



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Influencia de partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas
del concreto endurecido Lima 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Nieves Armas, César Augusto

ASESOR

Dr. Quiroz Torres, Luis Gabriel

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2018

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 15-12-2018
		Página : 1 de 2

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

César Augusto Nieves Armas

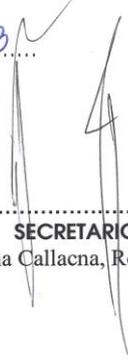
cuyo título es:

“INFLUENCIA DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018”

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

.....12..... (número) *buena*..... (letras).

Lugar y fecha..... *15 - Dic - 2018*.....

 PRESIDENTE Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo	 SECRETARIO Mg. Marquina Callacna, Rodolfo Ricardo
 VOCAL Dr. Quiroz Torres, Luis Gabriel	

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mis padres: Nieves Hinojosa, César Augusto y Armas Matos, María luisa por estar siempre a mi lado apoyándome y brindándome sus valiosos consejos para superar los diversos obstáculos que pase en mi adolescencia, por la educación que me brindaron en todos estos años y todos mis triunfos que tuve y que tendré más adelante, será gracias a ustedes. Los quiero mucho.

A mi hermana: Jessica por acompañarme en cada etapa de mi vida

A mi sobrino: Renzo por estar siempre a mi lado dándome ánimos y sobre todo siempre alegrándome cada día con sus ocurrencias

A mis compañeros: A todos mis amigos por estar animándome en todo momento y sobre todo por brindarme su amistad.

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO por acogerme y darme la oportunidad de estudiar y culminar mi carrera profesional.

A mi asesor el Ing. Quiroz Torres, por tenerme mucha paciencia, por brindarme sus sabios consejos, y agradecerle por ayudarme a culminar una etapa de mi vida.

Agradecer a todos mis profesores que me acompañaron en mi carrera profesional, por brindarme sus sabios conocimientos, por compartir sus experiencias profesionales ayudándome a tener mucha más pasión por mi carrera,

Y agradecer a todas las personas que estuvieron a mi lado, por brindarme su amistad, por sus consejos. Algunas se encuentran conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar donde estén quiero darle las gracias por formar parte de mi vida y por todas sus bendiciones.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, NIEVES ARMAS, César Augusto, estudiante de la Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 73010065, con la tesis titulada “Influencia de partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas del concreto endurecido lima 2018” declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de diciembre del 2018


.....
Nieves Armas, César Augusto
DNI N° 73010065

V

V

PRESENTACIÓN

Señores miembros de jurado:

Pongo a su disposición la tesis titulada “Influencia de partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas del concreto endurecido lima 2018” en cumplimiento de las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo para la obtención del título profesional de ingeniero civil la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El documento consta de X capítulos: capítulo I: Introducción, capítulo II: Métodos, capítulo III: Resultados, capítulo IV: Discusión, capítulo V: Conclusiones, capítulo VI: Recomendaciones, capítulo VII: Referencias bibliográficas y capítulo VIII: Anexos.

Nieves Armas, César Augusto

ÍNDICE

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
RESUMEN	XX
ABSTRACT	XXI
1. INTRODUCCIÓN	21
1.1 Realidad problemática	23
1.2 Trabajos previos	25
1.2.1 Antecedentes internacionales	25
1.2.2 Antecedentes nacionales	27
1.3 Teorías relacionadas al tema	29
1.3.1. Concreto	29
1.3.1.1 Definición	29
1.3.1.2 Elementos del concreto	29
1.3.1.3 Elaboración de probetas de concreto	31
1.3.1.4 Propiedades mecánicas del concreto	32
1.3.2 Caucho	36
1.3.2.1 Definición	36
1.3.2.2 Propiedades físicas y químicas	36
1.3.2.3 Componentes de un neumático y sus funciones	36
1.3.2.4 Proceso de producción	37
1.4 Formulación del problema	38
1.4.1 Problema general	38

1.4.2 Problema específico	38
1.5 Justificación del estudio	38
1.5.1 Justificación económica.....	38
1.5.2 Justificación técnica	39
1.5.3 Justificación social y ambiental	39
1.6 Hipótesis	39
1.6.1 Hipótesis general	39
1.6.2 Hipótesis específicas	39
1.7 Objetivos.....	39
1.7.1 Objetivo general	39
1.7.2 Objetivos específicos	39
2. MÉTODO	41
2.1 Diseño, tipo y nivel de investigación	42
2.1.1 Diseño de investigación	42
2.1.2 Tipo de investigación	42
2.1.3 Nivel de investigación	42
2.2 Variables, Operacionalización	43
2.2.1 Definición conceptual	43
2.2.2 Definición Operacional	43
2.2.3 Cuadro de variables	44
2.3 Población, Muestra y Muestreo	45
2.3.1 Población	45
2.3.2 Muestra	45
2.3.3 Muestreo	45

2.3.1.1 Tipo de muestreo	45
2.3.1.2 Sub tipo.....	46
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	46
2.4.1 Técnicas	46
2.4.2 Instrumentos	46
2.4.3 Validez	47
2.4.4 Confiabilidad	47
2.5 Método de análisis de datos	47
3. RESULTADOS	49
3.1 Análisis de agregados	50
3.1.1 Calculo de la granulometría del agregado fino	50
3.1.2 Calculo del módulo de fineza del agregado fino (NTP 400.011).....	54
3.1.3 Calculo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)	55
3.1.4 Calculo del peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017)	56
3.1.5 Calculo del peso específico del agregado fino (NTP 400.022)	57
3.1.6 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185).....	60
3.1.7 Porcentaje de absorción del agregado fino (NTP 400.022)	61
3.1.8 Calculo de la granulometría del agregado grueso.	62
3.1.9 Calculo del módulo de fineza del agregado grueso (NTP 400.011).....	65
3.1.10 Calculo del peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017)	66
3.1.11 Calculo del peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017) ...	68
3.1.12 Calculo del peso específico del agregado grueso (NTP 400.022)	69
3.1.13 Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185)	71
3.1.14 Porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.022)	72

3.1.15 Granulometría de las partículas de caucho reciclado	72
3.1.16 Calculo del módulo de fineza del caucho reciclado	76
3.1.17 Calculo del peso unitario suelto del caucho reciclado	76
3.1.18 Calculo del peso unitario compactado del caucho reciclado	78
3.1.19 Calculo del peso específico del caucho reciclado	79
3. 2 Diseño de mezcla por el método del ACI para el concreto patrón	79
3.2.1 Determinación del F'c.	80
3.2.2 Determinación del F'cr	80
3.2.3 Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)	82
3.2.4 Consistencia	83
3.2.5 Volumen de agua de mezcla	87
3.2.6 Determinación del contenido de aire	87
3.2.7 Determinación de la relación Agua – Cemento	88
3.2.8 Determinación del Factor cemento (Fc)	88
3.2.9 Determinación de la cantidad de agregado grueso	89
3.2.10 Calculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire y agregado grueso)	89
3.2.11 Valores del diseño de laboratorio	90
3.2.12 Corrección por humedad de los agregados	90
3.2.13 Calculo de humedad superficial de los agregados	91
3.2.14 Aporte de agua a la mezcla	91
3.2.15 Valores del diseño a pie de obra	91
3.2.16 Proporcionamiento de la mezcla Patrón	92
3.2.17 Cantidad de materiales en volumen por M3 (corregido por humedad)	92

3.3 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 2% de partículas de caucho reciclado	92
3.4 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 5% de partículas de caucho reciclado	96
3.5 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 7% de partículas de caucho reciclado	100
3.6 Elaboración de especímenes de concreto a ensayar	105
3.6.1 Moldes para los ensayos de compresión y tracción	105
3.6.2 Moldes para el ensayo de flexión	106
3.6.3 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón	107
3.6.4 Calculo de cantidad de material a utilizar en 12 probetas	108
3.6.5 Elaboración de las probetas del concreto patrón	108
3.6.6 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón con adición de 2% de caucho	114
3.6.7 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón con adición de 5% de caucho	117
3.6.8 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón con adición de 7% de caucho	118
3.6.9 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón	119
3.6.10 Calculo de cantidad de material a utilizar en 2 vigas	120
3.6.11 Elaboración de las vigas del concreto patrón	120
3.6.12 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 2% de adición de partículas de caucho	121
3.6.13 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 5% de adición de partículas de caucho	122

3.6.14 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 7% de adición de partículas de caucho	123
3.7 Resultados de ensayos	124
3.7.1 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días de curado .	124
3.7.2 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días de curado	125
3.7.3 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días de curado	127
3.7.4 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 7 días de curado	130
3.7.5 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 14 días de curado	131
3.7.6 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 28 días de curado	133
3.7.7 Resultados de la resistencia a flexión del concreto a los 28 días de curado	135
IV Discusión	138
V Conclusiones	143
VI Recomendaciones	146
VII Referencias bibliográficas	148
VIII Anexos	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tráfico vial en la Av. Carabayllo	23
Figura 2: Escalera J del asentamiento humano san Genaro, Comas	24
Figura 3: Metodo de ensayo para determinar la resistencia a la flexion del concreto en viga	35
Figura 4: Componentes de un neumático	36
Figura 5: Proceso de construcción de un neumático	37
Figura 6: Agregado fino	51
Figura 7: Horno	51
Figura 8: Tamices para el agregado fino	51
Figura 9: Maquina agitadora para los tamices	52
Figura 10: Colocación del agregado fino en la malla superior	53
Figura 11: Colocación de las mallas del agregado fino en el agitador mecánico	53
Figura 12: Tamizado del agregado fino	53
Figura 13: Granulometría del agregado fino	54
Figura 14: Varilla de fierro de 5/8” de diámetro	56
Figura 15: varillado de la tercera capa del agregado fino	57
Figura 16: Picnómetro	58
Figura 17: Saturación del agregado fino	58
Figura 18: Golpes con el pison	59
Figura 19: Desmoronamiento de la arena seca	59
Figura 20: Agregado Grueso	63
Figura 21: Colocación del agregado grueso al horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	64

Figura 22: Colocación de las mallas del agregado grueso en el agitador mecánico	64
Figura 23 Tamizado del agregado grueso	64
Figura 24: Granulometría del agregado grueso	65
Figura 25: Recipiente metálico para el agregado grueso	66
Figura 26: Varilla de fierro de 5/8” de diámetro	68
Figura 27: varillado de la tercera capa del agregado fino	68
Figura 28: Agregado grueso en saturación	69
Figura 29: Secado del agregado grueso	70
Figura 30: Colocación del agregado grueso en la canastilla	70
Figura 31: Neumáticos fuera de uso. Fuente: Propia	72
Figura 32: Máquina trituradora de caucho. Fuente: Propia	73
Figura 33: Cantidad de material a tamizar	73
Figura 34: Colocación de la muestra en los tamices	74
Figura 35: Agitador mecánico para el movimiento de los tamices	74
Figura 36: Calculo de la cantidad de material retenido en cada tamiz	74
Figura 37: Resultado final luego del tamizado	75
Figura 38: Granulometría del caucho reciclado	75
Figura 39: Medición de las dimensiones del recipiente metálico	77
Figura 40: Enrasado del material suelto	77
Figura 41: Peso número 1 del material suelto	77
Figura 42: Varillado de la tercera capa del material de caucho	78
Figura 43: Peso número 2 del material de caucho compactado	78
Figura 44: Mezcla de los materiales	84
Figura 45: Colocación de la mezcla en la carretilla	84

Figura 46: Colocación de la mezcla en el cono de abrams	85
Figura 47: Desencofrado del cono de abrams	85
Figura 48: Calculo del asentamiento.	85
Figura 49: Colocación de la mezcla en 4 probetas de 10 cm x 20 cm	86
Figura 50: Cantidad de probetas final	86
Figura 51. Medición de la longitud del molde de la probeta	105
Figura 52: Medición del diámetro de la probeta	105
Figura 53: Medición del ancho de la viga	106
Figura 54: Medición de la longitud de la viga	107
Figura 55: Diseño de mezcla por metro cubico de concreto	107
Figura 56: Calculo de material a utilizar para la probeta patrón	108
Figura 57: Adición de 1.5 litros más a la cantidad de agua original	109
Figura 58: Calculo del Slump con incremento de 2.5 Lts de agua	109
Figura 59: Medición del asentamiento del concreto	110
Figura 60: Slump 3.5”	110
Figura 61: Tamizado del agregado grueso	111
Figura 62: Cantidad de agregado fino a utilizar	111
Figura 63: Cantidad de cemento a utilizar	111
Figura 64: colocación del agregado fino y del cemento a la mezcladora	112
Figura 65: Adición del agua a la mezcla	112
Figura 66: Varillado en la primera capa	113
Figura 67: Golpes a los costados en la primera capa	113
Figura 68: Desmolde de las probetas	113
Figura 69: Calculo de material a utilizar	115

Figura 70: Peso del agregado grueso	115
Figura 71: Peso del cemento	115
Figura 72: Peso del caucho	116
Figura 73: varillados en la primera capa de mezcla	116
Figura 74: Desmolde de las probetas	116
Figura 75: Mezcla del material	118
Figura 76: Colocación del caucho en la mezcla	118
Figura 77: Varillados para la tercera capa de mezcla	121
Figura 78: Varillados para la primera capa de mezcla	122
Figura 79: Peso del caucho	123
Figura 80: Rotura de la probeta a compresión	124
Figura 81: Probeta luego de la rotura	124
Figura 82: Tipo de fracturas del concreto. Fuente: NTP339.034	125
Figura 83: Rotura con 0%	126
Figura 84: Rotura con 2%	126
Figura 85: Rotura con 5%	126
Figura 86: Rotura con 7%	126
Figura 87: Rotura de la probeta a tracción	130
Figura 88: Probeta luego de la rotura	130
Figura 89: Rotura con 0%	131
Figura 90: Rotura con 2%	131
Figura 91: Rotura con 5%	132
Figura 92: Rotura con 7%	132
Figura 93: Rotura con 0%	135

Figura 94: Rotura con 2%	135
Figura 95: Rotura con 5%	136
Figura 96: Rotura con 7%	136
Grafica 1: Comparación de la resistencia a compresión a los 7 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	125
Grafica 2: Comparación de la resistencia a compresión a los 14 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	127
Grafica 3: Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	128
Grafica 4: Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón con los porcentajes de partículas de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado.	129
Grafica 5: Comparación de la resistencia a tracción a los 7 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	131
Grafica 6: Comparación de la resistencia a tracción a los 14 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	132
Grafica 7: Comparación de la resistencia a tracción a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	134
Grafica 8: Comparación de la resistencia a tracción del concreto patrón con los porcentajes de partículas de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado.	135
Grafica 9: Comparación de la resistencia a flexión a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diámetro de las probetas y valor máximo del diámetro del bloque de acero	33
Tabla 2: Tiempo permisible para la realización de los ensayos	33
Tabla 3: Relación de longitud/diámetro de la probeta	34
Tabla 4: Cuadro de variables	44
Tabla 5: Limite de graduación del agregado fino	50
Tabla 6: Porcentajes retenidos del agregado fino	54
Tabla 7: Peso unitario suelto del agregado fino	56
Tabla 8: Peso unitario compactado del agregado fino	57
Tabla 9: Peso específico del agregado fino	60
Tabla 10: Contenido de humedad del agregado fino	61
Tabla 11: Porcentaje de absorción del agregado fino	61
Tabla 12: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso	62
Tabla 13: Limite de graduación del agregado grueso	63
Tabla 14: Porcentajes retenidos del agregado grueso	65
Tabla 15: Capacidad del depósito para el agregado grueso	66
Tabla 16: Peso unitario suelto del agregado grueso	67
Tabla 17: Peso unitario compactado del agregado grueso	69
Tabla 18: Peso específico del agregado grueso	71
Tabla 19: Contenido de humedad del agregado grueso	71
Tabla 20: Porcentaje de absorción del agregado grueso	72
Tabla 21: Porcentajes retenidos del caucho reciclado	75
Tabla 22: Calculo del peso unitario suelto del caucho	78
Tabla 23: Calculo del peso unitario compactado del caucho	79

Tabla 24: Propiedades físicas de los agregados	80
Tabla 25: Calculo del F'cr en función de la desviación estándar	81
Tabla 26: Calculo del factor de modificación para la desviación estándar	81
Tabla 27: Calculo del F'cr en función del F'c	82
Tabla 28: Calculo del F'cr en función del nivel de control en obra	82
Tabla 29: Diseños de mezcla para el cálculo del slump	83
Tabla 30: Calculo del volumen de agua de mezcla con los datos del Slump y el TMN ...	87
Tabla 31: Calculo del contenido de aire en función del TMN	87
Tabla 32: Calculo de la relación agua- cemento	88
Tabla 33: Calculo de la cantidad de agregado grueso en función del módulo de fineza del agregado fino con el TMN	89
Tabla 34: Densidad del concreto patrón con los porcentajes de caucho	104
Tabla 35: Resistencia de compresión del concreto patrón y material reciclado a los 7 días	124
Tabla 36: Resistencia de compresión del concreto patrón y material reciclado a los 14 días	126
Tabla 37: Resistencia de compresión del concreto patrón y material reciclado a los 28 días	128
Tabla 38: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 7 días	130
Tabla 39: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 14 días	132
Tabla 40: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 14 días	134
Tabla 41: Resistencia de flexión del concreto patrón y del material reciclado a los 28 días	136

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue, determinar cómo influye la adición de partículas de caucho procedente de los neumáticos fuera de uso, en las propiedades mecánicas del concreto endurecido, con la finalidad de encontrar un uso óptimo del caucho reciclado y así utilizarlos en el área de ingeniería civil.

Se procedió a realizar una mezcla de concreto patrón, con resistencia de 210kg/cm^2 por el método del ACI-211, y adicionalmente se realizó el diseño del concreto con adiciones de 2%, 5% y 7% en peso del agregado fino por partículas finas de caucho reciclado, estos diseños también tendrán la misma resistencia del concreto patrón, el tamaño de las partículas de caucho reciclado será todo el material retenido en cada tamiz de un agregado fino. Luego se realizara la elaboración de las probetas de concreto en forma de cilindros y vigas de concreto en forma rectangular y luego realizar los ensayos mencionados en la NTP y ASTM. Estos ensayos son: Ensayos a compresión, tracción indirecta y flexión.

Estos ensayos nos permitirán medir las variaciones que presenta el concreto al momento de adicionarle partículas de caucho reciclado.

Palabra clave: Caucho reciclado, concreto patrón, agregado fino.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine how the addition of rubber particles from unused tires affects the mechanical properties of hardened concrete, in order to find an optimal use of recycled rubber and thus use them in the area of civil Engineering.

We proceeded to make a mixture of standard concrete, with resistance of 210kg / cm² by the method of ACI-211, and additionally the design of the concrete was made with additions of 2%, 5% and 7% by weight of the fine aggregate per particle thin recycled rubber, these designs will also have the same strength of the pattern concrete, the size of the recycled rubber particles will be all the material retained in each sieve of a fine aggregate. Then the preparation of the concrete test tubes in the form of cylinders and concrete beams in rectangular form and then perform the tests mentioned in the NTP and ASTM. These tests are: Compression tests, indirect traction and bending.

These tests will allow us to measure the variations that the concrete presents when adding recycled rubber particles.

Keyword: Recycled rubber, standard concrete, fine aggregate.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática.

Según IPSOS (2018), “la tasa de crecimiento anual de la población peruana es de 1,01%”, donde la mayor cantidad de habitantes se encuentra en la capital (Lima), esto ha traído como consecuencia, que muchas personas se encuentren desempleadas, debido a los escasos de empleo laboral. Es por ello que las personas empiezan a realizar diferentes tipos de trabajos con la finalidad de obtener algún tipo de ingresos, entre los diferentes tipos de trabajos ya sea, tener un negocio propio, salir a vender productos, etc., el más utilizado es la realización del servicio de taxi y el de colectivo, donde muchas de estas personas que realizan este trabajo, lo hacen de manera informal, produciendo así un desbalance en el tráfico vial. Además dado el crecimiento poblacional presente cada año en Lima, las empresas de transporte se han visto en la necesidad de aumentar la cantidad de vehículos de sus compañías. Según el INEI en su informe técnico N° 6 junio 2018, “en abril del 2018 el índice nacional del flujo vehicular en las unidades de peaje aumento en 5.1% de vehículos ligeros en comparación del año pasado”, estos datos demuestran que el transporte vehicular en Lima aumenta cada vez más, lo cual ha llevado como consecuencia a que actualmente exista un caos en el tráfico vehicular, debido a la cantidad excesiva de vehículos (Figura 1).



Figura 1. Tráfico vial en la Av. Carabayllo. Fuente: El comercio 2018

Además esto trae como consecuencia el aumento de la demanda de los neumáticos. Muchos de estos neumáticos son utilizados una y otra vez hasta su degradación y posteriormente convirtiéndose en neumáticos fuera de uso. Es por ello que, en algunos sectores de Lima, se puede observar uno o dos neumáticos tirados en las calles, debido a que este residuo no

presenta una reutilización adecuada, asimismo en el área de ingeniería civil, este residuo no se ha utilizado como un material reciclado en la construcción. (Figura 2)



Figura 2. Escalera J del asentamiento humano san Genaro, Comas. Fuente: Propia

Al existir estos neumáticos fuera de uso en diferentes partes de lima, ya sea calles, asentamientos humanos, talleres de mecánica, parques y otros lugares, y al no saber qué hacer con estos, las personas han optado por utilizar estos neumáticos, ya sea como apoyo en los muros de contención presentes en los asentamientos humanos, como separadores en ciertas calles donde hay una transitabilidad moderada de vehículos, o por ejemplo, en las zonas más pobres, donde muchos de los niños, lo utilizan como medio recreativo al momento de jugar fútbol o cualquier otra actividad. También se puede observar en las manifestaciones, en donde mayormente, utilizan dichos neumáticos como medio de bloqueo en las carreteras, o avenidas ya sea colocándolos o quemándolos. El cual esta última medida es muy perjudicial, especialmente para la población y para el medio ambiente, ya que, el caucho al momento de ser quemado en grandes cantidades, genera una humareda de agentes tóxicos afectando al medio ambiente y a todas las personas que se encuentren cerca. Al existir, semejante problema sobre la utilización de dichos neumáticos, existen empresas recicladoras de neumáticos en el Perú, siendo la más destacada la empresa Ferrostaal Perú S.A.C. que ayuda en reciclar los neumáticos fuera de uso y transformarlos en materiales para uso de combustible alternativo o para la obtención de granulados de partículas pequeñas con la finalidad de utilizarlos en pisos, aislantes, material de ornato entre otros, también realiza el reciclado de aluminio, plástico y otros materiales reciclables. Sin embargo al existir empresas encargadas de reciclar los neumáticos fuera de uso, se puede observar a simple vista que no es suficiente, debido a que actualmente persiste este problema y ante tal problemática se buscó dar una solución para reutilizar dicho material, es por ello que surgió esta

investigación, que busca tratar de incluir el material de caucho presente en los neumáticos en el ámbito de la construcción. Dado que actualmente (2018) el Perú pasa por un buen momento en el ámbito de la construcción, existiendo mayores inversiones para la realización de obras públicas, es por ello que si se logra introducir el material de caucho de los neumáticos fuera de uso, se podría disminuir la cantidad de dichos neumáticos presentes en la capital, asimismo se evitaría el uso indebido de éste, evitando así que ocurran la quema de neumáticos.

Para ello la investigación, se centra básicamente en evaluar el comportamiento del concreto endurecido, al momento de incluirle partículas de caucho en la mezcla, verificando si dicho material, logra cumplir los estándares de calidad mencionadas en la NTP y ASTM,

1.2 Trabajos Previos

1.2.1. Antecedentes internacionales.

Dentro de los antecedentes internacionales podemos encontrar:

PÉREZ, Juan y ARRIETA, Yeison: 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. Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero civil. Bogotá: Universidad católica de Colombia, 2017

El autor menciona que en la actualidad (2017), Colombia presenta una gran problemática en el desecho de las llantas de caucho, generando como consecuencias problemas en el medio ambiente. Es por ello que nace la necesidad de combatir dicho problema, para ello, el autor plantea utilizar el caucho como material reciclado en el ámbito constructivo, con la finalidad de aumentar la resistencia, dureza, ductilidad y durabilidad, logrando así una disminución a los problemas ambientales que genera dicho residuo. Para esto, aplica un 5% en peso de caucho molido en agregado fino y grueso, añadiéndolo en la mezcla general del concreto, para luego realizar ensayos a compresión, tracción, de dureza, con la finalidad de cumplir con los estándares de calidad mencionadas en la norma (NTC) y la (NSR10). El autor concluye mencionando; El ensayo de la resistencia a compresión disminuyó con respecto al concreto tradicional debido a la porosidad presente en el caucho, en los ensayos a tracción, el autor menciona que también fue afectada con respecto al concreto tradicional. Sin embargo, recalca que los 28 días, fue recuperando su resistencia a la tracción, donde hace inca pie que en los días posteriores a este, con el previo curado, pueda aumentar su resistencia

a la tracción, logrando así llegar a la del concreto tradicional. Si se incorpora este material de caucho reciclado en el concreto, ayudará principalmente a mejorar la falla del concreto hidráulico, debido a que al momento de producirse una grieta, estas permanecen unidas, permitiendo que el material absorba carga a mayores deformaciones. Concluye mencionando que al incorporar dicho material reciclable, permite aligerar el peso del concreto, ya que, el peso normal de un cilindro de concreto es de 3.9kg y con caucho 3.5kg.

HERNÁNDEZ, Billy: Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con material reciclaje: Plástico y Llantas. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Guatemala: universidad de San Carlos de Guatemala, 2011

El autor expone básicamente, en realizar un estudio comparativo, entre el concreto tradicional, y el concreto con la adición de materiales reciclados de caucho y el plástico. Se utilizó un volumen del 10% de la mezcla de material de plástico y caucho. Luego se realizó los ensayos de compresión, verificando que cumpla con las normas de calidad (ASTM C-39). Cabe resaltar, que el autor realizó una mezcla combinando 2 tipos de materiales, con la finalidad de ver el cambio producido en la propiedad del concreto a compresión. Asimismo, dicha tesis se realizó, debido a que en Guatemala no se cuenta con un sistema adecuado de registro de desechos, es por tal motivo que dichos desechos (plásticos y llantas) se encuentren en diferentes zonas acumuladas. Las conclusiones mencionadas por el autor fueron; Al momento de utilizar dichos materiales se redujo la resistencia a compresión del concreto (siendo mayor con el material de caucho), este problema es debido a la deficiencia de la calidad de los agregados puestos en la mezcla.

ESTRADA, Juan: Estudio de propiedades físico mecánicas y de durabilidad de hormigón con caucho. Tesis para obtener el título de master en ingeniería estructural y de la construcción. Catalunya: Universidad politécnica de Catalunya, 2016.

Básicamente el autor nos menciona, sobre la importancia de lograr reutilizar los neumáticos fuera de uso, con la finalidad de reducir el impacto ambiental que generan estos, al momento de terminar su vida útil. En España, en los últimos años, hubo un aumento significativo de vehículos, lo cual produjo una mayor demanda de llantas y al mismo tiempo un mayor impacto ambiental por parte de éste. Por tal motivo, nace la necesidad de implementar dicho material en algún proceso para su reutilización, dada esta premisa, surgió la idea de utilizar el material reciclado en el ámbito constructivo. Para ello, el autor realizó la sustitución del

5%. 10% y 15% del agregado fino, por el del polvo neumático, para verificar los cambios en las propiedades, tanto mecánicas como físicas del concreto. Las conclusiones mencionadas por el autor fueron las siguientes; Al momento de añadir dichos porcentajes al hormigón, trajo como consecuencia la disminución de las propiedades mecánicas y físicas por parte de éste, es por ello, que el autor recomienda utilizar dicho hormigón en sistemas no estructurales, sin embargo si se incorpora partículas de neumáticos para el agregado grueso (5-25mm) mejorará la resistencia al hormigón que las partículas finas (0-5mm). Debido, a que las partículas gruesas, ocasionan menores cantidades de vacío entre el caucho y la mezcla. Además, se determinó que su densidad disminuye al agregarle distintos porcentajes de agregado fino y grueso, el caucho por naturaleza es un material liviano, menos denso que la arena y retiene aire, causando una reducción en la densidad. Los valores de absorción del hormigón, son menores que del hormigón normal, esto puede ser debido a que al momento de incorporar el material de polvo de caucho, haya obstaculizado la red capilar, dado que dichas partículas de caucho incorporan cierta cantidad de aire, obstaculizando el paso del agua. Además se produjo un aumento en la porosidad, dado que el caucho tiene una baja adherencia con el cemento, generando una incorporación de aire y vacíos, lo cual ocurre todo lo contrario si agregamos partículas de polvo en el agregado grueso y no en el fino.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Dentro de los antecedentes nacionales tenemos:

GUZMÁN, Esthefany y GUZMÁN, Yheyson: Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumático reciclado en la elaboración de concretos estructurales en Chimbote-2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Chimbote: Universidad nacional de santa, 2015.

El autor menciona, sobre la utilización de dicho material reciclado en el área de construcción, para ello realiza una mezcla sustituyendo el 5%, 10% y 15% del agregado fino y grueso, por partículas de caucho, las cuales deben de cumplir las normas del NTP y del ASTM, luego de esto se pasará a realizar los ensayos de compresión, tracción, módulo de elasticidad, ensayos de granulometría, con la finalidad de determinar, cuan eficiente es la utilización del caucho en el concreto. Las conclusiones que llego el autor fueron las siguientes: La trabajabilidad del concreto no fue afectada por la adición del caucho, asimismo el autor afirma que si las partículas del caucho son de mayor tamaño, generarán una mayor fluidez del concreto. Otra conclusión es sobre la densidad, se determinó que el concreto bajo su

densidad al momento de agregarle dicho material, esto es debido, a que la densidad del caucho es menor a los áridos. El concreto aumenta su absorción y porosidad de acuerdo al tamaño del caucho. La resistencia a compresión del concreto disminuye con los 3 porcentajes, sin embargo la disminución es mínima cuando se le agrega solo un 5% de partículas de caucho.

MONTOYA, Estefany: Practicas sostenible en la construcción de edificaciones. Tesis para optar el título de ingeniero Civil. Lima: Pontífice Universidad Católica del Perú, 2014.

El autor básicamente nos menciona, sobre como tener una mejor construcción sostenible en el Perú, con la finalidad de introducir aspectos sociales, ambientales y económicos en los diversos proyectos de ingeniería. Menciona diversos puntos, donde nos enfocaremos básicamente sobre el medio ambiente, el autor menciona que existen muchos agentes contaminantes como por ejemplo: Los residuos de acero, plástico, caucho etc., es por ello que el autor plantea, utilizar dichos materiales en el área de la construcción, como material reciclado, con la finalidad de reducir los impactos ambientales que generan estos. Para comprobar, si dichos materiales cumplen con los parámetros expuestos en la NTP, el autor toma como referencia los ensayos ya realizados con dichos materiales, cuyas conclusiones fueron las siguientes: Sobre la utilización del caucho dada las investigaciones del autor determino que dicho material por sí solo, no aporta las condiciones necesarias, para que el concreto mejore o mantenga su propiedades, es por ello que no puede utilizarse en edificaciones estructurales, pero si para otros tipos de trabajo.

SALVATIERRA, José: Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta- Ayacucho. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Ayacucho. Universidad nacional San Cristóbal de Huamanga- Ayacucho, Perú, 2014

A diferencia de las tesis expuestas anteriormente, esta tesis nos menciona de la utilización del caucho en el pavimento, para ello el autor menciona una problemática, sobre la cantidad de neumáticos fuera de uso presente en su localidad, y al estar buscando una solución, se planteó utilizar dichos neumáticos fuera de uso en el área de pavimento, primero realizó la trituración de este material convirtiéndolo en polvo, luego estas partículas, lo incorporo en mezclas bituminosas en caliente, para finalmente formar un conglomerado asfáltico y emplearlo en la capa asfáltica presente en las carreteras. Se realizaron diversos ensayos, con el método de Marshall obteniendo la densidad, estabilidad, fluidez y los vacíos presentes en

la mezcla. Las conclusiones fueron las siguientes; El autor afirma que el polvo de caucho, puede ser utilizado para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, usándolo como un agregado mediante el proceso por “vía seca”. Asimismo el autor menciona que el óptimo porcentaje de utilización de polvo de caucho es del 0.5%, para los parámetros Marshall y de tracción indirecta. El proceso de adición de caucho, demanda mayores cantidades de cemento asfáltico, pero mejora las propiedades relacionadas con la durabilidad.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema.

1.3.1 Concreto

1.3.1.1 Definición

El concreto es producto de una mezcla de cemento, arena, piedra y agua, donde el cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de los agregados y formar una masa sólida, en ocasiones se le agregan uno o más aditivos para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y el tiempo de fraguado. Además el concreto presenta una mayor resistencia a la compresión y una baja resistencia a la tensión. (McCORMAC y BROWN, 2011, p.1)

1.3.1.2 Elementos del concreto

Cemento

El cemento es un material pulverizado conformado básicamente por silicatos de calcio y aluminio, las materias primas donde se pueden obtener dichos componentes, son de la caliza y de la arcilla. Estos materiales se muelen, se mezclan y pasa por un proceso de calentamiento por medio de los hornos hasta obtener el llamado Clinker, que posteriormente se enfriará y se molera de nuevo para lograr la finura requerida (ARTHUR, 2001, p.28)

Según la American Society for Testing and Materials (ASTM) clasifica a los cementos portland en 5 tipos para usos diversos: Cemento portland tipo 1: Cemento utilizado en la mayoría de construcciones. Cemento portland tipo 2: Cemento que presenta un moderado calor de hidratación y resistencia a los sulfatos. Cemento portland tipo 3: Cemento que genera una alta resistencia inicial aproximadamente al doble que el cemento tipo 1 en las primeras 24 horas y presenta un alto calor de hidratación. Cemento portland tipo 4: Cemento que presenta un bajo nivel de hidratación, se usa para estructuras de concreto de gran tamaño.

Cemento portland tipo 5: Cemento que presenta una alta resistencia a los sulfatos. (McCORMAC y BROWN, 2011, p.9)

Agregado

Los agregados, ocupan un 70 a 75% del volumen de la masa endurecida y lo resto está conformado por la pasta del cemento endurecido, agua no combinada (agua no utilizada en la hidratación) y los vacíos del aire. Estos dos últimos no ayudan en la resistencia del concreto, por ello si nosotros queremos tener un concreto con buena resistencia, es crucial que los agregados estén bien unidos entre sí, por esta razón las partículas de los agregados deben estar libre de impurezas tales como arcillas, limos o materia orgánica que pueda debilitar la unión con la pasta de cemento. Los agregados son generalmente de 2 tipos, los agregados finos y gruesos. (ARTHUR, 2001, p.30)

Agregado Fino

Los agregados finos son de arena natural o piedra triturada, siendo la mayoría de sus partículas, menores a 5 mm que pasan por el tamiz N^o4. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo, deben consistir en partículas durables, limpias, duras, libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos, que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. (ASTM C33-03)

Agregado Grueso

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N^o 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la degradación natural o artificial de la roca (NTP 339.047, p.3)

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado, cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. (ASTM C33-03)

AGUA

Las aguas utilizadas en la mezcla con el cemento deben de ser limpias, no deben de contener ácidos, aceites ni material orgánico que pueda afectar las propiedades del agua. Asimismo se pueden utilizar las aguas negras tratadas, siempre y cuando cumplan con todos los parámetros de calidad que exige el ACI (Gonzales, 2004, p.29).

ADITIVOS

Aditivos plastificantes: Gracias a estos aditivos se puede disminuir la cantidad de agua de la mezcla, si se mantiene la cantidad de cemento, la resistencia del concreto aumentará. Además, si disminuimos la cantidad de agua de la mezcla y también disminuimos hasta un 15% de cemento de la mezcla, nos proporcionará una resistencia igual, a la que presentaba antes de adicionar el aditivo plastificante. Aditivos súper plastificantes: Permite la elaboración de concretos de alta resistencia, de concretos muy fluidos y aceleran la hidratación del cemento. Además permite la reducción de hasta un 25% de contenido total de agua. Aditivos incorporadores de aire: Tiene la finalidad de añadir burbujas de aire uniforme a la mezcla, con la finalidad de favorecer la resistencia del concreto al deterioro producido por el calor y heladas. Aditivos aceleradores y retardadores de agua: Los aceleradores de agua, aumentan la velocidad de fraguado, permitiendo reducir el tiempo de utilización de los encofrados, curados y en general, el tiempo de construcción de la obra. Los aditivos retardadores de agua, realizan el proceso contrario de los aceleradores de agua (Harmsen, T, 2005, pp.15-16)

1.3.1.3 Elaboración de probetas de concreto.

La norma ASTM C 31 nos menciona ciertos parámetros para realizar una probeta de concreto.

Primero: Equipos necesarios.

- Moldes: La norma señala que deben de ser de acero, hierro forjado, PVC u otro material absorbente y que no reaccione con el cemento. Además señala que antes de usarse dichos moldes deben ser recubiertos ligeramente con un aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo. Los moldes son de 6"x12" o 4"x8".
- Varilla: La varilla debe de ser de fierro liso diámetro de 5/8", 60 cm de largo y uno de sus extremos boleados.
- Mazo: Debe usarse un mazo de goma que pese aproximadamente entre 0.60 a 0.80 kg.
- Equipo adicional: Cuchara, regla, plancha de metal y deposito que contenga el integro de la mezcla a colocar en la probeta.

Segundo: Elaboración de la probeta de concreto.

Antes de empezar se debe de humedecer y limpiar todas las herramientas a utilizar.

- La muestra obtenida para la realización de la probeta deberá ser escogida al azar, sin tener en cuenta la aparente calidad del concreto
- El molde debe ser colocado en una superficie rígida, nivelada y libre de vibración.

- La muestra será remezclada para luego posteriormente ser colocada en el molde con 3 capas de igual volumen.
- En la última capa se debe de agregar el concreto faltante para que el molde quede totalmente lleno.
- Cada capa debe de ser compactada con 25 penetraciones de la varilla de fierro en forma de espiral y terminando en el centro.
- La capa inferior se compacta en todo su espesor, la segunda y tercera capa se compacta penetrando no más de 1" de la capa anterior.
- Después de compactar cada capa se debe de golpear ligeramente 10 a 15 veces con el mazo de goma con la finalidad de liberar las burbujas de aire que pueden estar atrapadas.
- El enrazado de la superficie del concreto se deberá de realizar con una regla con la finalidad de que la superficie quede uniforme y lisa.
- Luego se colocará una identificación de la probeta sobre la superficie del concreto.
- Luego de elaboradas las probetas se transportaran al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial.
- Durante las primeras 24 horas el molde debe de estar a la siguiente temperatura: Para $f'c > 422$ kg/cm²: Entre 20 y 26°C y para $f'c < 422$ kg/cm²: Entre 16 y 27°C.
- Luego de 18 a 24 horas se retirara los moldes para luego realizar el curado.
- Luego de quitar los moldes y antes que pasen 30 minutos se debe almacenar las probetas en condiciones adecuadas de humedad siempre recubiertas por agua a una temperatura de 23 a 25°C.

1.3.1.4 Propiedades del concreto

Resistencia a la compresión

La resistencia a compresión de las probetas de concreto se determinará, con el promedio de 3 probetas ensayadas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, la máquina de ensayo estará equipada con 2 bloques de acero ubicados en forma paralela, donde se colocará la probeta en la parte central de estos bloques para realizar los ensayos pertinentes, los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3% del diámetro de la probeta a ensayar, el espesor del bloque de la base tendrá al menos un espesor de 25mm, cuando esta nueva y 22.5 mm, cuando esta usada, El máximo diámetro del bloque superior y de la probeta a ensayar, no excederán los valores presentados a continuación:

Tabla 1: *Diámetro de las probetas y valor máximo del diámetro del bloque de acero.*

Diámetro de probeta de ensayo (mm)	Máximo diámetro (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Fuente: NTP 339.034

Todos los cilindros de ensayo, serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas a continuación.

Tabla 2: *Tiempo permisible para la realización de los ensayos*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	± 0.5h
3d	± 2h
7d	± 6h
28d	± 20h
90d	± 48h

Fuente: NTP 339.034

La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0.25 + 0.05 \text{ Mpas/S}$. La resistencia del concreto se calcula, dividiendo la carga máxima alcanzada por el espécimen (kg), entre el área promedio de la sección (cm^2). Si la relación de longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, se debe corregir el valor obtenido de la resistencia a compresión, dicho valor se multiplicará con el factor de corrección presentado a continuación. (NTP 339.034, pp.6-13)

$$F^c = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: Fuerza de rotura

A: Área de la probeta

Tabla 3: *Relación de longitud/diámetro de la probeta*

L/D	1.75	1.5	1.25	1
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Fuente: NTP 339.034

Resistencia a tracción:

La resistencia a tracción del concreto, es aproximadamente un 8% a 15% menor al valor obtenido de la resistencia a compresión. Para la determinación del valor de la resistencia a la tracción, se calcula por diferentes métodos. Sin embargo, el método más utilizado para dicho cálculo, es el método de tracción indirecta brasileño, que consiste en cargar lateralmente la probeta de concreto, colocarlo exactamente en la parte central de la máquina, y someterlo a una carga determinada, hasta que se rompa, el procedimiento está especificado en la norma ASTM C496-09 (Harmsen, 2005, pp.25-26).

$$F_r = \frac{2P}{\pi HD}$$

Donde:

F_r = Resistencia a la tracción del concreto (kg)

P: Carga de rotura (cm)

H: Longitud del cilindro (cm)

D: Diámetro del cilindro (cm)

Resistencia a la flexión:

La viga tendrá como dimensiones $L \times L \times 3L$, en donde la luz entre apoyos de la viga será de 3 veces mayor a su altura, con una tolerancia del 2%, las caras laterales de la viga formarán ángulos rectos, con las caras superiores e inferiores de la misma. Además todas las superficies de la viga, deben de ser lisas y libres de asperezas. La carga se aplicará de forma continua a una velocidad de 0,9MPa/min a 1,2 MPa/min hasta producirse la rotura de la viga. Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{BH^2}$$

En donde:

Mr: Modulo de rotura en Mpa.

P: Carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N.

L: Luz entre apoyos en mm.

B: Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

H: Altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{3PA}{BH^2}$$

En donde:

A: Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo (NTP 339.078, pp.10-12)

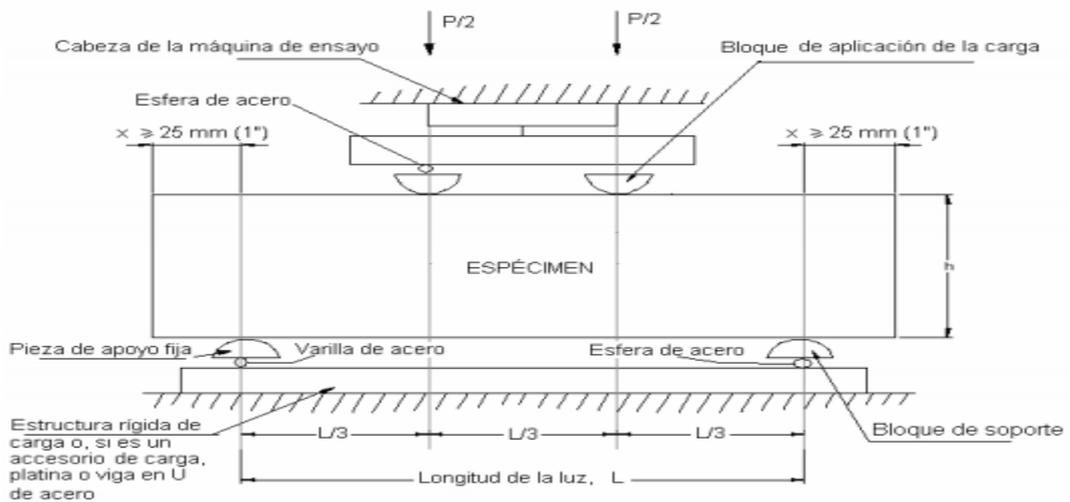


Figura 3. Metodo de ensayo para determinar la resistencia a la flexion del concreto en viga, fuente: NTP339.078

1.3.2 Caucho

1.3.2.1 Definición

El caucho se emplea principalmente, en la elaboración de los neumáticos que serán utilizados en el área de transporte, para la fabricación del caucho se necesita obtener cierto látex que se produce de ciertas plantas, una de ellas es el árbol de la especie *Hevea Brasiliensis* de la familia de las Euforbiáceas al igual que el árbol *Castilloa elástica*, donde se podrá obtener dicho látex para la fabricación de caucho, los países de Indonesia, Malaysia, Tailandia, China y la India producen el 90% del caucho natural. (Castro, 2008, p.20)

1.3.2.2 Propiedades físicas y químicas.

El compuesto de caucho es el isopreno (C_5H_8), además a temperaturas menores de $0\text{ }^\circ\text{C}$ el caucho es sólido y duro, de 0 a $10\text{ }^\circ\text{C}$ es frágil y opaco y mayores a $20\text{ }^\circ\text{C}$ se vuelven flexible, blando. Al calentarlo por encima de $50\text{ }^\circ\text{C}$ adquiere una textura de plástico pegajoso. Cuando el caucho se estira y deforma por un periodo de tiempo no vuelve completamente a su forma normal, si se calienta la recuperación es mayor que a la temperatura normal, y eso es debido a la deformación residual del caucho. Además el látex utilizado en la elaboración del caucho afecta el grado de absorción del agua, si se utiliza ácido clorhídrico o sulfúrico se obtiene cauchos con un mayor poder de absorción lo cual es muy importante cuando el neumático se encuentra en situaciones de lluvia (Castro, 2008, p.27)

1.3.2.3 Componentes de un neumático y sus funciones.



Figura 4. Componentes de un neumático, fuente: Castro (2008)

- 1- Tela de cuerpo: resistir la presión del aire, soporta la carga y aislar las irregularidades del camino.

- 2- Cinturones estabilizadores: Otorgar estabilidad al neumático, otorgar rigidez a la banda de rodamiento y mejorar la pisada del neumático.
- 3- Innerliner: Retener el aire comprimido del neumático.
- 4- Banda de rodamiento: Proveer tracción, adherencia en superficies secas y húmedas y resistir la fricción.
- 5- Laterales: son las paredes del neumático, otorga flexibilidad al neumático.
- 6- Pestañas: Fijar el aro de acero a la llanta. (Castro, 2008, p.7-8)

1.2.3.2.4 Proceso de Producción



Figura 5. Proceso de construcción de un neumático, fuente: Castro (2008)

- Materias Primas: Los materiales primos pueden ser caucho natural, caucho sintético, plastificantes y otros más.
- Mezclado: En esta parte el caucho se mezcla con los materiales primos mencionados donde se forman láminas de goma que serán derivadas a otra etapa del proceso.
- Calandrado: En este proceso las telas son recubiertas de goma
- Extrusión: Es el proceso donde se le da forma a la goma. (Banda de rodadura, laterales, innerliner).
- Conformado del talón: En este proceso las cuerdas de acero son recubiertas con goma para dar como resultado el talón de neumático.
- Elaboración de cinturones estabilizadores: Consiste básicamente en poner goma a una serie de cuerdas de acero dando como resultado los cinturones.
- Armado de neumático: Consiste en 2 etapas, la primera de ellas es de realizar la unión del innerliner, tela de cuerpo, laterales, talones; dando como resultado la "carcasa". La

segunda etapa consiste en unir la carcasa, cinturones estabilizadores y la banda de rodamiento lo que da como resultado el neumático verde.

- Vulcanizado: Consiste básicamente en introducir el neumático verde en una prensa donde se le someterá a temperaturas altas y adquiere los diseños de la banda de rodamiento.
- Inspección final: En la inspección final consiste en una inspección manual, para verificar si no presenta algún tipo de agrietamiento en la cara superior del neumático, y la inspección técnica, para verificar si todo el proceso se realizó de manera adecuada (Castro, 2008, p.9)

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas del concreto endurecido?

1.4.2 Problema específico

- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en la resistencia a compresión del concreto endurecido?
- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en la resistencia a tracción del concreto endurecido?
- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado la resistencia a flexión del concreto endurecido?
- ¿Es posible usar neumáticos fuera de uso en elementos de concreto para reducir la contaminación ambiental que producen?

1.5 Justificación del Estudio

El proyecto de investigación tiene como finalidad, la utilización de partículas de caucho reciclado en el ámbito de la construcción, en Lima, como agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

1.5.1 Justificación Económica

Dado que el presente trabajo busca mejorar las propiedades del concreto, se evitaría el uso de aditivos que aumenten su resistencia del concreto, asimismo ayudaría mucho a las empresas a reducir costos.

1.5.2 Justificación Técnica

El presente trabajo busca la utilización de material no convencional, para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto endurecido

1.5.3 Justificación Social y ambiental

Actualmente existen neumáticos que luego acabado su vida útil, son desechados a los basurales o dejados en los pavimentos de las calles, lo cual causa un problema ambiental en la población. Es por ello, que la tesis presente busca utilizar dichos neumáticos, como un agregado, en la elaboración del concreto, minimizando el impacto ambiental generado por estos.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

Las partículas de caucho reciclado mejorarán las propiedades mecánicas del concreto endurecido

1.6.2 Hipótesis Específicas

- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a compresión del concreto endurecido
- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a tracción del concreto endurecido
- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a flexión del concreto endurecido
- La disminución de los neumáticos fuera de uso influye de manera positiva en el medio ambiente
- Si es posible usar neumáticos fuera de uso en elementos de concreto para reducir la contaminación ambiental que producen

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo General

Evaluación de la influencia de las partículas de caucho reciclado, en las propiedades mecánicas del concreto endurecido

1.7.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la variación de la resistencia a compresión en el concreto endurecido, debido a las partículas de caucho reciclado.
- Evaluar la variación de la resistencia a tracción en el concreto endurecido, debido a las partículas de caucho reciclado.
- Evaluar la variación de la resistencia a flexión en el concreto endurecido, debido a las partículas de caucho reciclado.
- Evaluar el uso de neumáticos fuera de uso en elementos de concreto con el fin de reducir la contaminación ambiental que producen.

II. MÉTODO

2.1 Diseño, Tipo Y Nivel de Investigación

2.1.1 Diseño de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (s.f) “[...] El investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio [...]”, (p 120)

Para este proyecto el diseño de investigación es experimental, debido a que existirá una manipulación en las variables.

Entre el diseño experimental tenemos lo siguiente:

Diseño pre experimental.

Implica 3 cosas:

- 1- Una medición previa de la variable dependiente a ser estudiada (pre test)
- 2- Introducción o aplicación de la variable independiente o experimental X a los sujetos Y.
- 3- Una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (post test).

Esquema:

G: Q₁ - X – Q₂

Donde:

Q₁: Pre test.

X: Tratamiento.

Q₂: Post test.

2.1.2 Tipo de investigación.

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] Es el esquema general o marco estratégico que le da unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar respuesta al problema y objetivos planteados [...]” (p.80)

La investigación para este proyecto es aplicada, con la finalidad que los conocimientos brindados por el proyecto de investigación sean aplicados y utilizados posteriormente.

2.1.3 Nivel de investigación.

Según Hernández (2012): “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno o un evento de estudio.” (p.12)

Para este proyecto el nivel de investigación es correlacional, porque se relacionarán las variables con sus indicadores.

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Definición conceptual

Variable independiente

Partículas de caucho reciclado

Ramos (2002): “La definición generalmente utilizada de caucho granulado corresponde a neumáticos triturados en forma suficiente para ser reutilizados en productos moldeados o mezclados, calibrados en mallas de los números 10 a 40. El caucho triturado en partículas aún más pequeñas suele estar también disponible y calibrado con malla de número 100 o aún más fino y en este caso se le suele denominar polvo. ”. (P.249)

Variable dependiente.

Propiedades mecánicas del concreto

Santacruz (2017): “La evaluación de las propiedades en estado endurecido, permiten conocer el comportamiento del concreto durante sus diferentes etapas. Su manejabilidad y contenido de aire en cuanto a sus edades iniciales, y en edades mayores, su resistencia a compresión, flexión, módulo de elasticidad y fatiga”. (P 10)

2.2.2 Definición operacional

Variable independiente

Partículas de caucho reciclado

Las partículas de caucho reciclado se obtendrán de manera manual, utilizando una cuchilla y luego una máquina para volver ese material de caucho en partículas finas, se añadirá a la mezcla del concreto en volúmenes de 2, 5 y 7% en peso del agregado fino presente en la mezcla.

Variable dependiente.

Propiedades mecánicas del concreto

Estas propiedades nos permitirán determinar, cuál es la resistencia del concreto al momento de estar sometido a diferentes cargas (Resistencia a compresión, tracción y flexión) para verificar si cumple los parámetros establecidos por la NTP.

2.2.3 Cuadro de variables

Tabla 4: Cuadro de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Partículas de caucho reciclado	Ramos (2002): “La definición generalmente utilizada de caucho granulado corresponde a neumáticos triturados en forma suficiente para ser reutilizados en productos moldeados o mezclados, calibrados en mallas de los números 10 a 40. El caucho triturado en partículas aún más pequeñas suele estar también disponible y calibrado con malla de número 100 o aún más fino y en este caso se le suele denominar polvo. ”. (P.249)	Las partículas de caucho reciclado se obtendrán de manera manual, utilizando una cuchilla y luego una máquina para volver ese material de caucho en partículas finas, se añadirá a la mezcla del concreto en volúmenes de 2, 5 y 7% en peso del agregado fino presente en la mezcla.	Peso del agregado fino (%)	Intervalo
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Propiedades mecánicas del concreto	Santacruz (2017): “La evaluación de las propiedades en estado endurecido, permiten conocer el comportamiento del concreto durante sus diferentes etapas. Su manejabilidad y contenido de aire en cuanto a sus edades iniciales, y en edades mayores, su resistencia a compresión, flexión, módulo de elasticidad y fatiga”. (P 10)	Estas propiedades nos permitirán determinar, cuál es la resistencia del concreto al momento de estar sometido a diferentes cargas (Resistencia a compresión, tracción y flexión) para verificar si cumple los parámetros establecidos por la NTP	Resistencia a compresión (F ^c) Resistencia a Tracción (F ^r) Resistencia a Flexión (Mr)	Intervalo

Fuente: Propia.

2.3 Población, Muestra y Muestreo.

2.3.1 Población

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] Es el conjunto de individuos u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación, el universo o población puede estar constituida por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales, entre otros [...]” (p. 108)

La población para este trabajo de investigación será, el concreto endurecido en los laboratorios de Lima.

2.3.2 Muestra

Hernández, Fernández y Baptista (s.f) “[...] La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población [...]” (p.175)

La muestra en esta investigación será las probetas (48 probetas de 4”x8”) y vigas (8 vigas de 15*15*50 cm) de resistencia nominal 210 kg/cm² elaborados en Lima

2.3.3 Muestreo

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] Muestreo se refiere al proceso utilizado para escoger y extraer una parte del universo o población de estudio con el fin de que represente al total [...]” (p.113)

2.3.3.1 Tipos de muestreo.

Muestreo no probabilístico

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] Este tipo de muestreo, también conocido como "muestreo por conveniencia", no es aleatorio, razón por la que se desconoce la probabilidad de selección de cada unidad o elemento del universo. Esto hace que este método de extracción de muestras no tenga la credibilidad de que goza el muestreo probabilístico. Se caracteriza porque el investigador selecciona la muestra siguiendo algunos criterios identificados para los fines del estudio. [...]” (p.119)

Para este trabajo de investigación el muestreo será no probabilístico, debido a que se escogerá la muestra siguiendo ciertos criterios para su utilización.

2.3.3.2 Sub tipo

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] Entre estos tipos de muestreo se citan el "intencional o deliberado" y los "accidentales o por comodidad. En los primeros el investigador decide, según los objetivos, los elementos que integrarán la muestra, considerando aquellas unidades supuestamente "típicas" de la población que se desea conocer [...]" (p.119)

El sub tipo de muestreo será de manera intencional, debido a que habrá una limitación de la muestra por parte de la población.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas

Pineda, Alvarado y Canales (1994) “[...] La observación es un método que permite obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos. La determinación de qué se va a observar estará determinado por lo que se está investigando, pero "generalmente se observan características y condiciones de los individuos, conductas, actividades y características o factores ambientales [...]" (p.126)

Para obtener los resultados de los ensayos, se empleará una maquina universal calibrada con la finalidad de realizar los ensayos a compresión, tracción y flexión. Los resultados obtenidos serán respaldados con la NTP, se utilizara la técnica de la observación, para verificar los cambios producidos en las probetas de concreto, al momento de realizar los ensayos y la técnica de recolección de datos, con la finalidad de anotar todo lo observado

2.4.2 Instrumentos

Los instrumentos para la realización del trabajo de investigación serán los siguientes:

- Máquina universal para los ensayos a compresión, tracción y flexión.
- Norma técnica peruana (339.047, 339.034, 339.078).
- Cuchilla para cortar el material de caucho proveniente de las llantas

2.4.3 Validez

Hernández, Fernández y Baptista (s.f): “[...] La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la inteligencia debe medir la inteligencia y no la memoria. Un método para medir el rendimiento bursátil tiene que medir precisamente esto y no la imagen de una empresa [...]” (p.201)

La validez de este proyecto de investigación consiste, en la información obtenida de fuentes confiables para la realización de los antecedentes y conceptos previos, además de contar con el certificado de calibración de la máquina, donde se realizaran los ensayos de compresión, tracción y flexión. (pag.201)

2.4.4 Confiabilidad

Hernández, Fernández y Baptista (s.f): “[...] La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales [...]” (p.200)

La confiabilidad, se basará en la presentación de los certificados de calibración y de los ensayos realizados en el laboratorio, brindados por el ingeniero encargado del área.

2.5 Método de análisis de dato

Se comenzará con la obtención del material reciclado (neumáticos fuera de uso), el lugar donde se obtendrá dichos neumáticos, serán de los talleres de mecánica ubicado en Comas. Luego se procederá a limpiar los neumáticos, para luego cortarlos con la cuchilla y luego llevarlos a una máquina trituradora, con la finalidad de obtener partículas finas de caucho, todo este proceso de obtención de las partículas de caucho, se deberá de realizar hasta fines de julio, dado que a partir de la primera semana de agosto se comenzará a realizar la elaboración de las probetas de concreto. Luego, se realizará la dosificación para determinar, cuánto material se va a utilizar en la elaboración de vigas y probetas de concreto, además de obtener cuanta cantidad de partículas de caucho se deberá de utilizar. Estos cálculos se iniciaran en la primera semana de agosto con la ayuda del ingeniero a cargo del laboratorio. En la semana dos, expresado en el cronograma, se realizará la elaboración de las vigas de concreto siguiendo los pasos que exige la NTP, se realizaran 12 vigas en total de las cuales se dividirán en 4 grupos realizados en 4 días (un grupo por día comenzando a partir del lunes), 3 vigas presentarán la mezcla del concreto con 0%, de adición de partículas de caucho, las siguientes 3 vigas tendrán 2%, en peso de adición de partículas de caucho, 3

vigas tendrán 5% en peso de adición de partículas de caucho y las últimas 3 vigas tendrán 7% en peso de adición de partículas de caucho, donde luego de su respectivo curado y pasado los 28 se procederá a someter a las vigas a los ensayos de flexión. Obteniendo los módulos de rotura, para determinar cuánto es la variación del concreto endurecido con respecto de un concreto con la adición de partículas de caucho. En la semana 3 se procederá a realizar la elaboración de las probetas de concreto como lo establece el cronograma, para la elaboración de las probetas de concreto se realizarán ciertos pasos especificados en la NTP, se harán 36 probetas divididos en 4 grupos de 9 probetas por día comenzando desde el día lunes, en el primer día se realizará la elaboración de las probetas de concreto sin la adición de partículas de caucho reciclado, (9 probetas con 0% de adición), en el segundo día se realizará la mezcla con la adición de 2% en peso de partículas de caucho, y así en los siguientes días hasta llegar al 7% de adición de partículas de caucho. Luego de pasar 7 días se procederá a realizar los ensayos de compresión de las probetas cuando tengan 0%, 2%, 5%, y 7% en peso de partículas de caucho reciclado, para realizar el ensayo de compresión se tomará 3 probetas de cada porcentaje y el promedio de estas 3, determinará a qué fuerza falla el concreto cuando tenga 0%, 2%, 5%, y 7% de adición de partículas de caucho reciclado, el procedimiento se realizará cuando pase los 7, 14 y 28 días de curado, en la 4 semana se empezará a realizar las probetas de concreto pero en este caso serán para los ensayos de tracción, la cantidad de probetas será similar a las probetas para los ensayos de compresión, serán 36 probetas divididos en 4 grupos de 9 probetas por día comenzando desde el día lunes, el procedimiento es el mismo que se utilizó para la elaboración de las probetas sometidas a compresión, con el ensayo de tracción determinaremos, a qué fuerza de rotura fallará el concreto endurecido.

Una vez culminado con los ensayos, se procederá a analizar los diferentes cambios del concreto al momento de presentar una adición de 2%, 5% y 7% en peso de caucho reciclado, y verificar si dichos cambios, pueden ser dados de aceptables, al momento de comparar los valores obtenidos con los parámetros que brinda la norma (NTP)

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de agregados

3.1.1 Cálculo de la granulometría del agregado fino

Este método consiste en separar el tamaño de las partículas del agregado fino por medio de tamizados, con la finalidad de verificar si cumple con los límites inferiores y superiores mencionados en la NTP 400.012.

Los tamices o mallas a utilizar para el agregado fino son los siguientes: 3/8", N⁰4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Para obtener la cantidad de muestra a tamizar del agregado fino, la NTP 400.012 nos menciona que se debe de utilizar 300 gr como mínimo. Luego de haberse secado 24 h a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Los límites inferiores y superiores del agregado fino son los siguientes:

Tabla 5: Límites de graduación del agregado fino

Tamiz del agregado fino (Pulg)	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N ⁰ 4	95-100
N ⁰ 8	80-100
N ⁰ 16	50-85
N ⁰ 30	25-60
N ⁰ 50	5 - 30
N ⁰ 100	0-10

Fuente: NTP 400.012

Equipos y materiales

- Arena gruesa
- Horno
- Balanza de 0.1% de precisión para el agregado fino
- Agitador de malla mecánica
- Juego de mallas 3/8", N⁰4, N⁰8, N⁰16, N⁰30, N⁰50 y N⁰100.
- Una brocha

- Un recipiente de aluminio



Figura 6. Agregado fino. Fuente: Propia



Figura 7. Horno. Fuente: Propia



Figura 8. Tamices para el agregado fino. Fuente: Propia



Figura 9. Maquina agitadora para los tamices. Fuente: Propia

Procedimiento:

Estos pasos son tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

- Se coloca la muestra en el horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- Se retira la muestra seca y se coloca en una bandeja, se espera un tiempo con la finalidad de que la muestra este completamente seca y fría.
- Para el agregado fino, por norma corresponde utilizar como mínimo 300 gr. de muestra seca.
- Se colocaran los tamices en forma vertical, de menor a mayor tamaño partiendo desde la base.
- La muestra seca será depositada en el tamiz superior, para el agregado fino será en la malla 3/8"
- Luego se colocara los tamices en la maquina agitadora por un tiempo aproximado de 5 minutos
- Se procederá a retirar cada malla y con una brocha se removerá las partículas retenidas en estas.
- Estas partículas serán colocadas en un recipiente de aluminio para posteriormente realizar el pesado, con la finalidad de saber cuánto se ha retenido en cada tamiz.
- Una vez obtenido los pesos retenidos en cada malla, se realizara la curva granulométrica del agregado.



Figura 10. Colocación del agregado fino en la malla superior. Fuente: Propia



Figura 11. Colocación de las mallas del agregado fino en el agitador mecánico. Fuente: Propia



Figura 12. Tamizado del agregado fino. Fuente: Propia

Tabla 6: porcentajes retenidos del agregado fino

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	% PASA HUSO ASTM
(pulg)	(mm)				
3/8"	9.5	0.0	0.0	100.0	100
N ^o 4	4.75	1.0	1.0	99.0	95-100
N ^o 8	2.36	14.3	15.4	84.7	80-100
N ^o 16	1.18	26.6	42.0	58.1	50-85
N ^o 30	0.6	25.4	67.3	32.7	25-60
N ^o 50	0.3	16.9	84.2	15.8	5-30
N ^o 100	0.15	8.4	92.6	7.4	0-10
Fondo		7.4	100.0	0.0	

Fuente: UNI

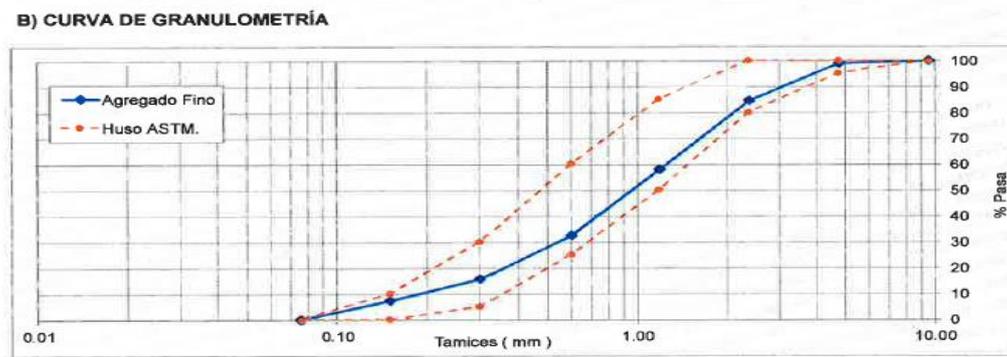


Figura 13. Granulometría del agregado fino. Fuente: UNI.

En la tabla 6 se observa los valores retenidos, retenidos acumulados y los valores que pasan para cada tamiz, además de tener los valores de los límites inferiores y superiores para el agregado fino.

Asimismo se puede observar en la figura 13 la curva granulométrica del agregado fino, esta curva se realiza con los datos del porcentaje que pasa, además se aprecia que la curva se encuentra dentro de los márgenes inferiores y superiores mencionados en la NTP 400.012, garantizando así que dicho material se puede utilizar como agregado fino.

3.1.2 Cálculo del módulo de fineza del agregado fino (NTP 400.011)

Para el cálculo de módulo de fineza se aplicara la siguiente formula.

$$MF = (\sum \% \text{ RET. ACUMULADO } (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N 4 + N 8 + N 16 + N 30 + N 50 + N 100)) / 100$$

Reemplazando datos para el cálculo del módulo de fineza para el agregado fino:

$$MF = (0+0+0+0 + 1 + 15.4 + 42 + 67.30 + 84.20 + 92.60)/100 = 3.03$$

Dicho valor obtenido es el mismo valor presentado por la UNI.

3.1.3 Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)

Peso unitario suelto del agregado = Peso del agregado / volumen del recipiente

Materiales

- Balanza con una precisión de 0.1% de la carga de ensayo
- Recipiente volumétrico metálico (el recipiente para el agregado fino tiene un volumen de 1/10 p³)
- Varilla de fierro de diámetro de 5/8" y de 45 cm de longitud
- Pala o cucharón.

Procedimiento:

Primero se calienta una cantidad de material fino a una temperatura de 110 °C ± 5°C por 24 horas, pasado dicho tiempo se espera a que se enfríe el material.

Por otra parte se pesa el recipiente del agregado fino, y luego se calcula el volumen de dicho recipiente

Seguidamente se procede a llenar todo el recipiente con el material fino seco, por medio de un cucharón, para luego realizar el cálculo del peso del material fino + el recipiente.

Luego se calcula el peso de la muestra de la siguiente forma.

$$\text{Peso de la muestra} = (\text{peso de la muestra} + \text{recipiente}) - (\text{peso del recipiente})$$

Finalmente el peso de la muestra se divide con el volumen del recipiente, obteniendo así el peso unitario suelto del agregado.

Tabla 7: *Peso unitario suelto del agregado fino*

Agregado	Agregado fino
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	6.368
Peso del recipiente (Kg)	1.5765
Peso de la muestra (Kg)	4.7915
Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p ³
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1693

Fuente: UNI

3.1.4 Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017)

Peso unitario compactado del agregado = Peso del agregado / volumen del recipiente

Materiales

- Balanza con una precisión de 0.1% de la carga de ensayo
- Recipiente volumétrico metálico (el recipiente para el agregado fino tiene un volumen de $1/10 \text{ p}^3$)
- Varilla de hierro de diámetro de $5/8''$ y de 45 cm de longitud
- Pala o cucharón.



Figura 14. Varilla de hierro de $5/8''$ de diámetro. Fuente: Propia

Procedimiento

Se repite los mismos pasos realizados en el punto 3.1.3 (cálculo del peso unitario suelto) hasta el momento de la colocación de la muestra en los recipientes

En este caso se coloca el material en 3 capas de mismas proporciones, la primera capa se coloca a $1/3$ del volumen del recipiente, luego se dará 25 varillados de forma circular logrando reducir la cantidad de vacíos presentes en la muestra, para la segunda capa, el varillado tiene una profundidad de 2 cm por debajo de la segunda capa y para la tercera capa se realiza el mismo procedimiento.

Al final se nivela con la varilla para luego realizar el pesado de la muestra, los cálculos son los mismos del punto 3.1.3



Figura 15. Varillado de la tercera capa del agregado fino. Fuente: Propia

Tabla 8: *Peso unitario compactado del agregado fino*

Agregado	Agregado fino
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	6.789
Peso del recipiente (Kg)	1.5765
Peso de la muestra (Kg)	5.2155
Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p ³
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1841

Fuente: UNI

3.1.5 Calculo del peso específico del agregado fino (NTP 400.022)

Para el cálculo del peso específico del agregado fino se empleara los siguientes materiales:

- Una tara
- Una balanza calibrada
- Un picnómetro (balón)
- Un embudo
- El agregado fino
- Una estufa
- Cono metálico (8 cm de diámetro inferior, 7 cm de altura y 5 cm de diámetro superior)
- Un pisón
- Un horno



Figura 16. Picnómetro. Fuente: Propia

Procedimiento:

Primero se debe de tomar una muestra considerable de agregado fino. Esta muestra debe de estar tamizada por el tamiz N⁰4 para evitar la presencia de partículas gruesas de piedra

Luego se procedió a dejar toda la muestra del agregado fino en agua para su saturación por 24 horas.



Figura 17. Saturación del agregado fino. Fuente: Propia

Luego se debe de secar el agregado fino, al aire libre o con un secador, con la finalidad de tener una muestra superficialmente seca

Después se toma una parte de la muestra superficialmente seca para colocarlo en el cono de forma manual hasta llenarlo completamente, luego se da 10 golpes con el pisón soltándolo desde una altura cerca del cono metálico. (Figura 18)



Figura 18. Golpes con el pisón Fuente: Propia

Al momento de retirar el cono, debe de presentar un desmoronamiento superficial, esto garantiza que nuestra mezcla está superficialmente seca.



Figura 19. Desmoronamiento de la arena seca. Fuente: Propia

Se toma una muestra de 500 gr de agregado fino superficialmente seco.

Se llena el picnómetro con agua hasta la línea de foro.

Luego se quita la mitad del agua del picnómetro para luego añadir los 500 g del agregado superficialmente seco, seguidamente se procede a calentar el material en la estufa hasta que alcance su punto de ebullición. Esto se realiza con la finalidad de eliminar la cantidad de aire presente en el picnómetro.

Posteriormente luego de enfriarse el picnómetro, se añadirá agua para llegar hasta la línea de foro para calcular el peso del balón + el peso del agua + el peso de la arena superficialmente seca= 1009.7 gr.

Antes de ello se debió de calcular el peso y volumen del balón = 197.20 gr.de peso y 500 gr de volumen.

Seguidamente todo el material se colocara en una tara para llevarlo al horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Obteniendo así el dato del peso seco del agregado fino = 495.8 gr

La fórmula para calcular el peso específico del agregado fino es el siguiente.

Peso específico del agregado fino = peso seco / (volumen del balón – peso del agua)

Tabla 9: *Peso específico del agregado fino*

Peso de la arena superficialmente seca	500 gr
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	1009.7 gr
Peso del balón	197.2 gr
Peso del agua W	312.5 gr
Peso de la arena seca al horno A	495.8 gr
Volumen del balón V	500 cm ³
Peso específico de masa A/(V-W)	2.64 gr/ cm ³

Fuente: UNI

3.1.6 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185).

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado se empleara los siguientes materiales:

- Una tara
- Una balanza calibrada
- El agregado fino.

Procedimiento:

Se calcula el peso de la muestra en ambiente natural, en este caso fue de 500 gr. para el agregado fino

Luego esta muestra se coloca en una tara para posteriormente ponerla al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Luego pasado dicho tiempo se calculara el peso de las mismas, para nuestro caso los resultados fueron de 489.60 gr. para el agregado fino

De estos datos obtenidos se puede calcular el peso del agua perdido del material seco.

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado se aplica la siguiente formula:

Contenido de humedad= ((Peso húmedo- peso seco)/ peso seco) x 100

Tabla 10: *Contenido de humedad del agregado fino*

Agregado	Agregado fino
Peso de la muestra en estado ambiental (gr)	500
Peso de la muestra seca al horno (gr)	489.6
Peso del agua perdida (gr)	10.4
Contenido de humedad (%)	2.12

Fuente: UNI

3.1.7 Porcentaje de absorción del agregado fino (NTP 400.022)

Para el cálculo del porcentaje de absorción del agregado fino se tomaran todos los pasos mencionados en el punto 3.1.5 Cálculo del peso específico del agregado fino.

La fórmula para el cálculo del porcentaje de absorción del agregado fino es la siguiente

$$\text{Porcentaje de absorción} = (500 - \text{Peso seco}) * 100 / \text{Peso seco}$$

Tabla 11: *Porcentaje de absorción del agregado fino*

Peso de la arena superficialmente seca	500 gr
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	1009.7 gr
Peso del balón	197.2 gr
Peso del agua W	312.5 gr
Peso de la arena seca al horno A	495.8 gr
Volumen del balón V	500 ml
Porcentaje de absorción $(500 - A)*100/ A$	0.84 (%)

Fuente: UNI

3.1.8 Cálculo de la granulometría del agregado grueso.

Este método al igual que el agregado fino, consiste en separar el tamaño de las partículas por medio de tamizados, con la finalidad de verificar si cumple con los límites inferiores y superiores mencionados en la NTP 400.012.

Los tamices o mallas a utilizar para el agregado grueso son los siguientes: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8" y N⁰4.

Para obtener la cantidad de muestra a tamizar del agregado grueso, la NTP 400.012 nos brinda una tabla, para poder calcular la cantidad mínima de agregado grueso a tamizar en relación a su tamaño nominal.

Tabla 12: Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado 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: NTP 400.012

En nuestro caso se asumió por utilizar un tamaño máximo nominal de ¾" para obtener una muestra representativa de 5 Kg.

Los límites inferiores y superiores del agregado grueso son los siguientes:

Tabla 13: *Limites de graduación del agregado grueso.*

Tamiz del agregado Grueso (Pulg)	Porcentaje que pasa
1 1/2"	100
1"	90-100
3/4"	20-55
1/2"	0-10
3/8"	0-5
N ⁰ 4	-

Fuente: NTP 400.012

Equipos y materiales

- Piedra de 1/2"
- Horno
- Balanza de 0.5% de precisión para el agregado grueso.
- Agitador de malla mecánica
- Juego de mallas 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N⁰4
- Una brocha
- Un recipiente de aluminio



Figura 20. Agregado Grueso. Fuente: Propia

Procedimiento:

El procedimiento es el mismo mencionado anteriormente en el punto 3.1.1 (Cálculo de la granulometría del agregado fino). La diferencia es la cantidad de muestra a ensayar. Para el agregado grueso corresponde utilizar la cantidad indicada en la tabla 12 (5 kg).



Figura 21. Colocación del agregado grueso al horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Fuente: Propia



Figura 22. Colocación de las mallas del agregado grueso en el agitador mecánico. Fuente: Propia



Figura 23. Tamizado del agregado grueso. Fuente: Propia

Tabla 14: Porcentajes retenidos del agregado grueso

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	% PASA HUSO ASTM
(pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	4.3	4.3	95.7	90-100
3/4"	19.00	50.7	55.0	45.0	20-55
1/2"	12.50	42.8	97.8	2.2	0-10
3/8"	9.50	1.6	99.4	0.6	0-5
N ⁰ 4	4.75	0.4	99.9	0.1	-
Fondo		0.2	100.0	0.0	

Fuente: UNI

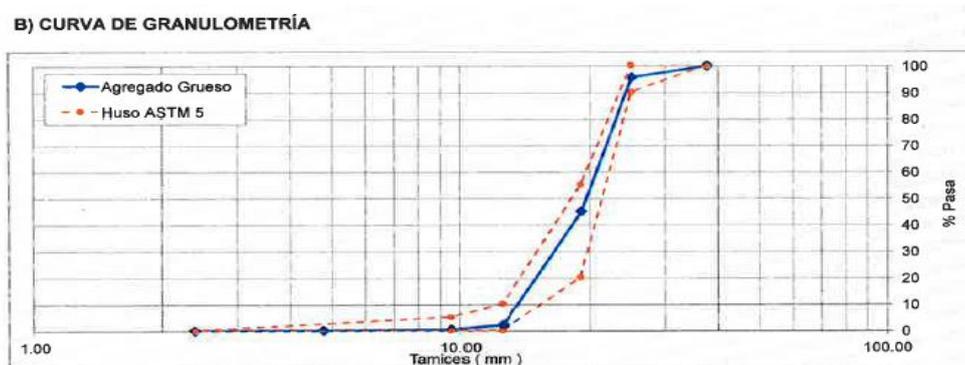


Figura 24. Granulometría del agregado grueso. Fuente: UNI.

En la tabla 14 se observa los valores retenidos, retenidos acumulados y los valores que pasan para cada tamiz, además de tener los valores de los límites inferiores y superiores para el agregado grueso.

Asimismo en la imagen 24 se puede observar la curva granulométrica del agregado grueso, esta curva se realiza con los datos del porcentaje que pasa, además se aprecia que la curva se encuentra dentro de los márgenes inferiores y superiores mencionados en la NTP 400.012, garantizando así que dicho material se puede utilizar como agregado grueso.

3.1.9 Cálculo del módulo de fineza del agregado grueso (NTP 400.011)

Para el cálculo de módulo de fineza se aplicara la siguiente fórmula.

$$MF = (\sum \% \text{ RET. ACUMULADO } (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N 4 + N 8 + N 16 + N 30 + N 50 + N100))/100$$

Reemplazando datos para el cálculo del módulo de fineza para el agregado grueso:

$$MF = (0+0 + 55 + 99.4 + 99.90 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100)/100 = 7.54$$

Dicho valor obtenido es el mismo valor presentado por la UNI.

3.1.10 Calculo del peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017)

Peso unitario suelto del agregado = Peso del agregado / volumen del recipiente

Materiales

- Balanza con una precisión de 0.5% de la carga de ensayo
- Recipiente volumétrico metálico (para el agregado grueso el volumen es de acuerdo a la **tabla 15**)
- Varilla de fierro de diámetro de 5/8" y de 45 cm de longitud
- Pala o cucharon.



Figura 25. Recipiente metálico para el agregado grueso. Fuente: Propia

Tabla 15: Capacidad del depósito para el agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida	
Mn	Pulgadas	L (m ³)	P ³
12.5	1/2	2.8 (0.0028)	1/10
25	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	14 (0.0140)	1/2
75	3	28 (0.0280)	1
112	4 1/2	70 (0.0700)	2 1/2
150	6	100 (0.100)	3 1/2

Fuente: ASTM C-29

Esta tabla brindada por la ASTM C-29 nos ayuda a determinar cuánto es el volumen del recipiente, donde se depositara el agregado grueso en base al tamaño máximo nominal de nuestro agregado, para nuestro caso el TMN es de 1” por lo tanto el volumen de nuestro recipiente metálico es de $1/3p^3$

Procedimiento:

Primero se calienta una cantidad de material grueso a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pasado dicho tiempo se espera que se enfríe el material.

Por otra parte se pesa el recipiente del agregado grueso, y luego se calcula el volumen de dicho recipiente

Seguidamente se procede a llenar todo el recipiente con el material grueso seco, por medio de un cucharon, para luego realizar el cálculo del peso del material grueso + el recipiente.

Luego se calcula el peso de la muestra de la siguiente forma.

$$\text{Peso de la muestra} = (\text{peso de la muestra} + \text{recipiente}) - (\text{peso del recipiente})$$

Finalmente el peso de las muestras se divide con el volumen del recipiente, obteniendo así el peso unitario suelto del agregado

Tabla 16: *Peso unitario suelto del agregado grueso*

Agregado	Agregado Grueso
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	17.57
Peso del recipiente (Kg)	4.36
Peso de la muestra (Kg)	13.21
Volumen del recipiente (m ³)	$1/3 p^3$
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1399

Fuente: UNI

3.1.11 Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017)

Peso unitario compactado del agregado = Peso del agregado / volumen del recipiente

Materiales

- Balanza con una precisión de 0.5% de la carga de ensayo
- Recipiente volumétrico metálico (para el agregado grueso el volumen es de acuerdo a la **tabla 15**)
- Varilla de hierro de diámetro de 5/8" y de 45 cm de longitud
- Pala o cucharón.



Figura 26. Varilla de hierro de 5/8" de diámetro. Fuente: Propia

Procedimiento:

Se repite los mismos pasos realizados en el punto 3.1.10



Figura 27. Varillado de la tercera capa del agregado fino. Fuente: Propia

Tabla 17: *Peso unitario compactado del agregado grueso*

Agregado	Agregado Grueso
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	19.31
Peso del recipiente (Kg)	4.36
Peso de la muestra (Kg)	14.95
Volumen del recipiente (m ³)	1/3 p ³
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1583

Fuente: UNI

3.1.12 Cálculo del peso específico del agregado grueso (NTP 400.022)

Para el cálculo del peso específico del agregado grueso se empleará los siguientes materiales:

- Una tara
- Una balanza calibrada
- El agregado grueso
- Un secador
- Una canastilla

Procedimiento:

Se toma un material considerable de agregado grueso para luego lavarlo y posteriormente dejándolo saturando por todo un día



Figura 28. Agregado grueso en saturación. Fuente: Propia

Luego para determinar la cantidad de muestra se debe de utilizar, se recurrirá a la tabla 13, para nuestro caso se utilizó 4 kg de agregado superficialmente seco.

Antes de realizar el cálculo de peso deseado, lo primero que se debe de hacer es secar la muestra con un secador para obtener el agregado superficialmente seco.



Figura 29. Secado del agregado grueso. Fuente: Propia

Luego se calculó el peso de la muestra saturada en agua, se realizó de la siguiente manera.

Se colocó una canastilla dentro de un recipiente lleno de agua, esta canastilla fue sujeta por un gancho encontrado en la parte inferior de la balanza, con la finalidad de calcular el peso del material sumergido en el agua



Figura 30. Colocación del agregado grueso en la canastilla. Fuente: Propia

El peso del material sumergido en agua fue de 2512.2 gr.

Luego el material es colocado en una tara para posteriormente ser llevada al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, obteniendo así el dato del peso del agregado grueso seco 3966.7 gr.

Para el cálculo del peso específico del agregado grueso se emplea la siguiente fórmula.

Peso específico del agregado grueso= $\text{Peso seco} / (\text{peso superficialmente seco} - \text{peso saturado})$

Tabla 18: *Peso específico del agregado grueso*

Peso de la muestra secada al horno A	3966.7 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca B	4000 gr
Peso de la muestra saturada en agua C	2512.2 gr
Peso específico de masa A/(B- C)	2.66 gr/ cm ³

Fuente: UNI

3.1.13 Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185).

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado se empleara los siguientes materiales:

- Una tara
- Una balanza calibrada
- El agregado grueso

Procedimiento:

Se calcula el peso de la muestra en ambiente natural en este caso fueron de 1000 gr. para el agregado grueso

Luego esta muestra se coloca en una tara para posteriormente ponerla al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Luego pasado dicho tiempo se calcula el peso de la misma, para nuestro caso el resultado es de 996.00 gr. para el agregado grueso.

De estos datos obtenidos se puede calcular el peso del agua perdido del material seco.

Para el cálculo del contenido de humedad del agregado se aplica la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad} = ((\text{Peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}) \times 100$$

Tabla 19: *Contenido de humedad del agregado grueso*

Agregado	Agregado grueso
Peso de la muestra en estado ambiental (gr)	1000
Peso de la muestra seca al horno (gr)	996
Peso del agua perdida (gr)	4
Contenido de humedad (%)	0.4

Fuente: UNI

3.1.14 Porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.022)

Para el cálculo del porcentaje de absorción del agregado grueso se tomarán todos los pasos mencionados en el punto 3.1.12 (Cálculo del peso específico del agregado grueso).

La fórmula para el cálculo del porcentaje de absorción del agregado grueso es la siguiente

$$\text{Porcentaje de absorción} = (\text{Peso superficialmente seco} - \text{peso seco}) * 100 / \text{peso seco}$$

Tabla 20: *Porcentaje de absorción del agregado grueso*

Peso de la muestra secada al horno A	3966.7 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca B	4000 gr
Peso de la muestra saturada en agua C	2512.2 gr
Porcentaje de absorción $(B-A) * 100/A$	0.83 (%)

Fuente: UNI

3.1.15 Granulometría de las partículas de caucho reciclado

Dado que la presente tesis consiste en adicionar partículas de caucho reciclado como material fino, se debe de realizar la granulometría del material para verificar si cumple con los parámetros mencionados en la NTP 400.012.

Los neumáticos fuera de uso se adquirieron de un taller de mecánica, luego de ello se limpiaron los neumáticos para posteriormente cortarlos con una cuchilla, al ver que los trozos resultaban muy grandes se optó por tomar todos los trozos y mandarlos a una máquina trituradora para obtener partículas de caucho reciclado, luego se realizó la granulometría correspondiente para verificar si el material triturado cumple los requisitos para ser tomado como un material fino.



Figura 31. Neumáticos fuera de uso. Fuente: Propia.



Figura 32. Máquina trituradora de caucho. Fuente: Propia.

Procedimiento:

Lo primero que se realizó es calcular la muestra a tamizar, para nuestro caso se consideró una muestra de 150 gr.



Figura 33. Cantidad de material a tamizar. Fuente: Propia

Posteriormente se introdujo la muestra en el tamiz superior para luego ser tapado y colocado en el agitador mecánico



Figura 34. Colocación de la muestra en los tamices Fuente: Propia



Figura 35. Agitador mecánico para el movimiento de los tamices Fuente: Propia

Luego de haber pasado el tiempo de 5 minutos de haberse agitado los tamices, se procedió a retirar por medio de una brocha el material retenido de cada tamiz para realizar los cálculos correspondientes para la curva granulométrica (Figura 38)



Figura 36. Calculo de la cantidad de material retenido en cada tamiz Fuente: Propia



Figura 37. Resultado final luego del tamizado Fuente: Propia

Tabla 21: Porcentajes retenidos del caucho reciclado

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	AGREGADO FINO	
						LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
4	4.75	0	0	0	100	95	100
8	2.36	22.1	14.73	14.73	85.27	80	100
16	1.18	31.62	21.08	35.81	64.19	50	85
30	0.6	48.9	32.60	68.41	31.59	25	60
50	0.3	28.05	18.70	87.11	12.89	5	30
100	0.15	11.13	7.42	94.53	5.47	0	10
FONDO		8.2	5.47	100.00	0		
TOTAL		150	100				

Fuente: Propia

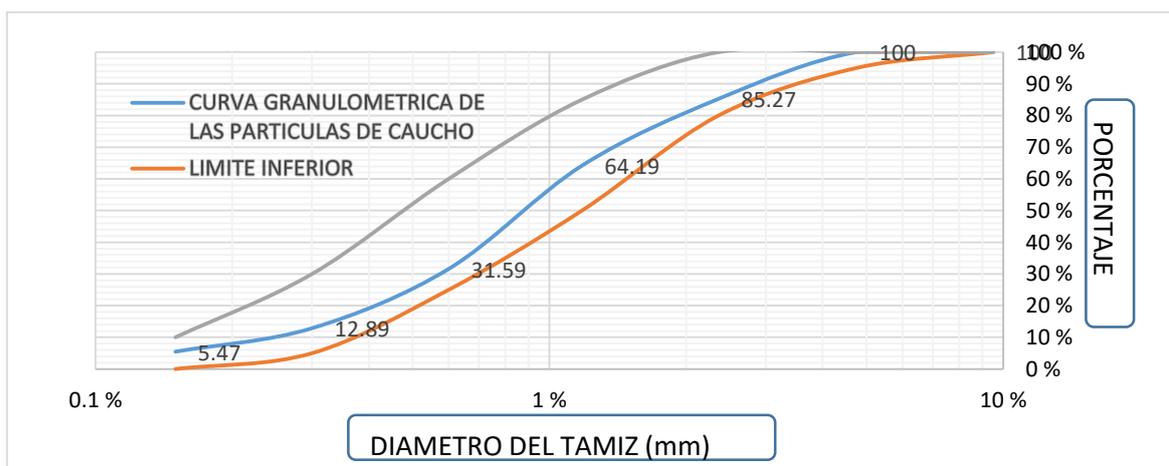


Figura 38. Granulometría del caucho reciclado. Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla 21, nos muestra la cantidad de material que pasa en cada malla, el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa, además de los límites inferiores y superiores de un agregado fino.

Se observa también la granulometría del material reciclado, en donde se aprecia que la curva granulométrica, cuyos valores son del porcentaje que pasa, se encuentra dentro de los límites superiores e inferiores de un agregado fino, garantizando que dicho material reciclado se pueda usar como un material fino.

Para el cálculo de las propiedades físicas del material solo se realizaron 3 tipos de cálculo, el peso unitario suelto, el peso unitario compactado y el peso específico del material.

3.1.16 Cálculo del módulo de fineza del caucho reciclado.

Para el cálculo de módulo de fineza se aplicara la siguiente formula.

$$MF = (\sum \% \text{ RET. ACUMULADO } (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N 4 + N 8 + N 16 + N 30 + N 50 + N100)/100$$

Reemplazando datos para el cálculo del módulo de fineza del caucho reciclado:

$$MF = (0+0+0+0+0+14.73+35.81+68.41+87.11+94.53)/100 = 3.01$$

3.1.17 Cálculo del peso unitario suelto del caucho reciclado.

Al igual que el agregado fino el peso unitario suelto consiste el llenar el recipiente metálico donde se depositara la muestra por medio de un cucharon y luego con la varilla de 5/8'' enrasar la parte superior para que toda la muestra quede de manera uniforme. Antes de realizar los pasos mencionados, se debe de calcular el volumen y el peso del recipiente cuando se encuentra vacío.

Las dimensiones del recipiente metálico son las siguientes: 0.152 m de diámetro y 0.154 m de altura



Figura 39. Medición de las dimensiones del recipiente metálico Fuente: Propia



Figura 40. Enrasado del material suelto Fuente: Propia

Finalmente la muestra presente en el recipiente metálico es llevada a la balanza para su posterior pesado. Este procedimiento se realizó 3 veces con la finalidad de obtener un promedio del material.



Figura 41. Peso número 1 del material suelto Fuente: Propia

Tabla 22: *Calculo del peso unitario suelto del caucho*

	Calculo 1	Calculo 2	Calculo 3
Volumen del molde (m ³) (0.152 m de diámetro y 0.154 m de altura)	0.00279	0.00279	0.00279
Peso del molde (Kg)	2.717	2.717	2.717
Peso suelto del caucho + molde (Kg)	3.799	3.796	3.805
Peso del caucho (Kg)	1.082	1.079	1.088
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	387.81	386.74	389.96
Peso Unitario Suelto Promedio(Kg/m ³)	388.17		

Fuente: Propia

3.1.18 Calculo del peso unitario compactado del caucho reciclado.

El procedimiento es parecido al peso unitario suelto, la diferencia es la cantidad de material a introducir en el recipiente, lo primero que se hace es introducir la muestra hasta 1/3 del volumen del recipiente luego realizar 25 varillados de forma circular con la varilla de 5/8". Este paso se repetirá para las 2 siguientes capas correspondientes.

Finalmente luego de realizar el último varillado de la última capa y haber realizado el enrase del material, se procederá a realizar el pesado del mismo.



Figura 42. Varillado de la tercera capa del material de caucho. Fuente: Propia



Figura 43. Peso número 2 del material de caucho compactado. Fuente: Propia

Tabla 23: *Calculo del peso unitario compactado del caucho*

	Calculo 1	Calculo 2	Calculo 3
Volumen del molde (m ³) (0.152 m de diámetro y 0.154 m de altura)	0.00279	0.00279	0.00279
Peso del molde (Kg)	2.717	2.717	2.717
Peso Compactado del caucho + molde (Kg)	3.97	4.027	3.98
Peso del caucho (Kg)	1.253	1.31	1.263
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	449.10	469.53	452.69
Peso Unitario Compactado Promedio(Kg/m ³)	457.11		

Fuente: Propia

3.1.19 Calculo del peso específico del caucho reciclado.

El cálculo de este valor resulto ser un poco complicado. debido a que en teoría debería de seguirse el mismo procedimiento del cálculo del peso específico de un agregado fino, sin embargo este método consiste en poner al material fino en el horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas, es allí donde surge el problema ya que el caucho no soporta estar en altas temperaturas por un tiempo prolongado, una solución para este problema es colocar al caucho en una temperatura que pueda soportar, están temperaturas son de 30 °C a 40 °C y colocarlo al horno por 2 horas y realizar este procedimiento por 25 días para determinar un cálculo promedio del peso en estado seco del caucho, este problema también surgió con los tesisistas mencionados en los antecedentes tanto nacionales como internacionales, dado que ellos recurrieron a diversas fuentes para obtener el peso específico de su material reciclado. Conversando con el técnico de laboratorio se llegó a la conclusión que para obtener este valor es recomendable utilizar los valores de fábrica que nos brindan diferentes empresas productoras de caucho granulado y además de tomar los valores que optaron utilizar los tesisistas presentes en las referencias tanto nacionales como internacionales. Por tal motivo el valor promedio utilizado fue de 1.16 gr/cm³

3.2 Diseño de mezcla por el método del ACI para el concreto patrón

Para realizar el diseño de mezcla por el método del ACI se debe de contar con ciertos datos mencionados a continuación:

Datos del cemento

- Tipo de cemento: Sol tipo I
- F'c: 210 Kg/cm²

- Peso específico: 3.15 gr/cm³
- Slump: 3"-4"
- Peso específico del agua: 1000 kg/m³
- Peso unitario suelto: 1500 kg/m³

Datos de los agregados

Tabla 24: *Propiedades físicas de los agregados*

AGREGADOS	FINO	GRUESO
Perfil		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1692	1400
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1841	1584
Peso específico (Kg/m ³)	2640	2670
Módulo de fineza	3.03	7.54
TMN		3/4"
% abs	0.85	0.84
% humedad (w)	2.12	0.40

Fuente: Propia

Una vez colocado todos los datos necesarios, se procederá a realizar los pasos para obtener nuestro diseño de mezcla.

3.2.1 Determinación del F'c.

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

3.2.2 Determinación del F'cr.

Existen 3 formas para determinar el F'cr.

- Quando se cuentan con registros de rotura de probeta.

Para este caso se tienen 2 opciones:

- Quando se cuenta con 30 o más registros.

Consiste en tener 30 o más registros de rotura de probetas con la finalidad de obtener con mayor exactitud la desviación estándar, el cálculo de la desviación estándar es el siguiente

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X)^2}{N-1}}$$

Xi= Valores de resistencia obtenidos en valores estándar.

X = Promedio de valores obtenidos en probetas estándar.

Una vez calculado el valor de la desviación estándar se procederá a calcular el valor de F'_{cr} . Para ello la norma nos brinda una tabla donde especifica como calcular el F'_{cr} .

Tabla 25: *Calculo del F'_{cr} en función de la desviación estándar*

Esfuerzo a compresión especificado F'_c	Esfuerzo promedio requerido a compresión F'_{cr} , Kg/cm ²
$F'_c \leq 350$ Kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 1.34s$
	$F'_{cr} = F'_c + 2.33s - 35$
	Usar el mayor valor que se obtenga
$F'_c \geq 350$ Kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 1.34s$
	$F'_{cr} = 0.9 F'_c + 2.33s$
	Usar el mayor valor que se obtenga

Fuente: Tabla 5.3.2.1: Esfuerzo promedio requerido a compresión cuando existen datos disponibles para establecer una desviación estándar. ACI 318-05

- Cuando se cuenta de 15 a 29 registros.

Este caso se presenta cuando la cantidad de registros de rotura de probetas es menor a 30. Por ello, la norma nos brinda un factor de corrección de acuerdo al número de probetas registradas.

Tabla 26: *Calculo del factor de modificación para la desviación estándar*

No. De pruebas	Factor de modificación para la desviación estándar
<15	Usar tabla 5.3.2.2 de ACI 318-02
15	1.16
20	1.08
25	1.03
≥ 30	1.00
Interpolar para números intermedios de pruebas	
Desviación estándar modificada a ser usada para determinar el esfuerzo promedio requerido F'_{cr} a partir de 5.3.2.1	

Fuente: Tabla 5.3.1.2: Factor de modificación para la desviación estándar cuando menos de 30 pruebas están disponibles. ACI 318-05

- b) Cuando se cuenta con menos de 15 registros o no se tiene datos de la desviación estándar

Tabla 27: *Calculo del F'cr en función del F'c.*

Esfuerzo a compresión especificado F'c, Kg/cm ²	Esfuerzo promedio requerido a compresión F'cr, Kg/cm ²
< 210	F'c + 70
210-350	F'c + 85
> 350	1.10 F'c + 49

Fuente: Tabla 5.3.2.2: Esfuerzo promedio requerido a compresión cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar. ACI 318-05

- c) Teniendo en cuenta el control de calidad de la obra

Tabla 28: *Calculo del F'cr en función del nivel de control en obra.*

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3 F'c a 1.5 F'c
Bueno	1.2 F'c
Excelente	1.1 F'c

Fuente: Tabla 5.3.2.3: Esfuerzo promedio requerido a compresión en relación al nivel de control en obra. ACI 318-05

Para escoger el F'cr cuando no hay datos de desviación estándar, se debe seleccionar el mayor valor de las tablas 27 y 28 respectivamente.

Para la tabla 27 se obtuvo un valor de 295 Kg/cm². Dado que el F'c = 210 Kg/cm²

Para la tabla 28 se obtuvo un valor de 252 Kg/cm². Se escogió un nivel de control de “bueno”.

Por lo tanto para nuestro caso se tomó el valor de **295 Kg/cm²**

3.2.3 Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

El tamaño máximo nominal del agregado se obtiene con la curva granulométrica del agregado grueso, este valor se calcula cuando la primera malla pasa el 100% del agregado y la malla siguiente retiene un 5% o menos del agregado. Si esto se cumple, la malla que tendrá el nombre de TMN es la malla que retiene un 5% o menos del agregado

Es por ello que el TMN del agregado es de **1"**

3.2.4 Consistencia

La consistencia o también llamado asentamiento consiste en medir el hundimiento que sufre una pila de concreto fresco en forma de cono truncado con la finalidad de obtener una mezcla de concreto trabajable, para este caso se utilizó un molde metálico, cuyas medidas son 30 cm de altura, 10 cm en su base superior y 20 centímetros en su base de apoyo, a este tipo de cono se le conoce como el cono de Abrams.

Para nuestro caso se requiere un Slump de 3”- 4”

Sin embargo en este paso la UNI Realiza el cálculo del Slump con un método diferente

Para realizar el cálculo primero se realizaron 3 muestras de distintas cantidades de agregado fino, agregado grueso, agua y cemento.

Tabla 29: Diseños de mezcla para el cálculo del slump

		a/c = 0.48							
		Material	Peso seco	<u>P.e</u>	<u>Vol. Abs.</u>	D.U.S.	D.O.	D.U.O	<u>mez(Kg)</u>
Diseño 1	Cemento	490	3.15	0.1554	1	490	1	7.34	
	Agua	235	1	0.2350	0.48	229	0.47	3.44 (lt)	
	Arena	740	2.64	0.2799	1.51	756	1.54	11.34	
	Piedra	826	2.67	0.3096	1.69	829	1.69	12.43	
	Aire	2	100	0.02					
	P.U.C.S	2292	SUMA	0.4104	P.U.C.F.	2304	4.7051		
			a/c = 0.53						
		Material	Peso seco	<u>P.e</u>	<u>Vol. Abs.</u>	D.U.S.	D.O.	D.U.O	<u>mez(Kg)</u>
Diseño 2	Cemento	425	3.15	0.1348	1	425	1	6.37	
	Agua	225	1	0.2250	0.53	219	0.52	3.28 (lt)	
	Arena	788	2.64	0.2982	1.86	805	1.9	12.08	
	Piedra	859	2.67	0.3221	2.02	862	2.03	12.93	
	Aire	2	100	0.02					
	P.U.C.S	2299	SUMA	0.3798	P.U.C.F.	2311	5.4425		
			a/c = 0.58						
		Material	Peso seco	<u>P.e</u>	<u>Vol. Abs.</u>	D.U.S.	D.O.	D.U.O	<u>mez(Kg)</u>
Diseño 3	Cemento	371	3.15	0.1177	1	371	1	5.56	
	Agua	215	1	0.2150	0.58	208	0.56	3.12 (lt)	
	Arena	843	2.64	0.3190	2.28	861	2.32	12.92	
	Piedra	875	2.67	0.3284	2.36	879	2.37	13.18	
	Aire	2	100	0.02					
	P.U.C.S	2307	SUMA	0.3527	P.U.C.F.	2319	6.2561		

Fuente: UNI

La primera muestra fue colocada en la mezcladora como se observa en la siguiente imagen



Figura 44: Mezcla de los materiales. Fuente Propia

Luego de haber mezclado y agregado el agua en pequeñas proporciones, se procedió a colocar toda la mezcla en la carretilla



Figura 45: Colocación de la mezcla en la carretilla. Fuente Propia

Luego se colocó la mezcla en el cono de abrams en 3 proporciones de diferentes cantidades. La primera cantidad se colocó a $\frac{1}{3}$ de la longitud del cono, luego se empezó a dar 25 varillados con la varilla de 45 cm de longitud y de $\frac{5}{8}$ " de diámetro. Lo mismo se realizó con las 2 cantidades restantes.



Figura 46: Colocación de la mezcla en el cono de abrams. Fuente Propia

Luego en la última capa se procedió a limpiar la parte superior del cono con la varilla, para emparejar la mezcla. Para luego sacar el cono cuidadosamente y verificar cuando es el asentamiento.



Figura 47: Desencofrado del cono de abrams. Fuente Propia

Con la wincha se realizó la medición del asentamiento, para este caso se requiere que este entre 3'' a 4'' dado que en obra generalmente presenta esa trabajabilidad.



Figura 48: Calculo del asentamiento. Fuente: Propia

Luego se recogió toda la mezcla y se colocó de nuevo en la carretilla para ser mezclada y posteriormente ser colocada en 4 probetas de dimensiones 10 cm de diámetro x 20 cm de alto, y lo sobrante se colocara en una probeta anaranjada. Al momento de introducir la mezcla en dichos moldes se dividió en 2 mezclas, la primera lleno la mitad del volumen de la probeta, luego se procedió a dar 25 varillados de forma circular y 4 golpes en cada lado del molde. Lo mismo se realizó con la mezcla restante.



Figura 49: Colocación de la mezcla en 4 probetas de 10 cm x 20 cm. Fuente Propia

Este procedimiento se realizó con la segunda y tercera mezcla, finalmente con la última mezcla de agregados se lograron obtener 12 probetas más que serán sometidas a rotura a los 7 días y 28 días de su curado.



Figura 50: Cantidad de probetas final. Fuente: Propia

3.2.5 Volumen de agua de mezcla

Para obtener el volumen teórico de la mezcla se debe de contar con los datos de los puntos 2.3 y 2.4 respectivamente.

Tabla 30: *Calculo del volumen de agua de mezcla con los datos del slump y el TMN*

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. 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	.....
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....

Fuente: Tabla 5.3.3: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revestimientos y tamaños máximos nominales recomendados. ACI 318-05

Por lo tanto el volumen de agua es de **193 lts/m³**

3.2.6 Determinación del contenido de aire

Para el cálculo del contenido de aire se necesitara el TMN del agregado grueso

Tabla 31: *Calculo del contenido de aire en función del TMN*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Tabla 5.3.5. Contenido de aire en función del tamaño máximo nominal del agregado. ACI 318-05

Por lo tanto el contenido de aire será= **1.50%**.

3.2.7 Determinación de la relación Agua - Cemento.

Para el cálculo de la relación agua cemento se debe de tener el dato de F'cr y además se tomara los datos del concreto sin aire incorporado

Tabla 32: *Calculo de la relación agua- cemento.*

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

Fuente: Tabla 5.3.4. Correspondencia entre la relación agua/cemento ACI 318-05

En este caso el valor de F'cr= 295 Kg/cm², sin embargo al no encontrar este valor en la tabla se tiene que interpolar los valores con el fin de obtener el valor requerido.

$$\begin{array}{r}
 250 \quad \text{-----} \quad 0.62 \\
 295 \quad \text{-----} \quad x \\
 300 \quad \text{-----} \quad 0.55
 \end{array}
 \quad X = 0.557 = a/c$$

3.2.8 Determinación del Factor cemento (Fc)

Para el cálculo del contenido de cemento se procederá a emplear la siguiente formula.

$$F_c = \frac{\text{volumen de agua}}{a/c}$$

Volumen de agua: 193 lts/m³

a/c= 0.557

Por lo tanto el valor de Fc= **346.50 Kg/m³**

Luego para calcular la cantidad de bolsas se procederá a dividir el valor de Fc/42.5

Logrando obtener: Bolsas= **8.15 bol/m³**

3.2.9 Determinación de la cantidad de agregado grueso

Para ello se utilizara la siguiente tabla.

Tabla 33: *Calculo de la cantidad de agregado grueso en función del módulo de fineza del agregado fino con el TMN*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/b ₀)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Tabla 5.3.6: Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino. ACI 318-05

Para este caso el dato de TMN es de 1", además el módulo de fineza del agregado fino por dato es de 3.03 por lo tanto el valor más próximo es de "0.647"

Para el cálculo del peso del agregado grueso se empleara la siguiente formula.

$$\text{Peso a. g} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso unitario compactado}$$

Donde:

$$b/b_0 = 0.647$$

$$\text{Peso unitario compactado} = 1584 \text{ Kg/m}^3$$

Por lo tanto el producto de ambos valores nos dará como resultado: **1024.848 kg.**

3.2.10 Calculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire y agregado grueso)

Para el cálculo del agua se aplicara la siguiente formula

$$\text{Volumen Abs. de agua} = \text{Volumen de agua} / \text{Peso especifico}$$

Para el cálculo del Cemento se aplicara la siguiente formula.

$$\text{Volumen Abs. del cemento} = \text{Volumen de cemento} / \text{Peso especifico}$$

Para el cálculo del aire se aplicara la siguiente formula.

$$\text{Volumen Abs. del aire} = \text{contenido de aire} / 100$$

Para el cálculo del agregado grueso se aplicara la siguiente formula.

$$\text{Volumen Abs. del agr. grueso} = \text{Peso del agr. grueso} / \text{Peso especifico}$$

Por lo tanto tendríamos los siguientes valores:

Agua	193/1000	=0.193 m ³
Cemento	346.50/3.15*1000	=0.110 m ³
Aire (%)	1.50/100	=0.015 m ³
Agregado grueso	1024.848/2670	=0.384 m ³
<hr/>		
	total	=0.702 m ³

De estos resultados se puede calcular el Volumen absoluto del agregado fino.

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 1\text{m}^3 - 0.702\text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 0.298\text{ m}^3$$

Además del peso del agregado fino.

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.298 * P.\text{especifico}$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 787.15\text{ kg/m}^3$$

3.2.11 Valores del diseño de laboratorio.

AGUA=	193	lts/m ³
AIRE=	1.50	%
CEMENTO=	346.50	kg/m ³
AF. SECO=	787.15	kg/m ³
AG. SECO=	1024.85	kg/m ³

3.2.12 Corrección por humedad de los agregados

Se procederá a corregir los valores obtenidos por la humedad que afectara a los materiales

Peso húmedo del:

$$\text{Ag.fino} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.fino} = 787.15 * (1 + (2.12/100))$$

$$\text{Ag.fino} = 803.84\text{ Kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Ag.grueso} &= \text{Peso seco} (1+w\%) \\ \text{Ag.grueso} &= 1024.85 * (1+(0.40/100)) \\ \text{Ag.grueso} &= 1028.95 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

3.2.13 Calculo de humedad superficial de los agregados.

$$\begin{aligned} \text{Ag.fino} &= w\% - \% \text{ Abs} \\ \text{Ag.fino} &= 2.12\% - 0.85\% \\ \text{Ag.fino} &= 1.27\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ag.grueso} &= w\% - \% \text{ Abs} \\ \text{Ag.grueso} &= 0.40\% - 0.84\% \\ \text{Ag.grueso} &= -0.44\% \end{aligned}$$

3.2.14 Aporte de agua a la mezcla.

$$\begin{aligned} \text{Ag.fino} &= 787.15 * (0.0127) = 10.00 \text{ lts/m}^3 \\ \text{Ag.grueso} &= 1024.85 * (-0.0044) = -4.51 \text{ lts/m}^3 \\ \hline \text{Total} &= 5.49 \text{ lts/m}^3 \end{aligned}$$

Agua efectiva= Agua de la mezcla- Aporte de agua de la mezcla

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 5.97 = 187.51 \text{ lts/m}^3$$

3.2.15 Valores del diseño a pie de obra.

CEMENTO=	346.50 kg/m ³
AGUA EFECTIVA=	187.51 lts/m ³
AG.FINO=	803.84 kg/m ³
AG.GRUESO=	1028.95 kg/m ³

3.2.16 Proporcionamiento de la mezcla Patrón

	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
	346.50 kg/m ³	803.84 kg/m ³	1028.95 kg/m ³	187.51 lts/m ³
C. Cemento=	346.50 kg/m ³	346.50 kg/m ³	346.50 kg/m ³	8.15bols/m ³
Proporciones=	1	2.32	2.97	23 lts/bol

3.2.17 Cantidad de materiales en volumen por M3 (corregido por humedad)

CEMENTO	=	0.231 m ³
AGUA EFECTIVA	=	0.188 m ³
AG.FINO	=	0.475 m ³
AG.GRUESO	=	0.735 m ³

3.3 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 2% de partículas de caucho reciclado

CAUCHO

Adición (%)=	2	
Módulo de fineza=	3.01	
Peso Esp.=	1.16	gr/cm3
Peso Unitario suelto=	388.17	Kg/m3
Peso Unitario Compactado=	457.11	Kg/m3

Determinación del F'c.

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Determinación del F'cr.

$$F'cr = 295 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Valor obtenido de la Tabla 27)}$$

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

TMN= 1” De acuerdo a la granulometría del agregado grueso

Consistencia

3”- 4” Para una mayor trabajabilidad

Volumen de agua de mezcla

Volumen de agua= 193 lts/m³ (Valor obtenido de la Tabla 30)

Determinación del contenido de aire

Aire = 1.50% (Valor obtenido de la Tabla 31)

Determinación de la relación Agua - Cemento.

Relación a/c= 0.557 (Valor obtenido de la Tabla 32)

Determinación del factor cemento (Fc)

Factor cemento= 346.50 Kg/m³ bolsas= 8.15 bol/m³

Determinación de la cantidad de agregado grueso

Agregado grueso = 1024.85 kg/m³ (Valor obtenido de la Tabla 33)

Calculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire, agregado grueso)

Para el cálculo del agua se aplicara la siguiente formula

$$Volumen\ Abs.\ de\ agua = Volumen\ de\ agua / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del Cemento se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ cemento = Volumen\ de\ cemento / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del aire se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ aire = contenido\ de\ aire / 100$$

Para el cálculo del agregado grueso se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ agr.\ grueso = Peso\ del\ agr.\ grueso / Peso\ especifico$$

Por lo tanto tendríamos los siguientes valores:

Agua	=	193/1000	=0.193	m ³
Cemento	=	346.50/3.15*1000	=0.110	m ³
Aire(%)	=	1.50/100	=0.015	m ³
Agregado grueso	=	1024.848/2670	=0.384	m ³
total			=0.702	m ³

De estos resultados se puede calcular el Volumen absoluto del agregado fino.

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 1\text{m}^3 - 0.702 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 0.298 \text{ m}^3$$

Además del peso del agregado fino.

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.298 * P.\text{especifico}$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 787.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 0.298 * 1.16 * 1000 * 2\%$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 6.92 \text{ kg/m}^3$$

Valores de diseño de laboratorio

Para adicionar el peso del caucho a la mezcla se decidió quitar un poco del agregado fino y del agregado grueso de la siguiente manera

$$\text{Agregado fino} = \text{Peso del agregado fino} - (6.92/2)$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Peso del agregado grueso} - (6.92/2)$$

$$\text{AGUA} = 193 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{AIRE} = 1.50 \%$$

$$\text{CEMENTO} = 346.50 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AF. SECO} = 783.69. \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AG. SECO} = 1021.39 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PESO DEL CAUCHO} = 6.92 \text{ kg/m}^3$$

Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag.fino} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.fino} = 783.69 * (1 + (2.12/100))$$

$$\text{Ag.fino} = 800.30 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.grueso} = 1021.39 * (1 + (0.40/100))$$

$$\text{Ag.grueso} = 1025.47 \text{ Kg/m}^3$$

Calculo de humedad superficial de los agregados.

$$\text{Ag.fino} = w\% - \% \text{Abs}$$

$$\text{Ag.fino} = 2.12\% - 0.85\%$$

$$\text{Ag.fino} = 1.27 \%$$

$$\text{Ag.grueso} = w\% - \% \text{Abs}$$

$$\text{Ag.grueso} = 0.40\% - 0.84\%$$

$$\text{Ag.grueso} = -0.44\%$$

Aporte de agua a la mezcla.

$$\text{Ag.fino} = 783.69 * (0.0127) = 9.95 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = 1021.39 * (-0.0044) = -4.49 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Total} = 5.46 \text{ lts/m}^3$$

Agua efectiva = agua de mezcla - aporte de agua a la mezcla

$$\text{Agua efectiva} = 187.54 \text{ lts/m}^3$$

Valores del diseño a pie de obra.

CEMENTO	=	346.50 kg/m ³
AGUA EFECTIVA	=	187.54 lts/m ³
AG.FINO	=	800.30 kg/m ³
AG.GRUESO	=	1025.47 kg/m ³
CAUCHO RECICLADO	=	6.92 kg/m ³

Proporcionamiento de la mezcla con 2% de partículas de caucho

	Cemento (kg/m ³)	Ag. Fino (kg/m ³)	Ag. Grueso (kg/m ³)	Agua (lts/m ³)	CAUCHO (kg/m ³)
	346.50	800.30	1025.47	187.54	6.92
C. Cemento=	346.50	346.50	346.50	8.15	346.50
Proporciones =	1	2.31	2.96	23	0.02

Cantidad de materiales en volumen por M3 (corregido por humedad)

CEMENTO	=	0.231 m ³
AGUA EFECTIVA	=	0.188 m ³
AG.FINO	=	0.473 m ³
AG.GRUESO	=	0.732 m ³
CAUCHO RECICLADO	=	0.018 m ³

3.4 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 5% de partículas de caucho reciclado

Determinación del F'c.

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Determinación del F'cr.

$$F'cr = 295 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Valor obtenido de la Tabla 27)}$$

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

TMN= 1" De acuerdo a la granulometría del agregado grueso

Consistencia

3"- 4" Para una mayor trabajabilidad

Volumen de agua de mezcla

Volumen de agua= 193 lts/m³ (Valor obtenido de la Tabla 30)

Determinación del contenido de aire

Aire = 1.50% (Valor obtenido de la Tabla 31)

Determinación de la relación Agua - Cemento.

Relación a/c= 0.557 (Valor obtenido de la Tabla 32)

Determinación del factor cemento (Fc)

Factor cemento= 346.50 Kg/m³ bolsas= 8.15 bol/m³

Determinación de la cantidad de agregado grueso

Agregado grueso = 1024.85 kg/m³ (Valor obtenido de la Tabla 33)

Calculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire y agregado grueso)

Para el cálculo del agua se aplicara la siguiente formula

$$Volumen\ Abs.\ de\ agua = Volumen\ de\ agua / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del Cemento se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ cemento = Volumen\ de\ cemento / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del aire se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ aire = contenido\ de\ aire / 100$$

Para el cálculo del agregado grueso se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ agr.\ grueso = Peso\ del\ agr.\ grueso / Peso\ especifico$$

Por lo tanto tendríamos los siguientes valores:

Agua	193/1000	=0.193	m ³
Cemento	346.50/3.15*1000	=0.110	m ³
Aire(%)	1.50/100	=0.015	m ³
Agregado grueso	1024.848/2670	=0.384	m ³
	total	=0.702	m ³

De estos resultados se puede calcular el Volumen absoluto del agregado fino.

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 1\text{m}^3 - 0.702 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agr. Fino} = 0.298 \text{ m}^3$$

Además del peso del agregado fino.

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.298 * P.\text{especifico}$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 787.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 0.298 * 1.16 * 1000 * 5\%$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 17.29 \text{ kg/m}^3$$

Valores de diseño de laboratorio

Para adicionar el peso del caucho a la mezcla se decidió quitar un poco del agregado fino y del agregado grueso de la siguiente manera

$$\text{Agregado fino} = \text{Peso del agregado fino} - (17.29/2)$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Peso del agregado grueso} - (17.29/2)$$

$$\text{AGUA} = 193 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{AIRE} = 1.50 \%$$

$$\text{CEMENTO} = 346.50 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AF. SECO} = 778.50 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AG. SECO} = 1016.20 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PESO DEL CAUCHO} = 17.29 \text{ kg/m}^3$$

Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag.fino} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.fino} = 778.50 * (1 + (2.12/100))$$

$$\text{Ag.fino} = 795.01 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.grueso} = 1016.20 * (1 + (0.40/100))$$

$$\text{Ag.grueso} = 1020.27 \text{ Kg/m}^3$$

Calculo de humedad superficial de los agregados.

$$\text{Ag.fino} = w\% - \% \text{ Abs}$$

$$\text{Ag.fino} = 2.12\% - 0.85\%$$

$$\text{Ag.fino} = 1.27 \%$$

$$\text{Ag.grueso} = w\% - \% \text{ Abs}$$

$$\text{Ag.grueso} = 0.40\% - 0.84\%$$

$$\text{Ag.grueso} = -0.44\%$$

Aporte de agua a la mezcla.

$$\text{Ag.fino} = 778.50 * (0.0127) = 9.89 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = 1016.20 * (-0.0044) = -4.47 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Total} = 5.42 \text{ lts/m}^3$$

Agua efectiva = agua de mezcla - aporte de agua a la mezcla

$$\text{Agua efectiva} = 187.58 \text{ lts/m}^3$$

Valores del diseño a pie de obra.

$$\text{CEMENTO} = 346.50 \text{ kg/m}^3$$

AGUA EFECTIVA = 187.58 lts/m³
 AG.FINO = 795.01 kg/m³
 AG.GRUESO = 1020.27 kg/m³
 CAUCHO RECICLADO = 17.29 kg/m³

Proporcionamiento de la mezcla con 5% de partículas de caucho

	Cemento (kg/m ³)	Ag. Fino (kg/m ³)	Ag. Grueso (kg/m ³)	Agua (lts/m ³)	CAUCHO (kg/m ³)
C. Cemento=	346.50	795.01	1020.27	187.58	17.29
	346.50	346.50	346.50	8.15	346.50
Proporciones =	1	2.29	2.94	23	0.05

Cantidad de materiales en volumen por M3 (corregido por humedad)

CEMENTO = 0.231 m³
 AGUA EFECTIVA = 0.188 m³
 AG.FINO = 0.470 m³
 AG.GRUESO = 0.729 m³
 CAUCHO RECICLADO = 0.045 m³

3.5 Diseño de mezcla por el método del ACI concreto con adición de 7% de partículas de caucho reciclado

Determinación del F'c.

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Determinación del F'cr.

$$F'cr = 295 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Valor obtenido de la Tabla 27)}$$

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)

TMN= 1" De acuerdo a la granulometría del agregado grueso

Consistencia

3"- 4" Para una mayor trabajabilidad

Volumen de agua de mezcla

Volumen de agua= 193 lts/m³ (Valor obtenido de la Tabla 30)

Determinación del contenido de aire

Aire = 1.50% (Valor obtenido de la Tabla 31)

Determinación de la relación Agua - Cemento.

Relación a/c= 0.557 (Valor obtenido de la Tabla 32)

Determinación del factor cemento (Fc)

Factor cemento= 346.50 Kg/m³ bolsas= 8.15 bol/m³

Determinación de la cantidad de agregado grueso

Agregado grueso = 1024.85 kg/m³ (Valor obtenido de la Tabla 33)

Calculo de volúmenes absolutos (Agua, cemento, aire y agregado grueso)

Para el cálculo del agua se aplicara la siguiente formula

$$Volumen\ Abs.\ de\ agua = Volumen\ de\ agua / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del Cemento se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ cemento = Volumen\ de\ cemento / Peso\ especifico$$

Para el cálculo del aire se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ aire = contenido\ de\ aire / 100$$

Para el cálculo del agregado grueso se aplicara la siguiente formula.

$$Volumen\ Abs.\ del\ agr.\ grueso = Peso\ del\ agr.\ grueso / Peso\ especifico$$

Por lo tanto tendríamos los siguientes valores:

Agua	193/1000	=0.193	m ³
Cemento	346.50/3.15*1000	=0.110	m ³

Aire(%)	1.50/100	=0.015	m ³
Agregado grueso	1024.848/2670	=0.384	m ³
<hr/>			
	total	=0.702	m ³

De estos resultados se puede calcular el Volumen absoluto del agregado fino.

$$\text{Volumen absoluto del agr. fino} = 1\text{m}^3 - 0.702 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del agr. fino} = 0.298 \text{ m}^3$$

Además del peso del agregado fino.

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.298 * P.\text{especifico}$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 787.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 0.298 * 1.16 * 1000 * 7\%$$

$$\text{Peso del caucho reciclado} = 24.21 \text{ kg/m}^3$$

Valores de diseño de laboratorio

Para adicionar el peso del caucho a la mezcla se decidió quitar un poco del agregado fino y del agregado grueso de la siguiente manera

$$\text{Agregado fino} = \text{Peso del agregado fino} - (24.21/2)$$

$$\text{Agregado Grueso} = \text{Peso del agregado grueso} - (24.21/2)$$

AGUA	=	193	lts/m ³
AIRE	=	1.50	%
CEMENTO	=	346.50	kg/m ³
AF. SECO	=	775.04	kg/m ³
AG. SECO	=	1012.74	kg/m ³
PESO DEL CAUCHO	=	24.21	kg/m ³

Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag.fino} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.fino} = 775.04 * (1 + (2.12/100))$$

$$\text{Ag.fino} = 791.47 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = \text{Peso seco} (1+w\%)$$

$$\text{Ag.grueso} = 1012.74 * (1 + (0.40/100))$$

$$\text{Ag.grueso} = 1016.79 \text{ Kg/m}^3$$

Calculo de humedad superficial de los agregados.

$$\text{Ag.fino} = w\% - \% \text{ Abs}$$

$$\text{Ag.fino} = 2.12\% - 0.85\%$$

$$\text{Ag.fino} = 1.27 \%$$

$$\text{Ag.grueso} = w\% - \% \text{ Abs}$$

$$\text{Ag.grueso} = 0.40\% - 0.84\%$$

$$\text{Ag.grueso} = -0.44\%$$

Aporte de agua a la mezcla.

$$\text{Ag.fino} = 775.04 * (0.0127) = 9.84 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Ag.grueso} = 1012.74 * (-0.0044) = -4.46 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{total} = 5.39 \text{ lts/m}^3$$

Agua efectiva = agua de mezcla - aporte de agua a la mezcla

$$\text{Agua efectiva} = 187.61 \text{ lts/m}^3$$

Valores del diseño a pie de obra.

CEMENTO=	346.50 kg/m ³
AGUA EFECTIVA=	187.61 lts/m ³
AG.FINO=	791.47 kg/m ³
AG.GRUESO=	1016.79 kg/m ³
CAUCHO RECICLADO=	24.21 kg/m ³

Proporcionamiento de la mezcla con 7% de partículas de caucho

	Cemento (kg/m ³)	Ag. Fino (kg/m ³)	Ag. Grueso (kg/m ³)	Agua (lts/m ³)	CAUCHO (kg/m ³)
	346.50	791.47	1016.79	187.61	24.21
C. Cemento=	346.50	346.50	346.50	8.15	346.50
Proporciones =	1	2.28	2.93	23	0.07

Cantidad de materiales en volumen por M3 (corregido por humedad)

CEMENTO	=	0.231 m ³
AGUA EFECTIVA	=	0.188 m ³
AG.FINO	=	0.468 m ³
AG.GRUESO	=	0.726 m ³
CAUCHO RECICLADO	=	0.062 m ³

Densidad del concreto

Es la cantidad de peso de los materiales presentes en el concreto por unidad de volumen, generalmente para un concreto de 210 kg/cm² su densidad varía entre 2200 Kg/m³ a 2400 Kg/m³

Tabla 34: Densidad del concreto patrón con los porcentajes de caucho

Porcentaje de caucho	Densidad (Kg/m ³)
0%	2366.80
2%	2366.73
5%	2366.65

7%	2366.58
----	---------

Fuente: Propia

3.6 Elaboración de especímenes de concreto a ensayar

Para la realización de los ensayos a compresión, tracción y flexión, es necesario contar con los moldes adecuados en donde se depositará nuestra mezcla de concreto, con la finalidad de que puedan moldear el concreto obteniendo la forma deseada, para la realización de los ensayos, además de permitir que el concreto se solidifique de manera óptima.

3.6.1 Moldes para los ensayos de compresión y tracción.

Los moldes que contendrán las mezclas de concreto, deberán ser de forma cilíndrica y de dimensiones de “L x 2L”, dado que así lo menciona la NTP 339.034, además dicha norma nos menciona que los moldes deben de ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente con la finalidad de no debilitar la mezcla, en nuestro caso, se utilizó moldes de PVC, tienen dimensiones de 10.16 cm de diámetro por 20.32 centímetros de longitud,



Figura 51. Medición de la longitud del molde de la probeta. Fuente: Propia



Figura 52. Medición del diámetro de la probeta. Fuente: Propia

Antes de colocar la mezcla de concreto en los moldes de plástico, se debe de realizar un pequeño hueco en la esquina inferior izquierda de la base del molde.

Se debe de recubrir la parte interna del molde con petróleo con la finalidad de que la mezcla no se quede pegada con el molde al momento de su solidificación.

Para retirar la mezcla de concreto ya solidificada, se bombeara aire por el hueco presentado en la base del molde, con la finalidad de sacar la mezcla de concreto por medio de presión de aire, el procedimiento debe de ser de forma calmada para evitar algún tipo de accidente

3.6.2 Moldes para el ensayo de flexión

Según la NTP 339.078 nos menciona que, los moldes que contendrán al concreto para el ensayo a flexión, deberán ser de forma rectangular de dimensiones “L x L x 3L”, además deben de ser de acero, hierro forjado o cualquier otro material no absorbente. Para nuestro caso se utilizó moldes de acero de dimensiones de 15cm x 15cm x 50 cm.

La ventaja de estos moldes de acero, es que presentan uniones desmontables con la finalidad de retirar de manera más segura la viga endurecida.

Antes de vaciar la mezcla en el molde de viga, como en el caso anterior de los moldes de las probetas, se debe de recubrir la parte interna del molde con petróleo con la finalidad de que la mezcla luego de endurecerse, no se pegue con el material.



Figura 53. Medición del ancho de la viga. Fuente: Propia.



Figura 54. Medición de la longitud de la viga. Fuente: Propia.

3.6.3 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón.

Para ello se debe de contar con el diseño de mezcla del concreto patrón, estos datos son de la Tabla de dosificación final obtenidos en el punto (3.2.16)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
346.50 Kg/m ³	803.84 Kg/m ³	1028.95 Kg/m ³	187.51 Lt/m ³

Fuente: Propia

Estos datos son calculados de manera teórica y luego comparada con el diseño de mezcla patrón brindados por la Universidad Nacional de Ingeniería.

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	381 Kg.
Arena	.....	872 Kg.
Piedra	.....	902 Kg.
Agua	.....	228 L.

Figura 55. Diseño de mezcla por metro cubico de concreto. Fuente: UNI

Como se puede observar en la figura 55, los valores de diseño de mezcla presentados por la UNI, son diferentes a los valores obtenidos por el método del ACI. Esto es debido a que la UNI realiza sus cálculos de diseño de mezcla con el método de bolomey

Luego se procederá a calcular la cantidad de cemento, Ag. Fino, Ag. Grueso y agua que entrara en una probeta de concreto de dimensiones 10.16 cm de diámetro y 20.32 cm de alto.

El diseño escogido será por el método del ACI elaborado personalmente por el estudiante.

3.6.4 Calculo de cantidad de material a utilizar en 12 probetas

Se debe de calcular el volumen del molde de la probeta.

$$\text{Volumen de molde} = \frac{\pi \cdot (0.1016)^2}{4} \cdot 0.2032 = 0.00165 \text{ m}^3$$

A) Para una probeta

B) Para 12 probetas

Cemento

$$0.00165 \cdot 1.05 \cdot 346.50 = \mathbf{0.60 \text{ Kg}}$$

Cemento

$$0.60 \cdot 12 = \mathbf{7.2 \text{ Kg}}$$

Arena

$$0.00165 \cdot 1.05 \cdot 803.84 = \mathbf{1.393 \text{ Kg}}$$

Arena

$$1.393 \cdot 12 = \mathbf{16.71 \text{ Kg}}$$

Piedra

$$0.00165 \cdot 1.05 \cdot 1028.95 = \mathbf{1.783 \text{ Kg}}$$

Piedra

$$1.783 \cdot 12 = \mathbf{21.39 \text{ Kg}}$$

Agua

$$0.00165 \cdot 1.05 \cdot 187.51 = \mathbf{0.325 \text{ Lts}}$$

Agua

$$0.325 \cdot 12 = \mathbf{3.89 \text{ Lts}}$$

Estas cantidades de materiales son los que entraran las probeta de 10.16 centímetros de diámetro y 20.32 centímetros de alto.

3.6.5 Elaboración de las probetas del concreto patrón

Una vez calculado la cantidad de materiales a utilizar se procedió a realizar la elaboración de las probetas, para ello en este caso se calculó el volumen promedio que tiene la mezcladora, para luego este valor ser multiplicado por los datos del diseño de mezcla patrón brindados por el ACI. Obteniendo así los siguientes resultados

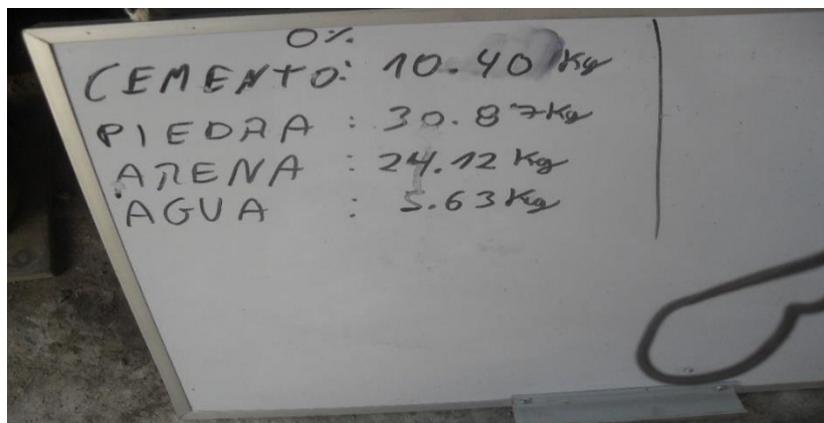


Figura 56. Calculo de material a utilizar para la probeta patrón. Fuente: Propia.

Luego de ello se realizó el mezclado de los materiales, en este proceso se notó a simple vista que la mezcla era demasiado seca y esto es debido a que los materiales se encontraban demasiados secos. Dado que no se contaba con disponibilidad de tiempo para realizar un cálculo adecuado de cuanta cantidad de agua se debe de añadir a la mezcla, se procedió a realizar el incremento del agua por el método del tanteo basándonos en la experiencia con la que cuenta el técnico presente en el laboratorio, primero se le adiciono 1.5 litros de agua (figura 24), para luego realizar el Slump, verificando cuanto era el nuevo asentamiento. Los resultados obtenidos fueron que el asentamiento llego a 2 pulgadas, es por ello que se realizó un incremento de la cantidad de agua a 2.5 Litros, los resultados obtenidos fueron satisfactorios dado que se observó que la mezcla se volvió más trabajable y además que el Slump llego a 3.5", logrando estar en el rango de 3" a 4".



Figura 57. Adición de 1.5 litros más a la cantidad de agua original. Fuente: Propia



Figura 58. Calculo del Slump con incremento de 2.5 Lts de agua. Fuente: Propia.



Figura 59. Medición del asentamiento del concreto. Fuente: Propia.



Figura 60. Slump 3.5". Fuente: Propia

Una vez determinado cuanto se añadirá agua a la mezcla, se procedió a realizar la elaboración de las probetas del concreto patrón.

Paso 1.

Se debe de tener el agregado fino en su estado natural y el agregado grueso limpio de finos, para el agregado grueso se procedió a realizar el tamizado en el mismo día de la elaboración de las probetas, este tamizado consiste en poner una parte del agregado fino en la malla N⁰4 para luego solo utilizar todo el material que se quede encima de la malla N⁰4 obteniendo así el agregado grueso libre de finos.



Figura 61. Tamizado del agregado grueso. Fuente: Propia

Paso 2

Se procedió a realizar el mezclado de todos los materiales con los datos brindados por la figura 50 y luego colocar el material mezclado en los moldes de las probetas

Cemento: 10.40 Kg

Piedra: 30.87 Kg.

Arena: 24.12 Kg

Agua: $5.63 + 2.5 = 8.13$ Lts.



Figura 62. Cantidad de agregado fino a utilizar. Fuente: Propia



Figura 63. Cantidad de cemento a utilizar. Fuente: Propia



Figura 64. Colocación del agregado fino y del cemento a la mezcladora. Fuente: Propia



Figura 65. Adición del agua a la mezcla. Fuente: Propia.

Los tiempos para el mezclado son los siguientes:

Primero se controló un tiempo de 3 minutos, al momento de que todos los materiales se encuentren en la mezcladora, para luego dejar reposar a la mezcla por 2 minutos y posteriormente realizar de nuevo el mezclado por 2 minutos más

Una vez terminado el tiempo de 2 minutos se procedió a colocar toda la mezcla en una carretilla para luego con un cucharón colocarla en los moldes de probetas.

La forma de introducir la mezcla en dichos moldes, tiene que ser de acuerdo a lo que menciona la NTP 339.034, dado que dicha norma nos explica cómo se debe de realizar el proceso de colocación de la mezcla de concreto en las probetas.

Para estos tipos de moldes que son más pequeños, la norma nos menciona que al momento de introducir la mezcla al molde, debe de ser hasta la mitad del volumen del molde, luego se dará 25 varillados en forma circular luego 4 golpes en cada lado del molde con el martillo de goma hasta llegar a un total de 16 golpes. Finalmente se colocara el resto de material faltante y se realizara el mismo paso anterior con algunas excepciones. El varillado debe de

introducirse hasta 2 centímetros por debajo de la mitad del molde y solo se dará 15 varillados, luego se adicionara más mezcla para completar los 10 varillados restantes.

Finalmente se enrasara la parte superior de la mezcla con la varilla para que cubra completamente el molde.



Figura 66. Varillado en la primera capa. Fuente: Propia.



Figura 67. Golpes a los costados en la primera capa. Fuente: Propia.

Luego al día siguiente se procedió a desmoldar las probetas y calcular su peso de las probetas, el peso promedio es de 3.865 kg



Figura 68. Desmolde de las probetas. Fuente: Propia.

3.6.6. Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón con adición de 2% de caucho

Para este caso se tomara los datos del diseño de mezcla con adición de 2% de caucho del punto 3.3

PROPORCION

FINAL

Cemento	:	346.50 kg/m ³
Agua	:	187.54 lt/m ³
Ag. Grueso	:	1025.47 kg/m ³
Ag. Fino	:	800.30 kg/m ³
Adición	:	6.92 kg/m ³

Calculo de material reciclado a utilizar en 12 probetas

Calculo de material por probeta V=0.00165 m³

A) Para una probeta	B) Para 12 probetas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.00165 * 1.05 * 346.50 = 0.60 \text{ Kg}$	$0.60 * 12 = 7.2 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.00165 * 1.05 * 800.30 = 1.386 \text{ Kg}$	$1.386 * 12 = 16.63 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.00165 * 1.05 * 1025.47 = 1.776 \text{ Kg}$	$1.776 * 12 = 21.36 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.00165 * 1.05 * 187.54 = 0.325 \text{ Lts}$	$0.325 * 12 = 3.90 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.00165 * 1.05 * 6.92 = 0.012 \text{ Kg}$	$0.012 * 12 = 0.144 \text{ Kg}$

Elaboración de las probetas con 2% de caucho reciclado

Para este caso se tomó los datos mencionados en el punto anterior

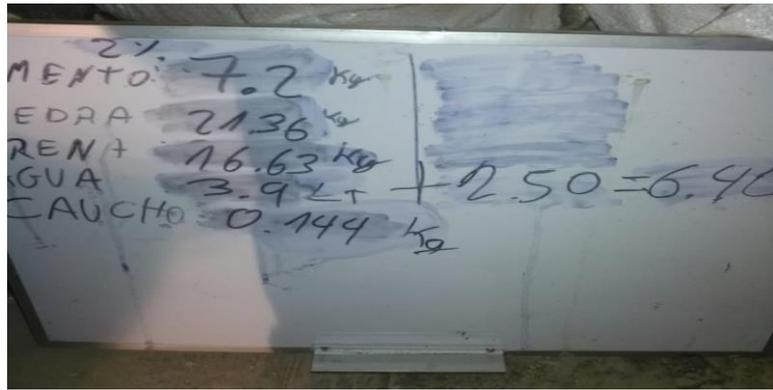


Figura 69. Calculo de material a utilizar. Fuente: Propia

Luego de ello se realizaron los mismos pasos para la elaboración de las probetas del concreto patrón presentado en el punto número 3.6.5



Figura 70. Peso del agregado grueso. Fuente: Propia



Figura 71. Peso del cemento. Fuente: Propia

3.6.7 Procedimiento para la elaboración de las probetas del concreto patrón con adición de 5% de caucho

Para este caso se tomara los datos del diseño de mezcla con adición de 5% de caucho del punto 3.4

PROPORCION

FINAL

Cemento	:	346.50 kg/m ³
Agua	:	187.58 lt/m ³
Ag. Grueso	:	1020.27 kg/m ³
Ag. Fino	:	795.01 kg/m ³
Adición	:	17.29 kg/m ³

Calculo de material reciclado a utilizar en 12 probetas

Calculo de material por probeta V=0.00165 m³

A) Para una probeta	B) Para 12 probetas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.00165 * 1.05 * 346.50 = 0.60 \text{ Kg}$	$0.60 * 12 = 7.2 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.00165 * 1.05 * 795.01 = 1.377 \text{ Kg}$	$1.377 * 12 = 16.52 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.00165 * 1.05 * 1020.27 = 1.767 \text{ Kg}$	$1.767 * 12 = 21.20 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.00165 * 1.05 * 187.58 = 0.325 \text{ Lts}$	$0.325 * 12 = 3.90 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.00165 * 1.05 * 17.29 = 0.030 \text{ Kg}$	$0.030 * 12 = 0.36 \text{ Kg}$

Elaboración de las probetas con 5% de caucho reciclado

Para ello se realizara los pasos mencionados en la NTP339.034 así como también los pasos mencionados en el punto 3.6.5

Calculo de material reciclado a utilizar en 12 probetas

Calculo de material por probeta V=0.00165 m3

A) Para una probeta	B) Para 12 probetas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.00165 * 1.05 * 346.50 = 0.60 \text{ Kg}$	$0.60 * 12 = 7.2 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.00165 * 1.05 * 791.47 = 1.371 \text{ Kg}$	$1.371 * 12 = 16.45 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.00165 * 1.05 * 1016.79 = 1.761 \text{ Kg}$	$1.761 * 12 = 21.13 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.00165 * 1.05 * 187.61 = 0.325 \text{ Lts}$	$0.325 * 12 = 3.90 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.00165 * 1.05 * 24.21 = 0.042 \text{ Kg}$	$0.042 * 12 = 0.50 \text{ Kg}$

Elaboración de las probetas con 7% de caucho reciclado

Para ello se realizara los pasos mencionados en la NTP339.034 así como también los pasos mencionados en el punto 3.6.5

Luego de 24 horas se realizó el desmolde de las probetas para calcular el peso promedio de las probetas y finalmente luego colocarlas en una piscina para su curado, el peso promedio es de 3.510 kg.

3.6.9 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón

Se tomara como base la tabla de dosificación presentada en el punto 3.2.16.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
346.50 Kg/m3	803.84 Kg/m3	1028.95 Kg/m3	187.51 Lt/m3

Fuente: Propia

3.6.10 Calculo de cantidad de material a utilizar en 2 vigas.

Se debe de calcular el volumen del molde de la viga.

$$\text{Volumen de molde} = 0.15 * 0.15 * 0.50 = 0.0113\text{m}^3$$

A) Para 1 viga

B) Para 2 vigas

Cemento

$$0.0113 * 1.05 * 346.50 = \mathbf{4.11 \text{ Kg}}$$

Cemento

$$4.11 * 2 = \mathbf{8.22 \text{ Kg}}$$

Arena

$$0.0113 * 1.05 * 803.84 = \mathbf{9.54 \text{ Kg}}$$

Arena

$$9.54 * 2 = \mathbf{19.08 \text{ Kg}}$$

Piedra

$$0.0113 * 1.05 * 1028.95 = \mathbf{12.21 \text{ Kg}}$$

Piedra

$$12.21 * 2 = \mathbf{24.42 \text{ Kg}}$$

Agua

$$0.0113 * 1.05 * 187.51 = \mathbf{2.22 \text{ Lts}}$$

Agua

$$2.22 * 2 = \mathbf{4.44 \text{ Lts}}$$

Estas cantidades de materiales son los que entraran en las vigas de 15 cm x 15 cm x 50 cm

3.6.11 Elaboración de las vigas del concreto patrón

Para este caso se tomaran los datos obtenidos del punto 3.6.9 para determinar cuánto de material se utilizara para la elaboración de 2 vigas, y el procedimiento a realizar tiene que ser de acuerdo a lo que menciona la NTP 339.078 que es parecido a lo que menciona la NTP 339.034.

Se añadirá 2 capas, la primera llevara la mitad de todo el volumen del molde de viga luego se procederá a dar 75 varillados de forma rectangular comenzando por los bordes del molde de la viga hasta llegar a la parte media de la misma. Luego se dará 4 golpes con el martillo de goma en cada lado de la viga hasta llegar a un total de 16 golpes,

Luego se añadirá la segunda capa de mezcla, luego se dará 60 varillados, la profundidad que tiene que llegar la varilla es a 2 centímetros por debajo de la mitad del molde, posteriormente se añadirá más mezcla al molde para completar los 15 varillados restantes para finalmente enrasar la mezcla con la propia varilla para obtener una mezcla uniforme.



Figura 77: Varillados para la tercera capa de mezcla. Fuente: Propia

Pasado las 24 horas se procedió a desmoldar la viga para luego colocar la viga en la balanza calculando su peso, este tuvo un valor de 28.39 kg, para finalmente colocarlo en el tanque de agua para que fragüe.

3.6.12 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 2% de adición de partículas de caucho

Para este caso se tomara los datos del diseño de mezcla con adición de 2% de caucho presentados en el punto 3.3

Calculo de material reciclado a utilizar en 2 vigas

Calculo de material por viga $V=0.0113 \text{ m}^3$

A) Para una viga	B) Para 2 vigas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.0113 * 1.05 * 346.50 = 4.11 \text{ Kg}$	$4.11 * 2 = 8.22 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.0113 * 1.05 * 800.30 = 9.50 \text{ Kg}$	$9.50 * 2 = 19.00 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.0113 * 1.05 * 1025.47 = 12.17 \text{ Kg}$	$12.17 * 2 = 24.34 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.0113 * 1.05 * 187.54 = 2.23 \text{ Lts}$	$2.23 = 4.46 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.0113 * 1.05 * 6.92 = 0.082 \text{ Kg}$	$0.082 * 2 = 0.164 \text{ Kg}$

Elaboración de las vigas con 2% de caucho reciclado

Se procederá a realizar los pasos mencionados en el punto 3.6.11



Figura 78. Varillados para la primera capa de mezcla. Fuente: Propia

Al día siguiente se desmoldo la viga para calcular su peso, este tuvo un valor de 26.54 kg

3.6.13 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 5% de adición de partículas de caucho

Para este caso se tomara los datos del diseño de mezcla con adición de 5% de caucho presentados en el punto 3.4

Calculo de material reciclado a utilizar en 2 vigas

Calculo de material por viga $V=0.0113 \text{ m}^3$

A) Para una viga	B) Para 2 vigas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.0113 * 1.05 * 346.50 = 4.11 \text{ Kg}$	$4.11 * 2 = 8.22 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.0113 * 1.05 * 795.01 = 9.43 \text{ Kg}$	$9.43 * 2 = 18.86 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.0113 * 1.05 * 1020.27 = 12.11 \text{ Kg}$	$12.11 * 2 = 24.22 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.0113 * 1.05 * 187.58 = 2.23 \text{ Lts}$	$2.23 * 2 = 4.46 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.0113 * 1.05 * 17.29 = 0.205 \text{ Kg}$	$0.205 * 2 = 0.41 \text{ Kg}$

Elaboración de las vigas con 5% de caucho reciclado

Se procederá a realizar los pasos mencionados en el punto 3.6.11

Al día siguiente se desmoldo la viga para calcular su peso, este tuvo un valor de 26.12 kg

3.6.14 Procedimiento para la elaboración de las Vigas del concreto patrón con 7% de adición de partículas de caucho

Para este caso se tomara los datos del diseño de mezcla con adición de 7% de caucho presentados en el punto 3.5

Calculo de material reciclado a utilizar en 2 vigas

Calculo de material por viga $V=0.0113 \text{ m}^3$

A) Para una viga	B) Para 2 vigas
<u>Cemento</u>	<u>Cemento</u>
$0.0113 * 1.05 * 346.50 = 4.11 \text{ Kg}$	$4.11 * 2 = 8.22 \text{ Kg}$
<u>Arena</u>	<u>Arena</u>
$0.0113 * 1.05 * 791.47 = 9.39 \text{ Kg}$	$9.39 * 2 = 18.78 \text{ Kg}$
<u>Piedra</u>	<u>Piedra</u>
$0.0113 * 1.05 * 1016.79 = 12.06 \text{ Kg}$	$12.06 * 2 = 24.12 \text{ Kg}$
<u>Agua</u>	<u>Agua</u>
$0.0113 * 1.05 * 187.61 = 2.23 \text{ Lts}$	$2.23 * 2 = 4.46 \text{ Lts}$
<u>Caucho</u>	<u>Caucho</u>
$0.0113 * 1.05 * 24.21 = 0.287 \text{ Kg}$	$0.287 * 2 = 0.574 \text{ Kg}$

Elaboración de las vigas con 7% de caucho reciclado

Se procederá a realizar los pasos mencionados en el punto 3.6.11



Figura 79. Peso del caucho. Fuente: Propia

Al día siguiente se desmoldo la viga para calcular su peso, este tuvo un valor de 25.82 kg

3.7 Resultados de ensayos

3.7.1 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días de curado

Se Procedió a realizar la rotura de los especímenes siguiendo los pasos mencionados en la NTP 339.034.



Figura 80. Rotura de la probeta a compresión. Fuente: Propia



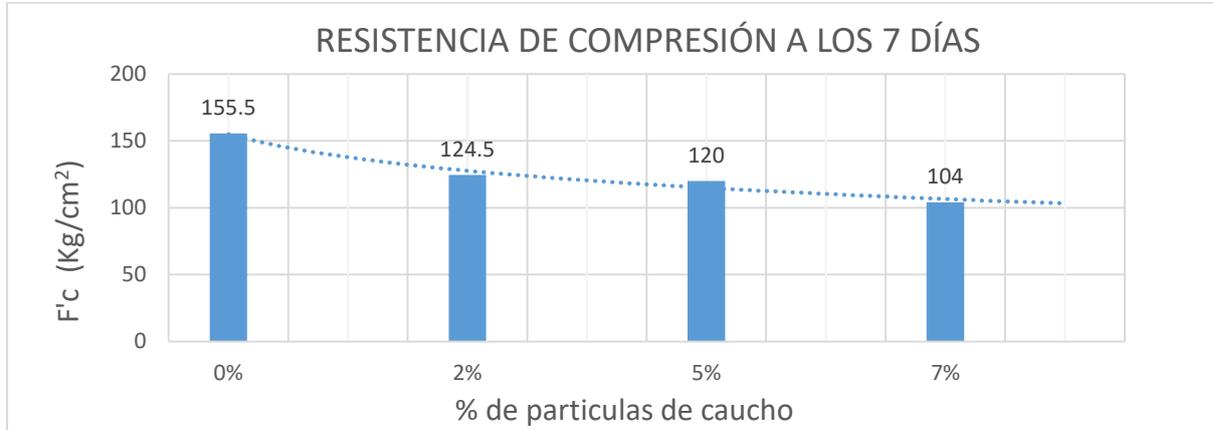
Figura 81. Probeta luego de la rotura. Fuente: Propia

Tabla 35: Resistencia de compresión del concreto patrón y del material reciclado a los 7 días

Muestras	F'c a los 7 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 7 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	151	155.5	0%	-
C 1.1	160			
C 2.0	124	124.5	2%	-20.26%
C 2.1	125			
C 3.0	119	120	5%	-22.83%
C 3.1	121			
C 4.0	102	104	7%	-33.12%
C 4.1	107			

Fuente: Propia

Grafica 1: Comparación de la resistencia a compresión a los 7 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Como se puede apreciar en la gráfica 1, al momento de adicionar un pequeño porcentaje de partículas de caucho reciclado, trae como consecuencia una disminución de la resistencia a compresión en comparación de un concreto normal, esta disminución es de 20.26% menos al 2% de partículas de caucho reciclado en comparación al concreto patrón, asimismo si nosotros seguimos incrementando la cantidad de material reciclado al concreto, este trae como consecuencia una disminución mayor en la resistencia a compresión. Estas disminuciones son de 22.83% menos al 5% de partículas de caucho reciclado y de 33.12% menos al 7% de partículas de caucho reciclado en comparación al concreto patrón.

3.7.2 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días de curado

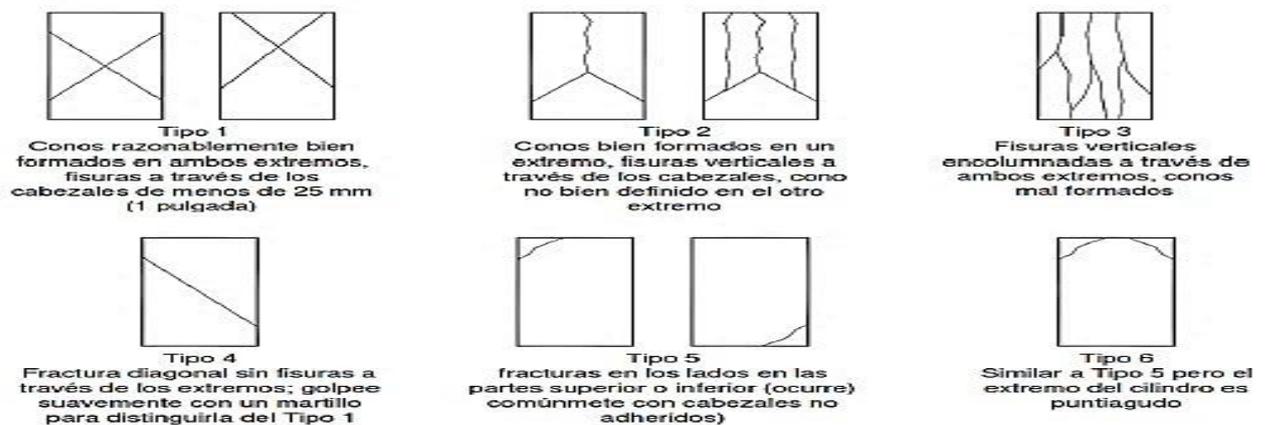


Figura 82. Tipo de fracturas del concreto. Fuente: NTP339.034



Figura 83. Rotura con 0% (1)



Figura 84. Rotura con 2% (1)



Figura 85. Rotura con 5% (5)



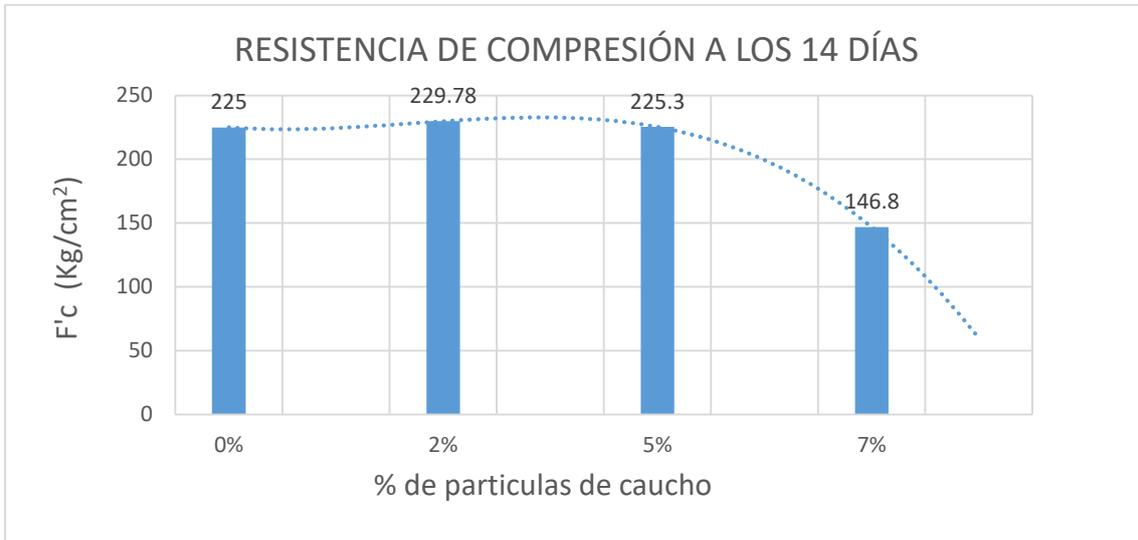
Figura 86. Rotura con 7% (5)

Tabla 36: Resistencia de compresión del concreto patrón y del material reciclado a los 14 días

Muestras	F'c a los 14 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 14 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	225.2	225	0%	-
C 1.1	224.8			
C 2.0	229.1	229.78	2%	+2.12%
C 2.1	228.8			
C 3.0	224.9	225.3	5%	+0.13%
C 3.1	225.7			
C 4.0	147.4	146.8	7%	-34.76%
C 4.1	146.2			

Fuente: Propia

Grafica 2: Comparación de la resistencia a compresión a los 14 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Como se puede observar en la gráfica 2, si se añade un 2% y 5% de partículas de caucho reciclado mejoran mínimamente la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, estos porcentajes de incremento son de 2.12% más a un 2% de partículas de caucho reciclado y de 0.13% más a un 5% de partículas de caucho reciclado con respecto al concreto patrón, sin embargo si se le adiciona un porcentaje de 7% de partículas de caucho reciclado, disminuye un 34.76% menos en su resistencia a compresión del concreto.

3.7.3 Resultados de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días de curado



Rotura con 0% (5)



Rotura con 2% (5)



Rotura con 5% (5)



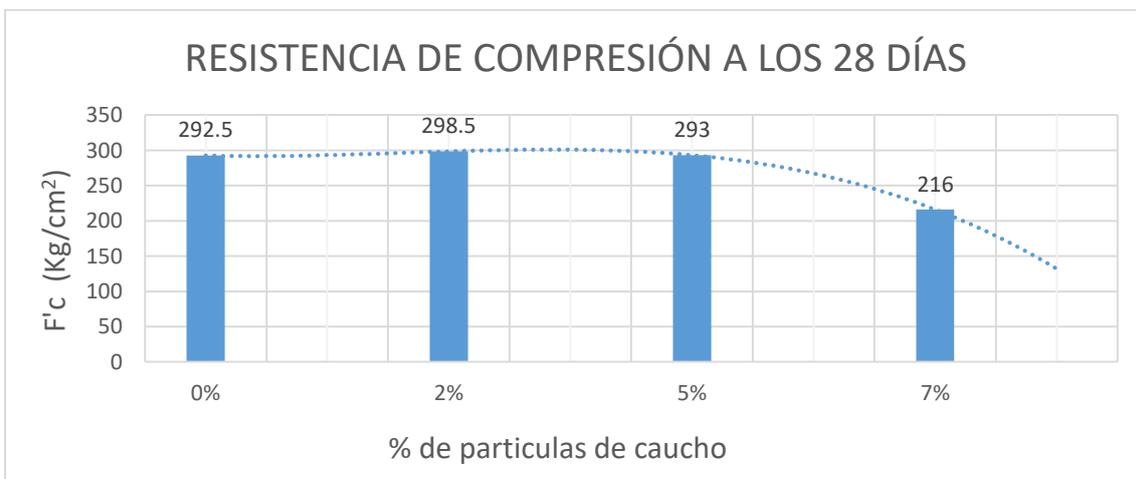
Rotura con 7% (5)

Tabla 37: Resistencia de compresión del concreto patrón y del material reciclado a los 28 días

Muestras	F'c a los 28 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 28 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	292	292.5	0%	-
C 1.1	293			
C 2.0	299	298.5	2%	+2.05%
C 2.1	298			
C 3.0	294	293	5%	+0.17%
C 3.1	292			
C 4.0	217	216	7%	-26.15%
C 4.1	215			

Fuente: Propia

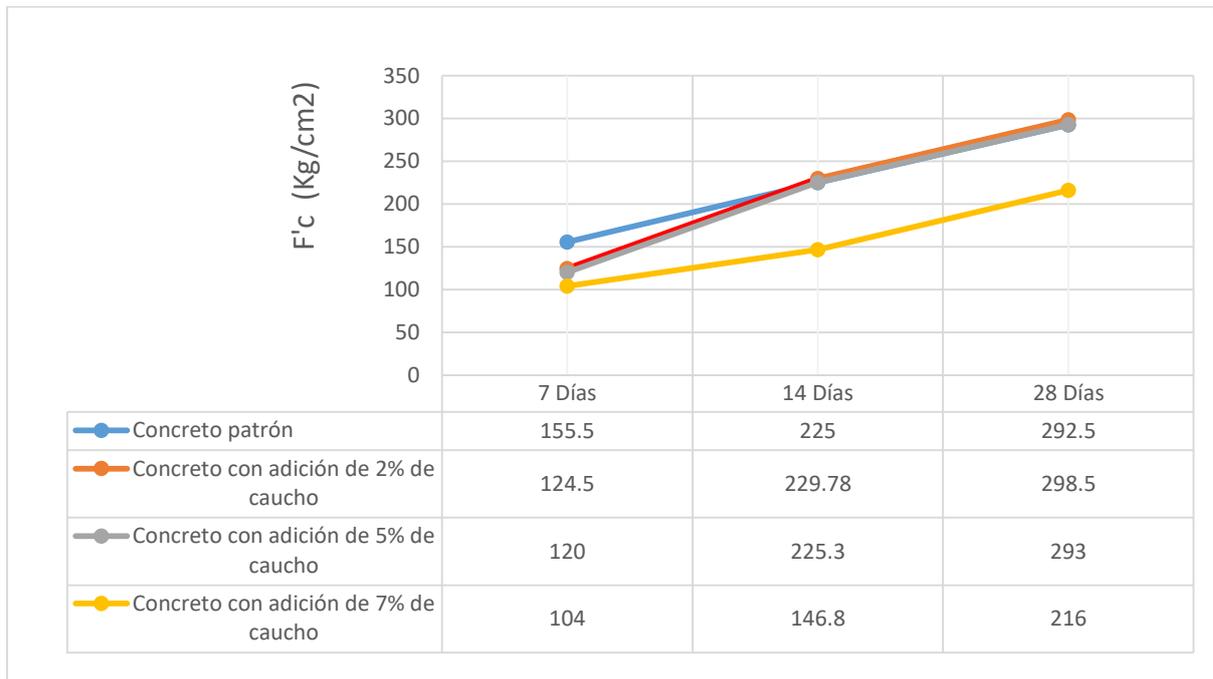
Grafica 3: Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Como se puede observar en la gráfica 3, si se añade un 2% y 5% de partículas de caucho reciclado mejoran mínimamente la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, estos porcentajes de incremento son de 2.05% más a un 2% de partículas de caucho reciclado y de 0.17% más a un 5% de partículas de caucho reciclado con respecto al concreto patrón, sin embargo si se le adiciona un porcentaje de 7% de partículas de caucho reciclado, disminuye un 26.15% menos en su resistencia a compresión del concreto.

Grafica 4: Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón con los porcentajes de partículas de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado.



Fuente: Propia

3.7.4 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 7 días de curado

El método utilizado fue el método de tracción indirecta (Harmsen, 2005, pp.25-26).



Figura 87. Rotura de la probeta a tracción. Fuente: Propia



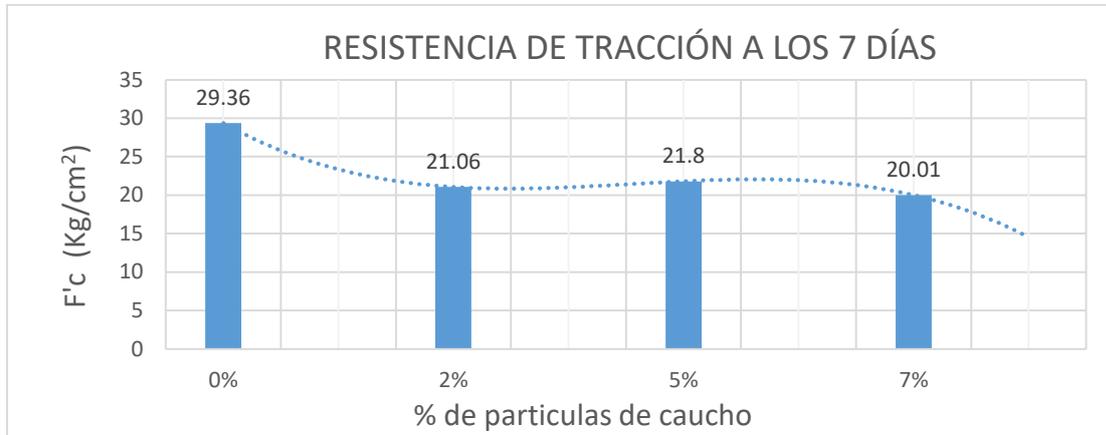
Figura 88. Probeta luego de la rotura. Fuente: Propia

Tabla 38: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 7 días

Muestras	F'c a los 7 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 7 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	29.52	29.36	0%	-
C 1.1	29.19			
C 2.0	21.13	21.06	2%	-28.27%
C 2.1	21			
C 3.0	21.83	21.8	5%	-25.75%
C 3.1	21.76			
C 4.0	19.95	20.01	7%	-31.85%
C 4.1	20.07			

Fuente: Propia

Grafica 5: Comparación de la resistencia a tracción a los 7 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

En este caso, la resistencia a tracción que presenta un concreto normal, disminuye si se adiciona partículas de caucho reciclado, con el porcentaje a 2% de adición de partículas, la resistencia a tracción decae hasta 21.06 Kg/cm² (28.27%), un valor muy por debajo de la resistencia a tracción de un concreto normal que es de 29.36 kg/cm² (100%), asimismo si nosotros adicionamos una cantidad de 5% de partículas de caucho reciclado, este sufre un aumento en su resistencia llegando a 21.8 kg/cm² (25.75%) en comparación al valor obtenido de la adición a un 2% del material reciclado, sin embargo dicho valor sigue estando muy por debajo del valor de un concreto normal. Finalmente al momento de adicionar un 7% de material de caucho reciclado su valor disminuye considerablemente obteniendo así el valor de 20.01kg/cm² (31.85%), siendo este el valor más bajo de todos los porcentajes

3.7.5 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 14 días de curado



Figura 89. Rotura con 0%



Figura 90. Rotura con 2%



Figura 91. Rotura con 5%



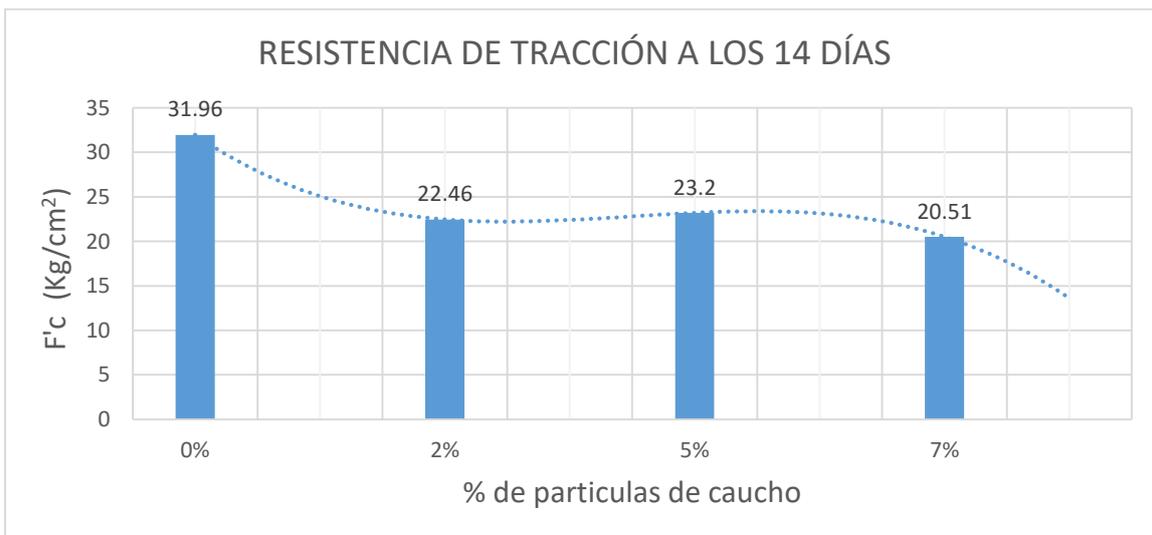
Figura 92. Rotura con 7%

Tabla 39: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 14 días

Muestras	F'c a los 14 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 14 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	31.86	31.96	0%	-
C 1.1	32.05			
C 2.0	22.05	22.46	2%	-29.72%
C 2.1	22.86			
C 3.0	22.87	23.2	5%	-27.41%
C 3.1	23.52			
C 4.0	20.08	20.51	7%	-35.83%
C 4.1	20.93			

Fuente: Propia

Grafica 6: Comparación de la resistencia a tracción a los 14 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Estos resultados presentan características similares al resultado anterior, debido a que la resistencia a tracción disminuye al momento de adicionar partículas de caucho en la mezcla, dichos porcentajes son los siguientes, con un 2% de adición de partículas de caucho reciclado, la resistencia a tracción disminuye un 29.72% en comparación del concreto patrón, con un 5% de adición de partículas de caucho reciclado, la resistencia a tracción disminuye un 27.41% en comparación del concreto patrón, y con 7% de adición de partículas de caucho reciclado es el valor que hace disminuir más la resistencia a tracción del concreto en relación a los demás porcentajes, este porcentaje es de 35.83%.

3.7.6 Resultados de la resistencia a tracción del concreto a los 28 días de curado



Rotura con 0%



Rotura con 2%



Rotura con 5%



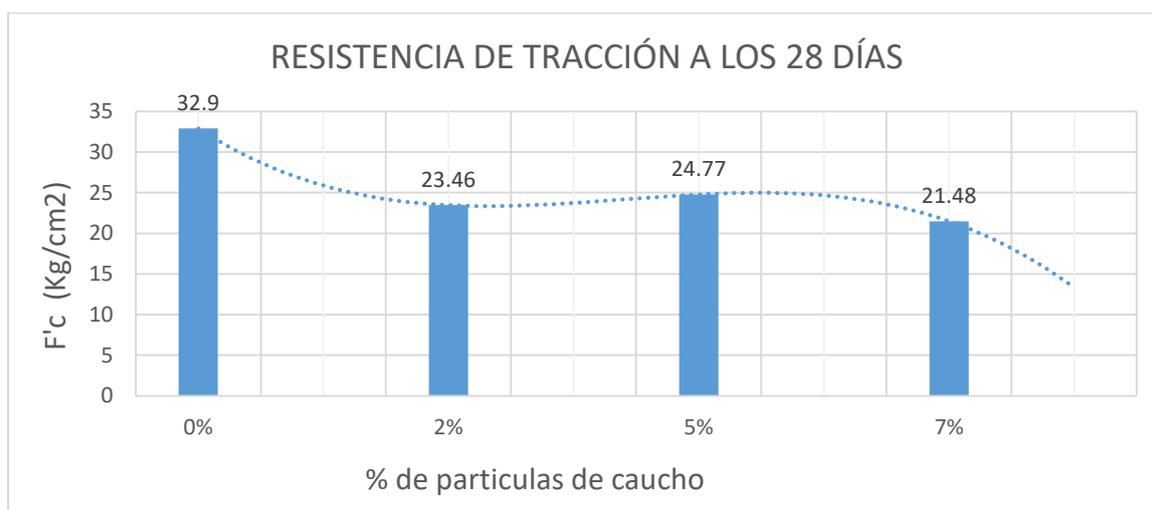
Rotura con 7%

Tabla 40: Resistencia de tracción del concreto patrón y del material reciclado a los 28 días

Muestras	F'c a los 28 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 28 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	33.06	32.9	0%	-
C 1.1	32.74			
C 2.0	23.84	23.46	2%	-28.69%
C 2.1	23.08			
C 3.0	24.89	24.77	5%	-24.71%
C 3.1	24.64			
C 4.0	21.06	21.48	7%	-34.71%
C 4.1	21.89			

Fuente: Propia

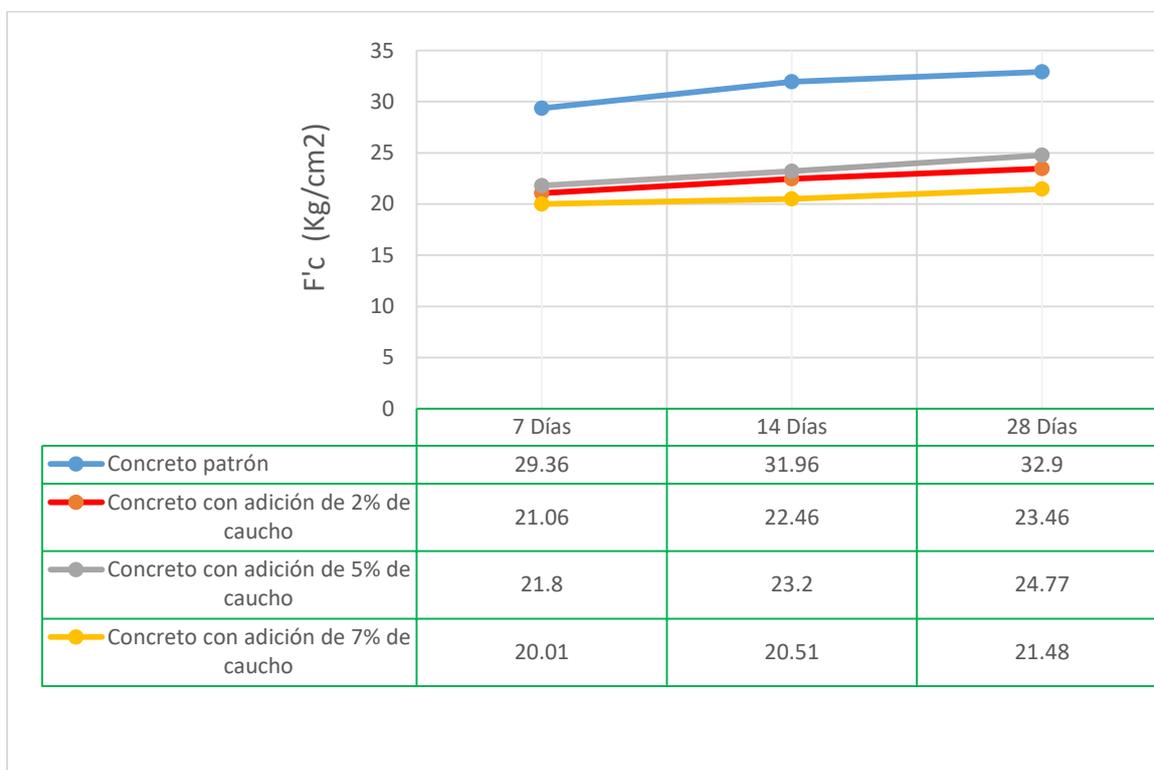
Grafica 7: Comparación de la resistencia a tracción a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Como se puede observar en la gráfica, la resistencia del concreto patrón disminuye al momento de adicionarle los porcentajes al 2%, 5% y 7% de partículas de caucho, las disminuciones en comparación del concreto patrón son las siguientes: Con un 2% de adición de partículas de caucho, la resistencia del concreto patrón disminuye un 28.69%, con un 5% de adición de partículas de caucho, la resistencia disminuye un 24.71% y finalmente si se le adiciona un 7% de partículas de caucho reciclado, la resistencia del concreto patrón disminuye un 34.71%

Grafica 8: Comparación de la resistencia a tracción del concreto patrón con los porcentajes de partículas de caucho a los 7, 14 y 28 días de curado.



Fuente: Propia

3.7.7 Resultados de la resistencia a flexión del concreto a los 28 días de curado

Se realizó la rotura de los especímenes siguiendo los pasos mencionados en la NTP.339.078



Figura 93. Rotura con 0%



Figura 94. Rotura con 2%



Figura 95. Rotura con 5%



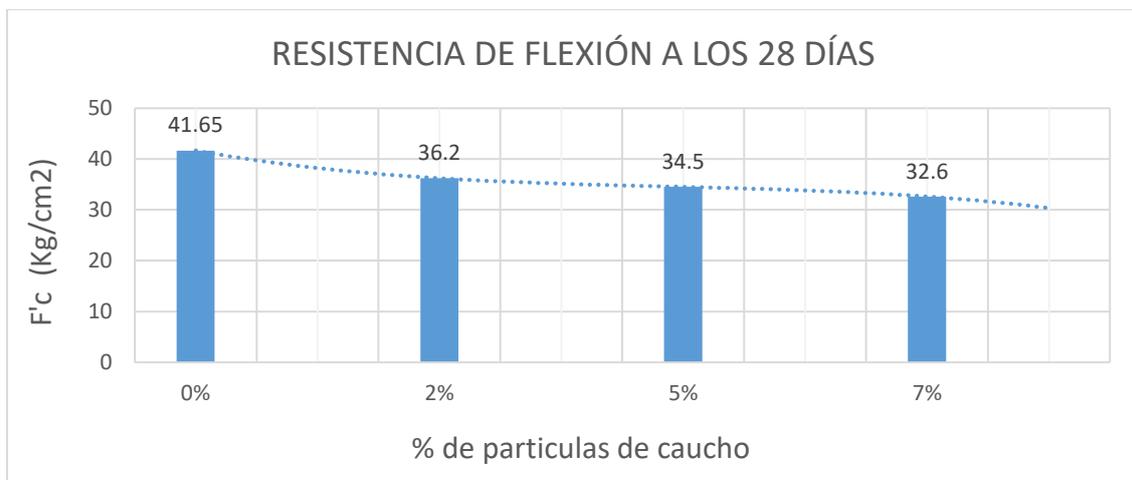
Figura 96. Rotura con 7%

Tabla 41: Resistencia de flexión del concreto patrón y del material reciclado a los 28 días de curado

Muestras	F'c a los 28 días (Kg/cm ²)	F'c promedio a los 28 días (Kg/cm ²)	% de partículas de caucho	% Variación con respecto al C1
C 1.0	42.6	41.65	0%	-
C 1.1	40.7			
C 2.0	36.6	36.2	2%	-13.09%
C 2.1	35.8			
C 3.0	34.9	34.5	5%	-17.17%
C 3.1	34.1			
C 4.0	32.8	32.6	7%	-21.73%
C 4.1	32.4			

Fuente: Propia

Grafica 9: Comparación de la resistencia a flexión a los 28 días de curado del concreto patrón con los porcentajes de material reciclado



Fuente: Propia

Como se puede observar en la gráfica 7, si se le adiciona partículas de caucho en la mezcla del concreto patrón, esto traerá como consecuencia una disminución en la resistencia a flexión de la viga, estos valores son los siguientes, al 2% de adición de partículas de caucho tuvo una disminución de 13.09% con respecto al concreto patrón, al 5% una disminución de 17.17%, y al 7% una disminución de 21.73%.

IV. DISCUSIÓN

Según los autores: PÉREZ, Juan y ARRIETA. Nos menciona que a los 7 días de curado, la resistencia a compresión del concreto con 5% en peso de caucho produjo una disminución de 55.50% comparado con la resistencia del concreto patrón de los autores, este resultado se encuentra muy por debajo con respecto al valor obtenido en este estudio, si bien la resistencia del concreto con adición de 5% de caucho produjo, que la resistencia del concreto disminuyera un valor de 22.83%, este valor es mucho menor al valor obtenido de los autores antes mencionados, la diferencia de valores puede ser debido a que los autores Pérez y Arrieta utilizaron una sustitución del 5 % en peso del agregado fino y del agregado grueso, un método distinto a lo realizado en el laboratorio que consistía en adicionar un 5 % en peso del agregado fino por partículas finas del caucho reciclado.

A los 14 días, la disminución de la resistencia a compresión del concreto patrón con 5% en peso de caucho reciclado de los autores fue de 45.04%, este resultado comparado con el valor obtenido en este estudio es muy diferente, dado que en este caso aumento la resistencia del concreto patrón con adición de 5% en peso de caucho, este valor es de 0.13%, esta diferencia de valores puede ser debido al diferente método de agregar el caucho en la mezcla

A los 28 días de curado la resistencia a compresión del concreto patrón con 5% en peso de caucho reciclado disminuyo un 39.15%, cuyo valor es totalmente diferente con el dato obtenido en este estudio, ya que a los 28 días de curado, el concreto patrón con adición de 5% en peso de caucho, aumento mínimamente su resistencia a la compresión, este valor es de 0.17%. Esta diferencia de valores puede ser debido a la forma de adicionar el material reciclado.

En el ensayo a tracción los autores obtuvieron que a los 7 días de curado, la resistencia del concreto con material de caucho en un 5% obtuvo una disminución de 41.36%, en este estudio la resistencia a tracción del concreto con adición de 5% de caucho también trae como consecuencia una disminución, cuyo valor es de 25.75% con respecto al valor obtenido del concreto patrón, sin embargo si se compara los 2 valores obtenidos se puede notar que la resistencia a tracción del concreto por parte de los autores disminuye mucho más, en comparación al valor obtenido en este estudio, esto podría deberse al igual que el punto anterior, a la forma de introducir caucho en la mezcla.

A los 14 días la resistencia a tracción de los autores produjo una disminución de 44.41%, este dato comparado con el valor obtenido en este estudio que fue de 27.41%, nos lleva a la

conclusión que los 2 valores obtenidos disminuyen la resistencia del concreto patrón, sin embargo la disminución del concreto patrón es mayor en los autores.

A los 28 días de curado, la resistencia a tracción del concreto patrón disminuyó un 39.81%, este valor es casi similar al valor obtenido en este estudio ya que también se obtuvo una disminución en la resistencia a tracción del concreto, dicho valor es de 24.71%

Según el autor: HERNÁNDEZ, Billy A los 7 días de curado, al momento de sustituir un 10% del volumen de la mezcla por material de caucho la resistencia a compresión disminuyó un 26.22% en comparación del concreto patrón del autor, este valor puede ser comparado con el resultado obtenido en este estudio a un 7% de adición de caucho, al igual que el autor la resistencia a compresión del concreto disminuyó un valor de 33.12%. El valor difiere un poco con respecto a lo mencionado por el autor Hernández, esto podría ser debido a la diferente forma de utilización del caucho en la mezcla del concreto.

A los 14 días, la resistencia a compresión con material de caucho por parte del autor, disminuyó un valor de 24.78% con respecto a su concreto patrón, caso similar a lo ocurrido en este estudio, ya que también el concreto con adición de 7% de caucho disminuyó la resistencia del concreto patrón, este valor fue de 34.76%.

A los 28 días de curado, la resistencia a compresión del concreto patrón con sustitución de 10% del volumen de la mezcla por material de caucho por parte del autor, disminuyó un valor de 32.22%, este valor es algo similar con respecto al valor obtenido en este estudio ya que también disminuye la resistencia a compresión del concreto patrón con adición de 7% de caucho, este valor es de 26.15%.

Según el autor ESTRADA. A los 7 días de curado, nos menciona que al momento de sustituir un 5% en peso del agregado fino por partículas finas de caucho reciclado disminuyó un 61.39%, este valor es muy diferente con respecto al valor obtenido en este estudio con el mismo porcentaje, dado que al igual que el autor estrada, la resistencia del concreto Patrón disminuye un 22.83%, esto puede ser debido a que el autor Estrada, utilizó partículas finas de caucho reciclado de los tamices número 50 y 100, método muy diferente al realizado por la presente tesis, debido a que las partículas finas utilizadas fueron de todos los tamices que debe de pasar un agregado fino. El autor también sustituyó otros 2 porcentajes que son de 10% y 15% en peso del agregado fino por partículas finas de caucho reciclado, con el 10% la resistencia a compresión disminuyó un valor de 78.38% y con 15% disminuyó un valor

de 83.3%, estos valores son muy diferentes en comparación al valor obtenido en este estudio con una adición de 7% en peso del agregado fino por adición de partículas de caucho reciclado, sin embargo también se produjo una disminución en la resistencia del concreto patrón, este valor es de 33.12%

A los 28 días de curado, la resistencia a compresión del concreto patrón con sustitución de 5% en peso del agregado fino por partículas finas de caucho reciclado por parte del autor disminuyó un 60.3%, comparado con el valor obtenido en este estudio, en este caso se logró un incremento mínimo en la resistencia del concreto patrón al mismo porcentaje, este valor es de 0.17%. Con los demás porcentajes mencionados por el autor que son 10% y 15% se obtuvieron los siguientes valores en comparación con el concreto patrón del autor, al 10% disminuyó un 78.06% la resistencia a compresión del concreto y al 15% disminuyó un 81.57%, estos valores son muy diferentes al valor obtenido en este estudio a un 7% de adición de partículas de caucho en el concreto patrón, sin embargo también disminuyó la resistencia del concreto, este valor es de 26.15%

En el caso de las vigas, a los 28 días de curado la resistencia a flexión con sustitución de 5% en peso del agregado fino por partículas finas de caucho reciclado disminuyó un 51.64%, con la sustitución al 10% se redujo un valor de 65.28% y al 15% se redujo un valor de 68.39% en relación al concreto patrón por parte del autor, estos valores son diferentes a los valores obtenidos en el presente estudio, al 2% se obtuvo un valor de disminución de 13.09%, al 5% una disminución de 17.17%, y al 7% una disminución de 21.73%.

Según los autores, GUZMÁN, Esthefany y GUZMÁN, Yheyson. A los 28 días de curado, la resistencia a compresión del concreto patrón con sustitución del 5%, 15% y 25% del agregado fino y grueso por caucho reciclado trajo como consecuencia: Al 5% de material de caucho disminuyó la resistencia del concreto un valor de 7.20%, al 15% disminuyó un 32.10% y al 25% disminuyó un 44.10%, estos valores son muy diferentes con los valores obtenidos en este estudio, ya que se realizaron porcentajes de 2%, 5% y 7% de adición de partículas de caucho reciclado en la mezcla de concreto, estos valores fueron de: Al 2% de partículas de caucho la resistencia a compresión del concreto aumentó un 2.05%, a 5% aumento 0.17% la resistencia del concreto, y al 7% trajo como consecuencia una disminución con la resistencia del concreto, este valor es de 26.15%

A los 28 días de curado, la resistencia a tracción con el porcentaje de 5% de agregado fino y grueso por parte de los autores, ayuda a mejorar su resistencia en comparación con su concreto patrón, este incremento es de 1.6%, sin embargo con los porcentajes de 15% y 25% trae como consecuencia una disminución de la resistencia a tracción, estos valores son de 9.2% y 25.6% respectivamente. Estos valores son muy diferentes con los porcentajes realizados en el presente trabajo, al 2% de adición de partículas de caucho la resistencia a tracción del concreto patrón disminuye un 28.69%, al 5% de adición de partículas de caucho la resistencia a tracción del concreto patrón disminuye un 24.71% y al 7% disminuye un 34.71%.

MONTOYA, Estefany: Practicas sostenible en la construcción de edificaciones. Tesis para optar el título de ingeniero Civil. Lima: Pontífice Universidad Católica del Perú, 2014.

La autora en este caso utiliza el acero presente en la parte inferior de los neumáticos en forma de perlas de acero, e introducirlas en la mezcla del concreto en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% del volumen del concreto. Los resultados a los 28 días de curado fueron que al 2% la resistencia del concreto a compresión disminuyo un 11.53%, al 4% disminuyo un 12.97%, al 6% disminuyo un 11.08%, y al 8% un valor de 24.53%, estos valores son muy diferentes con los valores obtenidos en este estudio al 2%,5% y 7% de adición de partículas de caucho reciclado en la mezcla de concreto, estos resultados fueron al 2% la resistencia del concreto aumento un 2.05%, a 5% aumento 0.17% y al 7% disminuyo un 26.15%. Se puede concluir que la utilización de caucho de los neumáticos fuera de uso, presenta mejores resultados en comparación a la utilización del acero de dichos neumáticos.

V. CONCLUSIONES

1. Dado al presente trabajo de investigación se rechaza la hipótesis de que las partículas de caucho reciclado mejorará las propiedades mecánicas del concreto. Sin embargo dado que la resistencia a compresión no fue modificada con los porcentajes de 2% y 5% se puede utilizar este material de caucho como un material de reciclaje en las estructuras, debido a que generalmente los diseños estructurales de vigas, losas o columnas se utiliza el F_c del concreto.

2. La adición de 2%, 5% y 7% de partículas de caucho reciclado en la mezcla del concreto a los 7 días de curado, disminuyó la resistencia del concreto endurecido, siendo el porcentaje de 7% el valor que obtuvo la mayor disminución para los ensayos a compresión. La adición de 2%, 5% de partículas de caucho reciclado en la mezcla del concreto a los 14 y 28 días de curado, lograron aumentar mínimamente la resistencia a compresión del concreto patrón siendo estos valores de 2.12% y 0.13% a los 14 días y 2.05% y 0.17% a los 28 días respectivamente. Siendo el porcentaje de 2% el que obtuvo el mayor incremento, sin embargo si se le adiciona un 7% en peso de partículas de caucho reciclado, sigue disminuyendo la resistencia a compresión del concreto cuyo valores es de -34.76% a los 14 días y -26.15% a los 28 días. En base a los resultados de la presente investigación se confirma la hipótesis de que las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a compresión del concreto endurecido

3. La adición de 2%, 5% y 7% de partículas de caucho reciclado en la mezcla del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado, disminuyó la resistencia a tracción del concreto endurecido, teniendo los siguientes valores, a los 7 días la resistencia a tracción del concreto patrón con 2% de caucho disminuyo un valor de 28.74% , con 5% disminuyo un valor de 25.75% y con 7% un valor de 31.85% respectivamente, a los 14 días se obtuvo los siguientes valores, con 2% disminuyo un valor de 29.72%, al 5% disminuyo un valor de 27.41% y al 7% disminuyo un valor de 35.83%, finalmente a los 28 días se obtuvo los siguientes valores, al 2% disminuyo un valor de 28.69%, al 5% disminuyo un valor de 24.71% y al 7% disminuyo un valor de 34.71%. En base a los resultados de la presente investigación se rechaza la hipótesis de que las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a tracción del concreto endurecido

4. En el caso de la resistencia a flexión, si se le adiciona los porcentajes mencionados en el presente estudio traen como consecuencia la disminución del módulo de rotura de la viga, teniendo los siguientes valores, con un 2% de adición de partículas de caucho reciclado el

módulo de rotura disminuyo un valor de 13.09% con respecto al concreto patrón, al 5% disminuyo un valor de 17.17%, y al 7% un valor de 21.73%. En base a los resultados de la presente investigación se rechaza la hipótesis de que las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a flexión del concreto endurecido

5. En base a los resultados de la presente investigación, dado que la resistencia a compresión del concreto no resulto modificada con los porcentajes de 2% y 5%, se confirma la hipótesis de que si es posible utilizar los neumáticos fuera de uso en los elementos del concreto logrando disminuir la contaminación ambiental que genera.

VI RECOMENDACIONES

- Realizar el diseño de mezcla del concreto patrón y del material reciclable por otro método distinto del ACI.
- Se debe utilizar un porcentaje entre 2% y 5% de material reciclado de caucho para futuras investigaciones, dado que como se observó en la presente investigación, si se le adiciona un 2% o 5% de material de caucho reciclado, la resistencia del concreto a compresión aumenta moderadamente.
- Se recomienda utilizar fibras de caucho para futuras investigaciones, con la finalidad de que estas fibras tengan una medida estándar y que la forma de utilización sea distinta al trabajo presentado.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR H, Nilson. Diseño de estructuras de concreto [en línea] 12.ª ed.. Colombia: McGRAW-HILL, 2001. Disponible en:
[https://www.ucursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/32988036-Nilson-Diseño-De-Estructuras-De-Concreto_\(1\).pdf](https://www.ucursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/32988036-Nilson-Diseño-De-Estructuras-De-Concreto_(1).pdf) ISBN: 958-600-953-X.
- CASTRO, Guillermo (2008): Materiales y compuestos para la industria del neumático. Disponible en:
http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Numatico.pdf
- ESTRADA, Juan: Estudio de propiedades físico mecánicas y de durabilidad de hormigón con caucho. Tesis para obtener el título de master en ingeniería estructural y de la construcción. Catalunya: Universidad politécnica de Catalunya, 2016. Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85500/TESIS%20DE%20MASTER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GONZÁLES Sandoval, Federico. Manual de supervisión de obras de concreto [en línea] 2.ª ed. México: Limusa, 2004. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=d_ufCPVAYtIC&printsec=frontcover&dq=concreto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjVhsLzm_zaAhVIn-AKHZy9C10Q6AEIJzAA#v=onepage&q=concreto&f=false ISBN: 968-18-5907-3.
- GUZMÁN, Esthefany y GUZMÁN, Yheyson: Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumático reciclado en la elaboración de concretos estructurales en Chimbote-2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil. Chimbote: Universidad nacional de santa, 2015. Disponible en:
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2717/42984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- HARMSSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado [en línea]. Perú: Editorial Universidad católica del Perú 2005. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=Gr3Ga9_NB4C&printsec=frontcover&dq=Diseño+de+estructuras+de+concreto+armado/+Teodoro+E.+Harmsen&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjYrtXFm4jbAhVB2lMKHWIRDuwQ6AEIJzAA#v=onepage

[&q=Dise%C3%B1o%20de%20estructuras%20de%20concreto%20armado%2F%20Teodoro%20E.%20Harmsen&f=false](#) ISBN: 9972-42-730-7.

- HERNANDEZ, Billy: Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con material reciclaje: Plástico y Llantas. Tesis para obtener el grado de ingeniero civil. Guatemala: universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3221_C.pdf

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea] 5.ª ed. México: McGRAW-HILL.S.A. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf ISBN: 978-607-15-0291-9.

- INEI: Flujo vehicular por unidades de peaje [en línea]. Abril 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/ipsos-tasa-crecimiento-anual-poblacion-peruana-1-01-226591>

- IPSOS: Tasa de crecimiento anual de población peruana [en línea]. Gestión. 06 de febrero de 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/ipsos-tasa-crecimiento-anual-poblacion-peruana-1-01-226591>

- McCORMAC, Jack y BROWN, Rusell. Diseño de concreto reforzado [en línea]. Mexico: Alfaomega, 2011. Disponible en: https://www.ucursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/DiseA_o_de_Concreto_Reforzado_8_edicion_.pdf ISBN: 978-607-707-231-7.

- MEDIO AMBIENTE calidad ambiental por Pedro Ramos [et al.].Barcelona: Editorial de la universidad de salamanca, 2002. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=dDbXfoaHOTcC&pg=PA249&lpg=PA249&dq=caucho+granulado+definicion&source=bl&ots=Om63VdrIO4&sig=yyuOnF9egUAPP0V7Kvb8IVu9iGQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj14oKFutzbAhUrtlkKHbSdBiMQ6AEITDAE#v=onepage&q=caucho%20granulado%20definicion&f=false> ISBN: 84-7800-777-6.

- MONTROYA, Estefany: Practicas sostenible en la construcción de edificaciones. Tesis para optar el título de ingeniero Civil. Lima: Pontífice Universidad Católica del Perú, 2014.

- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339.047: Hormigón (concreto) Definiciones y terminología relativa al hormigón y agregados. Diario oficial El peruano, 06 de marzo de 2006, p.3.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Diario oficial El peruano, 25 de enero de 2008.p.6-13.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339.078: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Diario oficial El peruano, 31 de diciembre de 2012, p.10-12.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339.185: Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Diario oficial El peruano, 07 de agosto de 2013.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.011: Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Diario oficial El peruano, 12 de diciembre de 2008.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Diario oficial El peruano, 31 de mayo de 2001.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.017: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Diario oficial El peruano, 2 de febrero de 2011.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.022: Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Diario oficial El peruano, 26 de diciembre de 2013.
- PÉREZ, Juan y ARRIETA, Yeison: 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. Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero civil. Bogotá: Universidad católica de Colombia, 2017.Disponible en: <http://www.metadirectorio.org/bitstream/10983/15486/1/Tesis.pdf>

- PINEDA, Elia, ALVARADO, Eva, CANALES, Francisca. Metodología de la investigación, manual para el desarrollo de personal de salud [en línea] 2.ª ed. Estados Unidos: Organización panamericana de la salud, 1994. Disponible en: <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf> ISBN: 92-75-32135-3.
- Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-05) y comentario (ACI 318SR-05). Disponible en: https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_318-05_Espanhol.pdf
- SALVATIERRA, José: Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta- Ayacucho. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Ayacucho. Universidad nacional San Cristóbal de Huamanga- Ayacucho, Perú, 2014. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1042/Tesis%20Q482_Sal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SANTACRUZ, Paola y BOTTO, Raisa (2017): Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionando con nanocompuestos de carbono. Trabajo de grado presentado a la Maestría de ingeniería civil. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, 2017. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21742/BottoLugoRaisaIsabel2017.pdf?sequence=1>
- UCGCERTIFICACIONES.ASTM C-31 elaboración y curado de probetas [en línea]. Loja. Ecuador. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dZOQ8d9zxBY>

VIII ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas del concreto endurecido?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluación de la influencia de las partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas del concreto endurecido.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Las partículas de caucho reciclado mejorarán las propiedades mecánicas del concreto endurecido</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Partículas de caucho reciclado</p>	<p>Peso del agregado fino (%)</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION</p> <p>Aplicada</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Experimental</p> <p>METODO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Cuantitativo</p> <p>TÉCNICAS</p> <p>Ensayo a compresión</p> <p>Ensayo a tracción</p> <p>Ensayo a flexión</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Maquina universal</p> <p>Norma técnica peruana</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en la resistencia a compresión del concreto endurecido?</p> <p>- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado en la resistencia a tracción del concreto endurecido?</p> <p>- ¿Cómo influye las partículas de caucho reciclado la resistencia a flexión del concreto endurecido?</p> <p>- ¿Es posible usar neumáticos fuera de uso en elementos de concreto para reducir la contaminación ambiental que producen?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>-Evaluar la variación de la resistencia a compresión en el concreto endurecido debido a las partículas de caucho reciclado.</p> <p>- Evaluar la variación de la resistencia a tracción en el concreto endurecido debido a las partículas de caucho reciclado.</p> <p>- Evaluar la variación de la resistencia a flexión en el concreto endurecido debido a las partículas de caucho reciclado.</p> <p>- Evaluar el uso de neumáticos fuera de uso en elementos de concreto con el fin de reducir la contaminación ambiental que producen.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a compresión del concreto endurecido.</p> <p>- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a tracción del concreto endurecido.</p> <p>- Las partículas de caucho reciclado mejorará la resistencia a flexión del concreto endurecido</p> <p>- Si es posible usar neumáticos fuera de uso en elementos de concreto para reducir la contaminación ambiental que producen</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades mecánicas del concreto</p>	<p>Resistencia a compresión (F^c)</p> <p>Resistencia a Tracción (F^r)</p> <p>Resistencia a Flexión (M^r)</p>	

Fuente: Propia

Anexo 2: Diseño de mezcla del concreto patrón por parte de la UNI

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"	<small>Carretera de Ingeniería Civil Acreditada por</small> ABET <small>Accreditation Board for Engineering and Technology</small> ABET Engineering Technology Accreditation Commission
---	--	--

Pag. 1 de 5

INFORME

Del	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A	: NIEVES ARMAS CÉSAR AUGUSTO
Obra	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO
Asunto	: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Expediente N°	: 18-3538
Recibo N°	: 72723
Fecha de emisión	: 23/10/2018

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:

Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera TRAPICHE.
Las características se indican en el ANEXO 1.

1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera UNICON.
Las características se indican en el ANEXO 2.

1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

1.5 Agua:

Se uso agua potable procedente de la red UNI.


Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

 UNI-LEM <small>La Calidad es nuestro compromiso Laboratorio Certificado ISO 9001</small>	 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25 apartado 1301 - Perú  (511) 381-3343  (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046	 www.lem.uni.edu.pe  lem@uni.edu.pe  Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI	
--	--	--	---



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Comité de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Expediente N° : 18-3538

Pág. 2 de 5

2.0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL (f'c = 210 Kg/cm²) CEMENTO SOL Tipo I

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	f'c = 210	Kg/cm²
Asentamiento	.....	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.60	
Relación a/c de obra	.....	0.58	
Proporciones de diseño	.....	1 : 2.29 : 2.37	
Proporciones de obra	.....	1 : 2.34 : 2.38	

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	381	Kg.
Arena	.....	872	Kg.
Piedra	.....	906	Kg.
Agua	.....	228	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	381	Kg.
Arena	.....	891	Kg.
Piedra	.....	906	Kg.
Agua	.....	221	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	99.45	Kg.
Piedra	.....	101.11	Kg.
Agua	.....	24.70	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	1	2.06	2.53
Agua	24.70	L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. GPL



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

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



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





ANEXO 1

EXPEDIENTE N° : 18-3538

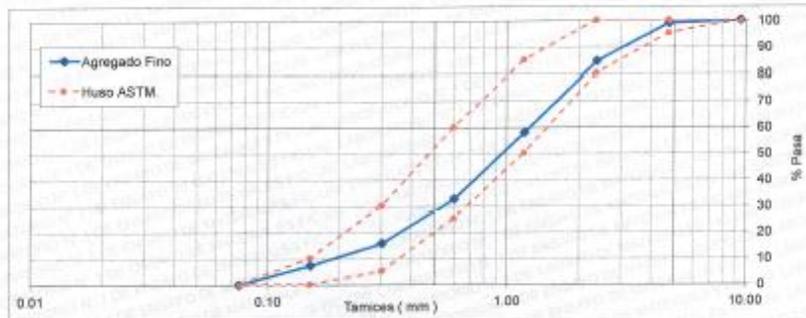
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

Consiste en una Muestra de Arena procedente de la cantera TRAPICHE.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	1.0	1.0	99.0	95 - 100
N°8	2.36	14.3	15.4	84.7	80 - 100
N°16	1.18	26.6	42.0	58.1	50 - 85
N°30	0.60	25.4	67.3	32.7	25 - 60
N°50	0.30	16.9	84.2	15.8	5 - 30
N°100	0.15	8.4	92.6	7.4	0 - 10
FONDO		7.4	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	3.03
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1692
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1841
Peso Específico (g/cm ³)	2.64
Contenido de Humedad (%)	2.12
Porcentaje de Absorción (%)	0.85

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

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



ANEXO 2

EXPEDIENTE N° : 18-3538

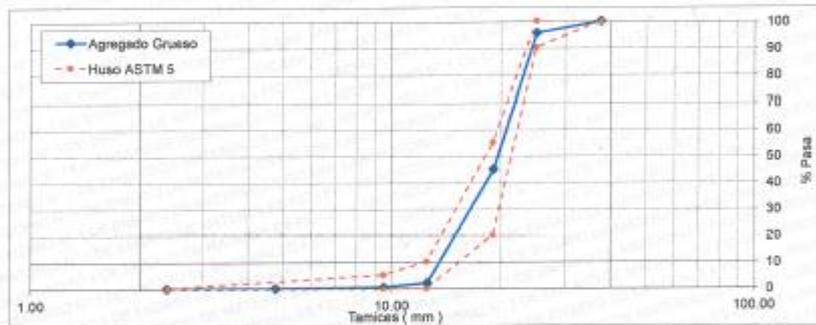
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

Consiste en una Muestra de Piedra procedente de la cantera UNICON.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO ASTM 5
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	4.3	4.3	95.7	90 - 100
3/4"	19.00	50.7	55.0	45.0	20 - 55
1/2"	12.50	42.8	97.8	2.2	0 - 10
3/8"	9.50	1.6	99.4	0.6	0 - 5
N°4	4.75	0.4	99.9	0.1	-
FONDO		0.2	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	7.54
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1400
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1584
Peso Específico (g/cm³)	2.67
Contenido de Humedad (%)	0.40
Porcentaje de Absorción (%)	0.84

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

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



ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 18-3538

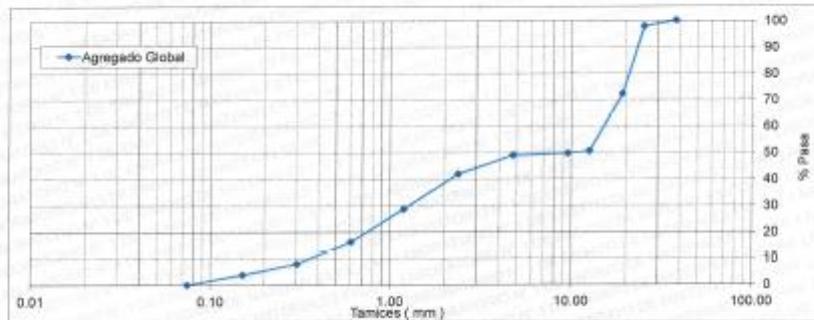
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de Arena procedente de la cantera TRAPICHE y Piedra procedente de la cantera UNICON.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	2.2	2.2	97.8
3/4"	19.00	25.7	27.8	72.2
1/2"	12.50	21.7	49.5	50.5
3/8"	9.50	0.8	50.3	49.7
N°4	4.75	0.7	51.1	48.9
N°8	2.36	7.1	58.1	41.9
N°16	1.18	13.1	71.3	28.7
N°30	0.60	12.5	83.8	16.2
N°50	0.30	8.4	92.1	7.9
N°100	0.15	4.1	96.3	3.7
FONDO		3.7	100.0	0.0

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5.31
% Agregado Grueso	50.63
% Agregado Fino	49.37

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

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



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 3: Propiedades físicas de los agregados por parte de la UNI



Resultados de las propiedades físicas de los agregados

Laboratorio de la UNI

A) Peso Unitario Suelto

Agregado	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	6.368	17.57
Peso del recipiente (Kg)	1.5765	4.36
Peso de la muestra (Kg)	4.7915	13.21
Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p3	1/3 p3
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1693	1399

B) Peso Unitario Compactado

Agregado	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso de la muestra + recipiente (Kg)	6.789	19.31
Peso del recipiente (Kg)	1.5765	4.36
Peso de la muestra (Kg)	5.2155	14.95
Volumen del recipiente (m ³)	1/10 p3	1/3 p3
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1841	1583

C) Contenido de Humedad

Agregado	Agregado fino	Agregado grueso
Peso de la muestra en estado ambiental (gr)	500	1000
Peso de la muestra seca al horno (gr)	489.6	996
Peso del agua perdida (gr)	10.4	4
Contenido de humedad (%)	2.12	0.4



Resultados de las propiedades físicas de los agregados

Laboratorio de la UNI

D) Peso específico del agregado fino

Peso de la arena superficialmente seca	500 gr
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	1009.7 gr
Peso del balón	197.2 gr
Peso del agua W	312.5 gr
Peso de la arena seca al horno A	495.8 gr
Volumen del balón V	500 ml
Peso específico de masa $A/(V-W)$	2.64 gr/ cm ³

E) Peso específico del agregado grueso

Peso de la muestra secada al horno A	3966.7 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca B	4000 gr
Peso de la muestra saturada en agua C	2512.2 gr
Peso específico de masa $A/(B- C)$	2.66 gr/ cm ³

F) Porcentaje de absorción del agregado fino

Peso de la arena superficialmente seca	500 gr
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	1009.7 gr
Peso del balón	197.2 gr
Peso del agua W	312.5 gr
Peso de la arena seca al horno A	495.8 gr
Volumen del balón V	500 ml
Porcentaje de absorción $(500 - A)*100/ A$	0.84



Resultados de las propiedades físicas de los agregados

Laboratorio de la UNI

G) Porcentaje de absorción del agregado grueso

Peso de la muestra secada al horno A	3966.7 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca B	4000 gr
Peso de la muestra saturada en agua C	2512.2 gr
Porcentaje de absorción $(B-A) * 100/A$	0.83 (%)



Marco Antonio, Tejada Silva
Ingeniero encargado del área de laboratorio
de la facultad de Ingeniería Civil


César Augusto Nieves Armas
Estudiante de Ingeniería Civil

Diseño de mezcla según la normal E-60

Laboratorio de la UNI

		a/c = 0.48							
		Material	Peso seco	P.e	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O	Mez. (Kg)
Diseño 1		Cemento	490	3.15	0.1554	1	490	1	7.34
		Agua	235	1	0.2350	0.48	229	0.47	3.44 (lt)
		Arena	740	2.64	0.2799	1.51	756	1.54	11.34
		Piedra	826	2.67	0.3096	1.69	829	1.69	12.43
		Aire	2	100	0.02				
		P.U.C.S	2292	SUMA	0.4104	P.U.C.F.	2304	4.7051	
			a/c = 0.53						
Diseño 2		Cemento	425	3.15	0.1348	1	425	1	6.37
		Agua	225	1	0.2250	0.53	219	0.52	3.28 (lt)
		Arena	788	2.64	0.2982	1.86	805	1.9	12.08
		Piedra	859	2.67	0.3221	2.02	862	2.03	12.93
		Aire	2	100	0.02				
		P.U.C.S	2299	SUMA	0.3798	P.U.C.F.	2311	5.4425	
			a/c = 0.58						
Diseño 3		Cemento	371	3.15	0.1177	1	371	1	5.56
		Agua	215	1	0.2150	0.58	208	0.56	3.12 (lt)
		Arena	843	2.64	0.3190	2.28	861	2.32	12.92
		Piedra	875	2.67	0.3284	2.36	879	2.37	13.18
		Aire	2	100	0.02				
		P.U.C.S	2307	SUMA	0.3527	P.U.C.F.	2319	6.2561	



Marco Antonio, Tejada Silva
Ingeniero encargado del área de laboratorio
de la facultad de Ingeniería Civil

César Augusto Nieves Armas
Estudiante de Ingeniería Civil

Anexo 4: Granulometría de las partículas de caucho



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Sede: Lima Norte

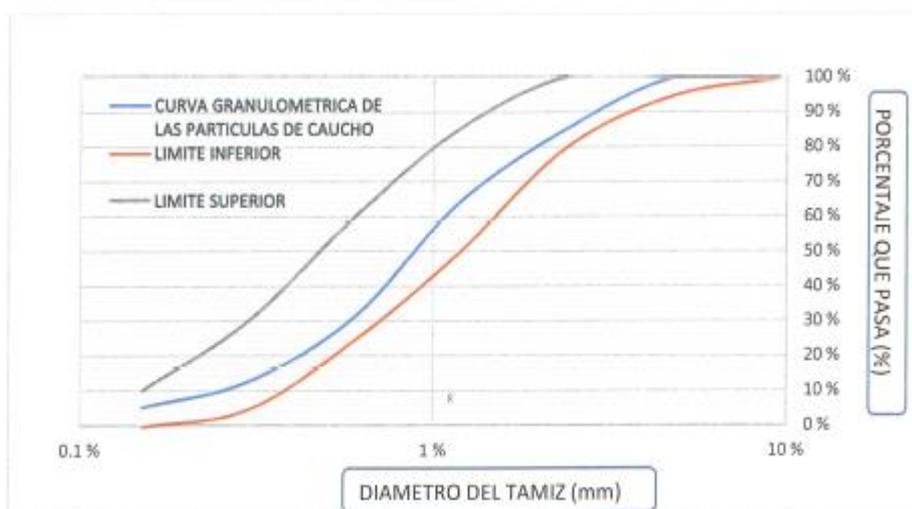
1) Características del material reciclado

Consiste en una muestra de Partículas finas de caucho reciclado

a) Análisis Granulométrico

N TAMIZ ^m	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	AGREGADO FINO	
						LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
4	4.75	0	0	0	100	95	100
8	2.36	22.1	14.73	14.73	85.27	80	100
16	1.18	31.62	21.08	35.81	64.19	50	85
30	0.6	48.9	32.60	68.41	31.59	25	60
50	0.3	28.05	18.70	87.11	12.89	5	30
100	0.15	11.13	7.42	94.53	5.47	0	10
FONDO		8.2	5.47	100.00	0		
TOTAL		150	100				

b) Curva Granulométrica



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Sede: Lima Norte

c) Propiedades físicas

Módulo de fineza

$$MF = (\sum \% \text{RET. ACUMULADO } (3'' + 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + N 4 + N 8 + N 16 + N 30 + N 50 + N 100)) / 100$$

Reemplazando datos

$$MF = (0+0+0+0+14.73+35.81+68.41+87.11+94.53) / 100 = 3.01$$

Peso Unitario Suelto (kg/m³)

	Calculo 1	Calculo 2	Calculo 3
Volumen del molde (m ³) (0.152 m de diámetro y 0.154 m de altura)	0.00279	0.00279	0.00279
Peso del molde (Kg)	2.717	2.717	2.717
Peso suelto del caucho + molde (Kg)	3.799	3.796	3.805
Peso del caucho (Kg)	1.082	1.079	1.088
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	387.81	386.74	389.96
Peso Unitario Suelto Promedio (Kg/m ³)	388.17		

Peso Unitario Compactado (Kg/m³)

	Calculo 1	Calculo 2	Calculo 3
Volumen del molde (m ³) (0.152 m de diámetro y 0.154 m de altura)	0.00279	0.00279	0.00279
Peso del molde (Kg)	2.717	2.717	2.717
Peso Compactado del caucho + molde (Kg)	3.97	4.027	3.98
Peso del caucho (Kg)	1.253	1.31	1.263
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	449.10	469.53	452.69
Peso Unitario Compactado Promedio (Kg/m ³)	457.11		



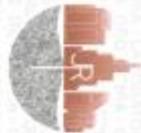
Julio Ernesto Díaz Gutiérrez
Técnico de lab. de mecánica de suelos y materiales




Ing. Margarita Boza Olaechea
Docente de la escuela de Ingeniería Civil



César Augusto Nieves Armas
Estudiante de Ingeniería Civil



JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS SRL
CALIDAD E INNOVACION AL SERVICIO DE LA INGENIERIA

ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
ASTM C 39/C 39M-04 a

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO: "MUTACION DE LA ADICION DE PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LHM 2018"
 ASESOR: ING. LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES
 ALUMNO: CESAR AUGUSTO NIEVES RAMOS
 FECHA DE EMISION: Lima, 13 de Noviembre del 2018

INFORMACION DE LA PRESA DE CONCRETO
 MARCA Y W/C: F-250X7-PILOT
 NUMERO DE SERIE: 1065
 CALIFICACION: 10000 psi
 INDICADOR DIGITAL: FORMEX MP 3885-3700
 PERIODO DE CALIBRACION: DIC-19-2018

DENOMINACION	FECHA DE MOLEDO	FECHA DE CURADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION CORREGIDA (kg/cm ²)
Muestra Patron	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.03	10.01	17.758	0.999	225.20	225.20
Muestra con 2.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.01	17.691	1.000	224.80	224.80
Muestra con 2.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.02	18.069	0.999	224.10	224.10
Muestra con 5.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.01	18.006	1.000	224.80	224.80
Muestra con 5.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.02	17.734	0.999	224.90	224.90
Muestra con 7.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.01	17.262	1.000	225.70	225.70
Muestra con 7.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.03	11.846	0.998	147.40	147.40
Muestra con 7.00 % de Caucho (Resistente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.01	11.906	1.000	146.20	146.20

Referencia: ASTM C 39/C 39M-04 a - Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 RICHARDO FRANK ESCO INGENIERO C.N.
 DAVILA RIQUE
 Observaciones: Los valores obtenidos de los ensayos fueron realizados en el Empresa de JR Geocultores e Ingenieros SRL. Los resultados de los ensayos fueron obtenidos en el Laboratorio de Materiales de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UIT) en Lima, Perú.
 El presente informe es propiedad intelectual de JR Geocultores e Ingenieros SRL y no debe ser reproducido ni utilizado sin el consentimiento escrito de la empresa.



JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS SRL
CALIDAD E INNOVACIÓN AL SERVICIO DE LA INGENIERÍA

ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
ASTM D 4123 / AASHTO T 283

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO REPOUCADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018
ASESOR: ING. LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES
ALUMNO: CESAR ALEXIS TOBIAS ARMAS
FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 13 de Noviembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN: La indicada
DESCRIPCIÓN: 08 Trazos cilíndricos de concreto

PRESENTACIÓN: Muestra Cilíndrica de Concreto
DIMENSIONES: 20cm x 10cm

DENOMINACIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE CURADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIRECTA (kg/cm ²)
Muestra Patrón	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.01	10.029	1.000	31.66	31.66
Muestra Patrón	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.03	10.02	10.104	0.999	32.05	32.05
Muestra con 7.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.01	6.038	0.999	22.05	22.05
Muestra con 2.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.02	7.210	0.999	22.66	22.66
Muestra con 5.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.02	7.203	0.999	22.87	22.87
Muestra con 5.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.03	10.03	7.422	0.999	23.52	23.52
Muestra con 7.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.01	10.01	6.318	0.999	20.08	20.08
Muestra con 7.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	29/10/2018	30/10/2018	13/11/2018	14	20.02	10.02	6.595	0.999	20.59	20.59

Referencia: RICHARDO FRANCESCO DAVILAR ROS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 2013355
 ASTM D 4123 / AASHTO T 283 Método de la Resistencia a la Tracción Indirecta
 Observaciones: Los trazos cilíndricos de concreto fueron realizados en la Empresa de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Anexo 7: Resistencia a flexión del concreto patrón y del material de caucho

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78	Código	AE-PO-124
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
	Fecha	27-11-2018
	Página	1 de 1

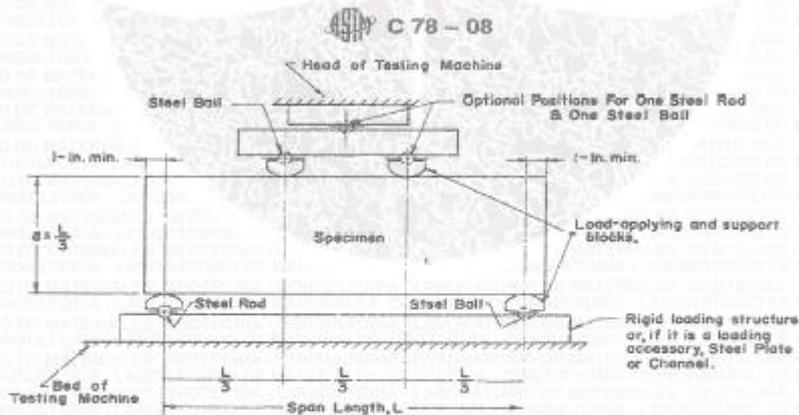
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018" REGISTRO N°: JR - LEM-102-18

ASESOR : ING. LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES
 ALUMNO : CESAR AUGUSTO NIEVES ARMAS
 UBICACIÓN DE PROYECTO : —
 FECHA DE EMISIÓN : 27/11/2018
 REALIZADO POR : José Luis Q.
 REVISADO POR : R. Dávila
 FECHA DE ENSAYO : La indicada
 TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Especímenes prismáticos
 Fc de diseño : 210 kg/cm²

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Muestra Patrón	30/10/2018	27/11/2018	28 días	2	45.0	42.6 kg/cm ²
Muestra Patrón	30/10/2018	27/11/2018	28 días	2	45.0	40.7 kg/cm ²
Muestra con 2.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	1	45.0	36.6 kg/cm ²
Muestra con 2.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	1	45.0	35.8 kg/cm ²
Muestra con 5.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	1	45.0	34.9 kg/cm ²
Muestra con 5.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	2	45.0	34.1 kg/cm ²
Muestra con 7.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	1	45.0	32.8 kg/cm ²
Muestra con 7.00 % de Caucho (Referente al peso del material fino)	30/10/2018	27/11/2018	28 días	1	45.0	32.4 kg/cm ²

Norma: ASTM C78



OBSERVACIONES:

* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

RICCARDO FRANCESCO
 DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Cif N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jr.geoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

Anexo 8: Certificado de calibración de los instrumentos utilizados



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-0265-2018

OT 1743-2565 Fecha de emisión 2018-08-15 Pagina 1 de 2

1. SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
DIRECCIÓN : Cal. La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos, Lima - Lima - San Martín De Porres

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA
 Marca ELE Capacidad Máxima 120000 kgf
 Modelo ADR TOUCH División de Escala d 0.1 kgf
 N° Serie 1887-1-00074 Procedencia No Indica
 Código de Ident. NO INDICA Ubicación Laboratorio

3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.
La calibración se realizó el día 14 de agosto del 2018 en las instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

4. METODO.
La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga"

5. PATRÓN.

INSTRUMENTO	ALCANCE DE INDICACIÓN	CLASE DE EXACTITUD	CERTIFICADO	ENTIDAD
Manómetro Digital	0 bar a 700 bar	0.05%	LFP-C-150-2017	DM - INACAL

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19.1 °C	19.3 °C
HUMEDAD RELATIVA	71.6 %	69.9 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
 La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza de 95%.
 Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde sobre el equipo.
 Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.
 La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
 Se deja a criterio del usuario el adecuado uso del equipo de acuerdo a los resultados adjuntos.


 Lic. Néstor Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP-0318


Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

Certificado N°

LF-0265-2018

Página

2 de 2

RESULTADOS				
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
kgf	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²
102,1	0,62	0,61	-0,01	0,02
200,1	1,11	1,11	0,00	0,02
500,4	2,73	2,68	-0,05	0,02
800,3	4,34	4,28	-0,06	0,02
1000,2	5,40	5,30	-0,10	0,02
5000,7	26,78	26,26	-0,52	0,02
10000,4	53,47	52,44	-1,03	0,03
20000,8	107,16	105,12	-2,06	0,05
50000,6	266,49	261,35	-5,14	0,07
80002,5	423,47	415,30	-8,17	0,09

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar + Corrección

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente	T 404-2018	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	2018-10-12	
1. Solicitante	JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes. PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Dirección	CAL MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
2. Instrumento de Medición	BALANZA	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8337090625	
Alcance de Indicación	30000 g	
División de Escala de Verificación (e)	10 g	
División de Escala Real (d)	1 g	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	B-01	
Tipo	ELECTRÓNICA	
Ubicación	LABORATORIO	
Fecha de Calibración	2018-10-11	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009: Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático, Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L. CAL MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	




Ing. Luis Ludiza Córdova
Reg. C.O.P.R. 153211

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.7 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-093-2018 / LM-094-2018
		LM-095-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	DISC. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15 000 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30 000 g	M(g)	E(g)	
		Inicial	Final				
		20.6	20.7				
1	15 000	0.8	-0.3	30 000	0.6	-0.1	
2	15 000	0.7	-0.2	30 001	0.3	1.2	
3	15 000	0.5	0.0	30 000	n.A	-1.1	
4	15 000	0.9	-0.4	30 000	0.5	0.0	
5	15 000	0.8	-0.3	30 001	0.4	1.1	
6	15 000	0.6	-0.1	30 001	0.5	1.0	
7	15 001	0.4	1.1	30 000	0.8	-0.3	
8	15 001	0.5	1.0	30 000	0.7	-0.2	
9	15 000	0.8	-0.3	30 001	0.4	1.1	
10	15 000	0.7	-0.2	30 000	0.9	-0.4	
Diferencia Máxima						1.5	1.6
Error máximo permitido						± 20 g	± 30 g



Ing. Luz Ledyza Capcha
 Reg. O.P.F. N° 123031

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
 www.puntodeprecisión.com E-mail: info@puntodeprecisión.com / puntodeprecisión@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018
Página: 5 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E_a				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	R(g)	|Δ(g)|	E _a (g)	Carga (g)	R(g)	|Δ(g)|	E _a (g)	E _c (g)
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,8	-0,3	-0,2
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	0,0	0,3
3		10	0,9	-0,4		10 000	0,3	0,2	-0,6
4		10	0,6	-0,1		10 000	0,4	0,1	0,2
5		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	1,0	1,3
Error máximo permitido ± 20 g									

(*) valor entre 0 y 10 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				empj(%)
	R(g)	|Δ(g)|	E _a (g)	E _c (g)	R(g)	|Δ(g)|	E _a (g)	E _c (g)	
10	10	0,6	-0,1						10
20	20	0,8	-0,3	-0,2	20	0,6	-0,1	0,0	10
100	100	0,9	-0,4	-0,3	100	0,7	-0,2	-0,1	10
500	500	0,7	-0,2	-0,1	500	0,6	-0,1	0,0	10
1 000	1 000	0,9	-0,3	-0,2	1 000	0,6	-0,1	0,0	10
5 000	5 000	0,9	-0,4	-0,3	5 000	0,8	-0,3	-0,2	10
10 000	10 000	0,3	0,2	0,3	10 000	0,6	-0,1	0,0	20
15 000	15 000	0,8	-0,3	-0,3	15 000	0,3	0,2	0,3	20
20 000	20 000	0,4	0,1	0,2	20 000	0,4	1,1	1,2	20
25 000	25 000	0,5	1,0	1,1	25 000	0,5	1,0	1,1	30
30 000	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000104 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,727 \text{ g}^2 + 0,0000000471 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza Δ : Carga incremental E_a : Error encontrado E_c : Error en caso E_c : Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



[Signature]
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 102531

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Anexo 9: Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MEVES ARMAS, CÉSAR AUGUSTO

INFORME TITULADO:

*INFLUENCIA DE PARTICULAS DE CARBÓN RECICLADO EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA: *15/12/2018*

NOTA O MENCIÓN : *13 (TRES)*

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil



Anexo 10: Acta de originalidad de la tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 15-12-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Dr. Quiroz Torres, Luis Gabriel

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

“INFLUENCIA DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018”

del (de la) estudiante: César Augusto, Nieves Armas

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha.....15/12/18.....



.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Quiroz Torres, Luis Gabriel

DNI: 10766248.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo 11: Autorización de publicación de tesis en repositorio

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 15-12-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo **César Augusto, Nieves Armas**. Identificado con DNI N° 73010065

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“INFLUENCIA DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 73010065

FECHA: 15 de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo 12: Resultados de porcentaje en similitud (Pantallazo del TURNITING)

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. On the left, a document titled "INFLUENCIA DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO LIMA 2018" is shown. The document header includes the logo of Universidad César Vallejo and the faculty name "FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL". The author is listed as NIEVES ARMAS CÉSAR AUGUSTO, and the advisor is DR. LUIS G. QUIRÓZ TORRES. A circular stamp from the "ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LIMA" is visible over the author's name. The document footer indicates "LIMA - PERÚ" and "2018".

On the right side, a "Resumen de coincidencias" (Similarity Summary) panel shows a total similarity percentage of 23%. Below this, a list of 10 sources is provided with their respective similarity percentages:

Rank	Source	Percentage
1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3%
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	docslide.us Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1%
10	edoc.site Fuente de Internet	1%

At the bottom of the interface, the status bar shows "Página: 1 de 127", "Número de palabras: 23842", and "Text-only Report High Resolution Activado". The system tray at the very bottom indicates the date and time as "17/12/2018 14:22".