

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO SIMPLE PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA 2022.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera civil

Autora:

Brillit Milagros Velasquez Ocampo

Asesor:

Ing. Mg. Gerson Elías Vega Rivera

Lima - Perú

2022

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Antecedentes	17
1.3. Bases teóricas	25
1.3.1. Concreto	25
1.3.2. Propiedades del concreto	27
1.3.3. Cemento	30
1.3.4. Agua	32
1.3.5. Diseño de mezcla de concreto.....	32
1.3.6. Caucho reciclado.....	37
1.3.7. Propiedades físicas de caucho reciclado granulado.	40
1.3.8. Pavimentos rígidos	40
1.4. Formulación del problema	42
1.4.1. Problemas específicos	42
1.5. Justificación de estudio	43
1.6. Limitaciones del estudio.....	43
1.7. Objetivos	43
1.7.1. Objetivo general.....	43
1.7.2. Objetivos específicos	44
1.8. Hipótesis.....	44
1.8.1. Hipótesis general.....	44
1.8.2. Hipótesis específicas	45
CAPÍTULO II. METODOLGÍA.....	46
2.1. Tipo de investigación	46
2.2. Diseño de la metodología.....	46
2.3. Operacionalización de variables.....	47
2.3.1. Clasificación de variables	47
2.4. Unidad de estudio, población y muestra	48
2.4.1. Unidad de estudio.....	48
2.4.2. Población.....	49

2.4.3.	Muestra.....	49
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección	52
2.5.1.	Técnicas de recolección de datos	53
2.5.2.	Instrumentos de recolección de datos	53
2.5.3.	Análisis de datos	55
2.6.	Procedimiento.....	56
2.6.1.	Caracterización de datos	56
2.6.2.	Diseño de mezcla de concreto según ACI 211	71
2.6.3.	Ensayo de concreto en estado endurecido.....	88
2.6.4.	Diseño de pavimento Rígido.....	90
2.7.	Aspectos éticos.....	109
CAPITULO III. RESULTADOS		111
3.1.	RESULTADOS	111
3.1.1.	Propiedades del caucho granulado reciclado.	111
3.1.2.	Valores de ensayos obtenidos de resistencia a la compresión	113
3.1.3.	Valores de ensayos obtenido de resistencia a la flexión	118
3.1.4.	Valores de los espesores de pavimento rígido	123
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		124
4.1.	DISCUCIONES	124
4.1.1.	Discusión 1.....	124
4.1.2.	Discusión 2.....	124
4.1.3.	Discusión 3.....	125
4.1.4.	Discusión 4.....	126
4.2.	CONCLUSIONES	127
4.2.1.	Conclusiones 1	127
4.2.2.	Conclusiones 2	127
4.2.3.	Conclusiones 3	127
4.2.4.	Conclusiones 4	127
CAPITULO V. RECOMENDACIONES		128
5.1.	Recomendaciones	128
CAPITULO VI. REFERENCIAS		129
CAPITULO VI. ANEXOS		133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tolerancia de edad de ensayo de los especímenes	28
Tabla 2: Volumen unitario de agua	34
Tabla 3: Factor de cemento para la mezcla según relación de agua/cemento	35
Tabla 4: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	36
Tabla 5: Porcentajes de mezcla de las características de las llantas	40
Tabla 6: Diseño de la investigación experimental.....	46
Tabla 7: Operacionalización de variables.....	48
Tabla 8: Número de muestras para ejecutar ensayos de resistencia a la compresión del concreto endurecido.....	50
Tabla 9: Número de muestras para efectuar los ensayos de resistencia a la flexión del concreto endurecido.....	51
Tabla 10: Lista de materiales a usar	52
Tabla 11: Tipo de observaciones a realizar	53
Tabla 12: Ensayos de materiales asociada a su norma	54
Tabla 13: Ensayo de concreto fresco.....	55
Tabla 14: Ensayo de concreto endurecido Probetas - Vigas	55
Tabla 15: Técnicas de análisis de datos a usar	56
Tabla 16: Resultado de ensayo granulometrico del caucho reciclado granulado.....	58
Tabla 17: Resultados del ensayo peso unitario suelto seco del caucho reciclado granulado	59
Tabla 18: Resultados del ensayo peso unitario compactado seco del caucho reciclado granulado	59
Tabla 19: Resultado del ensayo de gravedad especifica teorica máxima.....	59
Tabla 20: Resultado del ensayo de granulometría del agregado fino	61
Tabla 21: Resultado del ensayo de granulometría del agregado grueso	63
Tabla 22: Resultado del ensayo del contenido de humedad del agregado fino	65
Tabla 23: Resultado del ensayo del Contenido de humedad del agregado grueso	65
Tabla 24: Resultado del ensayo Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino	66
Tabla 25: Resultados del ensayo Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso	67
Tabla 26: Resultados del ensayo Peso Unitario Compactado Seco del agregado fino.....	67
Tabla 27: Resultado del ensayo Peso Unitario compactado Seco del agregado grueso	68
Tabla 28: Datos del ensayo Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	69
Tabla 29: Resultados del Ensayo Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	69
Tabla 30: Resultados del ensayo Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	71
Tabla 31: Propiedades físicas del agregado grueso	72
Tabla 32: Propiedades físicas del agregado fino	72
Tabla 33: Proporción de los materiales por un metro cubico del concreto Patrón	78
Tabla 34: Dosificación del concreto Patrón.....	78
Tabla 35: Relación por Peso y Volumen de los materiales del concreto Patrón	78
Tabla 36: Proporción de los materiales por un metro del concreto patrón y 3% caucho reciclado granulado.....	81
Tabla 37: Dosificación del concreto patrón y 3% de caucho reciclado granulado	81
Tabla 38: Relación por Peso y Volumen de los materiales del concreto patrón y 3% caucho reciclado granulado.....	81

Tabla 39: Proporción de los materiales por un metro del concreto patrón y 6% caucho reciclado granulado.....	84
Tabla 40: Dosificación del concreto patrón y 6% de caucho reciclado granulado	84
Tabla 41: Relación por Peso y Volumen de los materiales del concreto patrón y 6% caucho reciclado granulado.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 42: Proporción de los materiales por un metro del concreto patrón y 9% caucho reciclado granulado.....	87
Tabla 43: Dosificación del concreto patrón y 9% de caucho reciclado granulado.	87
Tabla 44: Relación por Peso y Volumen de los materiales del concreto patrón y 9% caucho reciclado granulado.....	87
Tabla 45: Conteo Vehicular en la AV. Tantamayo	92
Tabla 46: Tasa de crecimiento según el tipo de vehículos	94
Tabla 47: Diferencial de Serviciabilidad según el tipo de Tráfico	98
Tabla 48: Datos para determinar el espesor de Pavimento rígido del concreto patrón	102
Tabla 49: Resultados del Espesor de losa del concreto Patrón	103
Tabla 50: Datos para determinar el espesor de Pavimento rígido del concreto patrón y 3% de caucho reciclado granulado	104
Tabla 51: Resultados del Espesor de losa del concreto Patrón y 3% caucho reciclado granulado	105
Tabla 52: Datos para determinar el espesor de Pavimento rígido del concreto patrón y 6% de caucho reciclado granulado	106
Tabla 53: Resultados del Espesor de losa del concreto Patrón y 6% caucho reciclado granulado	107
Tabla 54: Datos para determinar el espesor de Pavimento rígido del concreto patrón y 9% de caucho reciclado granulado	108
Tabla 55: Resultados del Espesor de losa del concreto Patrón y 9% caucho reciclado granulado	109
Tabla 56: Análisis estadístico a los 28 días post vaciado de probetas.....	117
Tabla 57: Comparaciones estadísticas entre tratamientos en la resistencia a la flexión a los 28 días post vaciado de probetas	123
Tabla 58: Cálculo de espesor con diferentes porcentajes de sustitución con caucho reciclado granulado	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proporciones usuales en función al volumen absoluto respecto a las componentes del concreto.....	26
Figura 2: Partes de una llanta.....	38
Figura 3: Maquina usadas para triturado de neumáticos	57
Figura 4: Neumáticos cortados y triturados	57
Figura 5: Curva granulométrica del agregado caucho reciclado granulado	58
Figura 6: Propiedades físicas y químicas de cemento Portland tipo I.....	60
Figura 7: Curva granulométrica del agregado fino	62
Figura 8: Curva granulométrica del agregado grueso	64
Figura 9: Tabla de Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras	73
Figura 10: Tabla para determinar la resistencia requerida sin ningun dato estadistico	73
Figura 11: Relación agua/cemento por resistencia	74
Figura 12: Volumen de Agua por m².....	75
Figura 13: Contenido de aire atrapado.....	75
Figura 14: Esquema de patrones de tipo de fracturas.....	89
Figura 15: Diagrama de un dispositivo para realizar el ensayo a la flexión de vigas con cargar a los tercios.....	90
Figura 16: Localización de la Av Tantamayo	89
Figura 17: Cuadro para determinar el factor de dirección y factor de carril	89
Figura 18: Calculo de IMDa por tipo de vehiculo	97
Figura 19: Calculo de número de ejes equivalentes	97
Figura 20: Nivel de confiabilidad y Desviación estándar normal según el tipo de trafico	99
Figura 21: Abaco para determinar la correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante.....	100
Figura 22: CBR mínimo recomendados para la sub Base granular de pavimentos rígidos según intensidad de Tráfico expresado en EE	101
Figura 23: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante.....	101
Figura 24: Tipo de transferencia de carga según su característica.....	102
Figura 25: Se realizó los cálculos con el aplicativo pavimR, con un 8.48711	103
Figura 26: Se realizó los cálculos con el aplicativo pavimR, con un 7.63264	105
Figura 27: Se realizó los cálculos con el aplicativo pavimR, con un 8.07434	107
Figura 28: Se realizó los cálculos con el aplicativo pavimR, con un 8.57517	109
Figura 29: Determinación de peso específico compactado del caucho granulado reciclado.....	111
Figura 30: Ensayo de cuarteo de caucho granulado reciclado	111
Figura 31: Resultados de la granulometria del caucho granulado reciclado.....	112
Figura 32: Curva granulométrica del caucho granulado reciclado	110
Figura 33: Resultado del peso unitario peso seco y compactado del caucho granulado reciclado.....	113
Figura 34: Resistencia a la compresión al día 28 post vaciado de probetas.....	114
Figura 35: Resultados del test de normalidad de los datos de compresión al día 28 post vaciado de probetas	114
Figura 36: Resultados de test de homogeneidad de la varianza a la compresión al día 28 post vaciado de probetas	115

Figura 37: Ploteo de los residuos versus los valores esperados al día 28 post vaciado de probetas.....	116
Figura 38: Análisis de varianza para compresión al día 29 post vaciado de probetas	117
Figura 39: Promedio de resistencia a la flexión al día 28 post vaciado de probetas	118
Figura 40: Resultados de test de normalidad de los datos de flexión al día 28 post vaciado de probetas.....	119
Figura 41: Resultados de test de homogeneidad de las varianzas de flexión tratamientos al día 28 post vaciado de vigas	120
Figura 42: Ploteo de los residuos versus los valores esperados en flexión al día 28 post vaciado de vigas.....	121
Figura 43: Analisis de varianza para flexion al día 28 post vaciado de viga	122
Figura 44: Agregados fino, grueso y caucho reciclado granulado	134
Figura 45: Cuarteo de Agregado Grueso y Fino	134
Figura 46: Pesaje de muestras de agregado fino para determinar el peso retenido en el tamiz	134
Figura 47: Pesaje del agregado grueso	134
Figura 48: Colocación del agregado fino en el recipiente.....	134
Figura 49: Pesaje del agregado fino y molde	134
Figura 50: Ensayo de Peso Unitario del agregado fino.....	134
Figura 51: Ensayo de Peso Unitario de caucho reciclado granulado	134
Figura 52: Preparación del agregado fino para el ensayo de peso específico del agregado fino.....	134
Figura 53: Preparación de moldes de probetas y vigas de concreto.....	134
Figura 54: Materiales colocados en la mezcladora de concreto.....	134
Figura 55: Asentamiento del concreto	134
Figura 56: colocación de mezcla del concreto en probetas y vigas	134
Figura 57: Identificación de testigos para el traslado de la poza de curado.....	134
Figura 58: Ensayo a compresión	134
Figura 59: Ensayo a compresión a 7 días	134
Figura 60: Ensayo a compresión a 14 días	134
Figura 61: Ensayo a compresión a 28 días	134
Figura 62: Realizando las medidas de la viga para realizar el ensayo a flexión	134
Figura 63: Ensayo a Flexión a 28 días del concreto con incorporación del 0% de caucho reciclado granulado.....	134
Figura 64: Ensayo a Flexión a 28 días del concreto con incorporación del 3% de caucho reciclado granulado.....	134
Figura 65: Ensayo a Flexión a 28 días del concreto con incorporación del 6% de caucho reciclado granulado.....	134
Figura 66: Ensayo a Flexión a 28 días del concreto con incorporación del 9% de caucho reciclado granulado.....	134

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula para determinar la resistencia de rotura a la compresión	28
Ecuación 2: Fórmula para determinar el módulo de rotura	30
Ecuación 3: Ecuación AASHTO 1993 para determinar el espesor de la losa de concreto	41
Ecuación 4: Fórmula para determinar el módulo de finura.	61
Ecuación 5: Fórmula para determinar el contenido de humedad.	65
Ecuación 6: Fórmula para determinar el volumen del recipiente	66
Ecuación 7: Fórmula para determinar el Peso unitario suelto seco.....	66
Ecuación 8: Fórmula para determinar peso unitario compacto seco.....	67
Ecuación 9: Fórmula para determinar el peso específico.....	68
Ecuación 10: Fórmula para determinar la Absorción.....	69

RESUMEN

La presente investigación se determinó la influencia de la incorporación del caucho reciclado granulado sobre las propiedades mecánicas del concreto simple en su resistencia a la compresión y flexión para un pavimento rígido en la Av. Tantamayo distrito de San Martín de Porres ciudad de Lima, dando una reutilización a las llantas fuera de uso y estas minimicen la contaminación ambiental. Para el desarrollo de esta tesis se empleó el diseño experimental, cuasi experimental no probabilística, transversal. Teniendo como unidad de estudio las probetas y vigas de concreto, cuya población fue 36 y 12 respectivamente por cada diseño de concreto, estas pertenecen a cuatro mezclas, la primera tomada como concreto patrón, sin adición de caucho granulado reciclado, la segunda, tercera y cuarta se adicionaron caucho reciclado granulado en las siguientes proporciones 3%, 6% y 9% respectivamente, esta incorporación de caucho reciclado granulado al concreto simple se dio con respecto volumen del agregado fino. Por los ensayos de concreto simple obtenidos, mejorando la relación de agua/cemento de 0.5 a 0.4, se determina que según los resultado a los 28 días se tiene un mejor resultado al incorporar 3% de caucho reciclado, donde la resistencia a la compresión incrementada en 4.29 y la resistencia a flexión incrementa en 9.28%. Para el diseño del pavimento rígido se usó la metodología AASHTO 93, se logró calcular el espesor de la carpeta de rodadura con el concreto patrón en comparación con la mezcla con incorporación de caucho granulado, obteniendo una disminución de un 1" (2.18 cm). Se concluye que es factible el incorporar el caucho granulado al 3% ya que no deteriora las características del concreto y disminuye los daños que estos causan al medio ambiente.

Palabras clave: Caucho granulado, propiedades físicas del concreto, propiedades mecánicas del concreto, concreto para pavimentos.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

CAPITULO VI. REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Alcázar, S., & Meireles, M. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches. *Food Science and Technology*, 215-236.
- Anujayasree, V., Ritesh, J., Divya Bharathi, P., & Radhamma, B. (2019). EXPERIMENTAL ANALYSIS ON STRENGTH PROPERTIES OF CONCRETE BY USING ALOEVERA AND JUTE FIBER. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science*, 264-270.
- Akasaki, C. *et al* (2016). Comportamiento de tubos circulares de hormigón simple producidos con adición de caucho de neumáticos. *Rev. Ing. Constr.* Vol. 31.
- Babilonia, I., & Urango, S. (2015). EL USO DE ADITIVOS DE ORIGEN NATURAL INTEGRAL A MASAS DE CONCRETO PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL EMBEBIDO. (*Tesis para optar título de Ingeniería Civil*). Universidad de Cartagena, CARTAGENA DE INDIAS D T. Y C.
- Boada, M. & Reyes, A. (2013). Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 34, 13-20.
- Cárdenas, S., & Jesús, K. (2019). Diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando gel de aloe vera para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2019. (*Tesis para optar el título de Ingeniería Civil*). Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Cerna, C. (2018). Resistencia del concreto sustituyendo el cemento por cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón. (*Tesis para optar el título de Ingeniería Civil*). Universidad San Pedro, Chimbote.

- Chauhan, N. & Sood, H. (2017), Rubber Modified Concrete- A Green Approach For Sustainable Infrastructural Development. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 4, 973-978.
- Eraso, H. & Ramos, N. (2015). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calcáreo*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana.
- Farfán, M & Leonardo, E. (2018), Caucho reciclado en la Resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Rev. Ing. Constr.* Vol. 33.
- Faqe, H., Dabaghh, H., & Mohammed, A. (2020). NATURAL ADMIXTURE AS AN ALTERNATIVE FOR CHEMICAL. *Journal of University of Duhok*,, 301-308.
- Giménez, A., Olavarrieta, M. & Rodríguez, M. (2016), Evaluación de mezclas de concreto con sustitución parcial de la arena por desechos de caucho y sustitución parcial del cemento con polvo de sílice, una alternativa sustentable en el concreto. *Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción*. Pp. 90-101.
- Hamman, J. (2008). Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Department of Pharmaceutical Sciences*,, 1599-1616.
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 225-234.
- Javiliano, F. (2018). Resistencia del concreto F'c 210kg/cm² con cemento sustituido en 20% y 30% por cenizas de carbón vegetal. (*Tesis para optar el título de Ingeniería Civil*). Universidad de San Pedro, Chimbote.
- Magallanes, C. & Guillé, I. (2014). *Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en Iberoamérica*. En Congreso de la República del Perú. Recuperado de: <https://n9.cl/fynd>

- Martínez, M., Lancheros, D. & Garzón, J. (2016). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado parcialmente con caucho*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Matallana, R. (2016). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*. Bogota: Constructora Concreto.
- Menéndez, E., de Frutos, J., & Andrade, C. (2009). Internal deterioration of mortars in freeze-thawing: non-destructive evaluation by means of electrical impedance. *Advanced Materials Research*, 1-11.
- Mengesha, A., Oyawa, W., & Abuodha, S. (2015). The Use of Plant Extract as Shrinkage Reducing Admixture (SRA) to Reduce Early Age Shrinkage and Cracking on Cement Mortar. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 136-144.
- Pasquel, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Portugal, P. (2007). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO*. Paris: Lafayette.
- Risco, E. (2016). *Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionado con extracto de sábila, ciudad de barranca - 2016. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo Peruano ACI.
- Romero, A., & Hernández, J. (2014). *Diseño de mezclas de hormigón por el método a.c.i. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión. (Tesis para optar título de ingeniero civil)*. Universidad Santo Tomás, Bogotá.

- Sanchez Pinzon Maria Camila (2018), *Proceso de tratamiento y aprovechamiento de neumáticos y su relación con la iso 14001*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Shanmugavel, T., & Vijaya, R. (2016). Analysis on Strength Properties of Non Conventional Concrete. *International Journal of Engineering and Management Research*, 310-313.
- Sierra, A. (2002). Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila (*Aloe vera barbadensis* Miller) y naranja. (*Proyecto parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo*). Zamorano, Honduras.
- Venegas, L. (2016). *Evaluación del comportamiento del grano de caucho de la llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa Argos*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Venturra, E. (2018). Resistencia del concreto f'c 210kg/cm² con cenizas de carbon vegetal. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad de San Pedro, Huaraz.
- Zenown, A. (2017). influencia del aloe-vera sobre la resistencia a la Compresion, Infiltracion, Absorcion Capilar, Tiempo de Fraguado y Asentamiento de un Concreto Estructural. (*Tesis para optar titulo de Ingeniería Civil*). UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo.