por el endurecimiento significativo y deformación del concreto. Para ayudar con la hidratación del concreto se debe usar agua potable en el curado.
- c) **Endurecimiento:** Se inicia en la etapa de fraguado final, en este estado se incrementa las características de resistencia a medida que el tiempo aumenta. Lo que predomina en esta etapa es la reacción de hidratación permanente de silicato de calcio según teoría es continua e indefinida, se manifiesta el endurecimiento del concreto aún bajo el agua.

Compuestos químicos del cemento Portland.

el cemento es una combinación de muchos compuestos, que no es posible representarla con una fórmula química. Sin embargo, hay cuatro mezclas que conforman más del 90% del peso del cemento que se detallan a continuación:

- a) Silicato tricalcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)
- b) Silicato dicalcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)
- c) Aluminato tricalcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)
- d) Aluminio ferrita tricalcica ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)

Componentes secundarios del cemento:

- a) Oxido de magnesio.MgO
- b) Oxido de Potasio y Sodio K_2O , Na_2O
- c) Óxidos de Manganeso y Titanio. Mn_2O_3 , TiO_2

Clasificación del cemento Portland.

Los cementos Portland, se producen en cinco tipos sus propiedades están normalizados sobre la base de la especificación técnicas de la norma NTP 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

- a) TIPO I: Cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- b) TIPO II: Cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- c) TIPO III: Cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- d) TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- e) TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Para la siguiente investigación se desarrolló con el cemento Portland SOL Tipo I, ya que es el cemento más utilizado y comercial en el mercado local de nuestra ciudad. Las propiedades físicas y químicas están basados en la NTP 334.009/ ASTM C-150. Según las normas mencionas se establecen los requisitos mínimos físicos en la tabla 10 y químicos en la tabla 11, que deben cumplir los cementos para su utilización, se mencionan a continuación:

Tabla 10
Requisitos físicos para cemento Portland.

Descripción	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo IIA
Contenido de aire % (máximo, mínimo)	(12,N/A)	(22,16)	(12,N/A)	(22,16)
Fineza con turbidímetro en m ² /kg (mínimo)	160	160	160	160
Fineza por permeabilidad de aire en m ² /kg (min)	280	280	280	280
Expasion en autoclave	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia en compresión en Mpa				
A 3 días	12,40	10,00	10,30	8,30
A 7 días	19,30	15,50	17,20	13,80
Fraguado inicial Gillmore mínimo en minutos	60	60	60	60
Fraguado final Gillmore máximo en minutos	600	600	600	600
Fraguado inicial Vicat mínimo en minutos	45	45	45	45
Fraguado final Vicat máximo en minutos	375	375	375	375
Requisitos físicos opcionales				
Fraguado falso (penetración final) % mínimo	50	50	50	50
Calor de hidratación máximo a 7 días en cal/gr			70	70
Calor de hidratación máximo a 28 días en cal/gr			58	58
Resistencia en compresión mínima a 28 días (Mpa)	27.6	27.6	27.6	27.6

Fuente: acondicionado del libro tópicos de tecnología del concreto (Pasquel, 1998, p.44).

Tabla 11
Requisitos químicos para cemento Portland.

Descripción	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo IIA
SiO ₂ , % mínimo	.....	.....	20.00	20.00
Al ₂ O ₃ , % máximo	.....	.....	6.00	6.00
Fe ₂ O ₃ , % máximo			6.00	6.00
MgO , % máximo	6.00	6.00	6.00	6.00
SO ₃ , % máximo				
Cuando C ₃ A es menor o igual a 8%	3.00	3.00	3.00	3.00
Cuando C ₃ A es mayor igual a 8%	3.50	3.50	N/A	N/A
Pérdidas por ignición, % máximo	3.00	3.00	3.00	3.00
Residuos insolubles, % máximo	0.75	0.75	0.75	0.75
C ₃ A, % máximo	.....	.....	8.00	8.00
Requisitos químicos opcionales				
(C ₃ S + C ₃ A) , % máximo	.....	.....	58.00	58.00
Álcalis , (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), % máximo	0.60	0.60	0.60	0.60

Fuente: acondicionado del libro tópicos de tecnología del concreto (Pasquel, 1998, p.44).

2.2.1.1.4. Agua para concreto.

Agua de mezclado para el concreto:

Es un requisito fundamental para el concreto donde el contenido de elementos químicos no debe ser en exceso para no desfavorecer las propiedades del concreto como es estado plástico y resistencia.

El agua de diseño está vinculada directamente con la resistencia (f'c), trabajabilidad del concreto. Toda agua bebible y potable que tenga olor, sabor no muy pronunciado se puede utilizar para la elaboración del concreto patrón. Algunas aguas no tratadas pueden ser inadecuadas para elaboración de un concreto.

La norma NTP 339.088 establece contenidos máximos permitidos de sustancias perjudiciales para el concreto, por lo general son aguas desechadas con sales materia orgánica ácidos, aceites, zonas mineras e instalaciones industriales.

El agua de diseño juega un papel muy importante en las reacciones del cemento durante el estado plástico, fraguado y proceso endurecimiento del concreto. También se le relaciona íntimamente con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto.

El agua está relacionada con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto. Casi cualquier agua natural que sea potable/bebible y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para elaborar concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto si cumplen con lo permitibles de la norma NTP 339.088

Los sólidos disueltos en el agua engloban menos de 2,000 partes por millón(ppm). Normalmente el agua potable puede ser utilizada satisfactoria para elaborar concreto. El agua de diseño que contenga más de 2,000 ppm de sólido disuelto se debe realizar ensayos para determinar la resistencia y tiempo de fraguado.

Requisitos que debe cumplir

Según el Ing. Flavio (Abanto, 2017, p.105), el agua de diseño empleada para la elaboración del concreto, debe estar libre de materiales perjudiciales como: ácidos, sales, materiales orgánicos, aceites y algunas sustancias que son perjudiciales para el concreto y acero.

Para no tener dudas de la calidad del agua para la elaboración del concreto, es necesario elaborar un análisis químico, los resultados obtenidos se debe comparar con los máximos permisibles de la tabla 12 de las sustancias que existen en el agua.

Tabla 12

Cuadro de valores máximos de las sustancias en el agua.

Sustancias Disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: adaptado del libro Tecnología del concreto (Abanto C., 2009).

Tabla 13

Requisitos de desempeño del concreto para el agua de mezclado.

Ensayo	Limites	Método de Ensayo
Resistencia a compresión, mínimo, % del control a 7 días ^A	90	NTP 339.033
		NTP 339.034
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos ^A	De 1:00 más	NTP 339.082
	temprano a 1:30 más tarde	

Fuente: adaptado de la Norma Técnica Peruana 339.88 (2006).

Tabla 14

Limites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada.

Descripción	Límite	Método de ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^A		
A. Cloruro como CL ^o , ppm		
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de obra manera.	500 ^B	NTP 339.076
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes	1 000 ^B	NTP 339.076
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 339.074
C. Alcalis como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), ppm	600	ASTM C 114
D. Sólidos totales por masa, ppm	50 000	ASTM C 1603

Fuente: adaptado de la norma técnica Peruana 339.88, (2006).

2.2.1.2. Comportamiento del concreto.

A. Durabilidad del concreto

“La capacidad que tiene el concreto para soportar en forma apropiada las circunstancias de servicio a las que estará expuesto, una vez colocada en la estructura, tales como el clima, ataques químicos entre otros procesos” (Abanto, 2017).

Factores que influyen en la durabilidad del concreto.

- ✓ **Las condiciones ambientales:** El aire, el agua, los suelos, los gases, la congelación, el humedecimiento y secado, sustancias disueltas en el agua o sustancias dañinas en contacto directo con la mezcla del concreto.

- ✓ **La calidad de los materiales:** Utilizados en la producción (cemento, agregados, agua) del concreto.
- ✓ **Condiciones de servicio:** una práctica frecuente es el cambio de uso de la estructura, lo cual conlleva muchas veces al deterioro por efectos de sobrecarga, impactos, vibraciones, circulación de Maquinaria, rozamiento, etc.
- ✓ **Etapa de Mantenimiento:** una vez que la estructura de concreto entra en funcionamiento, paralelamente debe iniciarse la etapa de mantenimiento.

B. Permeabilidad y hermeticidad del concreto.

- **La Hermeticidad:** cualidad del concreto de retener el agua sin escasez visible.
- **La Permeabilidad:** el concreto tiene la capacidad de resistir la penetración del agua y otras sustancias perjudiciales. La vulnerabilidad y permeabilidad están asociados a sustancias que pueden deteriorar.

Factores que influyen en la permeabilidad del concreto:

La permeabilidad del concreto es directamente proporcional con la porosidad de la pasta del cemento y los agregados porosos como también los vacíos originados por el inadecuado vibrado.

C. Trabajabilidad del concreto.

Es la capacidad que tiene el “concreto fresco para ser mezclado, transportado, instalado, compactado y acabado sin segregación alguna” (Abanto, 2017).

Factores que inciden en la trabajabilidad del concreto:

- ✓ **Contenido de agua en la mezcla:** a mayor cantidad de agua el concreto será más trabajable, pero también a mayor a/c menor resistencia a la compresión.

- ✓ **Proporciones de los agregados:** a mayor cantidad de agregado fino (arena gruesa), mayor trabajabilidad del concreto. Pero se requiere una mayor cantidad de agua de mezclado reduciéndose la resistencia a la compresión.
- ✓ **Cantidad de cemento:** la trabajabilidad del concreto aumenta con el contenido del cemento y con la fineza de este.
- ✓ **Aditivos:** un aditivo plastificante aumenta la trabajabilidad del concreto.
- ✓ Forma y Tamaño de los encofrados y del método de compactación.
- ✓ **Indicador de trabajabilidad:** elementos estructurales con secciones reducidas y alta concentración de acero, requiere una alta trabajabilidad (mezclas plásticas).

Para cuantificar esta propiedad no existe ninguna prueba, se determinan su valor con la prueba de consistencia del concreto. (Abanto, 2017).

D. Consistencia del concreto.

“Está definido por el grado de humedad de la mezcla, se verifica el agua usada en la mezcla del concreto” (Abanto, 2017).

Prueba de consistencia del concreto

Método de ensayo de revenimiento o Slump Test, NTP 339.035. Es utilizado para determinar el comportamiento del concreto fresco. Este ensayo, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

Realizado los procedimientos, se mide el asentamiento del concreto fresco, se determina la diferencia de altura entre el molde y la altura superior del espécimen. (NTP 339.035, 2009).

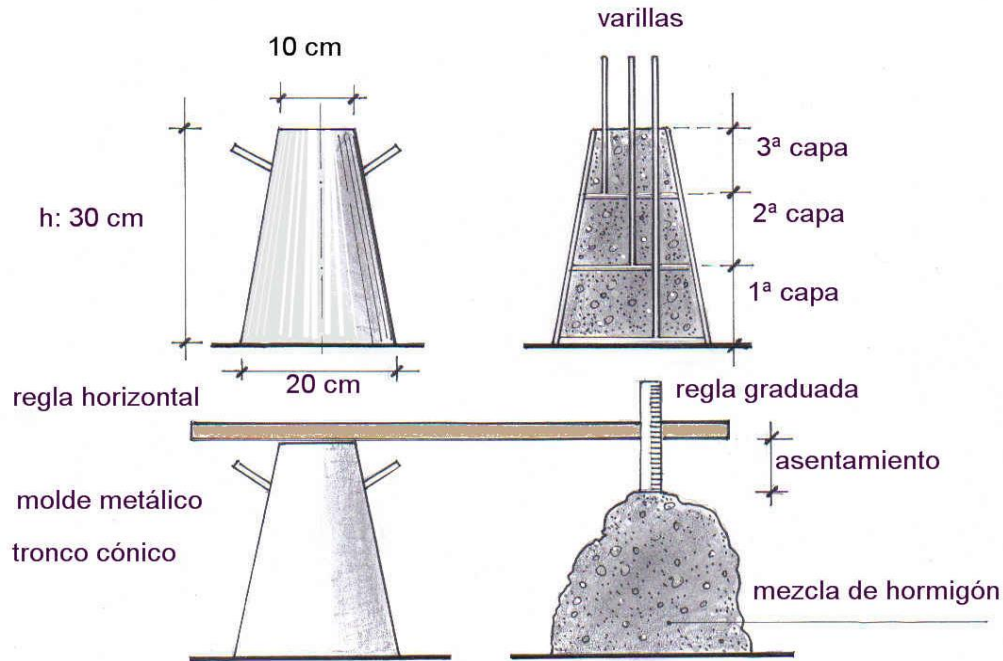


Figura 2. Procedimiento para medir el asentamiento.

Fuente: Gastañadú Ruiz, (2014).

E. Segregación del concreto.

“Es la disgregación de los diferentes constituyentes del concreto en su estado fresco. Durante el transporte y colocación las partículas mayores (agregado grueso) tienden a asentarse en el fondo de la mezcla y las finas ascienden a la superficie” (Abanto, 2017).

Efectos: la segregación reduce la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto.

Factores que influyen en la segregación:

1. Déficit de cemento.
2. Exceso de agua.
3. Deficiencia de agregado fino (arena gruesa).
4. Exceso de agregado grueso (piedra).
5. Medios de transporte inadecuado.
6. Dejar caer el concreto de alturas mayores a 1/2 metro.
7. Vibración excesiva.

F. Exudación del concreto.

“Es el ascenso del agua de la mezcla del concreto durante el tiempo de su fraguado. Este fenómeno sucede después que el concreto fue vertido a los encofrados” (Abanto, 2017).

Factores que influyen en la exudación:

la exudación se da a veces por consecuencia de un mal diseño de mezcla en la dosificación, ejemplo el exceso de agua, otro factor es el uso del aditivo, se sabe cuándo incrementa la temperatura, también incrementara la velocidad de exudación.

Efectos: la exudación es superficial para el concreto, la superficie de contacto en el colocado de una capa a otra puede haber disminución de la resistencia por el incremento que hay en la relación - agua cemento.

Velocidad de exudación: Es la rapidez con que el agua se acumula en la superficie del concreto.

Las etapas principales para la producción de un buen concreto.

- 1) **Dosificación:** son proporciones de cada componente de concreto que son cemento, agregado grueso, agregado fino y agua, son necesarios para la obtención de las diversas propiedades que tiene el concreto como es la resistencia, durabilidad requerida y adherencia correcta.
- 2) **Mezclado:** La finalidad del mezclado del concreto es obtener una mezcla homogénea formada por cemento, agua, agregado grueso y agregado fino. Generalmente el mezclado se realiza en cantidades diferentes según al tambor a utilizar. Se recomienda que el mezclado sea lo más horizontal posible tiene mejores ventajas en la homogenización del concreto El tiempo de mezclado depende de la cantidad de material

a producir, el tiempo mínimo es de 1.5 minutos contados desde el inicio del batido del concreto.

- 3) **Transporte:** El concreto será trasladado desde la mezcladora hasta su ubicación final en la construcción tan rápido como sea posible y aplicar procedimientos que prevengan la segregación y garanticen la calidad de concreto. El equipo usado: puede ser transportado por varios medios que pueden ser: carretillas, canaletas, fajas transportadoras, elevadores, bombeo, latas. La decisión de que método usar dependerá de la cantidad de concreto a transportar, distancia, dirección y consideraciones económicas. Exigencia básica para un buen transporte:
 - No debe ocurrir segregación.
 - No debe ocurrir pérdida de material.
 - Evitar juntas frías.
- 4) **Colocación:** El concreto será colocado lo más cerca posible de su ubicación final, y no debe estar sometido a procedimientos que generen segregación y se perjudicial para el concreto.
- 5) **Consolidación:** El mejor método para una buena consolidación del concreto fresco es la vibración. La vibración por sí mismo no hace al concreto más fuerte ni más resistente a los agentes externos, pero permite el uso de mezclas más secas y menos trabajables. Se recomienda no concentrar la vibración en un sitio mucho tiempo ya que ello genera otros factores como la segregación, se debe evitar movimientos bruscos que generen bolsones de aire en el interior del concreto (cangrejeras)
- 6) **Curado:** El curado es un procedimiento que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación con el fin de permitir la reacción química entre

el cemento y el agua (calor de hidratación) si el concreto se seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales y no llega a la resistencia especificada, el concreto alcanza una resistencia del 70% a los 7 días por ello debe protegerse al menos dichos días de la pérdida de humedad y un trabajo más delicado al menos 14 días. Métodos de curado: Existe una diversidad de materiales, métodos y procedimientos para el curado del concreto, pero el objetivo del curado de concreto es el mismo: garantizar el constante contenido de humedad y temperatura para que el concreto desarrolle las propiedades deseadas. Los métodos son: Curado con agua, inmersión, tierra, arena, aserrín, paja y papel impermeable.

2.2.1.3. Propiedades principales del concreto endurecido.

A. Elasticidad del concreto:

La elasticidad del concreto tiene la capacidad de deformarse bajo carga sin que haya deformación permanente. El módulo de la elasticidad del concreto está dado por esfuerzo sobre la deformación.

Todo material tiene comportamiento elástico hasta alcanzar deformación, el material comienza a fisurarse y llega a romperse cuando supera los esfuerzos internos de cohesión y adherencia (Abanto, 2017). Uno de los aspectos más importantes del análisis y el diseño de estructuras está relacionado con las deformaciones que ocasionan las cargas aplicadas. “Los módulos de Elasticidad normales se encuentran entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y una relación inversa con la relación agua/cemento” (Pasquel, 1998).

La norma que establece como determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469. El módulo de elasticidad y módulo de corte se determina según la norma del concreto E-060 del reglamento nacional de edificaciones:

- Para concretos de peso unitario w_c comprendido entre 1450 y 2500 kg/m^3 , el módulo de elasticidad, E_c , para el concreto puede tomarse como:

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.043 \sqrt{f'c} \text{ (Mpa)} \quad (EC- 7)$$

- Para concretos de peso unitario normal ($w_c \approx 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), E_c , puede tomarse como:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \text{ (Mpa)} \quad (EC- 8)$$

B. Resistencia del concreto:

La resistencia del concreto tiene la capacidad de resistir a los esfuerzos y cargas, teniendo un mejor comportamiento a la compresión con relación a la tracción.

Los factores que influyen en la resistencia es directamente de la pasta del cemento por eso se expresa en relación agua/cemento en masa también son afectados la temperatura, tiempo y otros elementos adicionales como es tipo de cemento que se utiliza y calidad de los agregados, que complementan la composición del concreto. Otros factores es el curado siendo un factor primordial en el proceso de hidratación para obtener buena resistencia del concreto.

Por lo general, Los concreto normales tienen resistencias a la compresión que oscila de 100 kg/cm^2 – 400 kg/cm^2 se lograron tener resistencias sobre los 700 kg/cm^2 sin incorporación de aditivo.

“Los polímeros son definidos como aglomerantes sintéticos, son incorporados a la mezcla del concreto para obtener resistencias aún mayores que rodean de 1,500 kg/cm^2 , se puede deducir que en el futuro se puede alcanzar resistencias mayores” (Pasquel, 1998).

“La resistencia a la compresión de los testigos se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada en el ensayo sobre el área de la sección recta del testigo” (NTP 339.034, 2008).

La Resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos será computado en promedio de los diámetros de tres o más ensayos de dimensiones 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, ensayados a los 28 días.

Se considera favorable la resistencia a la compresión cuando:

- El promedio aritmético de tres ensayos realizados consecutivamente del ensayo a resistencia a los 28 días será mayor o igual a $f'c$.
- Los ensayos individuales de resistencia no serán menores que $f'c$ en más de 35 kg/cm² cuando $f'c$ es 350 kg/cm² o menor.
- Ninguna prueba individual de resistencia será menor que $f'c$ en más de 0.10 $f'c$ cuando $f'c$ es mayor a 350 kg/cm² (E-060, 2009).

C. Extensibilidad del concreto:

Es una de las propiedades del concreto endurecido en deformarse sin tener que agrietarse. Se define como la deformación unitaria máxima que puede lograr el concreto sin producir figuraciones.

La deformación que se comporta el concreto baja la acción de carga permanente en el tiempo, Depende del flujo plástico y elasticidad. Flujo plástico tiene la propiedad de ser recuperable y tiene relación directamente con la contracción.

“Las microfisuraciones aparecen aproximadamente al 60% del esfuerzo ultimo y deformación ultima de 12/10000, en condiciones normales la fisuración visible para 3/1000 de deformación unitaria” (Pasquel, 1998).

El método para definir la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a 1/3 del tramo. Según la ubicación de la falla se calcula el Modulo de rotura. Si es dentro del tercio medio o a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre.

“La resistencia determinada variará según el tamaño del espécimen, el proceso del vaciado, las condiciones de curado, etc. Los requerimientos y métodos para el desarrollo” (NTP:339.078, 2012).

2.2.1.4. Diseño de mezcla.

El propósito del diseño de mezcla es determinar las proporciones adecuadas de los diferentes componentes que constituye la mezcla del concreto.

Se tiene diferentes métodos para el diseño de mezcla, aunque no son exactamente comparables, por múltiples variables que depende los logros de dichos métodos, no se conoce aún que método ofrezca mejores resultados.

El método más utilizado y recomendado por el comité del ACI 211.1, cualquier método del diseño de mezcla da una aproximación de las proporciones. La dosificación debe ser comprobadas en el laboratorio o en obra y ajustarla conformé sea necesario para producir el concreto con las características deseadas. (Pasquel, 1998).

Consideraciones del diseño.

- a) La resistencia y durabilidad o calidad del concreto tiene relación principal agua – cemento de la pasta, la granulometría y el tipo de gránulos del agregado. Aparte de la trabajabilidad la proporción relativa del agregado grueso y fino afecta a la relación agua cemento.

- b)** El valor de la relación agua-cemento (grado concentración) y se escoge el agua requerida para tener la trabajabilidad necesaria, se escoge de las tablas dependiendo del método de diseño escogido.
- c)** Después de calcular el cemento, se escoge el agregado (el porcentaje de arena se toma de la tabla de acuerdo con su módulo de fineza y tamaño máximo nominal del agregado).
- d)** Posteriormente se calcula por volumen absoluto de sólidos, materiales necesarios para la mezcla.
- e)** Las proporciones de la mezcla de concreto, se seleccionan para la manejabilidad, tipo de resistencia y durabilidad para el trabajo característico que se está realizando.
- f)** La trabajabilidad es considera una de las propiedades del concreto fresco que determinan su capacidad de ser colocado, transportado, compactado moldeado y acabado sin que haya presencia de segregación, conllevando los conceptos de plasticidad, cohesividad y compactabilidad.

2.2.1.4.1. Método de diseño del ACI

El siguiente método nos ofrece diez pasos para la proporción de la mezcla del concreto normal, está incluido los ajustes por humedad de los áridos y modificaciones de las mezclas del ensayo.

- a)** Resistencia de diseño promedio: se cuenta con resultados estadísticos de producción:

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 Ds \quad (EC- 9)$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 Ds - 35 \quad (EC- 10)$$

Donde:

f_{cr} : Resistencia promedio requerido a la compresión.

$f'c$: Resistencia específica a la compresión.

El valor del $f'cr$ de diseño será el mayor valor obtenido de ambas fórmulas

b) Cuando no se cuenta con resultados estadísticos de producción

Cuando no se cuente con registros sobre las desviaciones estándar del concreto: El comité del ACI considera que el cálculo del $f'cr$ será según la tabla 15:

Tabla 15

Resistencias a la compresión promedio.

$f'c$ especificado	$f'cr$ (kg/cm ²)
< 210	$f'c + 70$
210 – 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: adecuado de la tabla del Método ACI-211.

c) Selección del TMN del agregado grueso:

Según la NTP 400.037, De acuerdo especificaciones establecidas en el proyecto y a los ensayos en laboratorio.

d) Seleccionamos el asentamiento (SLUMP) de acuerdo a la tabla 16:

Tabla 16

Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.

Tipo de estructuras	Slump	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: adecuado de la tabla del Método ACI-211.

e) Calculamos la cantidad de agua o volumen de agua de mezclado y selección de contenido de aire:

Tabla 17

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump.

Asentamiento	Agua, en lit/m ³ , para los tamaños max. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	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	
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
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	
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderado	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: adecuado de la tabla del Método ACI-211.

f) Calculamos la relación a/c:

Tabla 18

Relación agua/cemento vs f'c.

frc a 28 días (kg /cm ²)	Relación a/c	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-----
400	0.42	-----
350	0.47	0.39
300	0.55	0.45
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: adecuado de la tabla del Método ACI-211.

g) Cálculo del factor cemento (FC):

$$Factor\ Cemento = \frac{Agua}{a/c} \quad (EC- 11)$$

h) Cálculo de la cantidad de agregado grueso:

Tabla 19
Cantidad de agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad del volumen de 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	0.7
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: adecuado de la tabla del Método ACI-211.

i) Cálculo de volúmenes absolutos (cemento, agua, aire y agregado grueso):

j) Corrección por humedad Superficial de los agregados:

$$\text{Peso Agregado Humedo} = \text{Ag. Seco} * (100\% + \text{Cont. Humed. \%}) \quad (\text{EC- 12})$$

2.2.1.5. *Elaboración y curado de testigos de concreto en laboratorio.*

Los métodos para elaborar y curar testigos cilíndricos y prismáticos, de muestras representativas de concreto fresco. El concreto empleado para realizar los especímenes moldeados se realiza después de los ajustes del diseño de mezcla en situ, el desarrollo del ensayo está en la norma NTP 339.183 y ASTM C 192.

Moldes: Los moldes deberán ser herméticos y deberá seleccionarse en un lugar apropiado con una superficie horizontal y libre de vibraciones, los moldes deben tener la capacidad de retener el agua contenida y cubierto levemente con aceite mineral o material que no sea reactivo al concreto.

- **Moldes cilíndricos:** Los moldes para preparar probetas de concreto deberán cumplir con la NTP 339.209, se utilizó el testigo cilíndrico de 15x30 cm.

- **Moldes prismáticos:** son de forma rectangular de las medidas requeridas para producir testigos del tamaño deseado. El molde utilizado para la investigación es de 15x15x60 cm.

Varilla de compactación: En forma general, la varilla de acero es de sección circular y recta con un extremo del contacto con el concreto es redondeado semiesférica del mismo diámetro de la varilla. Hay dos tipos de varillas uno es varilla larga; de 16mm² (Ø5/8") y longitud de la varilla 600mm (24"). La otra varilla es corta; 10mm² (Ø3/8") y de longitud de 300mm (12").

Martillo de goma: pesa 0,6 kg ± 0,20 kg (1,25 ± 0,50 lb).

Cono de Abrams: se utiliza para determinar el asentamiento especificado de los requerimientos de la norma NTP 339.035.

Mezcladora de concreto: Debe ser accionada a motor y tener un tambor giratorio, el mezclado es horizontal y inclinado en un recipiente que sea adecuado con paletas giratorias y un mezclado homogéneo de peso o volumen según la dosificación requerida

Balanzas: Debe ser normada para el peso que requiere los materiales y el concreto debe tener una precisión de 0,3 % de la carga de prueba en cualquier punto del rango de uso.

2.2.2. Concreto modificado con fibras de caucho de neumático reciclado.

Revisado las investigaciones anteriores se tiene mejores resultados en incorporaciones y sustituciones menores a 10% de fibra de caucho de neumático reciclado. Motivo por el cual se escogió los porcentajes de 3%, 5% y 7% de fibra fina y gruesa respectivamente.

2.2.2.1. Aspectos generales de reciclaje.

El crecimiento poblacional de la ciudad de Abancay se estanca en la ocupación desordenada del suelo y en la emisión de residuos que aumentan cada vez y son lanzados a la naturaleza.

En la solución del problema citado, el reciclaje es una de las propuestas que gana más estímulo, se demuestra estos hechos de parte del Ministerio del Ambiente la aprobación de la “Guía para elaborar el plan distrital de manejo de residuos sólidos”, mediante la Resolución Ministerial N°100 -2019-MINAM. (Ruiz, 2019).

En la ciudad de Abancay, los neumáticos son cambiados a menudo del vehículo, siendo estos neumáticos desechados en montículos. Ciertamente pueden consumir gran cantidad de espacio en los vertederos de la zona de Quitasol I y II. El proceso de reciclaje de neumáticos, es una gran idea, pues la cantidad de neumáticos desechados es increíble y crece diariamente.



Figura 3 Neumáticos desechados en Av. Tamburco de la ciudad de Abancay.
Fuente: elaboración propia.

En algunos lugares selectos es ilegal depositar cualquier tipo de neumáticos desechados como son los vertederos, en nuestra ciudad de Abancay se encontró gran cantidad de llantas y una de ellas principalmente es la quebrada Ñacchero, en Ullpuhuayco. Las reencauchadoras de la ciudad de Abancay desechan un aproximado de 20% semanalmente, se muestra en la tabla Anexo 2.



Figura 4. Neumáticos desechados en la quebrada de Ñacchero - Limapata - Abancay.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Datos obtenidos de las encuestas realizadas semanalmente.

Resumen de encuesta		
Descripción	Cantidad	%
Desechados	338	82.49%
Usos Artesanales	16	3.86%
Reencauchado	56	13.67%
total	410	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21

Resumen de neumáticos desechados semanalmente.

Tipos de neumáticos desechados		
Descripción	Cantidad	%
station wagon/auto	122	36%
combis /camionetas	67	20%
bus/camión	81	24%
trailer/ semitrailer	69	20%
total	338	100%

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2. Aspectos generales del neumático.

Origen del caucho

El neumático está protegido primordialmente de caucho, la cual soporta el peso del vehículo y su carga. El origen del caucho se debió al norteamericano charles goodyear quien descubrió, casualmente en 1880, el desarrollo de la vulcanización que se da al caucho le da resistencia y solidez necesario para ser fabricado.

Por lo general, la mayoría de neumáticos para pasajeros más de 20 y cargas de 4,000 kg. como son los buses, camiones, semitrailes, etc. Son tipo radiales, la cual tiene en su composición de banda de rodamiento elástica. “Sobre una membrana inflada y aros inextensibles que tiene la función de enganche a otro elemento rígido que es el neumático” (Castro, 2008, p.2).

Tipos de fibras.

Para tener una mejor trabajabilidad del concreto reforzado con fibras, depende de la dosificación en peso/volumen y dimensiones de la fibra en estado superficial, “tiene cohesión entre las dimensiones de los agregados y la cantidad relativa” (Antillon, 2016).

a) Microfibras:

Generalmente son fibras de polipropileno, plástico, polietileno nylon, tiene la particularidad de reducir la segregación al concreto, también tiene la propiedad de prevenir la formación de fisuras en el proceso de construcción. Las dimensiones de las fibras oscilan 12mm – 75mm.

b) Macrofibras:

Normalmente son materiales como el vidrio, acero, materiales naturales o sintéticos, normalmente son utilizados para refuerzos distribuido en todo su espesor del cuerpo y dirección. Esta fibra tiene el comportamiento como una malla electrosoldada y varilla refuerzo, también

incrementa la tenacidad del concreto y agregando al material la capacidad de carga posterior al agrietamiento. los concretos reforzados que fueron incluidos con fibras tienen un incremento de resistencia al impacto y a la fatiga. El diámetro de la fibra oscila en un rango de 0.25mm – 1.5mm con longitud que varía 13mm – 70mm.

En la investigación usaremos microfibra, estamos dentro de su denominación, las fibras de caucho de los neumáticos reciclados que usamos fueron polvo y granulado retenido en diferentes tamices normalizados.

2.2.2.2.1. Componentes del neumático.

“El principal componente de las llantas es el caucho: casi el 50% de su peso. La fabricación de las diferentes dimensiones de llantas concentra un gran porcentaje de la industria del caucho constituyendo el 60 % de la producción anual” (Castro, 2008).

Los cauchos naturales se extraen a partir del árbol *Hevea Brasiliensis* que es un látex con partículas de caucho en suspensión. Posterior de un proceso de secado y de ahumado se utilizan variedades de productos. En estos últimos años los cauchos naturales están incrementando en su demanda nacional alcanzando el 30% en el mercado y el resto están ocupados por los cauchos sintéticos, todos basados en hidrocarburos. Las variedades de cauchos más empleados en la fabricación de los neumáticos, Castro (2008) afirma:

- a)** Cauchos naturales (NR)
- b)** Polibutadienos (BR)
- c)** Estireno – Butadieno (SBR)
- d)** Polisoprenos sintéticos (IR)

“La matriz de caucho más utilizada en el mercado es el copolímero estireno-butadieno (SBR), en el que la proporción es de aproximadamente un 25 % en peso de estireno, o una mezcla de caucho natural y caucho sintético estireno-butadieno” (Castro, 2008).

Los neumáticos tienen sus características químicas según la tabla 25 y en forma general el neumático (llanta) está compuesto por las siguientes tablas:

Tabla 22.

Composición general de los neumáticos.

Componentes	Tipo de Vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % peso	
Cauchos	48	45	Estructural-Deformación
Negro humo	22	22	Mejora oxidación
Óxido de Zinc	1.2	2.1	Catalizador
Material textil	5	0	Esqueleto Estructural
Acero	15	25	Vulcanización
Azufre	1	1	Juventud
Otros	12		

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para la industria del neumático (Castro, 2008, p.4)

Según la Rubber Manufacturers Association (Castro, 2008) (“Máquina de reciclaje automático de neumáticos de alto rendimiento para hacer polvo de goma/máquina de reciclaje de neumáticos de desecho Descripción del producto” n.d), se tiene otra versión acerca de la composición y características de los diferentes tipos de neumáticos y tipo de vehículo:

Tabla 23.

Composición de neumáticos de automóviles y camionetas.

Descripción	%
Caucho Natural	14%
Caucho Sintético	27%
Negro Humo	28%
Acero	14-15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16-17%
Peso Promedio	8.6 kg.
Volumen	0.06 m ³

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para neumático (Castro, 2008, p.4)

Tabla 24.
Composición de neumáticos de camiones y microbuses.

Descripción	%
Caucho Natural	27 %
Caucho Sintético	14 %
Carbón Negro	28%
Acero	14-15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16-17%
Peso Promedio	45.4 kg.
Volumen	0.36 m ³

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para neumático (Castro, 2008, p.5)



Figura 5. Estructura del neumático.

Fuente: adaptado del artículo Uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos (Rodríguez, 2016, p.2).

Tabla 25
Composición química de los neumáticos.

Elemento o compuesto	Composición
Carbono (C)	70%
Hidrógeno (H)	7%
Azufre (S)	1,3 %
Cloro (Cl)	0,2 -0,6 %
Hierro (Fe)	15%
Óxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5%
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60 – 760 ppm
Cadmio (Cd)	5 – 10 ppm
Talio (Tl)	0,2 – 0,3 ppm

Fuente: adaptado del artículo uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos (Rodríguez, 2016, p.2).

Propiedades de material de neumáticos.

En forma general se mencionan sus propiedades:

Mecánicas: moderada resiliencia, excelente resistencia a la abrasión, moderada resistencia al desgarro, excelente resistencia al impacto, moderada resistencia a la flexión.

Físicas: temperatura de servicio de hasta 70°C, resistencia a la intemperie, excelente resistencia eléctrica, permeabilidad a los gases.

Químicas: alta resistencia al agua, no tiene resistencia a los hidrocarburos, menor resistencia a los ácidos diluidos, resistencia a los aceites.

Tipos de caucho según su origen

Caucho sintético y natural.

El procesamiento del hidrocarburo genera caucho sintético. El caucho sintético es producido con mayor cantidad mundialmente, su aplicación más importante es para la obtención de neumáticos. El caucho estireno-butadieno, frecuentemente abreviado SBR (del inglés styrene-butadiene rubber) es un elastómero sintético se obtiene por la polimerización de una mezcla de estireno y de butadieno, el polibutadieno dándole a los neumáticos una mayor resistencia a la abrasión y alta resistencia en condiciones de baja temperatura (tiene una goma de múltiples usos) y excelente comportamiento al envejecimiento. El caucho sintético tiene baja adherencia a superficies húmedas así ocasionando deslizamiento figura 7, por tal razón se mezcla con otros componentes con es el estireno-butadieno SBR o goma natural. De las especies vegetales típicas de las regiones tropicales se obtiene caucho natural a partir de los fluidos lácteos que son denominados látex figura 6.

En la siguiente tabla tenemos la relación de las principales propiedades entre caucho natural vulcanizado y otros componentes como elastómeros sintéticos. Podemos observar el bajo valor tensional y la elongación que poseen:

Tabla 26

Principales propiedades de los componentes del neumático.

Elastómero	Resistencia a la Tracción PSI	Elongación %	Densidad g/cm ³
caucho natural vulcanizado	2.5-3.5	750-850	0.93
estireno-butadieno (SBR)	0.2-3.5	400-600	0.94
neopreno	3-4	800-900	1.25
silicona	0.6-1.3	100-500	1.1-1.6

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para la industria del neumático (Castro, 2008, p.6)

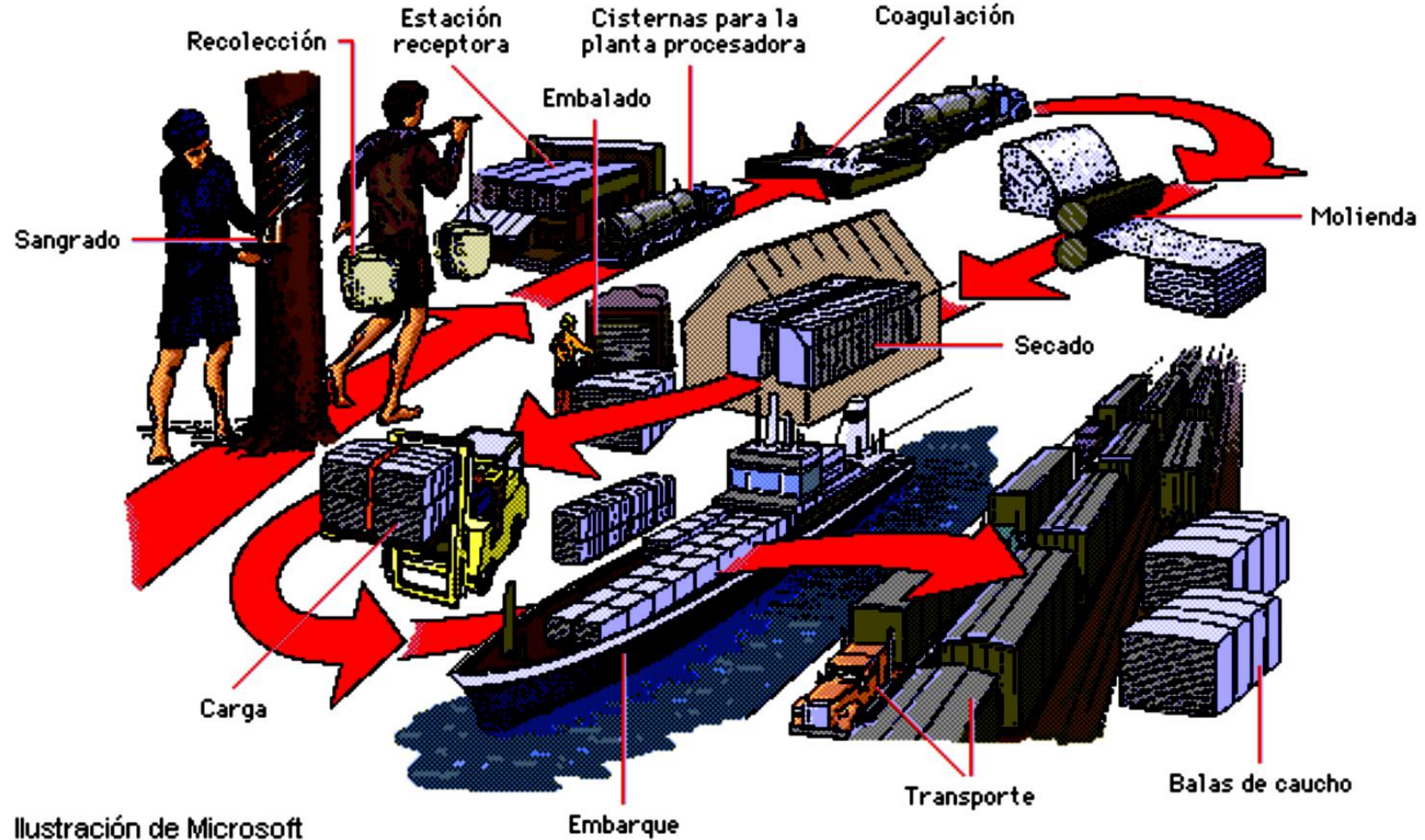


Figura 6. Proceso de trituración de caucho natural.

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para la industria del neumático (Castro, 2008, p.31)

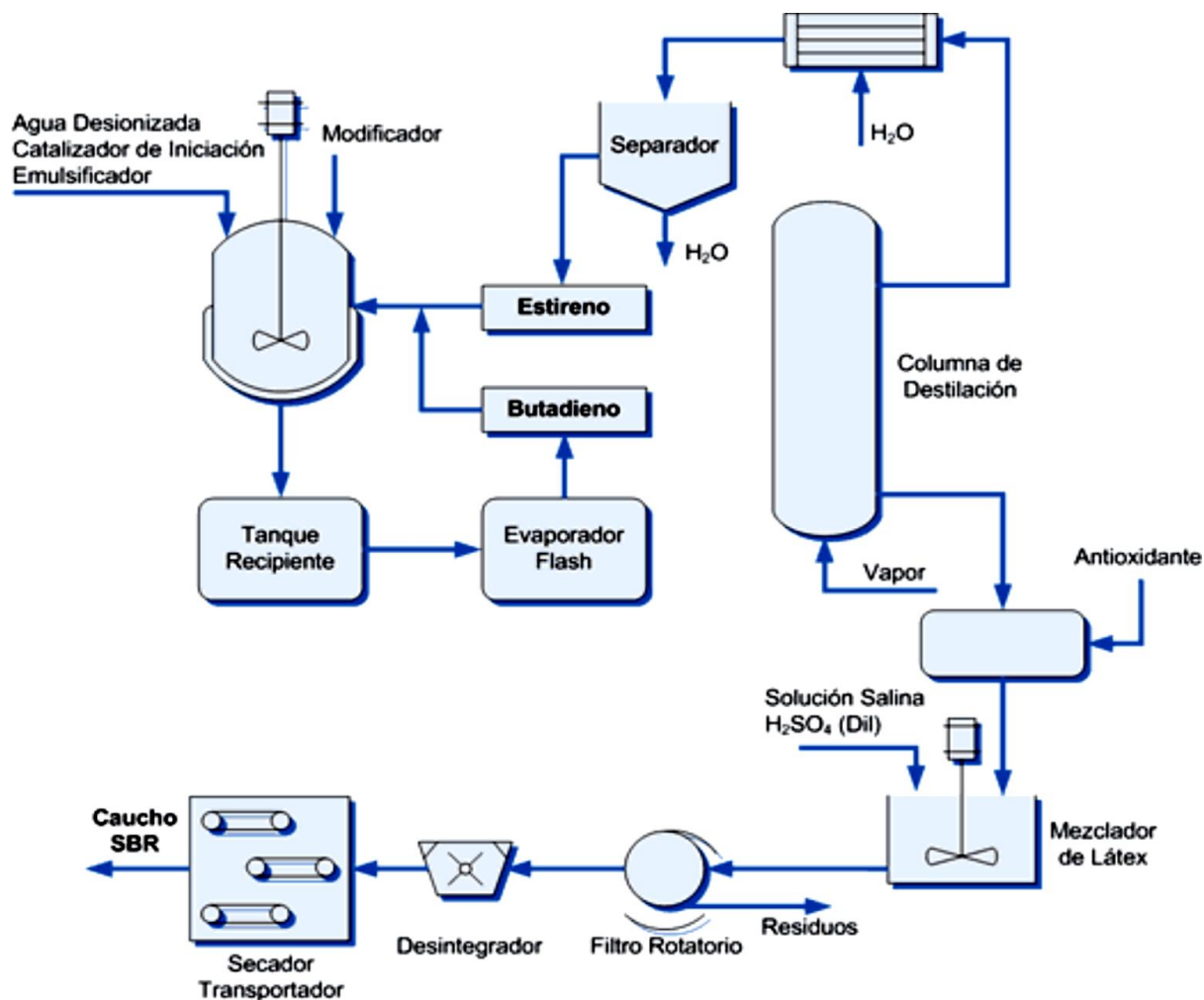


Figura 7. Proceso de emulsión en frío del caucho sintético.

Fuente: adaptado del artículo material y compuestos para la industria del neumático (Castro, 2008, p.43)

2.2.2.3. Fibras de caucho de neumático reciclado

2.2.2.3.1. Técnicas de trituración de los neumáticos para su reciclaje

Se le denomina caucho reciclado, al caucho reutilizado de los neumáticos reciclados que ya acabaron su vida útil, los neumáticos reutilizables son fuente de energía disponible, este residuo se puede valorizar al ser usados dándose varias aplicaciones. Para eso debemos evitar su depósito en vertederos o que se han desechados en la intemperie para realizar en su correcta gestión en las plantas de reciclaje que estén autorizadas. Dentro de los procedimientos de trituración física se tienen trituración criogénica y mecánica.

Trituración criogénica de fibras de caucho

La trituración criogénica se realiza congelando con nitrógeno líquido los neumáticos enteros, las cuales son golpeadas para extraer el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso.

Este procedimiento hace que se reduzca el tamaño de las partículas, pero las partículas de acero y de caucho están mezcladas esto hace que la instalación tenga altos costos de inversión en las maquinas especializadas.

Estas instalaciones tienen alto costo y son muy complejas esto hace que no sea rentable económicamente así mismo el mantenimiento de la máquina y el proceso es muy difícil este método se verifica en la figura 8. Por el motivo de la dificultad de separar los materiales del caucho y el metal provoca que no sea rentable, este sistema es poco recomendable.

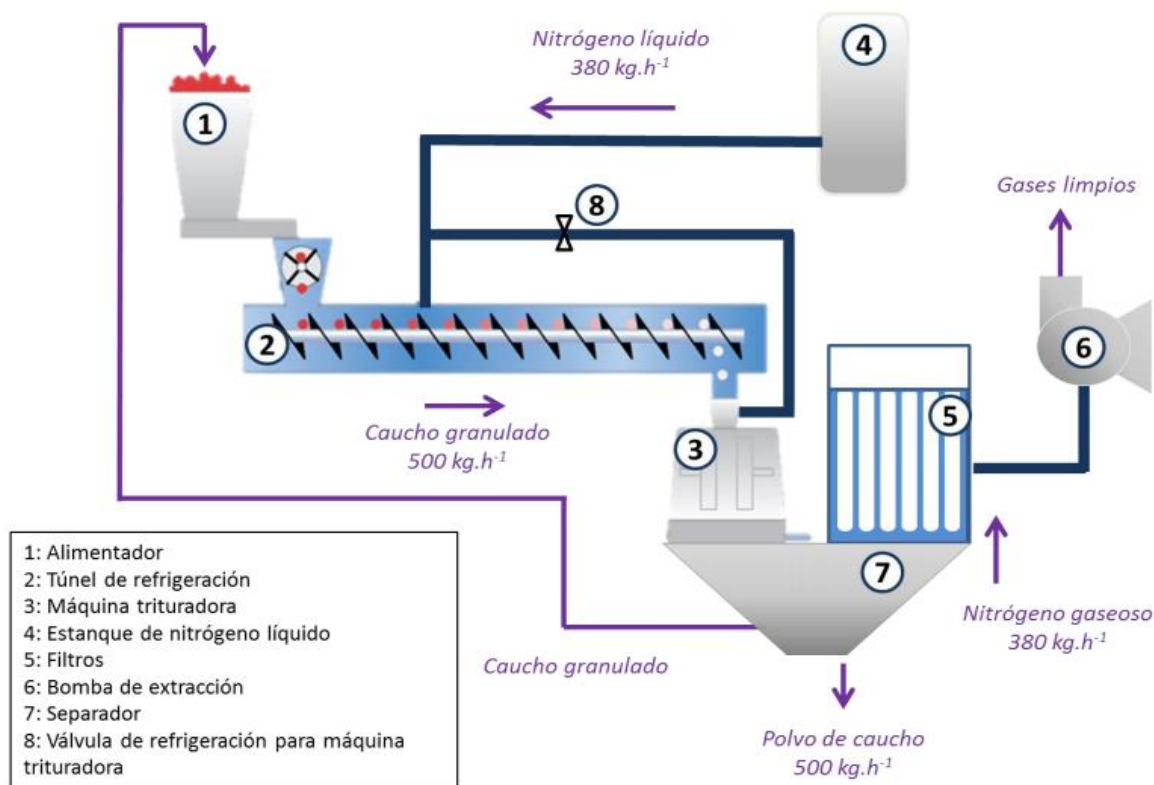


Figura 8. Diagrama de flujo de trituración criogénica.

Fuente: Esquema del autor realizado a partir de imágenes encontradas en los sitios web, (Tírel, 2017, p.21).

Trituración Mecánica

Es proceso es puramente mecánico y el producto resulta de alta calidad libre de impurezas de fácil utilización en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con el sistema mecánico se da pasos previos en las diversas maneras de recuperación y utilidad de los residuos de neumáticos.

Uno de los pasos es la fragmentación de las llantas en gránulos (GTR, caucho de ruedas granulado) y separación de componentes (acero y fibras) y desvulcanización o no.

Lo que se procura es incrementar la calidad y consistencia de los cauchos granulados, para un reciclado del material mucho más extensivo.

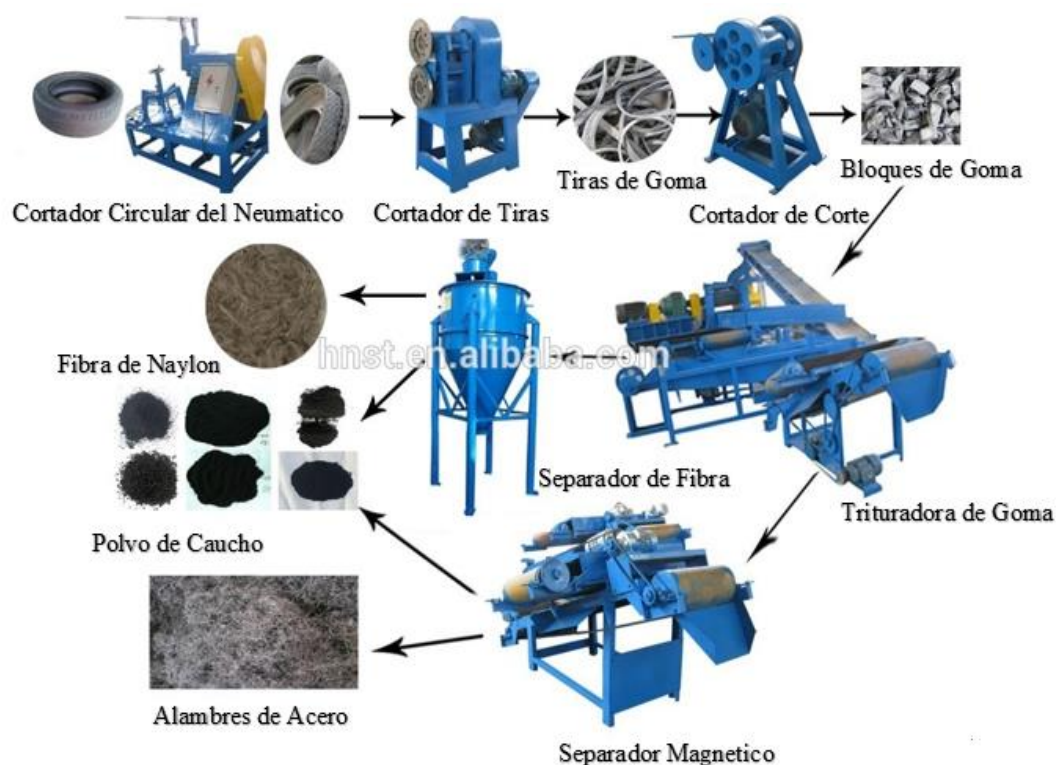


Figura 9. Máquina de reciclaje automático de neumáticos.

Fuente: adaptado de página web Máquina de reciclaje automático de neumáticos de alto rendimiento. (Descripción del producto n.d.).

Para nuestra investigación se usó la trituración mecánica para los neumáticos reciclados.

2.2.2.3.2. *Proceso de reciclaje de los neumáticos*

Para el proceso de reciclaje es enteramente mecánico, no se adiciona agentes químicos ni calor. Se pasa inicialmente los neumáticos por las trituradoras hasta conseguir un volumen de tamaños pequeños, clasificándose el producto según al uso que se le va dar.

El procedimiento de transformación del caucho por el método de la trituración mecánica es el siguiente:

- a) **Desgarradora de llantas – acero:** es la primera parte donde se extrae el aro de acero de los neumáticos, estos aceros obtenidos nuevamente se aprovechan en las siderúrgicas.
- b) **Primer proceso de trituración:** Los neumáticos extraídos son puestas en la faja transportadora que se dirige en dirección a la tolva principal en el interior hay varios dientes en forma de cuchillas de acero de alta resistencia, que tiene una capacidad de procesamiento de 02 toneladas/hora, en este proceso ya se obtiene fragmento de caucho con tamaño aproximados de 120 mm.
- c) **Pre-granulador o Rasper:** seguidamente ingresa a la máquina de molienda de segundo orden que tiene una capacidad de 04 ton./hr y que alimenta dos granuladores. A partir del pre-granulador se empieza con la eliminación del acero - alambrado de los neumáticos hasta obtener un producto libre de acero - alambrado.
- d) **Planta de granulometría fina:** consta de 02 unidades de molinos granuladores que producen gránulos entre malla de 8 y malla de 30; uno de los productos tiene mayor demanda en el mercado internacional que es utilizado principal mente en la línea de la construcción como las carreteras ecológicas.

- e) **Extractor de fibra:** Un conjunto de ciclones extraen la fibra del material generado por el molino granulador, que puede incorporarse a los procesos de fabricación de artículos de cemento, como coberturas(tejas), losetas, mangueras entre otros.
- f) **Extractor de acero:** El acero - alambrado hecho casi polvo es separado del granulado de caucho en su última etapa, gracias a la presencia de dos electroimanes en línea.



Figura 10. Tratamiento neumáticos usados.

Fuente: adaptado de la página web (TNU n.d.).

Como se muestra en la figura 10 los diferentes usos que se le da al neumático reciclado.

2.2.2.4. Obtención del concreto modificado con fibra de caucho.

Dentro de las componentes del concreto convencional se incorpora o se adiciona las fibras de caucho de neumático reciclado a los elementos del agregado grueso, fino y al cemento. Para la modificación se realizó los ensayos siguientes:

Granulometría del caucho.

Para la incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento y agregado fino se utiliza dos tipos de fibra fina una retenido en malla N°100 el porcentaje de 1.11%, de dimensiones alargados de 1 mm a 4.5 mm y de diámetro de 0.5 mm (caucho granulado) y la otra fibra fina retenida en la malla N°100 el porcentaje de 1.53 % de diámetro 0.01mm (caucho pulverizado), se realizó una combinación de ambos para que tenga mejor comportamiento en la curva granulométrica agregándose el 60% del peso de la fibra fina caucho granulado. Para la fibra de caucho al peso del agregado grueso se utiliza la fibra gruesa retenida en la malla N°4 el 3.5%, de dimensiones alargadas desde 11 mm hasta 39 mm un espesor desde 5 mm hasta 19 mm para su análisis granulométrico se siguió apoyado en la Norma Técnica Peruana 400.037.

Densidad de las fibras de caucho de neumático reciclado.

Para calcular la densidad de las fibras del caucho de las llantas se prosigue con el siguiente método de la norma 400.022 para fibras finas asemejando al agregado fino y el agregado grueso con las fibras granuladas se apoyó con la NTP 400.021.

Dosificación del concreto modificado con fibras de caucho.

Se siguió con los parámetros del método ACI mencionados en concreto convencional. Para calcular la cantidad de fibra a incorporar al concreto convencional se realizó hallando la

densidad de las fibras de caucho de neumático reciclado y al componente que se le va incorporar, usando las siguientes formulas.

$$\text{Peso fibra caucho} = \text{Peso agregado} * \frac{\text{Densidad fibra caucho}}{\text{densidad agregado}} \quad (\text{EC- 13})$$

Esta fórmula se usó para tener la cantidad de fibra de caucho al peso del agregado grueso y fino. La siguiente formula EC-14 se usó para la cantidad de fibra al peso del cemento.

$$\text{Peso fibra caucho} = \text{Peso cemento} * \frac{\text{Densidad fibra caucho}}{\text{densidad cemento}} \quad (\text{EC- 14})$$

2.3 Marco conceptual.

Comportamiento del concreto estructural: “es la capacidad que tiene el concreto para resistir en forma satisfactoria las condiciones que se someten es servicio a las que estará expuesto, una vez colocada en la estructura, tales como el clima, ataques químicos o cualquier otro proceso” (Abanto, 2017).

Fibras de caucho reciclado: “Como aprovechamiento de los materiales, se puede señalar que existen diferentes procedimientos para anular las características elásticas de los desperdicios del caucho de los neumáticos, dotándoles nuevamente de propiedades plásticas como las del caucho no vulcanizado” (Castro, 2007, p.3)

Propiedades físicas del Concreto: Con características físicas del concreto, se pretende abarcar aquellas cualidades que se pueden reconocer por simple observación y/o mediciones no tan complicadas y simples, y que son inherentes a cualquier mezcla en menor o mayor grado, en función del cuidado que se tenga con ella. S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Propiedades mecánicas del Concreto: “Son características del concreto endurecido, tanto su resistencia a tensión como al esfuerzo cortante son relativamente pequeñas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto ya establecidas” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Resistencia a Flexión: Es una medida de la resistencia a la Tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6”x6” pulgadas (150x150mm). De sección transversal y con luz como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Modulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (Mpa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ATSM C293 (cargada en el punto medio). (NRMCA,CIP 16, 2011).

Resistencia a compresión: es la resistencia máxima que una probeta de concreto, mortero o grout puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada y controlada según establecido en la norma, Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.2 o psi). S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Resistencia especificada a la compresión del concreto (f'_c): Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño de mezcla y evaluada de acuerdo con las consideraciones del Capítulo 5, expresada en MPa. Cuando dicha cantidad esté bajo un signo radical, se quiere indicar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado está en MPa. (R.N.E. E-060, 2009).

Elasticidad de Neumático: El concreto no tiene la propiedad de ser completamente elástico y la relación esfuerzo –deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. A este proceso se le 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. S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Caucho del Neumático: “Caucho (materia prima) látex producido por varias moráceas y eufobiaceas intertropicales, entre las que se destaca la *Hevea Brasiliensis*. El caucho es el cuerpo sólido que tiene el mayor coeficiente de dilatación conciso y que aumenta considerablemente con la vulcanización” (Castro, 2008).

Desvulcanización del neumático: “Es un proceso muy costoso y pocas veces aplicable en la utilización de los neumáticos para la incorporación al asfalto. El proceso consiste en la rotura de los enlaces S-S del polvo de caucho mediante técnicas térmicas y químicas” (Castro, 2008).

Neumático: “Denominado cubierta, llanta, caucho o goma en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas” (Castro, 2008).

Vulcanización: “Proceso irreversible que consiste en calentar el caucho bajo presión para aumentar la fuerza y resistencia” (Castro, 2008).

Abrasión: “denominado al Desgaste mecánico de agregados(aridos) y rocas resultantes de la fricción y/o impacto” (MTC, 2018).

Absorción: “Agua que es retenida en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.)” (MTC, 2018).

Adherencia: “Unión física o resistencia que se produce en la superficie de contacto de dos cuerpos extraños cuando uno intenta deslizarse o despegarse sobre otro” (MTC, 2018).

Aglomerante: “se define al Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas” (MTC, 2018).

Agregado: “Conjunto de fragmentación de rocas ya sea de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados según la norma técnica peruana NTP. Se le denomina también áridos” (NTP 400.011, 2008).

Agregado Anguloso: “Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la intersección de superficies aproximadamente planas. Con Estos agregados se puede obtener mayores resistencias” (NTP 400.011, 2008).

Agregado bien Graduado: “se define a estos Agregados con una distribución de tamaños de partículas bien reguladas, estos agregados producen una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos” (NTP 400.011, 2008).

Agregado de Granulometría Abierta: “estos Agregado no son muy graduados en el cual los vacíos son relativamente grandes una vez que el agregado se compacta” (NTP 400.011, 2008).

Análisis Granulométrico o Mecánico: “Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños” (MTC, 2018).

Agregado que Pasa: “Se considera que un agregado pasa por un tamiz, siempre que no sobrepase mayor de 5 % en masa (peso) del material tamizado” (NTP 400.011, 2008).

Agregado Retenido: “Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5 % en masa (peso) del material tamizado” (NTP 400.011, 2008).

Agregado Fino: Agregado proveniente de las rocas o piedras, se define por la disgregación natural o artificial, son denominados agregados fino cuando pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la norma técnica peruana 400. 037. (NTP 400.011, 2008).

Agregado Grueso: “se define agregado grueso cuando son retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4) y deben cumplir los límites establecidos según la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca” (NTP 400.011, 2008).

Asentamiento: “Diferencia de nivel como consecuencia del desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía” (MTC, 2018).

Cemento: “Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos” (RNE - E-060, 2009).

Cemento Portland: Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan

del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (RNE - E-060, 2009).

Cohesión: “La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal” (MTC, 2018).

Compactación: proceso de inducción de una disposición más cerca de las partículas sólidas en el concreto, mortero o groute frescos, a través de la reducción de los vacíos, frecuentemente logrado con la vibración mecánica, el varillado adecuado según normas establecidas, los golpes o la combinación de estos métodos. También llamada de consolidación. S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Concreto: Mezclado con cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, agua potable y aire, con o sin aditivos. (RNE - E-060, 2009).

Concreto endurecido: “concreto en el estado sólido, forma más definida, que haya desarrollado una cierta resistencia” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Concreto estructural: “Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado” (RNE - E-060, 2009).

Concreto fresco: “concreto recién elaborado y mezclado, estado plástico y trabajable” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Concreto de Peso Normal: “Es un concreto que tiene un peso aproximado de 2300 Kg/m³” (RNE - E-060, 2009).

Concreto simple: “Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado” (RNE - E-060, 2009).

Concreto reforzado con fibras: “concreto que contiene fibras orientadas aleatoriamente en 2 o 3 dimensiones por toda la matriz del concreto” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Consistencia: “movimiento relativo o capacidad para fluir del concreto, mortero o grout frescos” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Contenido de aire: volumen total de vacíos de aire, sea incluido, sea atrapado, en la pasta de cemento, mortero o concreto. El aire incluido en el concreto aumenta la durabilidad del mortero o concreto endurecidos sometidos a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Control de calidad: “acciones realizadas por el productor o el contratista, a fin de proveer un control sobre lo que se está haciendo y sobre lo que se está suministrando, para que las normas de buenas prácticas de obra se sigan” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Curado de concreto: “Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el proceso de fraguado y/o endurecimiento del concreto u hormigón” (MTC, 2018).

Dosificación del Concreto: “Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero” (MTC, 2018).

Granulometría (gradación): “Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas” (MTC, 2018).

Relación agua-cemento (a/c): “se define con la relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto” S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi (1987).

Trabajabilidad: “La facilidad con que son manipuladas en estado fresco el concreto, son usados en pavimentación y de otras obras de infraestructura vial pueden ser colocadas y compactadas” (MTC, 2018).

Slump: es una de medición del asentamiento del concreto, se mide con el cono de abrams: Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes. (MTC, 2018).

2.4 Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis principal.

La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

Hi: La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

Ho: La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

Hipótesis Específica 1: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Hi: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural, utilizado en las obras de Ingeniería en la ciudad de Abancay.

Ho-1: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Especifica 2: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

H2: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

H₀₋₂: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Específica 3: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

H₃: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

H₀₋₃: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

2.5 Operacionalización de variables

1. Variable independiente:

- Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento, agregado fino y agregado grueso en el diseño del concreto.

2. Variable dependiente:

- Comportamiento del concreto estructural.

Tabla 27
 Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	indicadores	Índice
Variable independiente.	Se entiende por reciclaje al proceso fisicoquímico o mecánico que permite que una materia o un producto ya utilizado se conviertan en materia prima o un nuevo producto que pueda ser reintroducido en un ciclo de vida útil. (Hernández, 2013, p.7).	- Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de cemento - Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de agregado fino. - Fibra de caucho de neumático reciclado al peso de agregado grueso.	% de fibra de caucho de neumático reciclado	Nominal
Variable dependiente.	Si bien es cierto que la propiedad con la cual se mide la calidad del concreto en su resistencia a la compresión $f'c$, existen otras propiedades no menos importantes que se debe estudiar para lograr introducir un concreto de calidad, que una vez colocado en los elementos estructurales (...) tengan un comportamiento óptimo frente a las acciones mecánicas, físicas, químicas y/o biológicas; durante la vida útil de la estructura. (Abanto, 2017, P.47).	Resistencia a la Compresión Resistencia a la Flexión	$f'c = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2$ Donde: P: Carga Axial A: Área del Cilindro $Mr = \frac{PL}{bh^2} \text{ Kg/cm}^2$ Donde: Mr.: Modulo de rotura. P: Carga máxima aplicada (kg) L: Longitud libre entre apoyos (cm) b: Ancho del prisma (cm) h: altura del prisma (cm).	Nominal Nominal

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 3.

Metodología de la investigación.

3.1 Método

3.1.1 Método de investigación.

Las características que tiene el enfoque cuantitativo de la investigación; que representa, un conjunto de procesos es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández, Fernandez, y Baptista, 2014).

El problema de estudio por su naturaleza es de método deductivo, que parte de un hecho particular hacia un hecho general, se seguirá el proceso y se aplica la prueba de hipótesis para obtener los resultados y determinar la evidencia en favor o en contra.

Un estudio cuantitativo se basa en investigaciones previas. El método cuantitativo se utiliza para consolidar las formulaciones de manera lógica en una teoría o un esquema y establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población. Las variables utilizadas se probaron por el método estadístico de Diferencia de Medias prueba de t de student.

3.2 Tipo de investigación

La investigación es tipo **Correlacional**, este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. “Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones” (Hernández et al., 2014, p.93). Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba, y también es de “tipo **Explicativo** en este tipo de investigación su importancia se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández et al., 2014, p.95).

Las relaciones con las variables dependientes e independientes partiendo en la investigación a partir del diseño de Mezcla con dosificación para un concreto patrón y incorporando fibras de caucho de neumático reciclado se realizó las pruebas a resistencia a compresión y ensayo resistencia a la flexión para determinar la influencia de las fibras en el comportamiento del concreto.

3.3 Nivel o alcance de investigación

“Resultan de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio. Dependen de los objetivos del investigador para combinar los elementos en el estudio” (Hernández et al., 2014).

El alcance del estudio es correlacional explicativa y causal, pues se describe las características del problema de estudio, luego se explica la relación causal de las variables; de tal manera, se determinó el efecto que ejerce: “La incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado sobre el comportamiento del concreto estructural. Además, la variable dependiente se midió siguiendo el proceso de método estadístico, con la finalidad explicar los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.4 Diseño de investigación

“Este término de diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema” (Hernández et al., 2014).

El diseño es experimental; se manipulan las variables para ver las influencias o intervenciones (variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. El grado de control fueron obtenidos en el laboratorio de concreto, el diseño de concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado siguiendo las normas técnicas peruanas y el diseño de mezcla del ACI-211.

3.5 Población, muestra y muestreo

Población:

Una vez que se ha determinado la unidad de muestreo/análisis, se empieza a delimitar la población a cuál será estudiada y sobre cual se debe generalizar los resultados obtenidos. “Se define la población como conjuntos de todos los casos que conllevan a una serie de especificaciones” (Lepkowski, 2008b). “en algunos trabajos de investigación una de las deficiencias que se observa es no describir las características de la población o lo consideran que la muestra representa de manera automática” (Hernández et al., 2014).

La aplicación de la población de la investigación son los concretos utilizados en la ciudad de Abancay de uso estructural, siendo el concreto con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm², la resistencia mínima del concreto Estructural no debe ser menor a 17 Mpa, y no habiendo restricción para $f'c$ máximo; según el reglamento Nacional de Edificaciones E-060, y las disposiciones especiales para el diseño sísmico en el acápite 21.3.1 indica que $f'c$ no debe ser menor a 21 Mpa.

Muestra:

Las investigaciones deben ser transparentes, así como estar sometido a críticas y replicas, solamente ocurre si el investigador delimita con claridad la población a estudiar y se hace claro la selección de la muestra. Un parte de la población es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que lo dominamos población. (Hernández et al., 2014, p.175).

Para la presente investigación se tomó como muestra; la cantidad de 90 unidades de testigos cilíndricos (15x30cm) de concreto y 20 unidades de testigos Prismáticos (15x15x60cm) de concreto, que incluyen tanto los testigos elaborados con incorporación de fibras de caucho

de neumático reciclado y el concreto patrón con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² (concreto de peso Normal y concreto utilizado con propósitos estructurales, E-060 RNE) siendo el concreto más común en la ciudad de Abancay. Siguiendo la NTP 339.183 Elaboración y Curado de Especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio; se elaboró tres testigos para cada edad y condición del ensayo. La edad de rotura se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 339.183, para las pruebas se hicieron a edades de 7, 14 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión. Constituidos por las siguientes pruebas de laboratorio, número de especímenes a ensayar:

- Unidades para ensayo a **resistencia a compresión** un total de 90 unidades:

Tabla 28

Cantidad de muestras cilindricos para concreto patron.

Edad de testigos cilíndricos (días)	Muestras de concreto patrón (diseño $f'c=210$ kg/cm ²). NTP 339.183
7 días	3.00
14 días	3.00
28 días	3.00
Total de testigos cilíndricos	9.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29

Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al cemento.

Edad de testigos cilíndricos (días)	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento (diseño $f'c=210$ kg/cm ²). NTP 339.183		
	3%	5%	7%
7 días	3.00	3.00	3.00
14 días	3.00	3.00	3.00
28 días	3.00	3.00	3.00
Total de testigos cilíndricos	9.00	9.00	9.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30

Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al agregado fino.

Edad de testigos cilindricos (días)	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del agregado fino (diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$). NTP 339.183.		
	3%	5%	7%
7 días	3.00	3.00	3.00
14 días	3.00	3.00	3.00
28 días	3.00	3.00	3.00
Total de testigos cilindricos	9.00	9.00	9.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31

Cantidad de muestras cilindricos para concreto incorporado al agregado grueso.

Edad de testigos cilindricos (días)	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del agregado grueso (diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$). NTP 339.183.		
	3%	5%	7%
7 días	3.00	3.00	3.00
14 días	3.00	3.00	3.00
28 días	3.00	3.00	3.00
Total de testigos cilindricos	9.00	9.00	9.00

Fuente: elaboración propia.

Suma total de testigos cilindricos sin fibra	9.00
Suma total de testigos cilindricos con fibra	81.00
Total, testigos cilindricos	90.00

- Unidades para resistencia a **flexión de vigas** un total de 20 unidades:

Tabla 32

Cantidad de muestras prismaticos para concreto patron.

Edad de testigos prismáticos (días)	Muestras de concreto patrón (diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$). NTP 339.183
14 días	1.00
28 días	1.00
Total de testigos prismáticos	2.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33

Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al cemento.

Edad de testigos prismáticos (días) NTP 339.183	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento (diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).		
	3%	5%	7%
14 días	1.00	1.00	1.00
28 días	1.00	1.00	1.00
Total de testigos prismáticos	2.00	2.00	2.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34

Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al agregado fino.

Edad de testigos prismáticos (días) NTP 339.183	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del agregado fino.		
	3%	5%	7%
14 días	1.00	1.00	1.00
28 días	1.00	1.00	1.00
Total de testigos prismáticos	2.00	2.00	2.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35

Cantidad de muestras prismaticos para concreto incorporado al agregado grueso.

Edad de testigos prismáticos (días) NTP 339.183	Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del agregado grueso.		
	3%	5%	7%
14 días	1.00	1.00	1.00
28 días	1.00	1.00	1.00
Total de testigos prismáticos	2.00	2.00	2.00

Fuente: elaboración propia.

Total, de testigos prismático de vigas sin fibra	2.00
Total, de testigos prismáticos de vigas con fibra	18.00
Total, de testigos primaticos	20.00

Muestreo:

“En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador” (Johnson, 2014, Hernández-Sampieri et al., 2013 y Battaglia, 2008b).

Para la investigación corresponde muestreo no probabilístico mediante el método intencional o de conveniencia, se seleccionó siguiendo que cumplan con la NTP 339.183. El valor de la muestra fue de 90 unidades de testigos cilíndricos y de testigos prismáticos fue de 20 unidades, siendo de 3 muestras para cada edad de rotura. Para la selección de agregados se verifico que cumplan con la NTP 400.037, para la selección de los porcentajes de fibras de caucho de neumático reciclado se verifico según a los antecedentes mencionados en el marco teórico viendo que mayor porcentaje de incorporación tiende bajar la resistencia de concreto se utilizó 3%,5% y 7%, calculadas por el experimento que se muestra en los cuadros anexos los especímenes con incorporación de Fibras de caucho de neumático reciclado y concreto patrón.

3.6 Técnicas e instrumentos**Técnicas.**

Observación directa: Consiste en observar directamente el fenómeno, anotar la información y registrarla para su posterior evaluación. Observar viene hacer la primera forma de contacto o relación con el objeto que va ser analizado. Contiene un proceso de recopilación de datos, atención y registro de información. el investigador se apoya a sus sentidos y observa los sucesos y analizar eventos ocurrentes de un enfoque global. (Puente 2000).

Instrumentos.

En respuesta a las técnicas utilizadas, el instrumento aplicado fue una planilla de observación, la cual contiene datos referentes a:

El tipo de diseño de mezcla que resultó factible para el diseño de los testigos cilíndricos y prismáticos. Esta lista contiene los siguientes datos: número de espécimen, procedencia de los materiales, cantidad de material y resultados obtenidos, mostrado en los cuadros.

Las resistencias obtenidas para cada espécimen, el tiempo de curado en días, la fecha de ensayo y de falla, las dimensiones del espécimen, peso y la carga de ruptura, mostrado en los cuadros de resultados que se muestran en los Anexos validados por la norma técnica peruana.

3.7 Consideraciones éticas

Tomando en consideración el tipo y nivel de investigación, se consideran los siguientes aspectos éticos:

- En la presente investigación, se utilizó las fibras de caucho de neumático reciclado procedente de la ciudad de Arequipa, la granulometría fue adoptada para asemejar al comportamiento de los agregados según la NTP 400.037.
- Reserva de identidad de los propietarios encuestados de las diferentes llanterías de la ciudad de Abancay.
- Transcripción de los argumentos y escritos examinados en el marco teórico y su correspondiente cita de autores.
- Fidelidad de los resultados.

3.8 Procesamiento de datos

Para la explicación de la metodología utilizada en la investigación, se analizó con el tipo Estadístico de diferencia de medias específicamente con “t” de student, es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. (Hernández et al., 2014).

3.8.1 Análisis e integración de los Datos.

Luego del análisis descriptivo de todas las variables, se analizó los resultados Obtenidos del Laboratorio. La verificación de los objetivos se realizó mediante los estadísticos del t de student, calculado por el programa estadístico los programas, SPSS, arrojan una tabla con varios resultados, de los cuales los más necesarios para interpretar son el valor t de student y su significancia.

La discusión de los resultados fue comparada con los obtenidos en otros estudios similares, con la norma técnica peruana y la E-060 del RNE.

El procesamiento de la información de las tablas de frecuencia y Figuras fueron mediante el apoyo del software estadístico SPSS 22 y la redacción mediante el software Word y Excel, de acuerdo a las recomendaciones y criterios de las normas APA.

Las conclusiones se interpretaron dando respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas y los resultados obtenidos de acuerdo a los estadísticos encontrados.

La Prueba de Hipótesis para la diferencia de medias se apoyó en la prueba de distribución de t de Student, usada cuando el tamaño de la muestra es pequeño. El procedimiento consistió en los siguientes pasos:

Paso 1: Plantear la hipótesis nula (H_0) e hipótesis (H_1).

Paso 2: Determinar nivel de significancia siendo para proyectos de investigación 0.05.

Paso 3: Evidencia muestral, se calcula la media y la desviación estándar a partir de la muestra.

Teoría de pequeñas muestras:

Para definir el grado de libertad se hará referencia a la varianza maestra:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \text{ o tambien} \quad (EC- 15)$$

La fórmula está basada en n-1 grados de libertad (grados de libertad = # de mediciones-1).

Paso 4: Se aplica la distribución t de Student para calcular la probabilidad de error

Distribución de probabilidad t - Student:

Una variable aleatoria se distribuye según el modelo de probabilidad t de student con K gados de libertad.

Seguidamente se halla la t: el Ho es: $\mu_x - \mu_y = 0$ (Contraste bilateral) y el estadístico se calcula así:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s * \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \text{ o tambien } t = \frac{\bar{x} - u}{\frac{S_x}{\sqrt{n}}} \quad (EC- 16)$$

Donde:

\bar{x} : media

u = valor a analizar

S_x = Desviacion Estandar

n = tamaño de muestra

La prueba t Student se utiliza para relacionar los resultados de una preprueba con los resultados de una posprueba en un contexto experimental. Se comparan las medias y las varianzas del grupo en dos momentos diferentes: X1 y X2, para comparar las prepruebas o

pospruebas de dos grupos que participan en un experimento. Con el grado de libertad se verifica en la tabla de t de Student con el nivel de significancia.

Paso 5: En base a la evidencia disponible se acepta o se rechaza la hipótesis alternativa.

Si la probabilidad de error es mayor que el nivel de significancia entonces se rechaza **la hipótesis alternativa**.

Si la probabilidad de error es menor que el nivel de significancia entonces **se acepta la hipótesis alternativa**.

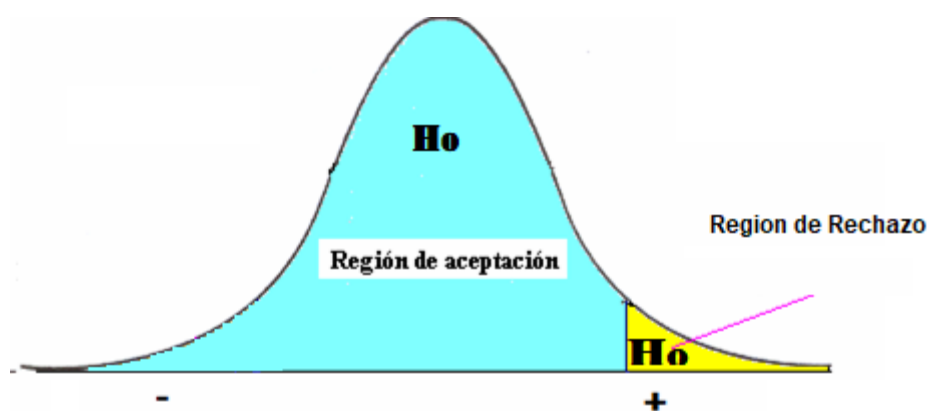


Figura 11 Campana de Gauss de la tabla de distribución de t de Student.
Fuente: Elaboración propia.

Representación gráfica de grupos de datos se distribuye en valores altos medios y bajo, formando una acampanada simétrica.

CAPÍTULO 4.

Resultados y discusión de resultados.

4.1 Resultados

En este capítulo se exponen los principales resultados luego de procesar la información aplicando los estadísticos respectivos. Esta presentación se realiza en el mismo orden como se presentan los objetivos e hipótesis.

4.1.1 A nivel de la variable X/ I

Para el desarrollo de los resultados se realizaron ensayos previos para el control de la calidad de los agregados que se detallan a continuación.

4.1.1.1.Muestreo de Agregado.

Extracción y preparación de las muestras

El trabajo en campo consistió en la identificación de las canteras de la ciudad de Abancay, se extrajeron muestras representativas para los ensayos respectivos de laboratorio, las canteras

según al tipo de explotación son a cielo abierto de origen canteras aluviales y de rocas de formación sedimentaria y metamórfica. La accesibilidad de las canteras se encuentra en la vía asfaltada de la ruta Lima – Cusco de la Ruta nacional PE-3S; conocida como la carretera longitudinal de la sierra en el sur del Perú.

Se extrajo muestras de las siguientes Canteras: cantera Ballón, cantera pedregal, cantera Gamarra y Cantera Aymituma como se muestra en la Figura 12.



Figura 12 Ubicación de las canteras estudiadas de la ciudad de Abancay.
Fuente: elaboración propia.

Para la elección del agregado grueso se consideró el proveniente de la cantera de Ballón y el agregado fino de la cantera de Pedregal, además son los agregados más comerciales en el mercado de la construcción en lo referente a Agregado mecanizado (piedra chancada), siendo estos parámetros muy importantes para determinar un agregado general para ser investigado en esta tesis, se muestran imágenes de la extracción de agregados en las canteras visitadas siguiendo la NTP 400.010.



Figura 13. Muestreo de cantera Ballón.

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en contenedores para evitar pérdidas y contaminación de alguna parte de la muestra según a la NTP 400.010.

- **Ubicación de Cantera:** Las canteras están ubicadas en la parte sur oeste de la ciudad de Abancay de la localidad de Pachachaca en la ruta 3S Cusco- Lima, en la provincia de Abancay y departamento de Apurímac.
- **Tipo de Agregado:** Agregado artificial (piedra chancada).
- **Origen Geológico:** Conglomerado de depósito aluvial.
- **Tipo de Roca:** Rocas metamórficas (mármol, cuarzo, cuarcita, etc.), conglomerado sedimentario (batolíticas, granodioritas, graníticas, cuarcitas, etc.).
- **Explotación:** Comercial, de extracción industrializada con gran volumen de rocas para explotación.
- **Manufactura:** Chancado y tamizado mecanizado.

Tamaños de muestras de campo para el ensayo.

La reducción de muestras se obtuvo mediante el método de cuarteo. Con la finalidad de disminuir las muestras obtenidas en el campo a las porciones requeridas para someterlas a ensayos. Siguiendo la Norma ASTM C 702 y NTP 400.010.



Figura 14 Muestreo por el método del cuarteo.

Fuente: Elaboración propia. siguiendo la norma MTC E 103, (MTC. 2016).

4.1.1.2. Agregados gruesos.

A. Granulometría del agregado grueso.

Para uso de los agregados se realizó la determinación de la gradación de los materiales.

El tamaño máximo del agregado grueso que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. Seleccionado las muestras para la investigación es de 1 " (25 mm). $TM = 1"$

El tamaño máximo nominal del agregado grueso que es el tamaño menor de la malla por donde debe pasar la mayor cantidad de los agregados que debe ser retenido en un promedio que varía de 5% a 10%. El agregado seleccionado en la investigación tiene como pasante de la malla 3/4" (12.5 mm) menos del 95%, según la NTP 400.011. $TMN = 3/4"$

Para realizar el ensayo se empleó el método mecánico en un periodo de un minuto de tamizado manual que consiste en lo siguiente: se sostiene individualmente el tamiz en la parte superior con tapa fija y el fondo de la cazuela, se empieza con el batido con la mano en una posición inclinada. Se golpea suave el filo del tamiz con movimiento para arriba con la palma de la mano, a razón de 150 veces por un periodo de un minuto, el tamiz se gira un sexto (1/6) de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.

Resultados:

Tabla 36

Resultado de prueba de granulometría del agregado grueso.

Cuadro comparativo de análisis granulométrico de agregado grueso (NTP 400.012)									
Tamiz	Abertura (mm)	C. Ballón		C. Pedregal		C. Gamarra		C. Aymituma	
		% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa	% retenido o acum.	% que pasa
2"	50.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	11.44	88.56	27.74	72.26	42.55	57.45	15.85	84.15
1/2"	12.50	75.32	24.68	70.46	29.54	95.79	4.21	61.17	38.83
3/8"	9.50	93.48	6.52	90.94	9.06	99.01	0.99	80.13	19.87
Nº4	4.75	99.38	0.62	99.07	0.93	99.53	0.47	99.05	0.95
Cazuela		100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
Módulo de Fineza		7.04		7.18		7.41		6.95	

Fuente: elaboración propia.

El análisis granulométrico de la cantera Ballón se encuentra dentro de la curva de los Husos de la norma NTP 400.012.

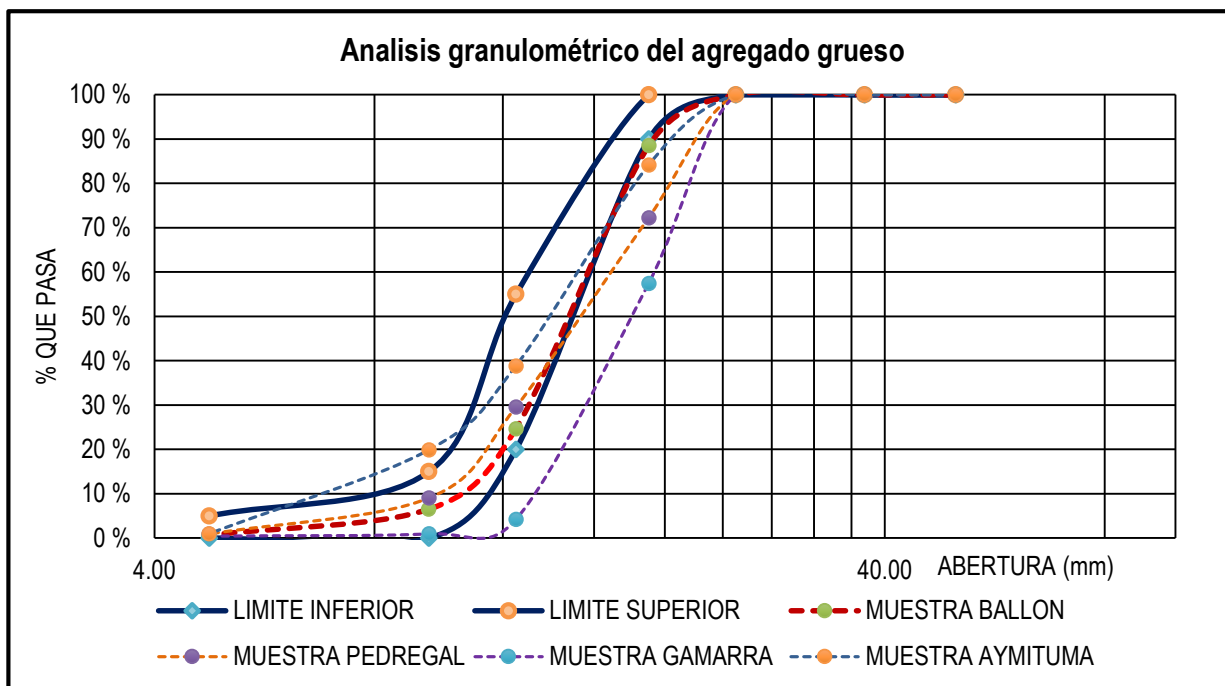


Figura 15 Gráfico de curva granulométrica del agregado grueso.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 15, se observa la curva granulométrica, el eje de las ordenadas representa el porcentaje que pasa y de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala es logarítmica, el gráfico permite visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados. Es apreciable notar que el agregado grueso de la cantera Ballón cumple con los límites de husos especificados de la norma NTP 400.037.



Figura 16 Tamizado manual del agregado grueso de la C. Ballón.
Fuente: elaboración propia.

B. Módulo de fineza del agregado grueso.

Sumado los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices 3", 1½", ¾", 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50 y # 100 el resultado se divide entre 100, el sustento matemático del módulo de fineza según la NTP 400.037.

Resultados:

El módulo de fineza del agregado grueso de la cantera Ballón es:

$$MF = \frac{(0 + 11.44 + 93.48 + 99.38 + 5 * 100)}{100} = 7.04$$

C. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado

Procedimiento:

Se siguió el protocolo de la NTP 400.018

- Se secó la muestra ensayada en la estufa, hasta obtener el peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Luego se secó y se determinó la masa, se colocó la muestra en un recipiente y se añadió bastante cantidad de agua hasta cubrirla. Se agito la muestra con el propósito de desprender completamente todas las partículas más finas que el tamiz de 75 µm de las partículas gruesas y llevar el material fino a suspensión. inmediatamente se vació el agua del lavado con el material fino en suspensión sobre el juego de tamices armado. Evitando la pérdida de las partículas más gruesas en la decantación de la muestra.
- Se adiciono la segunda carga de agua sobre la muestra en el recipiente, se agito y se decantó, hasta conseguir que el agua este completamente clara.
- Todo el material retenido es colocado en un envase para secarla en una temperatura constante de 110 ± 5 °C y luego se determina el valor del peso con una aproximación de 0,1% del peso original de la muestra.

Resultados:

Tabla 37

Resultado del material más fino que pasa el tamiz N°200

Ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75µM(N°200) por lavado en agregados. NTP 400.018				
Descripción	C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Peso Seco Inicial (g)	1027.97	2537	2501.00	2481
Peso Seco Lavado (g)	1022.66	2525	2480.00	2468
Pérdida de Peso(g)	5.31	12	21.00	13
% que pasa la malla N°200	0.52%	0.47%	0.84%	0.52%

Fuente: elaboración propia.

La cantera Pedregal tiene menor porcentaje de material fino, según la norma técnica peruana los agregados deben tener menor de 3% de material fino que pasa la malla N°200.

$$A = \frac{B - C}{B} * 100 \quad (EC- 17)$$

A: % del Material Fino que pasa el Tamiz N°200

B: Peso seco de la muestra original, en gramos

C: Peso seco de la muestra después del lavado, en gramos.

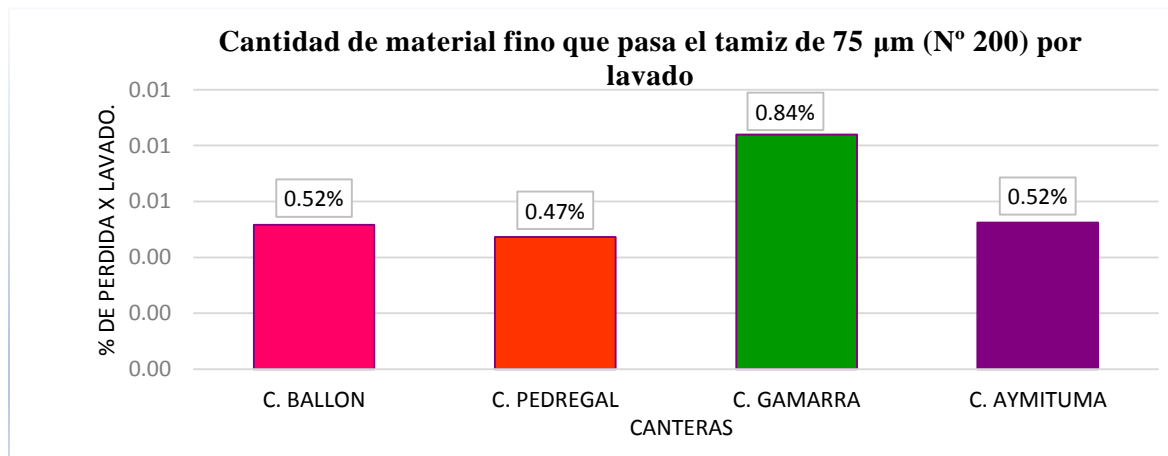


Figura 17 Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado.

Fuente: Elaboración propia.

D. Peso específico del agregado grueso

Procedimiento:

- Se sumergió la muestra del agregado grueso en agua durante 24 hrs.

- Se retiró el agregado del agua y se secó superficialmente con una franela húmeda, se pesó una cantidad de material, obteniéndose de esta forma el peso saturado y superficialmente seco de agregado grueso o gravas (W_{ss}).
- Se determinó el volumen desalojado de agregado grueso ($V_{des.}$), considerando el Principio de Arquímedes, se pesó el agregado en una canastilla, sumergida en agua, obteniéndose el peso de agregado sumergida ($W_{sum.}$).

$$V_{des.} = W_{ss} - W_{sum} \quad (EC- 18)$$

Dónde: Peso específico del agua = 1 gr/cm³

- Sin perder el material, se vació el agregado a una bandeja para secarlas totalmente en la estufa, obteniéndose el peso de gravas secas (W_s).
- determinó el peso específico del agregado grueso como sigue:

$$P.E = W_s / V_{des} \quad (EC- 19)$$



Figura 18 pesado de gravedad específica del agregado grueso de la C. Ballón.
Fuente: elaboración propia.

Resultados:

Tabla 38.

Resultado de peso específico y absorción del agregado grueso.

Cuadro comparativo del peso específico y % de absorción del agregado grueso NTP 400.021				
Descripción	C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Peso de la tara (grs).....A	291.03	292.80	1,077.00	292.80
Peso de la tara + muestra Saturado Superficialmente Seco (grs).....B	3,612.30	1,292.80	4,371.00	880.80
Peso de la muestra Saturado Superficialmente Seco (SSS) (grs).....C = B-A	3,321.27	1,000.00	3,294.00	588.00
Peso de la canastilla en el agua (grs).....D	1,102.00	1,192.00	1,251.00	888.00
Peso de la muestra Sat. Sup. Seco + la canastilla en el agua (grs).....E	3,183.00	1,822.00	3,164.00	1,283.00
Peso de la muestra Saturado Superficialmente Seco en el agua (grs).....F = E-D	2,081.00	630.00	1,913.00	395.00
Peso de la tara + muestra Secada (grs).....G	3,560.90	1,288.80	3,464.34	872.80
Peso de la muestra secada .....H = G-A	3,271.60	996.00	3,261.00	580.00
Peso específico de masa (kg/m³).....I = ((H/((C+D)-E))*1000	2,637.81	2,691.89	2,361.33	3,005.18
Porcentaje de absorción (%).....K = (C-H)/H)*100	1.52%	0.40%	1.01%	1.38%

Fuente: elaboración propia.

El peso específico de la cantera Ballón de 2,637.81 kg/m³ encontrándose dentro de los rangos establecidos de la norma técnica peruana. El peso específico de la masa de mayoría de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3 gr/cm³. Rivva E. (2010).

$$\text{Peso específico de agregado grueso cantera Ballon} = 2,637.81 \text{ Kg/m}^3$$

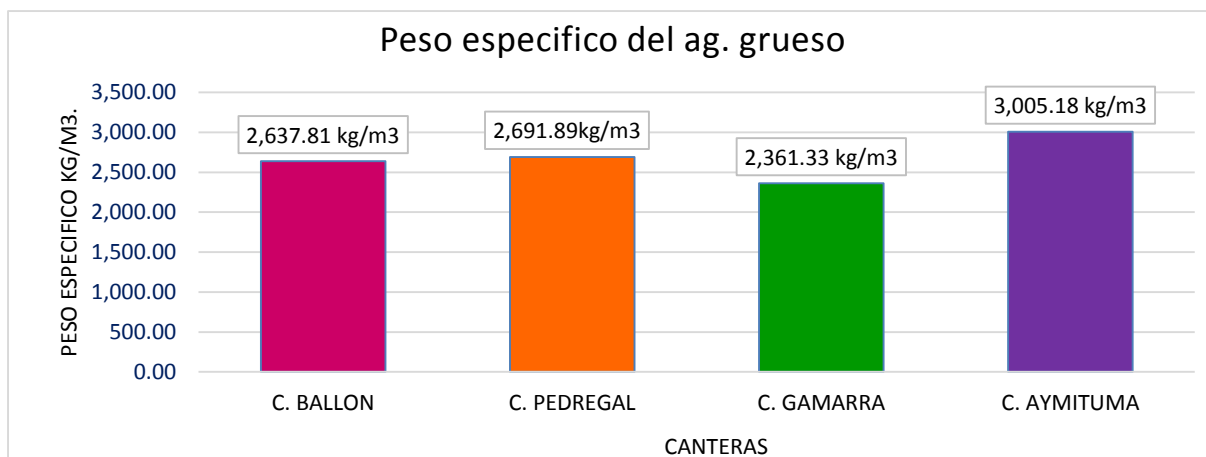


Figura 19 histograma del peso específico del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

Según el histograma muestra que los agregados se encuentran dentro de lo esperado según las normas establecida.

E. Absorción del agregado grueso.

Procedimiento:

Es sumergido la muestra en un periodo de 24 horas en agua potable, se debe llevar a densidad aparente (SSS);

Después se pesa la muestra y seguidamente llevado al horno para su posterior pesado. la diferencia expresada en porcentaje del peso de la muestra seca, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla 38, la cantera Ballón el agregado grueso muestra una absorción de 1.52%

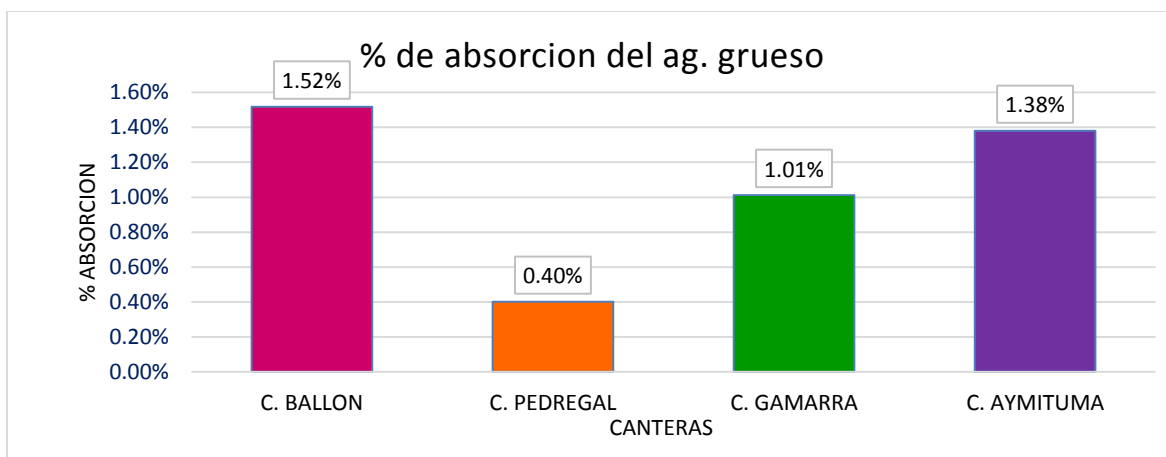


Figura 20 Histograma % de absorción del agregado grueso de las canteras de Abancay.

Fuente: Elaboración propia.

Las capacidades de absorción de los agregados gruesos se encuentran a menores valores de 2% al 3%, mayores a estos valores pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva.

F. Peso unitario suelto del agregado grueso.

Procedimiento:

- Se llenó de agregado grueso al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar el material para compactarlo, para obtener una muestra en su estado suelto. Este procedimiento de llenado con la pala se descargó el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente.
- Se realizó el enrasado de la superficie del agregado con una varilla, compensado las partes salientes y se determina la masa en kg. del recipiente lleno. NTP 400.017.

$$P. u. s. m = P(m + ml) - P(ml) \quad (EC- 20)$$

Donde:

Pm.: Peso de muestra (gr)

P (m+ml): Peso de muestra incluido el molde (gr]

P (ml): Peso del molde (gr)

Resultados:

Tabla 39

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado grueso NTP 400.017					
Descripción		C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	20.10	15.80	20.10	20.10
	Altura (cm)	29.00	17.50	29.00	29.00
	Área (cm ²)	317.31	196.07	317.31	317.31
	Volumen (cm ³)	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	4982.00	6,701.00	4,982.00	4,982.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	17920.00	11,660.50	17,662.00	18,317.00
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	12938.00	4,959.50	12,680.00	13,335.00
Peso unitario Suelto (P.U.S.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000		1,406.00	1,445.42	1,377.97	1,449.15

Fuente: elaboración propia.

El peso unitario suelto aproximado del agregado grueso comúnmente usado varía de 1380 kg/m³ a 1600 kg/m³ los agregados de la ciudad de Abancay se encuentran en los rangos establecidos.

$$P. u. s. m = 1,406.00 \text{ kg/m}^3$$

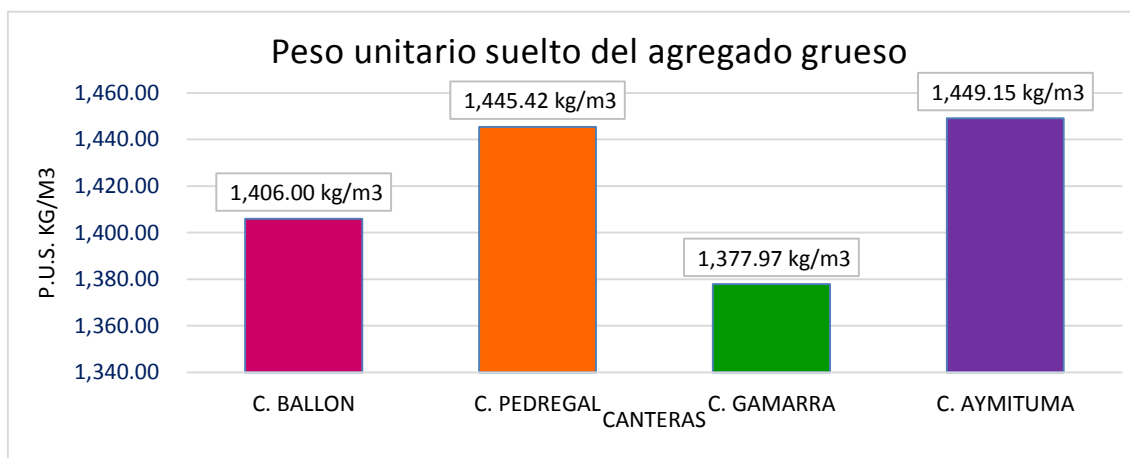


Figura 21 Histograma del peso unitario suelto del ag. grueso.

Fuente: elaboración propia.

El agregado grueso de la cantera de Ballón cumple con los intervalos establecidos de la NTP 400.017.

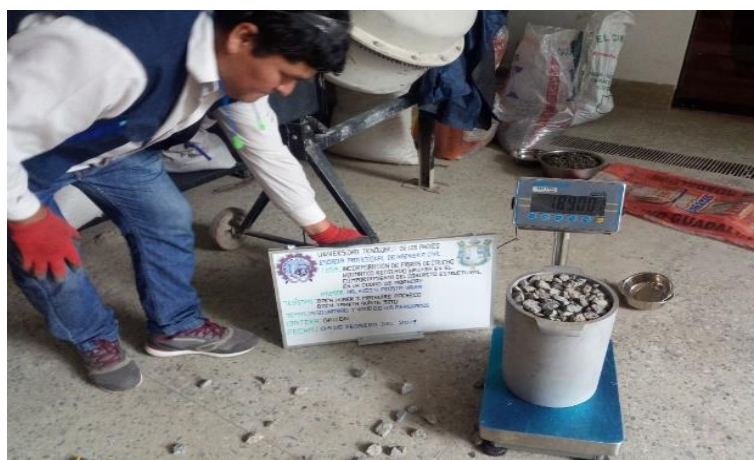


Figura 22 Obtención del peso unitario suelto de la cantera Ballón del agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia.

G. Peso unitario compactado del agregado grueso.

Procedimiento:

- Se llenó de material el molde normalizado en 3 capas de igual altura, cada capa a 1 ó 2 cm. Arriba de la capa respectiva.
- Se varillo para compactar, con acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo es semiesférico y de 8 mm de radio (5 /16"). Se comienza a dar unos golpes distribuidos uniformemente (en forma de espiral) para compactar el material, se da 25 golpes por cada capa. la varilla solo deberá penetrar la capa que corresponde compactar y no debe pasar a la de más abajo.
- Se enrasa la última capa con la varilla y se pesa.

Resultados:

Tabla 40

Resultado de peso unitario compactado del agregado grueso.

Cuadro comparativo del peso unitario compactado del agregado grueso NTP 400.017					
	Descripción	C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	20.10	15.80	20.10	20.10
	Altura (cm)	29.00	17.50	29.00	29.00
	Área (cm ²)	317.31	196.07	317.31	317.31
	Volumen (cm ³)	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
	Peso del molde (grs).....A	4982.00	6,701.00	4,982.00	4,982.00
Datos Obtenidos	Volumen del molde (cm ³).....B	9201.97	3431.18	9201.97	9201.97
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	18900.00	11,847.00	19,092.00	21,674.49
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	13918.00	5,146.00	14,108.00	16,692.49
	Peso unitario Compactado (P.U.C.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000	1,512.50	1,499.78	1,533.15	1,814.01

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado grueso aproximadamente varía de 1500 kg/m³ a 1700 kg/m³ (Rivva E., 2010), los agregados se encuentran dentro del rango a excepción de la cantera Aymituma. El peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera Ballón tiene:

$$P. u. c. m = 1,512.50 \text{ kg/m}^3$$

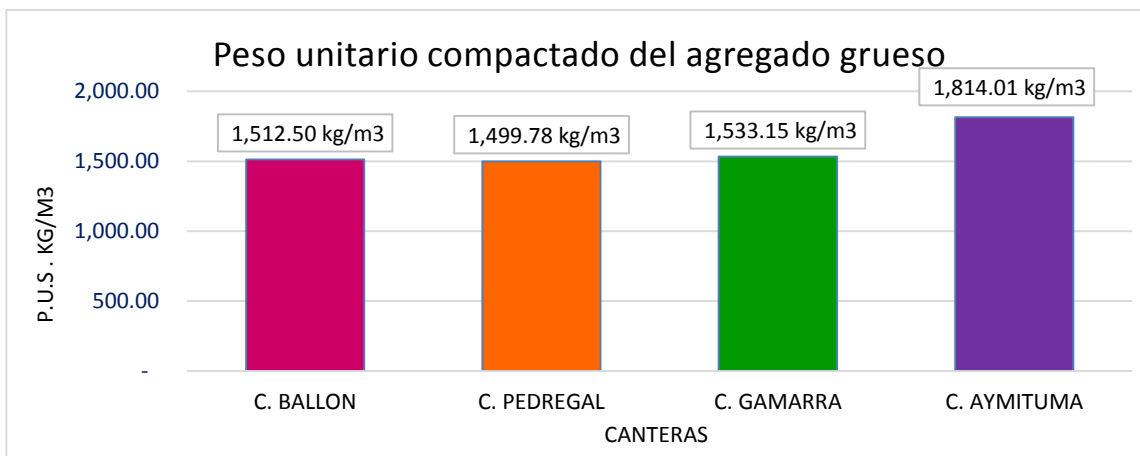


Figura 23 Histograma del peso unitario compactado del agregado grueso.
Fuente Propia.



Figura 24 Obtención del peso unitario compactado de la c. Ballón.
Fuente: Elaboración propia.

H. Ensayo resistencia al desgaste agregado grueso

Procedimiento:

- Se pesó 5000 grs de muestra seca, la pérdida después de 100 revoluciones frente a la pérdida de 500 revoluciones no debe exceder mayor a 0,20 en material de dureza uniforme. Se tiene cuidado del desperdicio de la muestra, se retoma la muestra fractura para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.
- Luego del tiempo establecido se retiró el material del cilindro para hacer pasar por el tamiz # 12 siguiendo los pasos establecidos en la norma NTP 400.019. El

material retenido en el tamiz #12 se lavó y se secó en el horno a una temperatura comprendida entre 105 °C y 110 °C. se realiza el pesado final de la muestra después del secado en el horno después de 24 horas y eliminando los finos.

Resultados:

Tabla 41

Resultado de abrasión los Ángeles de los agregados menor de 1 1/2"

Cuadro comparativo abrasión los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 1/2") NTP 400.019					
Descripción		C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso Retenido (gr)	Peso retenido (gr)	Peso retenido (gr)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	1276.00	1251.00	1265.00	1258.00
3/4"	19.00	1499.00	1253.00	1252.00	1253.00
1/2"	12.50	1484.00	1256.00	1250.00	1254.00
3/8"	9.50	741.00	1240.00	1240.00	1235.00
TOTAL		5000	5000	5007	5000
Peso de la muestra inicial		5000	5000	5007	5000
Peso de la muestra final		3,853.00	3,782.00	3,705.00	3,786.00
Peso de la muestra perdida		1,147.00	1,218.00	1,302.00	1,214.00
Perdida de la muestra (%)		29.77%	32.21%	35.14%	32.07%

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 400.037, que las resistencias mecánicas de los agregados gruesos por el método de abrasión (método los Ángeles): no debe ser mayor a 50 %. Los resultados obtenidos, la cantera Ballón tienen menor pérdida al desgaste, se concluye que el agregado grueso es óptimo según las condiciones establecidas en la norma. Además, se establece la NTP 400.019 para tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19,0 mm (3/4 pulg), con porcentajes de pérdida en el rango de 10 % a 45 %.



Figura 25 Pesado de la muestra para el desgaste a la abrasión los Ángeles.
Fuente: Elaboración propia.

Se introdujo las muestras secas un pesó 5000 grs siguiendo el cuadro de gradación en la tabla 8, después de 500 rpm tiempo determinado, se retiró el material del cilindro.

$$\% \text{ Desgaste Cantera Ballon} = 29.77\%$$



Figura 26 Tamizado de la muestra del desgaste a la abrasión con la malla N° 12.
Fuente: Elaboración propia.

I. Contenido de humedad - agregado grueso

Procedimiento:

Se empezó con la muestra inicial de 3000gr. del agregado grueso de la cantera Ballón, seguidamente se hizo el cuarteo con una aproximación de 0.1% para ser pesado en la balanza, en el proceso se tubo precaución con la muestra para evitar la pérdida de humedad, después del

pesado de la muestra se procedió a someterlo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ al horno para extraer la humedad establecido los pasos a seguir en la norma NTP 339.185, después de haber culminado el tiempo en el horno se sacó la muestra y se dejó por un periodo dejándolo enfriar y se realizó el pesado de la muestra.

Resultados:

Tabla 42

Contenido de humedad del agregado grueso.

Contenido de humedad total de los agregados por secado NTP 339.185	
Contenido de humedad de agregado grueso	
cantera Ballón	Muestra promedio
Peso de la tara (grs).....A	0.00
Peso de la tara + muestra natural (grs).....B	3000.00
Peso de la tara + muestra secada a horno (grs).....C	2976.83
Peso del contenido del agua (grs).....D = B-C	23.17
Contenido de humedad (%W).....E = ((B-C)/C)*100	0.78%

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. Agregados finos.

A. Granulometría del agregado fino.

Procedimiento:

- La muestra de ensayo tiene como mínimo 500 gr
- El tamizado de la muestra se realizó según la norma NTP 400.012.
- Cada ensayo de tamizado debe ser con tapa superior y cazuela en el fondo para evitar pérdidas, seguidamente se aplicará un movimiento oscilatorio de viven: atrás, adelante, derecha, izquierda, arriba, abajo y forma circular.
- Después de un periodo de un minuto se da finalizada la operación de tamizado no debe pasar más del 1% en peso de la muestra retenido sobre el tamiz.

Resultados:

Tabla 43

Análisis granulométrico del agregado fino.

Cuadro comparativo de análisis granulométrico de agregado fino (NTP 400.012)									
Tamiz	Abertura (mm)	C. Ballón		C. Pedregal		C. Gamarra		C. Aymituma	
		% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa	% retenido o acumulado	% que pasa
3/8"	9.50	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
N°4	4.75	5.16	94.84	3.88	96.12	18.00	82.00	11.01	88.99
N°8	2.36	36.89	63.11	17.13	82.87	52.97	47.03	38.27	61.73
N°16	1.18	61.85	38.15	43.88	56.12	75.70	24.30	66.06	33.94
N°30	0.60	87.73	12.27	68.48	31.52	87.37	12.63	86.02	13.98
N°50	0.30	94.96	5.04	92.61	7.39	92.46	7.54	94.86	5.14
N°100	0.15	97.81	2.19	97.09	2.91	95.58	4.42	98.59	1.41
Cazuela		100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
Módulo de Fineza		3.84		3.23		4.22		3.95	

Fuente: Elaboración propia.

La cantera seleccionada es cantera Pedregal por la aproximación de los límites de la curva granulométrica de la NTP 400.037.

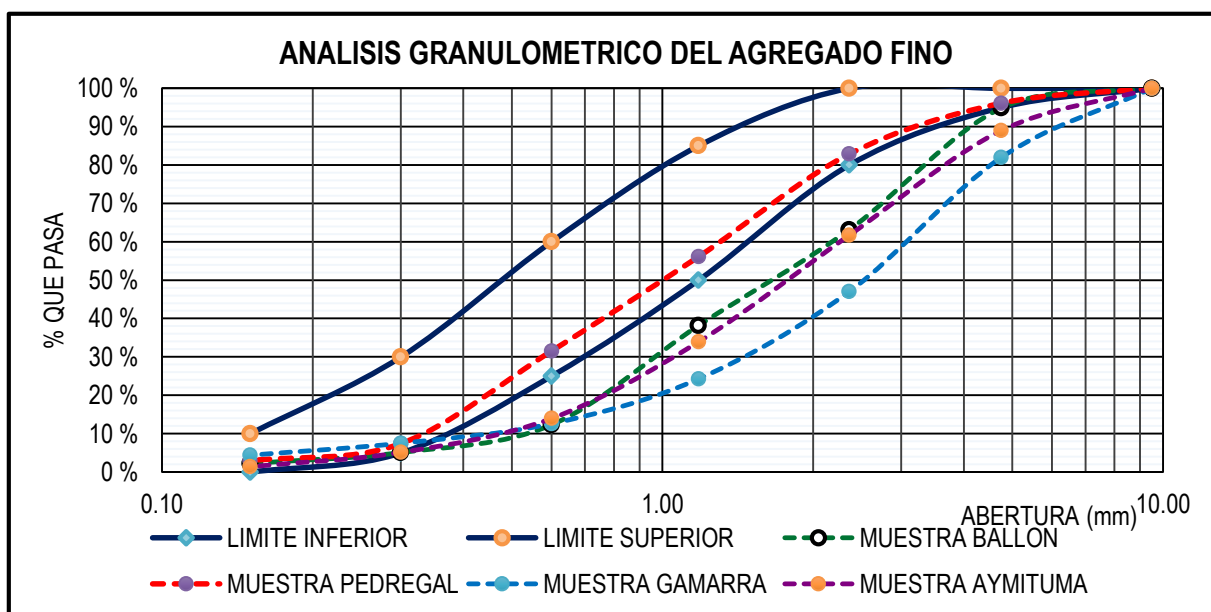


Figura 27 Análisis granulométrico de los agregados finos.

Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino de la cantera pedregal se encuentra dentro de los límites de los usos establecidos en NTP 400.037



Figura 28 Distribución granulométrico del agregado fino despues del ensayo.
Fuente: Elaboración propia.

La distribución granulométrica de la cantera pedregal tiende a estar dentro de los límites del uso granulométrico de la norma NTP. 400.037.

B. Módulo de fineza del agregado fino

Resultados:

El módulo de fineza del agregado fino de la cantera de Pedregal es de:

$$MF = \frac{(3.88 + 17.13 + 44.88 + 68.48 + 92.61 + 97.09)}{100} = 3.23$$

Según la norma NTP 400.037 el agregado fino no tendrá que exceder 45% entre 2 mallas que están consecutivamente de los tamices normado para módulo de fineza. El módulo de fineza debe estar preferentemente en el rango 2.3 – 3.1, si la muestra excede el limite indicado de ± 0.2 el agregado debe ser rechazado (según la Ing. Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez). la muestra en estudio se encuentra dentro de los rangos permitidos.

C. Peso específico del agregado fino

Procedimiento:

Saturada la arena se sumergió en agua por 24 hrs, se llevó al estado saturado y superficialmente seco en la estufa; en superficie limpia y seca, para verificar el estado superficialmente se usó el cono truncado, llenándose de la muestra en dos capas y en cada capa se da 15 golpes con el pisón en la primera capa y 10 golpes en la segunda capa, después se enrasa y se retira el molde haciendo un movimiento vertical. Estará conforme cuando la muestra se desmorone lentamente indicando que se encuentra en el estado saturado y superficialmente seco, si no se desmorona se vuelve a la estufa.

Posterior al paso anterior se pesó dos muestras de 500 grs. cada una de arena (W_{sss}), se vació agua en la fiola hasta la mitad de la parte curva, se vertió una de las muestras apoyándose en un embudo y en la parte inferior de la fiola se colocó un recipiente para recoger el material que pueda caer durante esta operación, después del vaciado al fiola, La otra muestra se sometió al secado total, en la estufa, para obtener el peso seco de arena (W_s).

Se extrajo el aire atrapado en la fiola empleando el método manual para los vacíos; se agito el material de la fiola sobre su eje longitudinal.

Se completó la capacidad de la fiola con agua hasta la línea de marca de aforo, hasta coincidir con la marca (1000 ml).

- Se pesó la fiola + arena (W_{fa})
- Se obtiene el peso de la fiola + arena + agua hasta la marca de aforo (W_{faw}).
- Se realiza el cálculo de los valores obtenidos en la fórmula siguiente y se obtiene la densidad siguiendo la norma NTP 400.022.

Por las siguientes relaciones se determina las características del agregado:

- Peso específico de masa

$$(P_{em}) P_{em} = W_o / (V - V_a)$$

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (P_{ess}).

$$P_{ess} = 500 / (V - V_a)$$

- Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = W_o / [(V - V_a) - (500 - W_o)]$$

Donde:

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V = Volumen del frasco en cm^3 .

V_a = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida a la fiola.

Resultados:

Tabla 44

Resultados del peso específico de los agregados finos.

Cuadro comparativo del peso específico del agregado fino (NTP 400.022)				
Descripción	C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Peso de la tara (grs).....A	82.43	29.80	82.42	178.50
Peso de la tara + muestra saturada superficialmente seca (grs).....B	582.43	529.85	582.45	678.50
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (grs) aprox. 500grs.....C = B-A	500.00	500.05	500.03	500.00
Peso del Picnómetro	176.67	176.67	176.67	176.67
Peso de Pic. + agua de 500cm ³ ....D	674.58	665.00	674.93	315.72
Volumen del Picnómetro....V cc	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso de Pic. Con agua de 500 cm ³ + muestra S.S.S(grs).....E	990.08	977.00	986.71	997.00
Peso de la tara + muestra seca(grs).....F	691.90	521.80	611.07	581.50
Peso de la muestra seca(grs).....G = F-A	495.28	492.00	491.39	489.00
Peso específico de masa (kg/m³).....H = ((G/((C+D)-E))*1000	2,684.44	2,616.33	2,610.31	2,697.48
Porcentaje de Absorción (%).....J = ((C-G)/G)*100	0.95%	1.64%	1.76%	2.25%

Fuente: Elaboración propia.

El peso específico (gravedad específica) de las muestras la mayoría de los agregados comúnmente empleados están comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3 gr/cm³.

La capacidad de absorción de los agregados se estima que en los valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Los agregados que absorben valores mayores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande.

Peso específico de Agr. fino cantera Pedregal = 2,616.33 Kg/m³

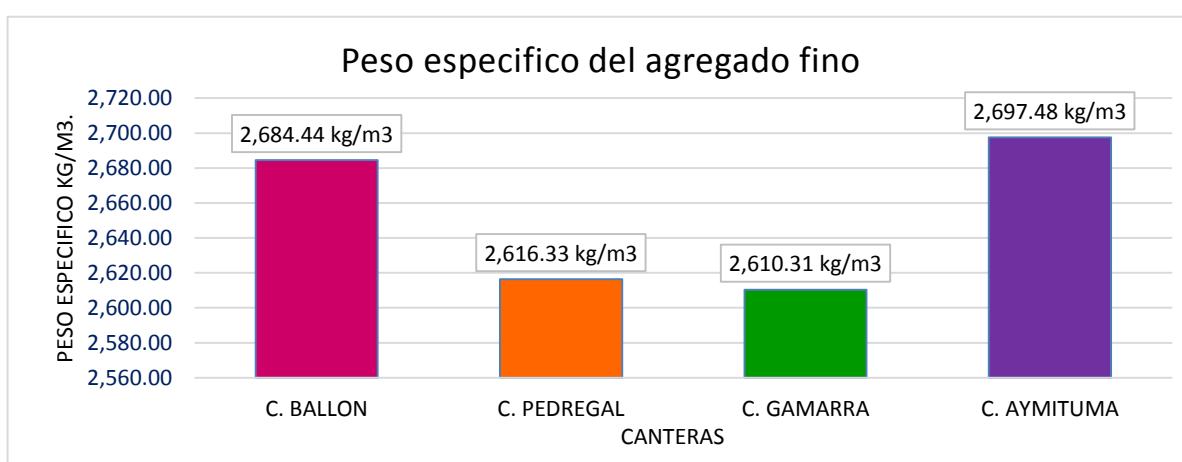


Figura 29 Histograma del peso específico del agregado fino de canteras.

Fuente: Elaboración propia.

El peso específico del agregado fino de las canteras estudiadas se encuentra dentro del rango establecido.



Figura 30 Peso específico del agregado fino verificación de cantidad de humedad.

Fuente: Elaboración propia.

El cono de la muestra se desmorono lentamente; la muestra llegó al estado saturado y superficialmente seco mostrada en la figura 30.



Figura 31 Pesado de fiola mas muestra del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

Colocado la muestra se extrajo el aire atrapado en la fiola; el material con el agua se agita sobre su eje longitudinal y se pesó luego de extraer el aire atrapado, mostrada en la figura 31.

D. Absorción del agregado fino.

Resultados:

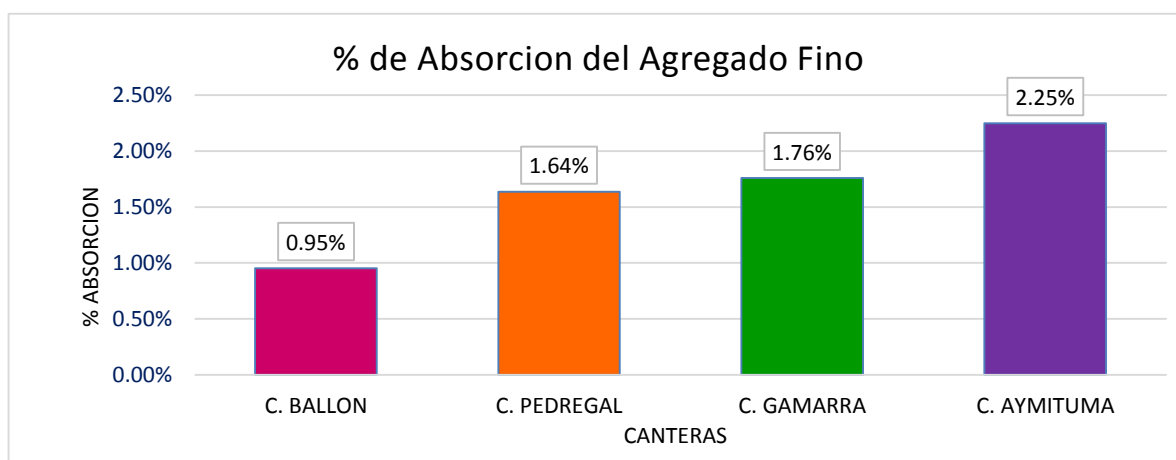


Figura 32 Histograma del % de Absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{Absorción de Agr. Grueso Cantera Pedregal} = 1.64\%$$

El histograma mostrado de la absorción de cantera pedregal se encuentra con un porcentaje de absorción de 1.64%.

E. Peso unitario suelto del agregado fino

Procedimiento:

- Se llenó de material (agregado fino) al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar el material para compactarlo, para obtener una muestra en su estado suelto. Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, se descargó el agregado de una altura no mayor de 50 mm encima del borde superior del molde.
- Se enrasó con una varilla con sumo cuidado y se pesó.



Figura 33 Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

Se llenó de agregado fino al molde normalizado hasta el ras sin necesidad de varillar.

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017).

Resultados:

Tabla 45

Resultado de peso unitario suelto del agregado fino.

Cuadro comparativo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)					
Descripción		C. Ballón	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	15.10	15.80	15.10	15.10
	Altura (cm)	15.40	17.50	15.40	15.40
	Área (cm ²)	179.08	196.07	179.08	179.08
	Volumen (cm ³)	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	1622.00	6,701.00	1,622.00	1,622.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	5454.00	12,076.00	5,488.00	6,284.77
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	3832.00	5,375.00	3,866.00	4,662.77
Peso unitario suelto (P.U.S.)(kg/m³)...		1,389.50	1,566.52	1,401.83	1,690.75
..E = (D/B)*1000					

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario suelto del agregado fino según la NTP 400.017, indica el intervalo de 1400 a 1600 kg/m³, la cantera Pedregal con peso unitario suelto de 1566.52 kg/m³ se encuentra dentro del rango.

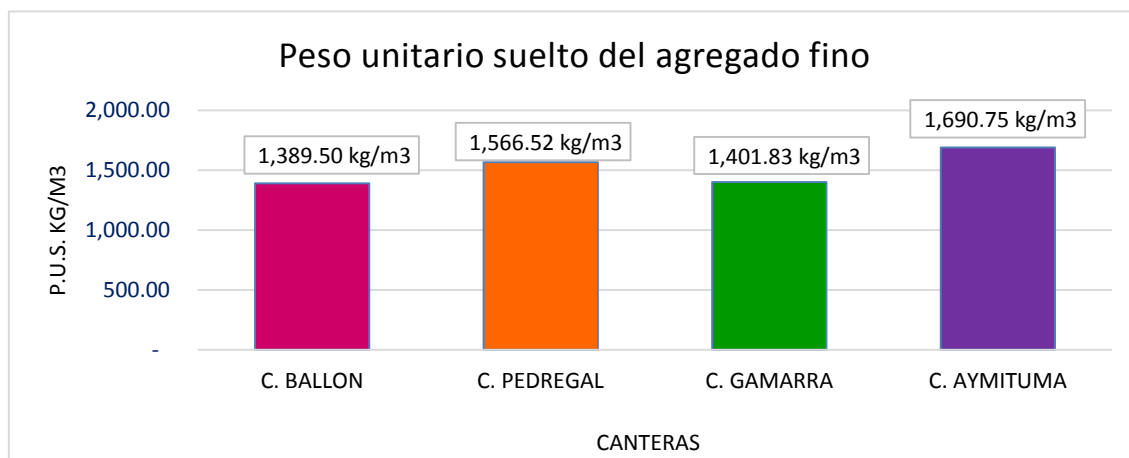


Figura 34 Histograma del peso suelto del agregado fino de las canteras.

Fuente: Elaboración propia.

$$P. u. s. m \text{ de la Cantera Pedregal} = 1,566.52 \text{ kg/m}^3$$

F. Peso unitario compactado del agregado fino.

Resultados:

Tabla 46.-

Resultado peso unitario compactado del agregado fino.

Cuadro comparativo del peso unitario compactado del agregado fino NTP 400.017					
Descripción		C. Ballon	C. Pedregal	C. Gamarra	C. Aymituma
Medidas del Recipiente	Diámetro (cm)	15.10	15.80	15.10	15.10
	Altura (cm)	15.40	17.50	15.40	15.40
	Área (cm ²)	179.08	196.07	179.08	179.08
	Volumen (cm ³)	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
Datos Obtenidos	Peso del molde (grs).....A	1622.00	6,701.00	1,622.00	1,622.00
	Volumen del molde (cm ³).....B	2757.82	3431.18	2757.82	2757.82
	Peso del molde + muestra suelta (grs).....C	6038.00	12,264.50	6,102.00	6,898.74
	Peso de la muestra suelta (grs).....D = C-A	4416.00	5,563.50	4,480.00	5,276.74
	Peso unitario Compactado (P.U.C.)(kg/m³).....E = (D/B)*1000	1,601.27	1,621.46	1,624.47	1,913.38

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado fino según la NTP 400.017, indica el intervalo de 1500 a 1700 kg/m³, la cantera Pedregal tiene 1621.46 kg/m³ se encuentra dentro del rango.

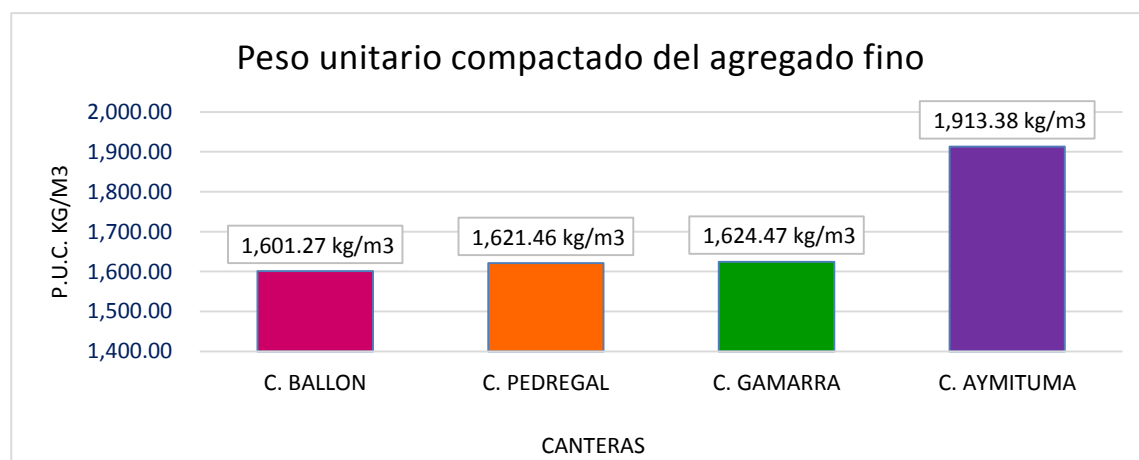


Figura 35 Histograma del peso unitario compactado de los agregados finos.

Fuente: Elaboración propia.

El peso unitario compactado del agregado fino de la cantera Pedregal tiene 1,621.46 kg/m³.



Figura 36 Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia.

Se siguió según a la norma NTP 400.017 y los mismos pasos del agregado fino.

$$P. u. c. m = 1,621.46 \text{ kg/m}^3$$

G. Contenido de humedad del agregado fino

Procedimiento:

Se empezó con la muestra inicial de 5000gr. del agregado fino de la cantera Pedregal, seguidamente se hizo el cuarteo con una aproximación de 0.1% para ser pesado en la balanza, en el proceso se tubo precaución con la muestra para evitar la pérdida de humedad, después del pesado de la muestra se procedió a someterlo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ al horno para extraer la humedad establecido los pasos a seguir en la norma NTP 339.185, después de haber culminado el tiempo en el horno se sacó la muestra y se dejó por un periodo dejándolo enfriar y se realizó el peso de la muestra.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula EC - 21:

$$\%w = \frac{P_o - P_s}{P_s} * 100 \quad (EC- 21)$$

Donde:

Po: peso inicial

Ps: peso seco

%w: porcentaje de humedad.

Resultados:

Tabla 47

Contenido de humedad del agregado fino.

Contenido de humedad total de los agregados por secado NTP 339.185	
contenido de humedad de agregado fino	
cantera Pedregal	Muestra promedio
Peso de la tara (grs).....A	0.00
Peso de la tara + muestra natural (grs).....B	628.70
Peso de la tara + muestra secada a horno (grs).....C	625.00
Peso del contenido del agua (grs).....D = B-C	3.70
Contenido de humedad (%W).....E = ((B-C)/C)*100	0.59%

Fuente: Elaboración propia.

El contenido de humedad de la cantera Pedregal es de 0.59% esta se aplicará en el diseño de mezclas.

4.1.1.4. Muestreo de fibra de caucho neumático reciclado.

La propuesta de incorporar la fibra de caucho de neumático reciclado al concreto surge con la idea de contribuir con el desarrollo de algunas propiedades del concreto estructural.

En base al análisis bibliográfico de concretos con adición y sustitución parcial de fibras de caucho de neumático reciclado, para la presente investigación se incorpora las fibras de caucho de neumático reciclado en tres dosificaciones de caucho reciclada del orden 3%, 5% y 7%, trabajándose al peso de cemento y al peso de los agregados, la misma que será añadida como cualquier agregado. Así podremos tener una idea de sus propiedades mecánicas, su dosificación específica y sus perspectivas aplicaciones.

Para la incorporación de fibras de caucho al peso del cemento y agregado fino se utilizó dos tamaños de fibra fina una retenida en malla N°100 el porcentaje de 1.11%, de dimensiones alargados de 1 mm a 4.5 mm y de diámetro de 0.5 mm (caucho granulado) Figura 37 a) y la otra fibra fina retenida en la malla N°100 el porcentaje de 1.53 % de diámetro 0.01mm (caucho pulverizado) Figura 37 b), se realizó una combinación de ambos para que tenga mejor comportamiento en la curva granulométrica agregándose el 60% fina de caucho pulverizado y 40% fibra fina caucho granulado. Para la incorporación al peso del agregado grueso se utiliza la fibra gruesa asemejando a la piedra de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " retenida en la malla N°4 el 3.5%, de dimensiones alargadas desde 11 mm hasta 39 mm un espesor desde 5 mm hasta 19 mm, se muestra la Figura 38.



Figura 37 a) caucho granulado pasante malla de $\frac{3}{8}$ ", b) caucho pulverizado.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 37 se observa las dimensiones a escala 1/100 utilizándose para el diseño con respecto del peso de cada componente (cemento y agregado fino).



Figura 38 Caucho granulado retenido en la Malla N°4.

Fuente: Elaboración propia.

A. Granulometría de la fibra de caucho.

Para la investigación tomamos dos muestras de fibra de caucho, a las que les daremos las aplicaciones de un agregado, siguiendo los pasos descritos anteriormente apoyados en la norma técnica peruana 400.037 y la NTP 400.012.

Procedimiento:

- Se pesó de la muestra de fibra mayor de 300 gr. para fibras finos y para fibras gruesas se utilizó de 3 kg.
- Se movió frecuentemente bamboleando: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.
- La fibra de caucho de fino utilizado tiene un tamaño de dimensiones alargados de 1 mm a 4.5 mm y de diámetro de 0.5 mm (caucho granulado) y la otra fibra fina de diámetro 0.01mm (caucho pulverizado) procedente de neumáticos fuera de uso, obtenido de la trituración manual.



Figura 39 Ensayo granulométrico de fibra de caucho reciclado fino.
Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado, realizándose la combinación de ambas fibras de caucho lográndose una curva óptima a diferencia de tesis anteriores.



Figura 40 Ensayo granulométrico de fibra de caucho reciclado gruesa.
Fuente: Elaboración propia.

El caucho de grano grueso utilizado es de tamaño de 11 mm hasta 39 mm un espesor desde 5 mm hasta 19 mm procedente de neumáticos fuera de uso y obtenido mediante trituración manual.

Resultados:

La granulometría de las fibras de caucho de neumático reciclado se tiene los cuadros siguientes:

Tabla 48

Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Normativa N.T.P 400.037	
							Inferior	Superior
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	1.30	1.47	0.31	0.31	99.69	95	100
N°8	2.36	27.70	27.88	5.84	6.14	93.86	80	100
N°16	1.18	200.50	200.68	42.01	48.16	51.84	50	85
N°30	0.60	184.30	184.48	38.62	86.78	13.22	25	60
N°50	0.30	54.30	54.48	11.40	98.18	1.82	5	30
N°100	0.15	7.30	7.47	1.56	99.75	0.25	0	10
Cazuela		1.20	1.20	0.25	100.00	0.00	-----	-----
Sumatoria		476.60	477.65	100.00	-----	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado.

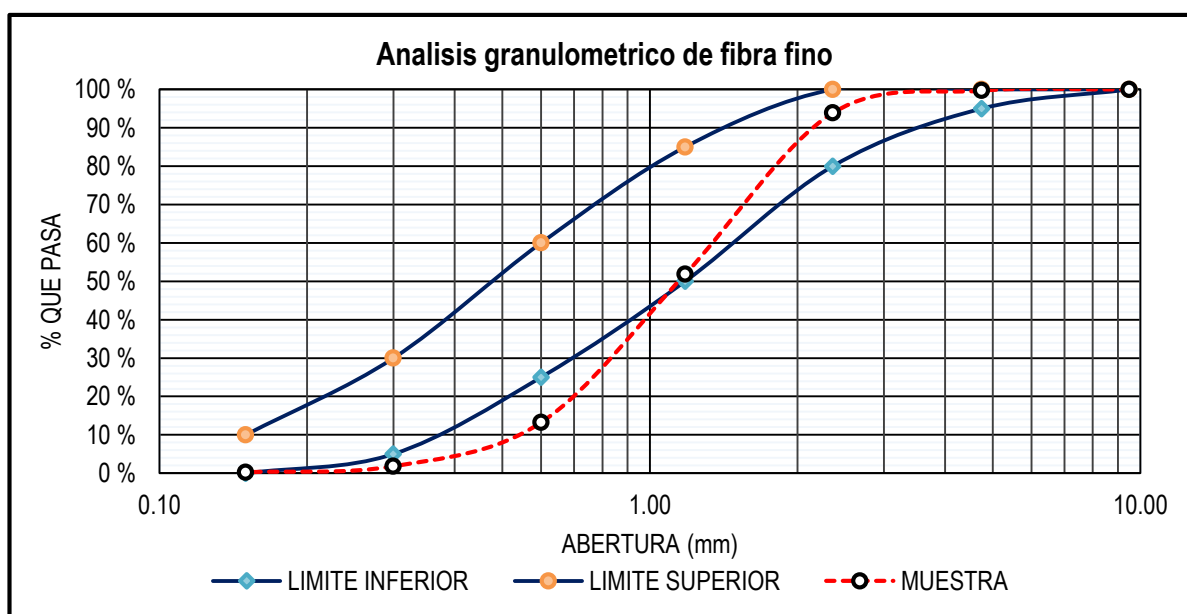


Figura 41 Curva granulométrico de fibra de caucho fino.

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de la fibra fina tiene mayor cantidad de fibras gruesas.

Tabla 49

Resultado de ensayo granulométrico de fibra de caucho grueso.

Ensayo granulométrico de fibra grueso: muestra promedio fibra de caucho reciclado							Normativa N.T.P 400.037	
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa	Inferior	Superior
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	621.00	621.38	20.71	20.71	79.29	90	100
1/2"	12.50	1652.02	1652.40	55.08	75.79	24.21	20	55
3/8"	9.50	582.45	582.83	19.43	95.21	4.79	0	15
Nº4	4.75	142.52	142.90	4.76	99.98	0.02	0	5
Cazuela		0.70	0.70	0.02	100.00	0.00	-----	-----
Suma		2998.69	3000.20	100.00	-----	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

La fibra gruesa fue retenida en el tamiz ¾", en mayor retenido se tuvo en el tamiz ½".

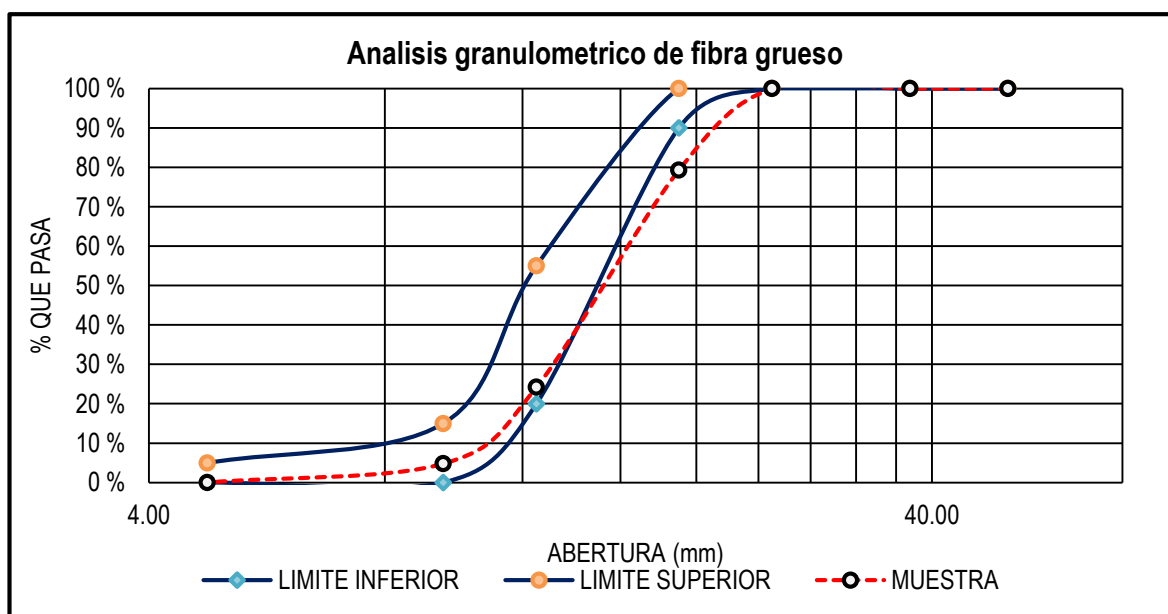


Figura 42 Curva granulométrica de fibra caucho grueso.

Fuente: Elaboración propia.

La fibra gruesa se encuentra en mayor parte dentro de los límites del huso del agregado grueso.

B. Densidad de masa y peso específico de fibra de caucho

Procedimiento:

La densidad de masa de la fibra de caucho fue determinada al aplicarle el mismo tratamiento que se le da al agregado fino.

A semejando al ensayo para el agregado fino, la fibra de caucho demostró atrapar aire, por lo tanto, con una agitación ininterrumpida y lenta, se eliminó burbujas de aire para tomar los datos correspondientes al peso, obteniéndose un valor de masa específica de 1.083 gr/cm^3 .



Figura 43 Ensayo a peso específico y absorción de la fibra fina,
Fuente: Elaboración propia.

Para la fibra gruesa la muestra se sumergió en agua por 24 hrs. aproximadamente para que llene los poros. Luego se retiró del agua, se secó el agua de la superficie de las partículas con franela, y se procedió al pesado. Seguidamente la muestra de fibra se pesó es sumergida en agua con la canastilla.

Finalmente, la muestra de fibra se secó al horno y se pesó. Se calculó el peso específico y de absorción, siguiendo la aplicación que se da a los agregados gruesos, determinándose el valor de 1.091 gr/cm^3 .



Figura 44 Ensayo a peso específico de fibra gruesa.

Fuente: Elaboración propia..

Secado de fibra en franela y pesado de fibras gruesas en canastillas.

Resultados:

Tabla 50

Resultados de ensayos peso específico y absorción de las fibras caucho.

Resumen de ensayo	
Descripción de ensayos	Muestra promedio
Peso específico de masa del agregado fino (kg/m ³)	1,083.23
Porcentaje de absorción del agregado fino (%)	26.60%
Peso específico de masa del agregado grueso (kg/m ³)	1,091.30
Porcentaje de absorción del agregado grueso (%)	1.23%

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos se obtuvo la cantidad de fibras según al peso de los elementos del concreto (cemento y agregados).

4.1.1.5. Diseño de Mezcla

Siguiendo el método ACI, se realizó los pasos especificados en el marco teórico de diseño de mezcla.

Información requerida de los materiales

Tabla 51
Parámetros físicos de los agregados para el diseño de mezcla.

Parámetros físicos de los agregados				
Descripción	Agregado fino cantera Pedregal	Agregado grueso cantera Ballón	Cemento tipo I (Sol)	Agua
Peso específico de masa (kg/m ³)	2,616.33	2,684.44	3,120.00	1,000.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1,566.52	1,406.00	-----	-----
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1,601.27	1,512.50	-----	-----
Contenido de humedad (%)	0.59%	0.78%	-----	-----
Porcentaje de absorción (%)	1.64%	1.52%	-----	-----
Tamaño máximo	.....	1"	-----	-----
Tamaño máximo nominal	.....	3/4"	-----	-----
Módulo de finura	3.23	7.04	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo elegido las canteras con agregados que cumplen con las especificaciones de la NTP 400.037, se realizó el diseño de mezcla.

Método de diseño del ACI

La hoja de cálculo correspondiente al diseño de mezclas por el Método del ACI se encuentra desarrollada al detalle en los anexos.

Resultados de diseño para el concreto patrón.

Desarrollando el método de diseño de mezclas del ACI obtenemos la siguiente tabla resumen:

Tabla 52
Resumen de diseño de mezcla patrón (CP).

Diseño de mezcla del concreto patrón (CP)					
Descripción	Peso húmedo de diseño (kg)	Proporción en peso	Proporción en volumen p ³	cantidad de materiales xm ³ de concreto	
Cemento	367.12	1.00	1.00	8.638	bolsas de cemento
Agregado fino	873.76	2.38	2.28	0.558	m ³ de agregado fino
Agregado grueso	879.42	2.40	2.56	0.625	m ³ de agregado grueso
Agua	220.56	0.60	22.68 lt/bls	0.221	m ³ agua.

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como base al diseño concreto patrón se incorporó las fibras de caucho al peso de los componentes del concreto (cemento, agregados).

Tabla 53.-
Dimensiones del testigo cilíndrico 6"x12".

$V = h\pi r^2$.	Medidas de testigo cilíndrico	Unid.
Altura	30.480	cm
Radio	15.240	cm
Volumen	5560.000	cm ³
Volumen	0.0056	m ³



Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó las briqueteras de las medidas en mención de la tabla 53 especificadas en la norma NTP 339.183.

Tabla 54
Dimensiones del testigo prismático 15x15x60cm.

$V = l*a*h$	Medidas de testigo prismático, NTP 339.183	Unid
Altura	15.000	cm
Ancho	15.000	cm
Largo	60.000	cm
Volumen	13500.000	cm ³
Volumen	0.0135	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado se obtuvo las siguientes densidades:

Tabla 55.-
Densidades de materiales de utilizados en la dosificación.

Descripción	Fibra fina (gr/cm ³)
Densidad de fibra de caucho fino	1.083
Densidad de fibra de caucho grueso	1.091
Densidad de agregado fino	2.616
Densidad de agregado gruesa	2.638
Densidad de cemento tipo I	3.120

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.6. Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del cemento X_1 :

Para la investigación, habiéndose diseñado el concreto patrón se prosiguió a diseñar concreto con incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado al peso del cemento. Obteniéndose los diseños finales mostrados en las tablas siguientes:

$$\text{Peso del Caucho} = \text{peso del Agregado} \times \frac{\text{Densidad del Caucho}}{\text{Densidad del Agregado}} \quad (\text{EC- 22})$$

Tabla 56

Diseño de concreto con incorporación de fibra caucho al peso cemento.

Componentes para 1 m ³ de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento. (kg/m ³)				
Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560
Fibra de caucho fino	.....	3.823	6.372	8.920

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado, con el objetivo de establecer una comparación efectiva entre el comportamiento del concreto patrón y el concreto con fibra de caucho, se planifico la preparación conjunta de ambos concretos. Para lo antes mencionado se procedió a llenar probetas con concreto normal sin fibras (SF). Ya que de esta manera se tiene un buen control de las propiedades del concreto sin fibra y el concreto con fibras de caucho de neumático reciclado.

Tabla 57

*Dosificación de concreto para una unidad de testigo cilíndrico.*Componentes para 1 und testigos cilíndricos (6"x24") de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento. (kg)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol Tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056
Agregado Fino	4.893	4.893	4.893	4.893
Agregado Grueso	4.925	4.925	4.925	4.925
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235
Fibra de Caucho Fino	.....	0.021	0.036	0.050

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 57 se muestra la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con incorporación de fibra caucho al peso del cemento.

Tabla 58

*Dosificación de concreto para una unidad de testigo prismático.*Componentes para 1 unidad testigo prismático (viga 15x15x60) de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento

Descripción	Concreto patrón	Fibra de Caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de Caucho Fino	.....	0.052	0.086	0.120	kg

Fuente: Elaboración propia..

En la tabla 58 se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con incorporación de fibra caucho al peso del cemento.

4.1.1.7. Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado fino X₂:

Se continuó con el diseño de mezcla incorporando al peso del agregado fino según el cuadro siguiente:

Tabla 59

Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado fino

Componentes para 1 m³ de concreto f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino. (kg/m³)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de Caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560
Fibra de caucho fino	.....	10.852	18.086	25.321

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho fino está compuesta: 40% caucho granulado+60% caucho pulverizado.

Tabla 60

Diseño con incorporación de fibras para una unidad de testigo cilíndrico.

Componentes para 1 unidad testigos cilíndricos de concreto f'c = 210 kg/cm² con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino. (kg)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056
Agregado fino	4.893	4.893	4.893	4.893
Agregado grueso	4.925	4.925	4.925	4.925
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235
Fibra de caucho fino	.....	0.061	0.101	0.142

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 60 se observa la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con incorporación de fibra de caucho respecto al peso del agregado fino.

Tabla 61

Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del ag. fino (prismático).

Componentes para 1 unidad testigos prismático (viga 15x15x60) de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado fino.

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de caucho fino	.....	0.147	0.244	0.342	kg

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 61 se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino.

4.1.1.8. Diseño de concreto con incorporación fibra de caucho al peso del agregado grueso

X_3 :

El diseño para la incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso se muestra el cuadro siguiente:

Tabla 62

Diseño con incorporación de fibra al peso del ag. grueso.

Componentes para 1 m^3 de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso. (kg/m^3)

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	367.120	367.120	367.120	367.120
Agregado fino	873.762	873.762	873.762	873.762
Agregado grueso	879.420	879.420	879.420	879.420
Agua	220.560	220.560	220.560	220.560
Fibra de caucho grueso	.....	10.911	18.185	25.459

Fuente: Elaboración propia.

La fibra de caucho grueso está compuesta: caucho granulado retenido en la malla

Nº4.

Tabla 63

Diseño con incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso (Cilíndrico).

Componentes para 1 und testigos cilíndricos de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso.

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%
Cemento Sol tipo I	2.056	2.056	2.056	2.056
Agregado fino	4.893	4.893	4.893	4.893
Agregado grueso	4.925	4.925	4.925	4.925
Agua	1.235	1.235	1.235	1.235
Fibra de caucho grueso	.....	0.061	0.102	0.143

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 63 se observa la dosificación para una unidad de testigo cilíndrico con incorporación de fibra de caucho respecto al peso del agregado grueso.

Tabla 64

Diseño con incorporación de fibras al peso del agr. grueso (prismático).

Componentes para 1 und testigos prismático (viga 15x15x60) de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibras de caucho al peso del agregado grueso.

Descripción	Concreto patrón	Fibra de caucho al 3%	Fibra de caucho al 5%	Fibra de caucho al 7%	Und
Cemento Sol tipo I	4.956	4.956	4.956	4.956	kg
Agregado fino	11.796	11.796	11.796	11.796	kg
Agregado grueso	11.872	11.872	11.872	11.872	kg
Agua	2.978	2.978	2.978	2.978	kg
Fibra de caucho grueso	.....	0.147	0.245	0.344	kg

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 64 se observa la dosificación para un testigo prismático-viga con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso.

Se siguieron los siguientes pasos para obtener los resultados.

1. Cronograma de elaboración de testigos de concreto.

La elaboración de testigos de concreto se realizó con el cronograma por fechas establecidas previamente, se manejó por tandas de 4 a 5 briquetas debido a la mezcladora, siendo un total de 90 testigos cilíndricos. Los testigos prismáticos se siguieron el cronograma especificado en las tablas siendo un total de 20 especímenes.

Tabla 65

Cronograma de vaciado de testigos cilíndricos.

Cronograma de elaboración de testigos normalizados y curado de especímenes de concreto en laboratorio NTP 339.183						
Descripción			Fecha de toma	Fechas de rotura de testigos		
Diseño de concretos	f'c de diseño (kg/cm ²)	Nº de muestra		Edad (07 días)	Edad (14 días)	Edad (28 días)
concreto patrón sin fibra (cp)	210	9	26/02/2019	5/03/2019	12/03/2019	26/03/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del agregado fino	210	9	18/03/2019	25/03/2019	1/04/2019	15/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del ag. fino	210	6	18/03/2019	25/03/2019	1/04/2019	
		3	19/03/2019			16/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del ag. fino	210	9	19/03/2019	26/03/2019	4/04/2019	16/04/2019
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del cemento	210	9	20/03/2019	27/03/2019	4/04/2019	17/04/2019
		4	20/03/2019	27/03/2019	4/04/2019	
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del cemento	210	5	21/03/2019			17/04/2019
		5	19/03/2019	26/03/2019	16/04/2019	
Concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del cemento	210	4	20/03/2019			17/04/2019
		9	21/03/2019	28/03/2019	4/04/2019	17/04/2019
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 3% del ag. grueso.	210	9	21/03/2019	28/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 5% del ag. grueso.	210	9	21/03/2019	28/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 7% del ag. grueso.	210	9	25/03/2019	1/04/2019	8/04/2019	22/04/2019

Fuente: Elaboración propia, los vaciados fueron realizados en las fechas indicadas en el cuadro.

Tabla 66.-
Cronograma de elaboración de testigos prismático.

Cronograma de elaboración de testigos prismáticos concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo NTP 339.078.

Descripción		Fecha de rotura de testigos			
Diseño de concretos	f'c de diseño (kg/cm ²)	N°	Fecha de toma de muestra	Edad del espécimen (14 días)	Edad del espécimen (28 días)
Viga-diseño del concreto patrón sin fibra (cp)	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del agregado fino.	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del ag. Fino.	210	2	21/03/2019	4/04/2019	18/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del ag. Fino.	210	2	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 3% del cemento.	210	2	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 5% del cemento.	210	1	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019
		1	29/03/2019	12/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra fino de caucho al 7% del cemento.	210	2	27/03/2019	10/04/2019	24/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 3% del ag. grueso.	210	2	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 5% del ag. grueso.	210	1	25/03/2019	8/04/2019	22/04/2019
		1	28/03/2019	11/04/2019	
Viga-concreto con incorporación fibra grueso de caucho al 7% del ag. grueso.	210	2	26/03/2019	9/04/2019	23/04/2019

Fuente: Elaboración propia.

2. Procedimiento de vaciado

Mezclado de Concreto

Mezclado con máquina: Una vez iniciado con la rotación de la mezcladora con revoluciones adecuadas, se inicia con la preparación del concreto patrón, se debe preparar en el siguiente orden los componentes que conforman el concreto; agua y cemento esto genera la pasta homogénea, seguidamente se vierte agregado grueso o agregado fino. Para la preparación del concreto con incorporación de fibra de caucho se debe colocar después de la elaboración de la pasta de cemento, el mezclado de los componentes se debe ejecutarse en un promedio de 90 segundos después haber colocado el ultimo componente del concreto, el tiempo de mezclado varía según a la cantidad de componente y capacidad de la mezcladora ver tabla 67, normalmente por un periodo de 90 segundo da 20 revoluciones que es recomendable para tener un concreto homogéneo

Para eliminar la segregación, se colocó el concreto mezclado en una carretilla limpio y húmedo y se remezclo con cucharón hasta que se vea uniforme.

Tabla 67

Tiempo mínimo de mezclado recomendado.

Capacidad de la Mezcladora m ³	Tiempo de mezclado, en minutos, según el American Institute
0.8	1
1.5	1 1/4"
2.3	1 1/2"
3.1	1 3/4"
3.8	2
4.6	2 1/4"
7.6	3 1/4"

Fuente: Adoptado del libro tecnologí del concreto (Neville, 2013).

El tiempo de vaciado fue de 90 a 120 segundos, después de haber vertido el último componente del concreto, siendo la capacidad de la mezcladora de 120 kg.



Figura 45 Mezclado de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Asentamiento, contenido de aire, rendimiento y temperatura

Para obtener la fluidez del concreto fresco se realizó por el método del asentamiento del cono de Abrams, se siguió la NTP 339.035 para verificar el slump.

Se midió el asentamiento de la mezcla se tomó la altura del concreto la parte central y con la altura del molde, se tomó la medición en el eje central del molde formado por la mezcla en su posición original.

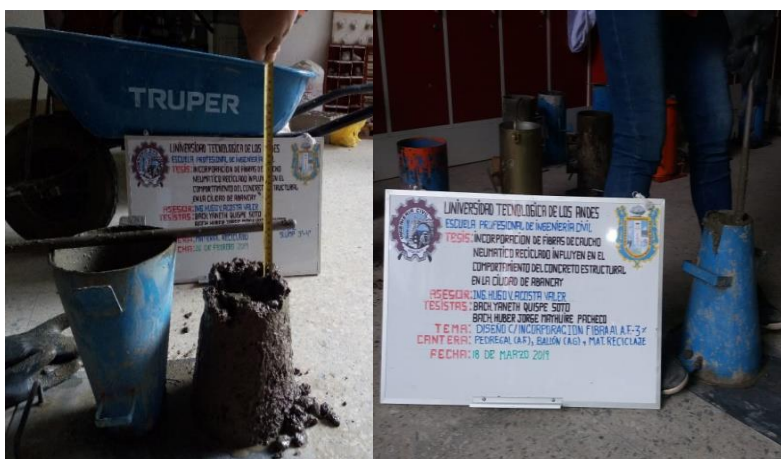


Figura 46 Verificación de Slump la relación agua – cemento.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68.-
Resultado SLUMP promedio obtenido de los ensayos.

Método	Slump promedio (Pulg.)	Observaciones
A.C.I	3.0 ”	El SLAMP promedio obtenido fue de 8 cm. Con respecto al diseño de CP debido a los porcentajes incorporados hubo un incremento no mayor a 2 cm.

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de especímenes

El moldeo: Colocado el concreto en los moldes utilizando un cucharón. Siguiendo el procedimiento de NTP 339.183. para el número de capas se verifico lo indicado en la tabla 69.

Tabla 69
Numero de capas requerido por testigo.

Tipo y tamaño de espécimen mm (pulg)	Modo de consolidación	Numero de capas de aproximadamente igual profundidad
Cilindros Diámetro en mm (pulg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Hasta de 225 (9)	vibración	2
Prismas y cilindros horizontales para escurrimiento plástico: profundidad en mm (pulg)		
Hasta 200 (8)	varillado	2
Más de 200 (8)	varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Fuente: Adoptado de la NTP 339.183.

Para el testigo cilíndrico se tuvo el número de capas igual tres y para testigo prismático se tuvo dos capas.



Figura 47 Elaboración de especímenes de concreto con incorporación de fibras.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 48 Desencofrado y vaciado de testigos prismáticos.
Fuente: Elaboración propia.

En las fotos de la figura 47 y 48 se muestran los procesos de vaciado y el desencofrado de testigos prismáticos y cilíndricos.

3. Curado de los testigos de concreto.

Inmediatamente después del pulido y enrasado, se dejó perdurar húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra en laboratorio.

Las muestras se removieron de sus moldes en un tiempo no menor de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración, los ambientes o la cámara de curado de las

muestras se mantuvieron en condiciones de humedad con temperatura de $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo. El método de curado que se usó es por inmersión, siendo el método más completo de curado.



Figura 49 Curado de especímenes y toma de temperatura de los testigos.
Fuente: Elaboración propia.

El curado de los especímenes fue a temperaturas de 20°C en promedio.

4.1.2 A nivel de la variable Y/D

4.1.2.1. Resultados obtenidos de la resistencia a compresión:

Se realizó las pruebas siguiendo la NTP 399.034 por el método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto, con testigos cilíndricos, a continuación, se mencionan los pasos previos a la prueba.

Equipo utilizado:

- Máquina de compresión, Vernier y otros.

Procedimiento:

- Las probetas se retiran del curado y se mantienen húmedas hasta el ensayo.
- Se tomó las medidas de los dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 , d_2) aproximadamente a media altura; y la altura de la probeta en dos generatrices opuestas (h_1 , h_2).

- La superficie superior e inferior serán cubiertas con una capa delgada de capping (mezcla de azufre y bentonita), con el fin de cubrir las imperfecciones de las caras de apoyo de la carga, siguiendo la NTP 339.037 hormigón (concreto).
- Se coloca la probeta en el equipo de ensayo el mismo que estará alineado y centrado, se tendrá en cuenta la limpieza de las superficies de contacto.



Figura 50 Recubrimiento de superficie del espécimen de apoyo con Capping.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 51 Rotura de briqueta con equipo a compresión.
Fuente: Elaboración propia.

La rotura se realizó en el laboratorio de la Facultad de ingeniería Civil-UTEA. Se aplicó la velocidad de carga en forma continua sin golpes bruscos. La carga se aplicó a una velocidad

comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad se mantuvo, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.

Tipos de Fracturas

Las fallas de fractura que presentaron los especímenes cilíndricos fueron de tipo T2 y T3 en su mayoría sometidos a una carga axial en la máquina de compresión, para la evaluación se presenta el cuadro donde se aprecia 5 tipos de fallas y descritas cada una en la figura 52.

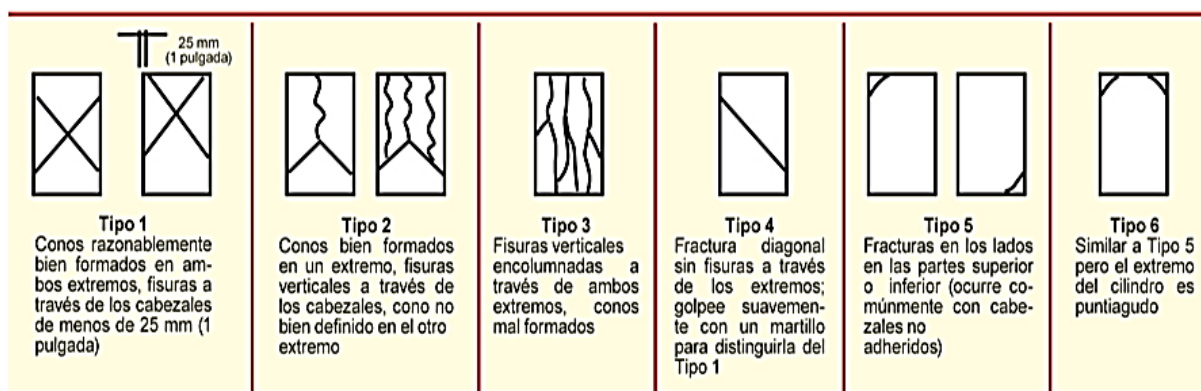


Figura 52 Grafico de patrones de tipos de fracturas.

Fuente: Adaptada de la NTP 339.034 Hormigón (Concreto).

4.1.2.1.1. Resultado de resistencia a compresión con incorporación fibra caucho al peso del cemento Y_1 :

Los resultados promedios obtenidos de la resistencia a compresión:

Tabla 70

Resultado de compresión con incorporación de fibra al peso del cemento.

Resistencia a la compresión c/ incorp. fibra caucho al peso del cemento ($f^c = 210$ kg / cm^2)				
Edad (días)	Concreto patrón (cp) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 3% cement.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 5% cement.) kg/cm^2	(c° c/. incor. fibra f. 7% cement.) kg/cm^2
7	308.89	296.95	299.91	248.50
14	383.87	348.34	335.57	306.58
28	397.24	369.96	379.16	329.97

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a compresión con incorporación de fibras caucho al peso del cemento comparando al concreto patrón tiende a disminuir, se comporta mejor la incorporación al 5 % al peso del cemento a los 28 días.

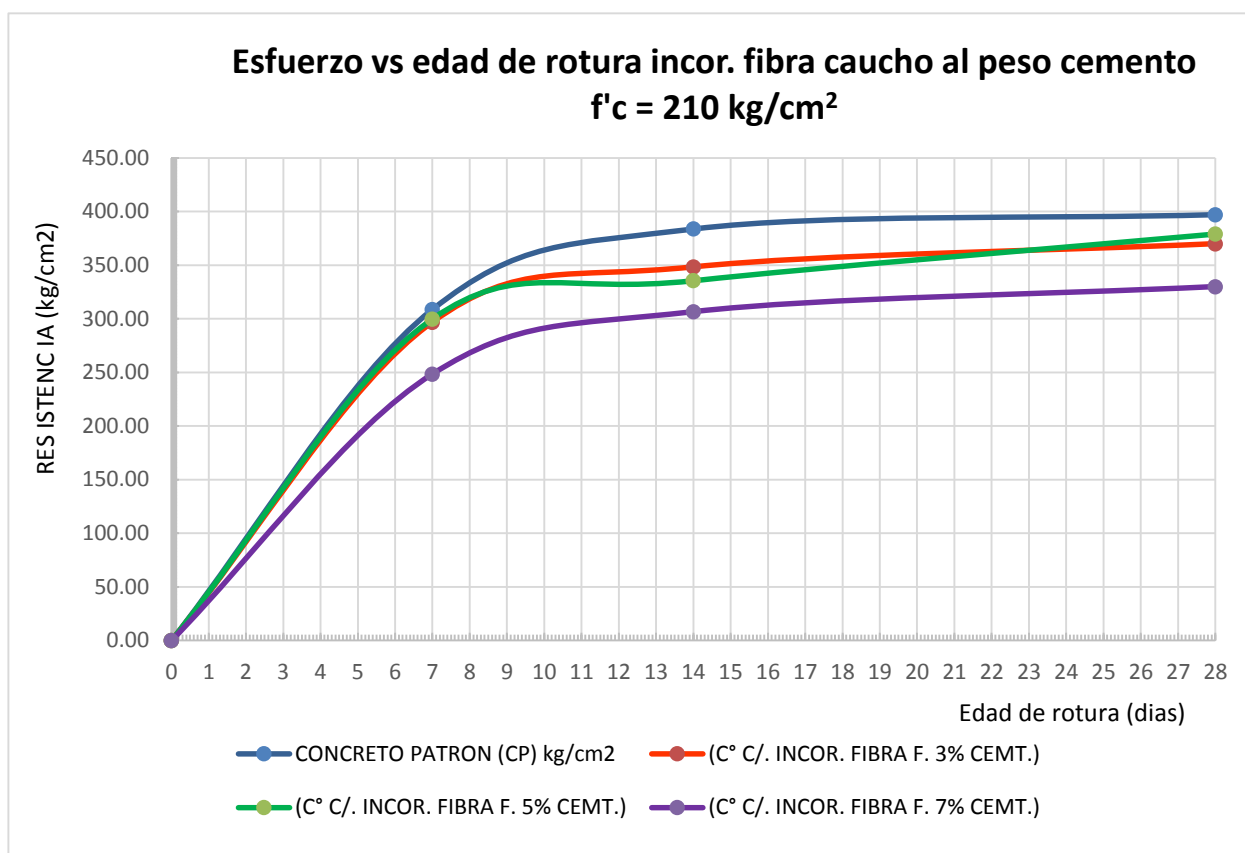


Figura 53 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado con fibras al peso cemento.
Fuente: Elaboración propia.

A los 28 días de rotura se muestra línea continua el endurecimiento del concreto, se asemeja más al concreto patrón el concreto con incorporación de fibras de caucho al 3% y 5% al peso del cemento.

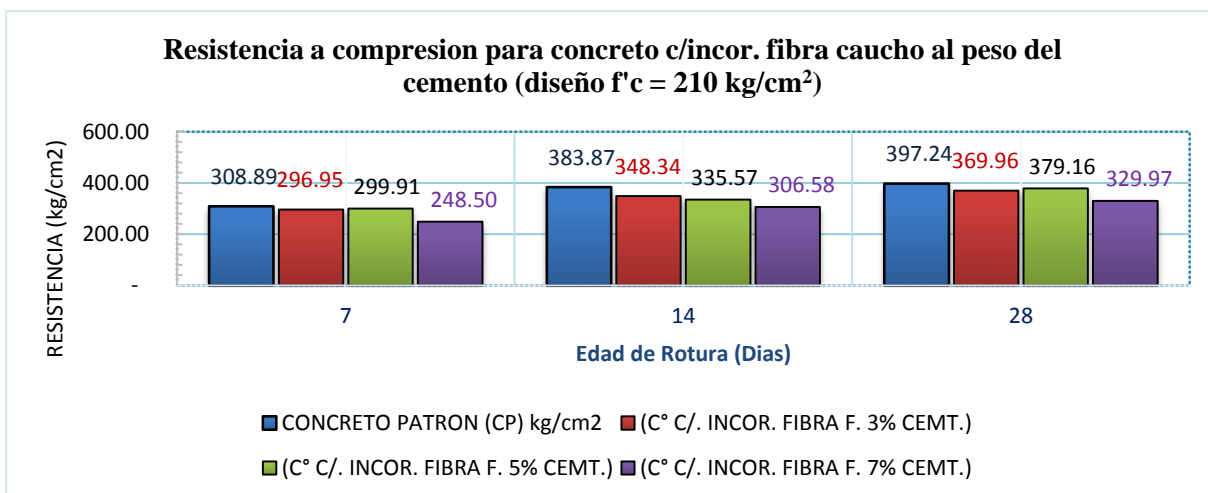


Figura 54 Resistencia a la compresión c/ incorporación fibra al peso cemento.
Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra los resultados a los 7, 14 y 28 días de rotura se asemejan al concreto patrón el concreto con incorporación de fibras de caucho al 3% y 5% al peso del cemento.

Tabla 71

Resistencia a compresión % con incorp. de fibras caucho al peso del cemento.

Variación de resistencia a la compresión porcentual c/ incorporación de fibra caucho al peso del cemento ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$)

Edad de rotura (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm2	(c° c/. incor. fibra f. 3% cemt.)	(c° c/. incor. fibra f. 5% cemt.)	(c° c/. incor. fibra f. 7% cemt.)
7	100.00%	96.14%	97.09%	80.45%
14	100.00%	90.74%	87.42%	79.87%
28	100.00%	93.13%	95.45%	83.06%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 71, la diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 5% de fibra al peso del cemento a los 28 días alcanza 95.45% con respecto al concreto patrón.

4.1.2.1.2. Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino Y_2 :

Tabla 72

Resultados a compresión con incorp. fibras caucho al peso del agregado fino.

Resistencia a la compresión c/ incorporación fibra caucho al agregado fino ($f'c = 210$ kg/cm ²).				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 3% A.F.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 5% A.F.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 7% A.F.) kg/cm ²
7	308.89	261.62	271.85	228.56
14	383.87	311.75	312.57	298.35
28	397.24	366.25	353.41	317.95

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia alcanzada con incorporación de fibra caucho en 3% al peso del agregado fino a los 28 días es 366.25 kg/cm² con respecto al concreto patrón disminuye en menor resistencia.

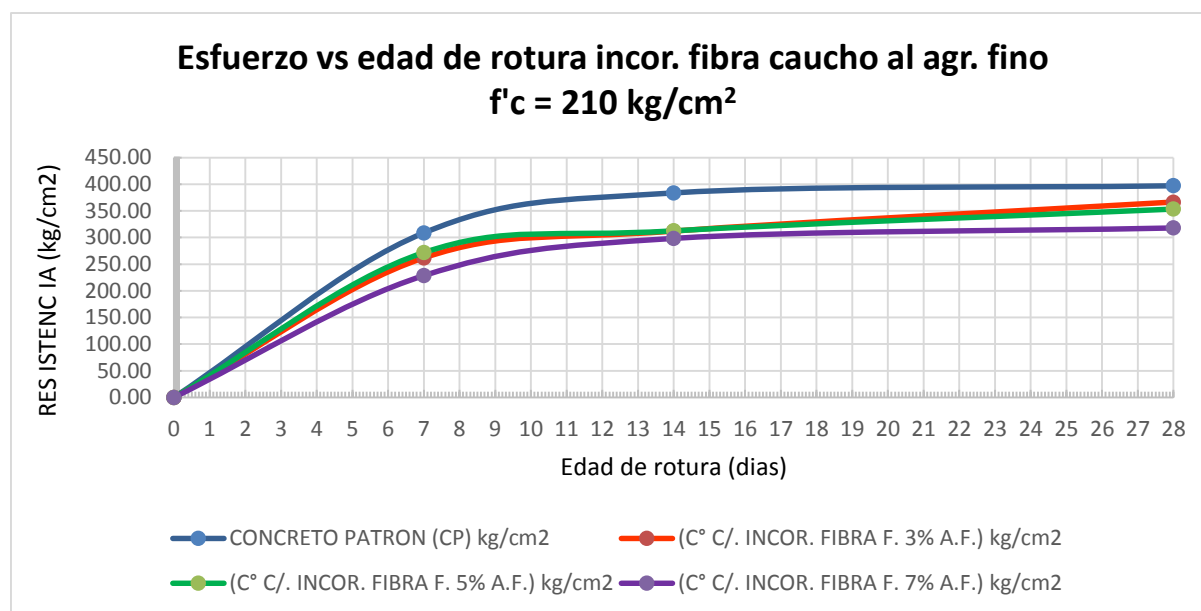


Figura 55 Resistencia vs. edad de rotura de concreto incorporado fibra al peso agr. fino.

Fuente: Elaboración propia.

La variación de resistencia a compresión en los días de rotura tiende a disminuir con respecto al concreto patrón.

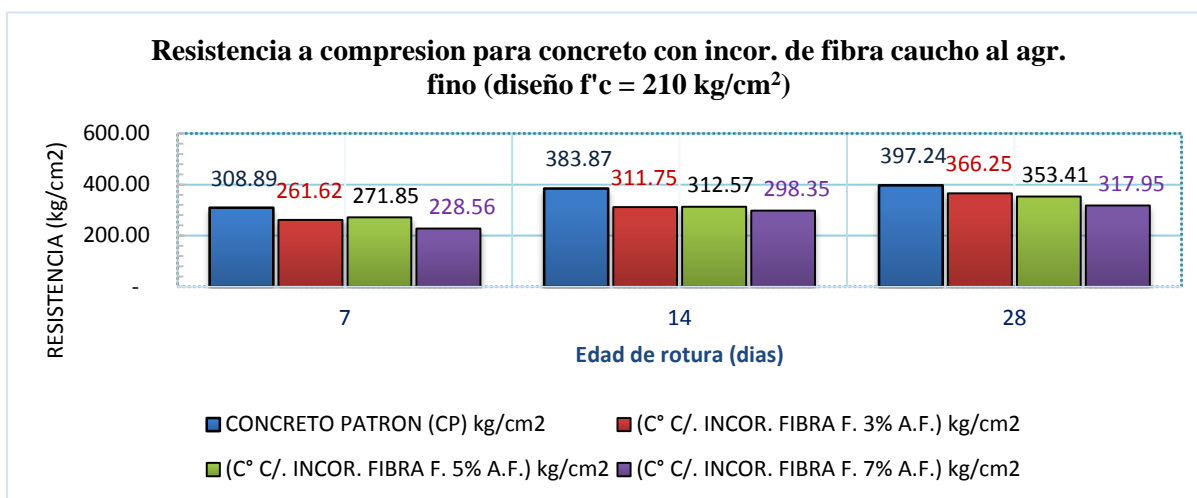


Figura 56 Variación de resistencia a la compresión c/ incorporación fibra al agr. fino.
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma se muestra la variación frente al concreto patrón.

Tabla 73.-

Variación resistencia a compresión % con incorporación de fibra caucho al agr. fino.

Resistencia a compresión porcentual c/ incorporación fibra caucho al agregado fino ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$).

Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. Fibra fina 3% A.F.) %	(c° c/. incor. fibra fina 5% A.F.) %	(c° c/. incor. fibra fina 7% A.F.) %
7	100.00%	84.70%	88.01%	73.99%
14	100.00%	81.21%	81.42%	77.72%
28	100.00%	92.20%	88.97%	80.04%

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 3% de fibra caucho al peso del agregado fino a los 28 días alcanza 92.20% con respecto al concreto patrón.

4.1.2.1.3. Resultado de resistencia a la compresión con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso Y_3 :

Tabla 74

Resultados a compresión con incorporación de fibras al peso del agregado grueso.

Resistencia a la compresión c/ incorporación de fibra caucho al agregado grueso ($f'c = 210$ kg/cm ²)				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa. 3% A.G.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% A.G.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% A.G.) kg/cm ²
7	308.89	321.18	303.98	276.97
14	383.87	341.16	330.89	305.69
28	397.24	382.03	368.64	336.84

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia alcanzada con incorporación de 3% de fibras de caucho al peso del agregado grueso a los 28 días es 382.03 kg/cm² con respecto al concreto patrón disminuye en menor resistencia.

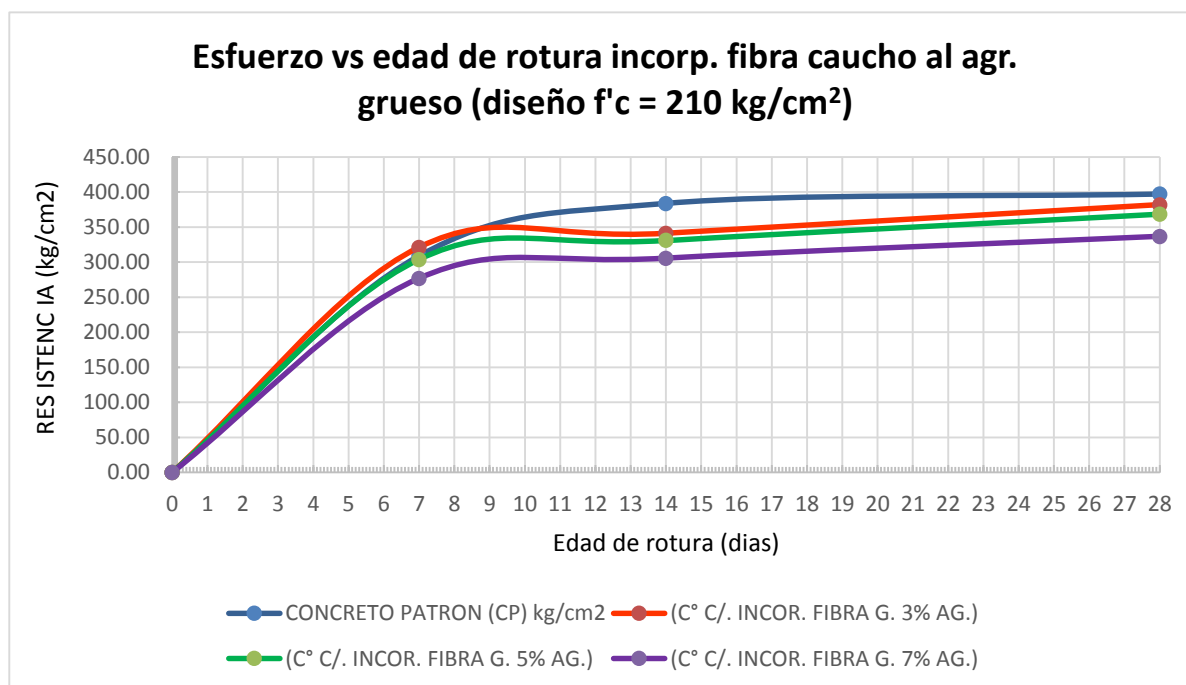


Figura 57 Resistencia vs. edad de rotura concreto incorporado fibras al peso agr. grueso.

Fuente: Elaboración propia.

La variación de resultados alcanzados del concreto incorporado con fibras caucho disminuye con respecto al concreto patrón.

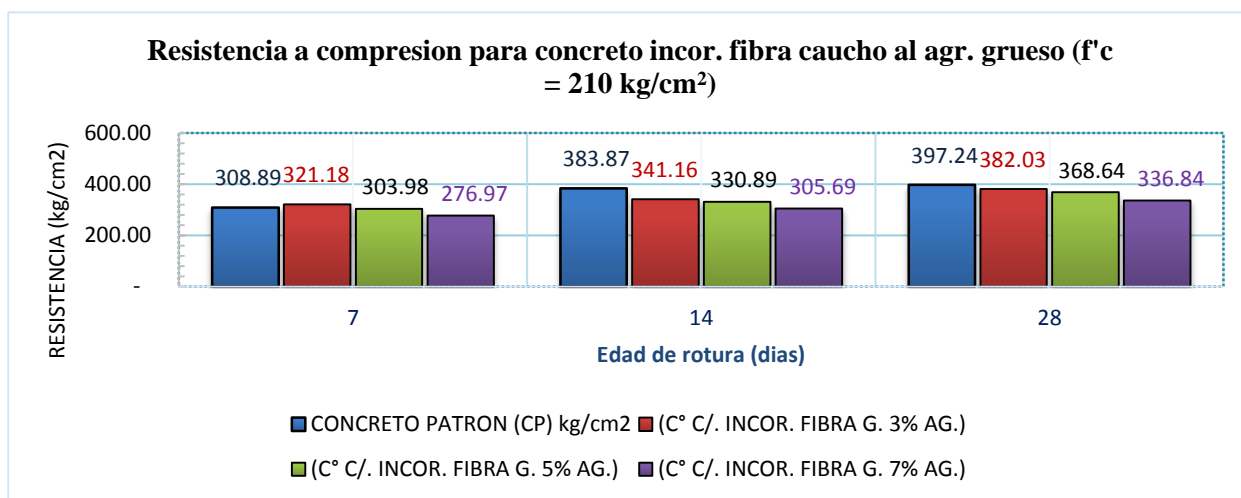


Figura 58 Variación resistencia a compresión c/incorpor. fibra al peso del agr. grueso.
Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra el incremento de la resistencia a compresión y la variación con incorporación de fibras de caucho, encontrándose el más pegado el concreto incorporado al 3% fibra de caucho al peso del agregado grueso.

Tabla 75

Resistencia a compresión % con incorporación de fibras al peso del agr. grueso.

Resistencia a la compresión porcentual c/ incorporación fibra caucho al agregado grueso ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$)				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 3% AG.) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% AG.) %	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% AG.) %
7	100.00%	103.98%	98.41%	89.67%
14	100.00%	88.87%	86.20%	79.63%
28	100.00%	96.17%	92.80%	84.79%

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia de porcentajes con respecto a la incorporación del 3% de fibra al peso del agregado grueso a los 28 días alcanza 96.17% con respecto al concreto patrón.

4.1.2.1.4. Análisis de resultado del ensayo a compresión.

De las tablas obtenidas anteriormente podemos indicar que la resistencia del concreto a compresión a través de los días (7, 14 y 28) tiende a disminuir (en comparación con el concreto patrón - CP) en función de la cantidad de caucho incorporado al concreto, como se muestran en las tablas de Resultados. Realizando la comparación a los 28 días se muestran las diferencias en la siguiente tabla.

Tabla 76.-

Resultados a compresión a 28 días de curado con incorporación de fibras de caucho.

Resistencia a la compresión c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$)				
% de fibra caucho	Concreto patrón (CP) kg/cm^2	c° c/. incorp. fibra fina al ag. fino kg/cm^2	c° c/. incorp. fibra fina al cemento kg/cm^2	c° c/. incorp. fibra fina al ag. grueso kg/cm^2
0%	397.24	-	-	-
3%	-	366.25	369.96	382.03
5%	-	353.41	379.16	368.64
7%	-	317.95	329.97	336.84

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos a los 28 días con incorporación al 3% de fibras de caucho al peso del Ag. Grueso alcanzo 382.03 kg/cm^2 , el segundo que se tiene menor disminución es la incorporación 5% de fibra caucho al peso del cemento en 379.16 kg/cm^2 con respecto del concreto patrón.

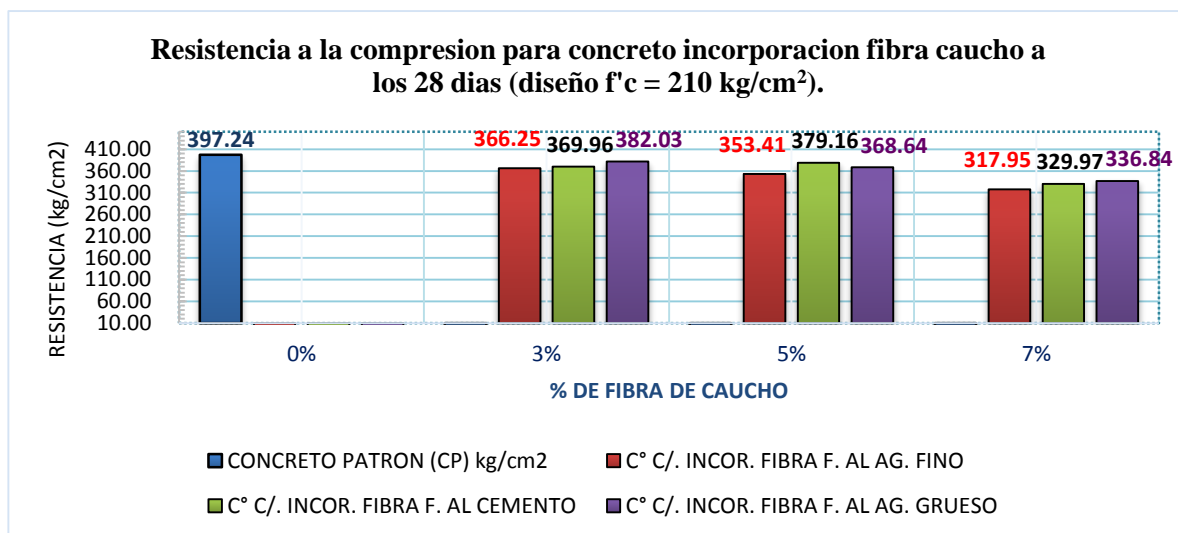


Figura 59 Variación de resistencia a compresión a 28 días con incorporación de fibras.
Fuente: Elaboración propia.

La variación de la resistencia a compresión entre los tres componentes incorporado con fibras de caucho a los 28 días se asemeja al concreto patrón el concreto con incorporación de fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso seguido en 5% de fibra de caucho al peso del cemento.

Tabla 77

Variación porcentual de resistencia a la compresión con incorporación de fibras.

Variación en porcentaje de resistencia a la compresión c/ incorporación de fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
% de fibra caucho	concreto patrón (CP) %	c° c/. incor. fibra fina al ag. fino %	c° c/. incor. fibra fina al cemento %	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso %
0%	100.00%			
3%		92.20%	93.13%	96.17%
5%		88.97%	95.45%	92.80%
7%		80.04%	83.06%	84.79%

Fuente: Elaboración propia.

La variación a la resistencia a compresión del concreto con incorporación de fibra caucho en 3% al peso del agregado grueso alcanzo 96.17% y al cemento en 5% de fibra alcanzo 95.45%.

Tabla 78

Diferencia % de resistencia a compresión con incorporación de fibras de caucho.

Diferencia porcentual de la resistencia a la compresión c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).					
% de fibra caucho	Concreto patrón (CP) %	c° c/. incor. fibra fina al ag. fino %	c° c/. incor. fibra fina al cemento %	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso %	% promedio con incorporación fibras
0%					
3%	0%	7.80%	6.87%	3.83%	6.88%
5%	0%	11.03%	4.55%	7.20%	
7%	0%	19.96%	16.94%	15.21%	17.37%

Fuente: Elaboración propia.

La disminución en menor porcentaje es 3% de agregado grueso y el 5% al peso del cemento. Analizando los resultados de resistencia a compresión para un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de rotura de los testigos cilíndricos, hay variación con respecto al concreto patrón siendo de la siguiente forma:

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.80 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.6.87 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 3%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 3.83 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 11.03 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 4.55 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 5%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 7.20 %.

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado fino al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 19.96 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 16.94 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso al 7%, el esfuerzo a la compresión disminuye en 15.21 %.

4.1.2.2. Resultados obtenidos de la resistencia a la flexión de vigas:

El método utilizado para calcular la resistencia a la flexión del concreto patrón y concreto con incorporación de fibra en vigas simplemente apoyadas, se ejerce carga en el tercio (1/3) de luz de la viga donde se ocurrirá la falla y la deformación máxima; el módulo de rotura se determina, según la ubicación de la falla: dentro del tercio central o una distancia que no sea mayor de 5% de la luz libre siguiendo la NTP 339.078 hormigón (concreto) ASTM C 78 standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading) y AASHTO T 97 standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading). A continuación, se detallan los pasos previos a realizar las pruebas.

Equipo utilizado:

- Máquina de ensayo, Vernier, regla, etc.

Procedimiento

- Se hizo la prueba de flexión de la viga luego de ser retiradas 30 minutos antes de la cámara de curado. Los resultados de módulo de rotura son menores si la viga tiene superficie seca.

- La posición de la viga en la rotura es importante para que corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma.
- Se hace los trazos en la viga como se observa en la imagen, para después aplicar las cargas correspondientes que es 3% - 6% de la carga de rotura estimada. Para tener errores mínimos se usan láminas de lona de 0.10 mm – 0.40 mm en todo contacto de las cargas que es 150 mm, en los espacios que puedan tener al contacto del espécimen y carga, algunos que no tienen contacto en su totalidad es necesario refrentar, lijar para algunos especímenes indicados en la norma NTP 339.078.

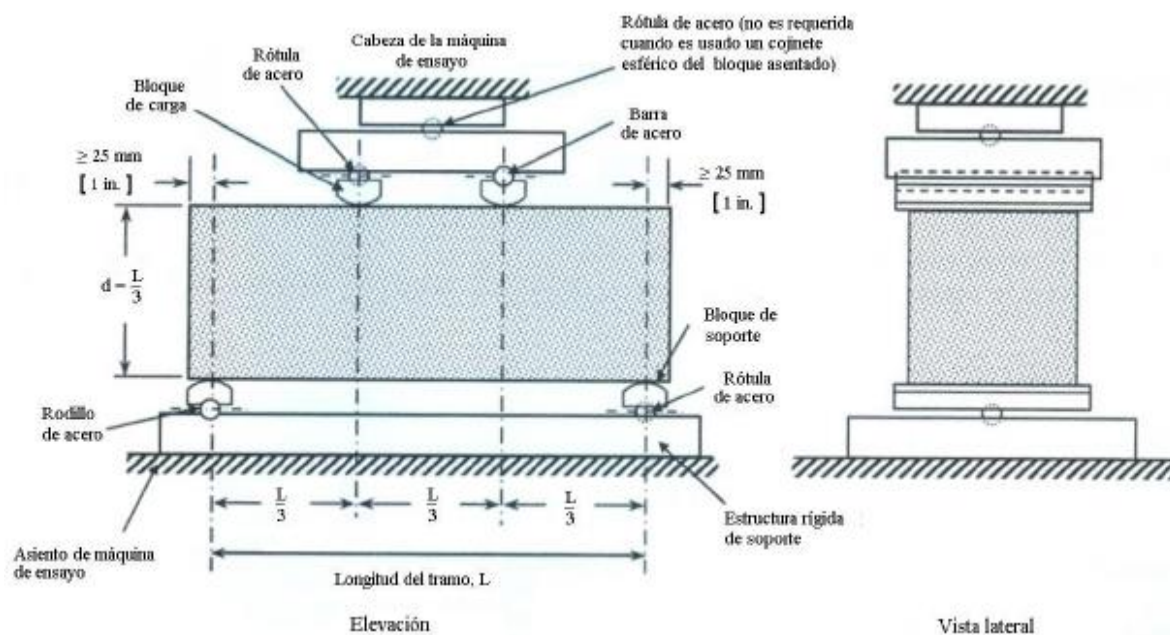


Figura 60 Grafico del equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto.

Fuente: Adaptado de la NTP 339.078 hormigón (concreto).



Figura 61 Extracción de los especímenes prismáticos y dispositivo para ensayo a flexión.
Fuente: Elaboración propia.

La extracción de los especímenes prismáticos de la cámara de curado y el dispositivo para ensayo a flexión PC 105, Norma ASTM C78, ASTM C293.



Figura 62 Colocación del dial para la deflexión de la viga,
Fuente: Elaboración propia.

La carga fue aplicada a una velocidad constantemente entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta producir la rotura del testigo prismático - viga. Para el cálculo se utilizó las siguientes ecuaciones:

- En situaciones normales del ensayo, la falla de la viga debe ocurrir dentro del tercio central y el módulo de ruptura (M_r) se determina en kg/cm^2 .

$$Mr = P L / (bh^2) \quad (EC- 23)$$

Donde:

Mr.: Modulo de ruptura. [Kg/cm²]

P: Carga máxima aplicadas [kg]

L: Longitud libre entre apoyos [cm]

b: Ancho del prisma [cm]

h: Altura de prisma [cm]

- Si la falla ocurre fuera del tercio central (sin exceder más de 5% del claro) el método recomendado para calcular el módulo de ruptura es por la expresión:

$$Mr = 3 P a / (bh^2) \quad (EC- 24)$$

Donde:

a : Distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más próximo, medida sobre la superficie a tensión de la viga.



Figura 63 Toma de medida del dial y fallas de la viga.

Fuente: Elaboración propia.

Las fallas en su mayoría fueron en la parte tercia central de las vigas.



Figura 64 Determinando las fallas de la resistencia a la flexión del concreto en vigas.
Fuente: Elaboración propia.

La viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo, según el informe del comité del ACI 363 menciona que, con los resultados experimentales obtenidos, del módulo de ruptura correspondiente a concretos que incluyen los de peso ligero y de peso normal, suele hallarse en el intervalo comprendido entre $1.99 \sqrt{f'c}$ y $3.18 \sqrt{f'c}$, expresado en Kg. /cm², utilizado para estimar el módulo de rotura del concreto con base en su resistencia a compresión.

4.1.2.2.1. Resultados a resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento Y_4 :

Los resultados obtenidos a la resistencia a flexión de testigos prismáticos con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del cemento:

Tabla 79

Resistencia a flexión con incorporación de fibras de caucho al peso del cemento.

Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incor. fibra caucho al peso cemento ($f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$).				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 3% cement.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 5% cement.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra fina 7% cement.) kg/cm ²
14	43.63	43.57	43.55	42.59
28	46.08	45.89	45.13	43.95

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura realizados a los 14 y 28 días disminuye gradualmente en comparación con el módulo de rotura del concreto patrón, con incorporación en 3% de fibra de caucho al peso del cemento alcanza 45.89 kg/cm².

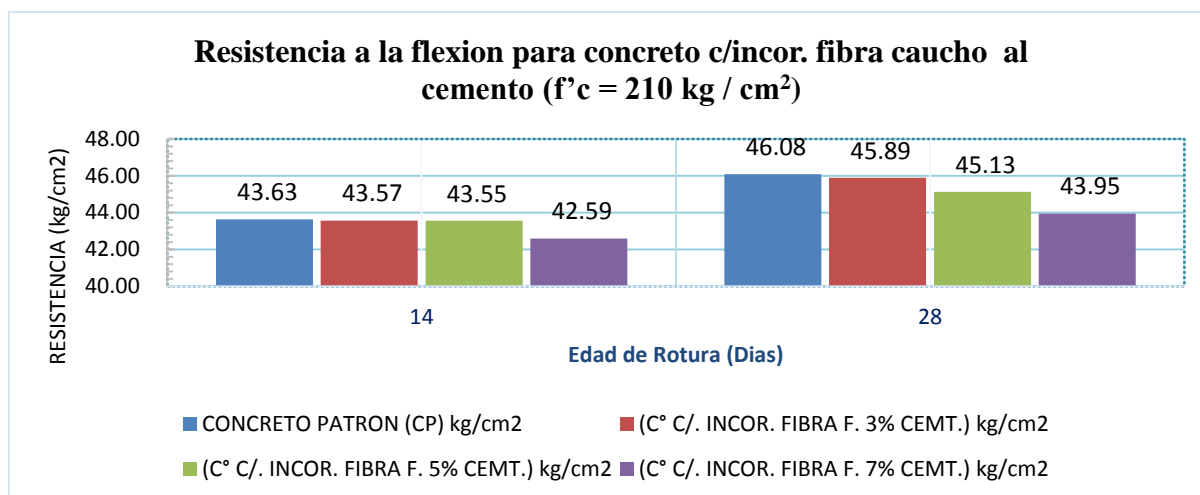


Figura 65 Resistencia a la flexión con incorporación de fibra al peso del cemento.
Fuente: Elaboración propia.

La disminución es gradual a los 14 y 28 días en los concretos con incorporación de fibras.

Tabla 80

Variación % del módulo de rotura con incorporación de fibra al peso del cemento.

Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al peso del cemento ($f^c = 210 \text{ kg / cm}^2$).

Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incor. fibra fina 3% cement.) %	(c° c/. incor. fibra fina 5% cement.) %	(c° c/. incor. fibra fina 7% cement.) 5
14	100%	99.86%	99.97%	97.61%
28	100%	99.59%	98.34%	95.37%

Fuente: Elaboración propia.

Disminuye en menor porcentaje a los 28 días con incorporación al 3% de fibra de caucho con respecto al concreto patrón.

4.1.2.2.2. *Resultados de resistencia a flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado fino Y_5 :*

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 81

Resultado de resistencia a flexión con incorporación de fibra al peso del agr. fino.

Resultado de la resistencia a la flexión o módulo de rotura $c/$ incorporación fibra caucho al agregado. fino ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) (NTP 339.078).				
Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm^2	($c^\circ c/$. incor. fibra fina 3% A.F.) kg/cm^2	($c^\circ c/$. incor. fibra fina 5% A.F.) kg/cm^2	($c^\circ c/$. incor. fibra fina 7% A.F.) kg/cm^2
14	43.63	42.79	40.63	40.41
28	46.08	45.10	44.82	42.16

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura con incorporación al 3% de fibra de caucho a los 28 días disminuye en 45.10 kg/cm^2 .

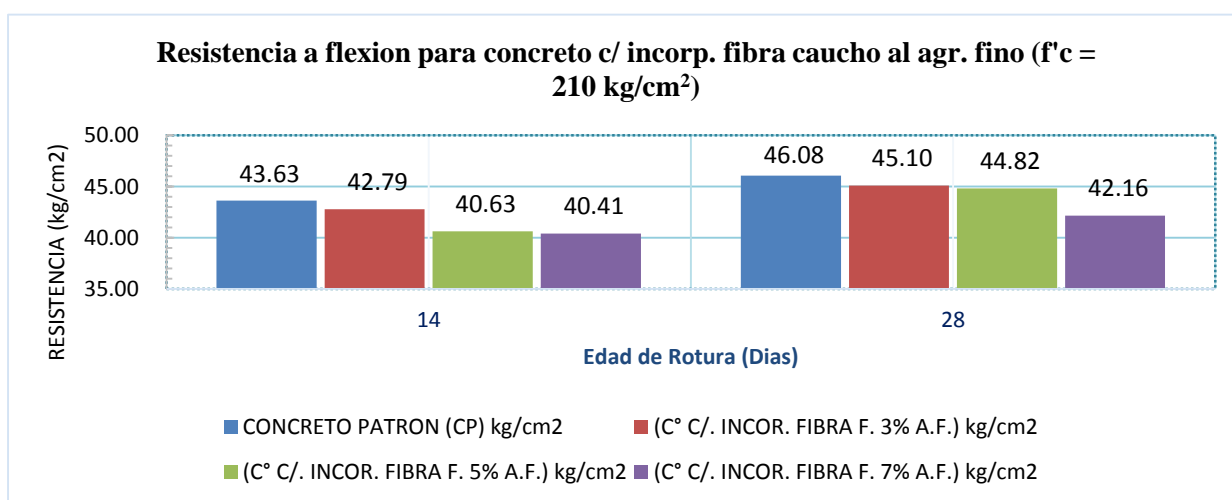


Figura 66 Resistencia a flexión con incorp. de fibras caucho al peso del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

El histograma muestra el apego al concreto patrón con incorporación de fibra caucho en 3% agregado fino al peso del agregado fino.

Tabla 82

Resistencia a flexión % con incorp. de fibras caucho al peso del agr. fino.

Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al peso del agregado fino.

Edad (días)	Concreto patrón (CP) %	(c° c/. incorp. fibra fina 3% A.F.) %	(c° c/. incorp. fibra fina 5% A.F.) %	(c° c/. incorp. fibra fina 7% A.F.) %
14	100	98.08	94.95	92.63
28	100	97.88	99.37	91.51

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la flexión disminuye con incorporación 5% de fibras de caucho en menor porcentaje 99.37%.

4.1.2.2.3. *Resultados de resistencia a la flexión del concreto con incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso Y₆:*

Tabla 83

Resultado de resistencia a flexión con incorpor. de fibras caucho al agr. grueso.

Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al agregado grueso ($f^c = 210 \text{ kg / cm}^2$)

Edad (días)	Concreto patrón (CP) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 3% AG.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 5% AG.) kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra gruesa 7% AG.) kg/cm ²
14	43.63	42.76	42.33	41.81
28	46.08	44.12	44.11	43.17

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a flexión con incorporación al 3% de fibra de caucho al concreto a los 28 días disminuye en 44.12 kg/cm², apegándose más al concreto patrón.

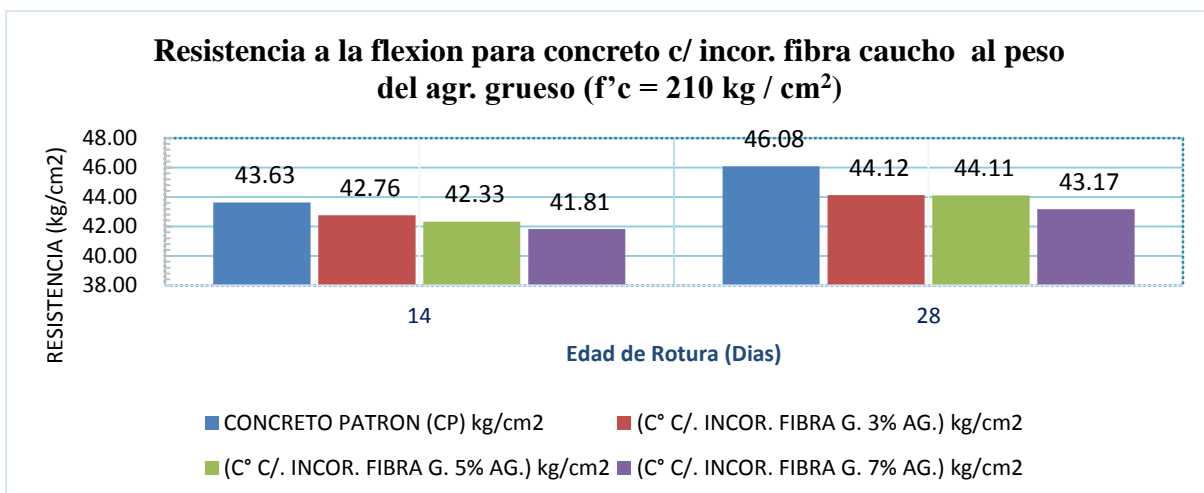


Figura 67 Resistencia a flexión concreto c/ incorporación de fibras caucho al agr. grueso.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84

Resistencia a flexión % con incorporación de fibras caucho al peso del agregado grueso.

Variación % de ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho al peso del agregado grueso ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Concreto patrón (CP) Kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra grueso 3% AG.) Kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra grueso 5% AG.) Kg/cm ²	(c° c/. incor. fibra grueso 7% AG.) Kg/cm ²
14	100%	98.02%	98.98%	95.84%
28	100%	95.76%	99.97%	93.69%

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a flexión disminuye en menor porcentaje al 5% de incorporación de fibra caucho al peso del agregado grueso a los 28 días.

4.1.2.2.4. Análisis de resultados de resistencia a la flexión a los 28 días.

De las tablas obtenidas anteriormente podemos indicar que la resistencia a la Flexión del concreto a través de los días (14 y 28) tiende a disminuir (en comparación con el concreto patrón - CP) en función de la cantidad de caucho incorporado al concreto, como se muestran en las tablas de resultados. En el siguiente cuadro se muestra la variación de resistencia a los 28 días de curado.

Tabla 85

Resultados de resistencia a flexión a 28 días del concreto con incorporación de fibra.

Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
% de Fibra Caucho	Concreto patrón (CP) Kg/cm ²	c° c/. incor. fibra fina al ag. fino kg/cm ²	c° c/. incor. fibra fina al cemento kg/cm ²	c° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso kg/cm ²
0%	46.08	-	-	-
3%	-	45.10	45.89	44.12
5%	-	44.82	45.13	44.11
7%	-	42.16	43.95	43.17

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de rotura a los 28 días disminuye en menor resistencia a la incorporación de 3% fibra de caucho al peso del cemento seguido por 5% de fibra caucho al peso del cemento.

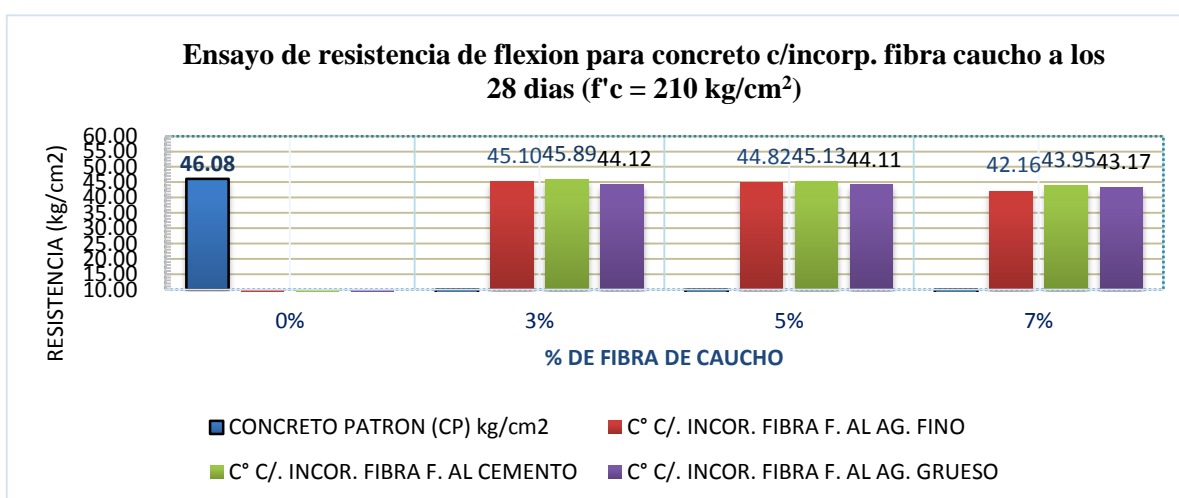


Figura 68 Histograma de variación de resistencia a la flexión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

El con concreto diseño - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, disminuye gradualmente las resistencias alcanzadas a la flexión con incorporación de fibras.

Tabla 86

Resistencia a la flexión % para un concreto con incorporación de fibras.

Variación porcentual de resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho a los 28 días (%)

% de Fibra Caucho	Concreto patrón (CP) %	C° c/. incor. fibra fina al ag. fino %	C° c/. incor. fibra fina al cemento %	C° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso %
0%	100.00%			
3%		97.88%	99.59%	95.76%
5%		97.26%	97.94%	95.73%
7%		91.51%	95.37%	93.69%

Fuente: Elaboración propia.

La incorporación al 3% y 5% de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del cemento tienden a disminuir en menor porcentaje en comparación del concreto patrón.

Tabla 87

Diferencial % de resistencia a flexión para concreto con incorporación de fibra.

Diferencia porcentual de la resistencia a la flexión o módulo de rotura c/ incorporación fibra caucho a los 28 días ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

% de Fibra Caucho	Concreto patrón (CP) %	C° c/. incor. fibra fina al ag. fino %	C° c/. incor. fibra fina al cemento %	C° c/. incor. fibra gruesa al ag. grueso %	% promedio con incorporación fibras
0%	0%				
3%	0%	2.12%	0.41%	4.24%	2.64%
5%	0%	2.74%	2.06%	4.27%	
7%	0%	8.49%	4.63%	6.31%	6.48%

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la flexión disminuye en 0.41% en incorporación de fibra al 3% del peso cemento y al 5% de fibra disminuye en 2.06% con respecto al concreto patrón.

Análisis de resultados de resistencia a la flexión de testigos prismáticos para un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de rotura, hay variación con respecto al concreto patrón siendo de la siguiente forma:

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 2.12 %.

- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 0.41%.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 3%, la resistencia a flexión disminuye en 4.24 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. fino al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 2.74 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del cemento al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 2.06%.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del ag. grueso al 5%, la resistencia a flexión disminuye en 4.27 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado fino al 7%, la resistencia a flexión disminuye en 8.49 %.
- Para un concreto con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso al 7%, la resistencia a flexión disminuye en 6.31 %.

4.2 Prueba de Hipótesis

Hipótesis principal.

La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

(Hipótesis Nula) H_0 : La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

(Hipótesis Alternativa) H_1 : La incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay, 2018.

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H_0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H_1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 88

Prueba de hipótesis general resistencia a la flexión (concreto patrón- fibra).

Incorporación de fibras de caucho al concreto.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.459	3.00	0.12027	2.353	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 89

Prueba de hipótesis general resistencia a la compresión (concreto patrón- fibra).

Incorporación de fibras de caucho al concreto.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	6.002	4.00	0.00194	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor a la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis Específicas.

Hipótesis Específica 1: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del **cemento** influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis Nula) H₀: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis Alternativa) H₁: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Nivel de significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H₀) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H₁) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 90

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 3% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 3% al peso del cemento.	t _c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) Unilateral	t _t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	5.654	4.000	0.00241	2.130	+∞

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor a la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 91

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 3% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 3% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.075	2.000	0.47353	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 92

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 5% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 5% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.793	4.000	0.00961	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 93

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 5% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 5% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.358	2.000	0.3774	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 94

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la compresión en 7% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 7% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. Al (5%) Unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.485	4.000	0.01262	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor del t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del cemento influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 95

Prueba de hipótesis específica 1 resistencia a la flexión en 7% fibra al cemento.

Fibra de caucho en 7% al peso del cemento.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.13	2.000	0.18786	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis Específica 2: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis nula) H0: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis alternativa) H1: la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H_0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H_1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 96

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 3% fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	2.554	4.000	0.0315	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 97

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a flexión en 3% fibra al agregado fino.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.539	2.000	0.32187	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 98

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a compresión en 5 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	9.105	4.000	0.0004	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 99

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la flexion en 5 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	0.875	2.000	0.23697	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 100

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la compresión en 7 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	4.474	4.000	0.00552	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado fino influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 101

Prueba de hipótesis específica 2 resistencia a la flexión en 7 % fibra al agr. fino.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado fino.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	2.339	2.000	0.07211	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado fino no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Hipótesis específica 3: La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis nula) H_0 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

(Hipótesis alternativa) H_1 : La incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay.

Nivel de Significancia (alfa) $\alpha = 0,05$.

Hipótesis nula (H_0) $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa (H_1) $\mu_1 > \mu_2$

Tabla 102

Prueba de hipótesis específica 3 $f'c$ en 3 % fibra al agr. grueso.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso.	tc (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	3.235	4.000	0.01591	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 103

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a flexion en 3 % fibra al agr. grueso.

Fibra de caucho en 3% al peso del agregado grueso.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.006	2.000	0.21013	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 3% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 104

Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 5 % fibra al agregado grueso.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado grueso.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	4.995	4.000	0.00376	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 105

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a flexion en 5 % fibra al agr. grueso.

Fibra de caucho en 5% al peso del agregado grueso.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	1.078	2.000	0.19687	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 5% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 106

Prueba de hipótesis específica 3 f'c en 7 % fibra al agregado grueso.

Fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso.	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. Al (5%) Unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Límite inferior	Límite superior
	12.607	4.000	0.00011	2.132	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, porque t calculada es mayor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso influye en el comportamiento del concreto estructural.

Tabla 107

Prueba de hipótesis específica 3 resistencia a la flexion en 7 % fibra al agregado grueso.

	t_c (t calculada)	g.l.	Sig. al (5%) unilateral	t_t (t tabular)	
				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
Fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso.				Límite inferior	Límite superior
	1.670	2.000	0.11843	2.920	$+\infty$

Fuente: Elaboración propia.

Decisión: Se acepta la hipótesis nula, porque t calculada es menor de la t tabular.

Conclusión: Se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado en 7% al peso del agregado grueso no influye en el comportamiento del concreto estructural.

4.3 Discusión

Los resultados obtenidos con los agregados de la ciudad de Abancay se obtuvieron un concreto patrón a una resistencia promedio a compresión de 397.24 kg/cm^2 según a la tabla 76, y resistencia promedio a flexión 46.08 kg/cm^2 según a la tabla 85. Con la incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado las resistencias a la compresión se comportan mejor a los porcentajes de incorporación entre los 3% y 5% en los tres componentes, habiendo una disminución promedio de 6.88% según a la tabla 78, siendo una variación menor con respecto al concreto patrón.

La fibra granulada incorporada en 3% al peso del agregado grueso se comporta mejor llegando a una resistencia de 382.03 kg/cm^2 especificada en la tabla 74 siendo una variación de 3.83% según la tabla 78, y la fibra incorporada en 5% al peso del agregado fino llegó a una resistencia de 379.16 kg/cm^2 según tabla 76 siendo una variación de 4.55% según tabla 78. Estos resultados concuerdan con la prueba de hipótesis se rechaza la hipótesis nula según la tabla 96.

La resistencia a la flexión con incorporación de fibra se tuvo menor variación gradual, habiendo mejor comportamiento en la incorporación de la fibra en peso del cemento; al 3% se tuvo 45.89 kg/cm^2 según la tabla 85 siendo una variación de 0.41% según la tabla 87 y en 5% se tuvo 45.13 kg/cm^2 siendo una variación de 2.06%. Los resultados de la prueba de hipótesis en todas se acepta la hipótesis nula donde se tiene evidencia estadística para afirmar que la incorporación de fibra de caucho neumático reciclado no influye en el comportamiento del concreto estructural negativamente se asemejan los resultados al concreto patrón.

Estos resultados son concordantes con la investigación realizado por (Surco y Suni, 2008), en donde se realizó la adición de fibras de caucho de neumático reciclado en 1%, 2% y

3% al peso del cemento. La resistencia de compresión del concreto patrón disminuye conforme se aumenta la dosificación de la fibra de caucho, la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso de cemento, llegó en un intervalo de 3.64% a 3.77% y para el mayor porcentaje de fibra, 3% del peso de cemento, alcanzó valores entre 15.6% a 23.0% con respecto al concreto patrón. La resistencia a la flexo - tracción del concreto patrón disminuyó conforme se aumentó la dosificación de la fibra de caucho, la variación con respecto al concreto patrón con el menor porcentaje de fibra, 1% del peso del cemento, llegó en un intervalo de 2.19% a 2.78% y para el mayor porcentaje de fibra, 3% del peso del cemento, alcanzó valores entre 6.51% a 9.62% con respecto al concreto patrón.

Por otro lado el estudio de investigación (Ramos y Eraso, 2015), su objetivo fue determinar las propiedades físico - mecánicas de los agregados y del cemento, los diseños de mezcla para el concreto patrón y el diseño de mezcla del concreto con adición de agregado fino por material de caucho reciclado en 10%, 15%, y 20%, la resistencia del concreto obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 8.47% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una sustitución del 15% del agregado fino por caucho reciclado es de 38.15% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una sustitución del 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 46.13% con respecto al concreto patrón. Las variaciones a mayores porcentajes de adición o sustitución las resistencias a compresión bajan gradualmente.

Para la validez de la hipótesis, se verifica que se acepta la hipótesis alternativa donde es influenciado el comportamiento con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados para la investigación se obtuvieron en los diferentes laboratorios, evaluando la influencia de la incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado en el concreto estructural, se concluye lo siguiente:

1. Del objetivo general, la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en el comportamiento del concreto estructural, para la utilización en las obras de ingeniería en la ciudad de Abancay. Con los resultados obtenidos se verifica que las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas con incorporación de fibras de caucho a los componentes del concreto (cemento, agregados), en forma general se reduce los valores frente a las muestras patrón sin incorporación de fibras de caucho. Los concretos con mayor disminución en la resistencia a la compresión fueron las que se incorporó mayor cantidad de fibras de caucho reciclado; rechazándose la hipótesis nula se afirma que la incorporación de fibra caucho influye en el comportamiento del concreto estructural. En cambio, la resistencia a flexión de vigas se tiene menores valores de reducción frente al concreto patrón; se acepta la hipótesis nula concluyéndose que las fibras de caucho de neumático reciclado no influyen en el comportamiento estructural con un nivel de significancia unilateral al 5%.
2. la influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del cemento en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del cemento es de 6.87%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del cemento es de 4.55%; con respecto al concreto patrón y el

concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 7% del peso de cemento es de 16.94% con respecto al concreto patrón los resultados se muestran en la tabla 78, de las incorporaciones de fibras al cemento se rechazan las hipótesis, concluyéndose la incorporación de fibra de caucho influye en el comportamiento estructural con nivel de significancia menor al 5%. La resistencia a la flexión hay menor variación, se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del cemento hay una disminución en 0.41% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 5% del peso de cemento es de 2.06% con respecto al resultado del concreto patrón y el diseño con incorporación de fibra de caucho al 7% del peso de cemento es de 4.63% con respecto al concreto patrón los resultados se muestran en la tabla 87. Se aceptan las hipótesis nulas concluyéndose que no influye en la incorporación de fibra caucho en el comportamiento del concreto estructural con nivel de significancia al 5%.

3. La influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado fino en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado fino es de 7.80%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del agregado fino es de 11.03% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al 7% del peso del agregado fino es de 19.96% con respecto al concreto patrón según la tabla 78. Se rechaza la hipótesis nula al peso del agregado fino con nivel de significancia menor a 5%. El comportamiento al 3% de fibra

al peso del agregado fino se asemeja bastante con respecto al concreto patrón, entonces se podría concluir que se obtuvo mejor comportamiento de las propiedades físicas del concreto modificado. La resistencia a la flexión hay menor variación, así se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del agregado fino hay una disminución en 2.12%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho del 5% al peso del agregado fino es de 2.74%; con respecto al concreto patrón y el concreto con incorporación de fibra de caucho del 7% del agregado fino es de 8.49% con respecto al concreto patrón según la tabla 87. Se pudo observar estadísticamente que se aceptan las hipótesis nulas.

4. La influencia de la incorporación de fibras de caucho neumático reciclado en 3%, 5% y 7% al peso del agregado grueso en el comportamiento del concreto estructural. El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado grueso es de 3.83%; con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una incorporación de fibra de caucho al 5% al peso del agregado grueso es de 7.20%; con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho en 7% al peso del agregado grueso es de 15.21% con respecto al concreto patrón según la tabla 78. Se rechazan la hipótesis nula con nivel de significancia menor al 5%, concluyéndose que influyen en el comportamiento estructural. La resistencia a la flexión hay menor variación, se tiene resultado a los 28 días con incorporación de fibra de caucho del 3% al peso del agregado grueso hay una disminución en 4.24% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con incorporación de fibra de caucho del 5% al peso del agregado grueso es de 4.27%; con respecto al concreto patrón y el concreto con

incorporación de fibra de caucho del 7% del agregado grueso es de 6.31%; con respecto al concreto patrón según la tabla 87, las hipótesis nulas se aceptan, concluyéndose que no influyen en el comportamiento del concreto estructural. Con el resultado del ensayo de la resistencia a flexión la disminución fue gradual con respecto al concreto patrón (sin fibra) la incorporación de fibra de caucho al 3% del peso del agregado grueso tiende a asemejarse al concreto patrón, la incorporación de fibras a mayores porcentajes disminuye en mayor porcentaje esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con incorporación de fibra de caucho, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho, la baja absorción de agua en la fibra de caucho granulado no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve.

RECOMENDACIONES

1. Del objetivo general la investigación de la utilización del concreto con Incorporación de fibras de caucho de neumático reciclado, probar en otros elementos estructurales que son sometidos a esfuerzos de impacto y a cambios de temperatura como son pavimentos rígidos y/o losas expuestas a la intemperie.
2. Con respecto al objetivo específico de la incorporación de fibra el peso del cemento se recomienda usar fibras que se asemejan a la granulometría del cemento es decir en polvo.
3. Al objetivo específico de la incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado al peso del agregado fino, se recomienda su uso en concretos que no va soportar cargas axiales en 3% de fibra de caucho al peso del cemento.
4. Del objetivo específico con incorporación de fibra de caucho al peso del agregado grueso se recomienda su uso en concretos simples que sean sometidos a esfuerzos laterales por la flexibilidad del concreto modificado habiéndose obtenido en 3% de fibra de caucho al peso del agregado grueso un comportamiento semejable al concreto patrón.
5. En el proceso de mezclado de concreto con incorporación de fibra de caucho de neumático reciclado se recomienda adicionar los materiales en la mezcladora en el siguiente orden: agua del diseño de la mezcla, cemento, agregado grueso, agregado fino y la fibra de caucho de neumático reciclado fue vertido en los tiempos de cada componente para poder lograr una mejor distribución en el concreto evitando de esta manera la formación de grumos.
6. Recomendar el estudio de la fibra de caucho en la elaboración de elementos prefabricados.

7. La utilización de este contenido de caucho en un tipo de fibra de caucho seleccionado a través del colado y buscando una homogenización en los tamaños de las fibras.
8. Recomendar el estudio del comportamiento del mortero con las fibras de caucho.
9. Estudio del punto de fulgor del caucho y observando que este reacciona a una temperatura muy alta donde el concreto tiene sus propiedades amenazadas.
10. Se recomienda hacer la siguiente investigación con cemento IP, viendo que con el tiempo tiende a adquirir mayor resistencia a la compresión.
11. Para poder obtener un resultado mayor a la resistencia se recomienda obtener muestras sin separar el alambrado de los neumáticos realizar la molida en forma conjunta.

Referencias Bibliografía

- Arturo, C., Álvarez, (2011). *Cuantitativa y cualitativa guía didáctica cuantitativa y cualitativa Guía didáctica*. Universidad Sur Colombiana facultad de ciencias sociales y humanas programa de comunicación social y periodismo NEIVA.
- Alberto, B., & Villacorta, A. A. (2009). Método de prueba estándar para resistencia a degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles. UES-FMO Depto. de Ingeniería y Arquitectura, (1), 2–5.
- Bernal S. A. y Ovalle A.D. (2016), *Diagnóstico ambiental de la gestión de llantas usadas en la Avenida Centenario de la localidad de Fontibón desde la Cra 90 Hasta La Cra 140*, trabajo de grado, Universidad Nacional abierta y a distancia escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del ambiente, Bogotá D.C.
- Cabanillas E. R. (2017), *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*, Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de ingeniería, Cajamarca- Perú.
- El Comité ACI 318 (2005), *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318s-05) y comentario (ACI 318sr-05)*. (Versión en español y en sistema métrico) Es un Estándar del ACI. 318. USA.
- Galvis J. (1988). *Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales*. Informe de Investigación. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Carlos Alberto, H. C. (2013). *Granulometría de los agregados*. UNÍ, Lima.
- Guzmán Y. J. y Guzmán E. L. (2015), *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote-2015*,

- trabajo de grado, Universidad Nacional del Santa Facultad de ingeniería, Chimbote-Perú.
- Hernández J. A. (2011), *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Huamán, R. C. (2017). “Curso – Taller Tecnología del Concreto” Tema III: Materiales para Producir Concreto.
- NTC 4045 (ASTM C330). (NSR-10: “Título C — Concreto Estructural”).
(Víctor Díaz Rúa: Ministro de Obras Públicas y Comunicaciones”).
- Nilson, A. H., (2001). Diseño de estructuras de concreto, Universidad de los Andes
Master of Science, Stanford University.
- MTC., infraestructura vial del. (2016). *manual de ensayo de materiales*, Edición mayo.
Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcciones. (Setiembre, 2011).
Manual de diseño Geométrico. Lima, Perú: Megbyte.
- Torres H. A. (2014), *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito, Bogotá-Colombia.
- Ramírez A. (2016), *Estudio del comportamiento del concreto reforzado con fibras obtenidas del reciclado de llantas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Urta I. P. (2006), *Hormigón con caucho: determinación del módulo de elasticidad*. Universidad Austral de Chile Valdivia – Chile.

Enrique Pasquel *Carbajal* (1998-1999, *tópicos de tecnología del concreto en el Perú*, segunda Edición)

E-060 (2016), *Concreto armado*, reglamento nacional de Edificaciones.

Hernández, Collado y Baptista (2016) y Carrasco (2014), *Metodología de la investigación*, 5ta Edición.

400.010, N. Norma técnica peruana NTP 400.012, AGREGADOS. Análisis Extracción y preparación de las muestras. , (2001).

400.037, N. Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. , (2015).

Abanto C., F. (2009). *Tecnología de Concreto (teoría y Problemas)*.

Alfonso, J., & Badillo, O. (2011). *Evaluación de la Capacidad de Disipación de Energía de Concreto con Fibras Metálicas y de Caucho de Desecho de Llanta*.

Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*.

Cabanillas, E. R. (2017). *Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado*.

E-060. Norma técnica de edificación e.060 concreto armado. , (2009).

Gastañadú Ruiz, F. (2014). *Control de Calidad del Concreto*. 1–30.

Guzmán, Y., & Guzmán, E. (2015). *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote- Santa*.

Hernández, B. (2011). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de investigación*.

MTC., *infraestructura vial del*. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. In Edición Mayo.

- Neville, A. M. (2013). Tecnología del concreto.
- NTP: 339.078. (2012). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- NTP, 334.009. Cementos. Cementos portland. Requisitos, (2005).
- NTP 339.034. (2008). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Inacal, (Lima 41). Retrieved from https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303
- NTP 339.035. Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. 4a. Edición: INACAL (2009).
- NTP 339.88. Norma-Tecnica-Peruana-NTP-339-088. , (2006).
- NTP 400.012. (2001). Norma técnica peruana: agregados. análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. (Lima 41).
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto.
- Pérez, J., & Arrieta, (2017). Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI. Universidad Católica de Colombia.
- Ramos, N., & Eraso, H. (2015). Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo. Universidad Javeriana.
- Rodríguez, E. (2016). Uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos. (4).
- Ruiz, D. Resolución Ministerial N°100 -2019-MINAM. , Pub. L. No. Resolución Ministerial N°100-2019-MINAM, 57 (2019).

Surco, H., & Suni, R. (2008). “estudio del comportamiento del concreto con adición de fibras de caucho”. UNSA.

Tírel, K. (2017). Ingeniería de perfil de modernas plantas para reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU).

Web Grafía – Link Grafía

- Abanto, F. (2017). Tecnología del concreto - libros Peruanos. Retrieved June 6, 2019, from <http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/5021/Tecnologia-del-concreto>
- TNU, T. N. U. (n.d.). la Importancia del Reciclaje de Neumáticos. Retrieved June 16, 2019, from <https://www.tnu.es/n/210/la-importancia-del-reciclaje--de-neumaticos/lang/es>
- Magallanes Reyes, C. A., & Guillén Solari, I. C. (2014). Experiencias En El Tratamiento De Neumáticos Fuera De Uso En Iberoamérica. (511), 1–22. Retrieved from [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/\\$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf)
- Máquina de reciclaje automático de neumáticos de alto rendimiento para hacer polvo de goma/máquina de reciclaje de neumáticos de desecho Descripción del producto. (n.d.). Retrieved June 16, 2019, from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-output-automatic-tyre-recycling-machine-to-make-rubber-powder-waste-tyre-recycling-machine-60462859598.html>
- materiales-aglutinantes. (n.d.). Retrieved June 19, 2019, from <https://es.slideshare.net/acesarq/65709878-materialesaglutinantes>
- Puente, W. (2000). Técnicas de investigación. Retrieved June 9, 2019, from <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>
- García C., M. A. (2007). Factibilidad de Sustitución del Agregado Fino del Concreto por Fibras de Termoplásticos y Elastómeros Reciclados (Vol. 67). <https://doi.org/10.1590/s1809-98232013000400007>
- Capítulo 2 Antecedentes 2.1 Ligantes. (n.d.). Retrieved from: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21900/Capitulo2.pdf>

Cómo se hace el chicle ecológico, 100% biodegradable. (n.d.). Retrieved June 16, 2019, from <https://ecoinventos.com/como-se-hace-el-chicle-ecologico/>

Aceros Arequipa: Capacitándonos: Conociendo las Propiedades del Concreto (I). (n.d.). Retrieved June 16, 2019, from http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_30/conociendo-las-propiedades-del-concreto.html