



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE
UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO
SINTÉTICO RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.

Línea de Investigación: Tecnología de Materiales

Presentado por :

RAMIREZ MONZON, Gabriella Zulema

RABANAL VELARDE, Fernando Daniel

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Ing. Carmen Cecilia Gil Rodríguez

CUSCO-PERÚ

2019



DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

*De igual forma, dedico esta tesis a mi madre **Cleofé**, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. Así como a mi padre **Antonio**, que supo darme alientos a lo largo de este camino.*

*A mi hermano **Karol Leonel**, por estar a mi lado y darme un hombro en quien apoyarme a pesar de las dificultades.*

*A mis ángeles del cielo **Hipólito, Yomaly Deyanira y Rosario**, que me dejaron las mejores lecciones de amor, cariño y perseverancia.*

*A mi **Tía Marisol**, mi prima **Aracely Mayorit** y mis amigos **Liz, Jennifer, Clara y Mayron**, por permitirme aprender más de la vida a vuestros lados.*

A mi familia y amigos en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Gabriella Zulema Ramírez Monzón



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Fernando Daniel Rabanal Velarde



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos infinitamente gracias a Dios, por habernos dado fuerzas y valor para culminar esta etapa de nuestras vidas.

Agradecemos también la confianza y el apoyo brindado por parte de nuestros padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Al Ing. Carmen Cecilia Gil Rodríguez por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente, a todas las personas que nos brindaron su apoyo y aliento durante el desarrollo de la investigación.

Gabriella Zulema Ramirez Monzón y Fernando Daniel Rabanal Velarde



RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar comparativamente el comportamiento mecánico entre un concreto patrón y un concreto sustituyendo el 30% de agregado fino por caucho sintético granulado, mediante los ensayos de Resistencia a Flexión, Resistencia a Tracción Indirecta, Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson. De acuerdo a la norma E.060-Concreto Armado de la Norma Técnica Peruana, que menciona en su Capítulo 5 Calidad del Concreto Mezclado y Colocación, Artículo 5.2 Dosificación basada en la experiencia en obra o en mezclas de prueba, inciso 5.3.2 Resistencia promedio requerida el cual refiere que mediante el uso de las formulas, se llegó a usar la dosificación del concreto de la investigación que usamos como referencia y que se complementó. El análisis granulométrico de los agregados fino y grueso, presentó un módulo de fineza de 1.94 y TMN (Tamaño Máximo Nominal) de $\frac{3}{4}$ ”; teniendo las curvas granulométricas dentro de los parámetros requeridos por la norma para el diseño de mezcla. Los parámetros necesarios para los ensayos de Flexión ($15-20\%*f'c$), Tracción Indirecta ($10\%*f'c$), Módulo de Elasticidad y Poisson los cuales son sometidos al $40\%*f'c$, estos se encuentran relacionados con los valores hallados de Resistencia a Compresión del concreto. En el caso de los resultados de Resistencia a Flexión del concreto con sustitución del agregado fino con 30% de caucho sintético granulado, a 7 días obtuvimos una reducción de 13.97%, a 14 días de 8.65% y a 28 días de 16.97%. Resistencia a Tracción Indirecta, a 7 días obtuvimos un incremento inicial de 5.45%, a 14 días una reducción de 15.74% y a 28 días una reducción de 35.54%. Módulo de Elasticidad, a 7 días obtuvimos un incremento inicial de 8.42% y a 28 días una reducción de 12.97%. Módulo de Poisson, a 7 días se mantuvo constante y a 28 días un incremento de 16.53%, estos respecto al concreto patrón. La relación existente entre la Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado, tuvieron un incremento el cual uno de los valores excede los parámetros de la norma ACI 318.

Palabras clave: Resistencia a Flexión, Tracción Indirecta, Módulo de Elasticidad, Módulo de Poisson, Caucho Sintético Granulado.



ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate comparatively the mechanical behavior between concrete and concrete by substituting 30% of fine aggregate for granulated synthetic rubber, through the tests of Flexural strength, Indirect Tensile Strength, Modulus of Elasticity and Poisson. According to the standard E.060-Armed Concrete of the Peruvian Technical Standard, mentioned in Chapter 5, Quality of Mixed Concrete and Placement, Article 5.2. Dosage based on experience in work or in test mixtures, subsection 5.3.2 Resistance average required which refers that by using the formulas, it was possible to use the dosage of the concrete of the research that we used as reference and that was supplemented. The granulometric analysis of the fine and coarse aggregates presented a modulus of fineness of 1.94 and TMN (Maximum Nominal Size) of $\frac{3}{4}$ "; having the granulometric curves within the parameters required by the standard for the mixing design. The necessary parameters for the Flexural strength ($15-20\% * f'c$), Indirect Tensile Strength ($10\% * f'c$), Modulus of Elasticity and Poisson which are subject to $40\% * f'c$, these are found related to the found values of Concrete Compression Resistance. In the case of the results of Flexural strength of the concrete with substitution of the fine aggregate with 30% of granulated synthetic rubber, to 7 days we obtained a reduction of 13.97%, to 14 days of 8.65% and to 28 days of 16.97%. Indirect Tensile Strength, to 7 days we obtained an initial increase of 5.45%, to 14 days a reduction of 15.74% and to 28 days a reduction of 35.54%. Modulus of Elasticity, to 7 days we obtained an initial increase of 8.42% and to 28 days a reduction of 12.97%. Modulus of Poisson, at 7 days remained constant and at 28 days and increase of 16.53%, with respect to the concrete pattern. The relationship between Flexural strength and Compression Strength for a concrete replacing the fine aggregate with 30% granulated synthetic rubber, had an increase, which exceeds the parameters of the ACI 318 standard.

Keywords: Flexural Strength, Indirect Tensile Resistance, Modulus of Elasticity, Modulus of Poisson, Granulated Synthetic Rubber.



INTRODUCCIÓN

En la ciudad del Cusco se realizan varias investigaciones para innovar materiales en el campo de la construcción que ayudan a obtener estructuras más resistentes y óptimas, por ello surge la idea de reemplazar el agregado fino por caucho sintético granulado y ampliar los conocimientos sobre las propiedades mecánicas: Resistencia a Flexión, Resistencia a Tracción Indirecta, Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson.

La reutilización del caucho obtenido de los neumáticos en desuso en la presente investigación, contribuirá con las políticas medioambientales orientadas a combatir el cambio climático, ya que se reducirá la cantidad de residuos existentes de este material y se evitará la combustión de las mismas que generan contaminación ambiental por la gran cantidad de gases que emanan.

La finalidad de la investigación es innovar el uso de materiales en el campo de la construcción que contribuyen a obtener estructuras más resistentes y óptimas en probetas que trabajen a flexión, tracción; y a la vez evaluar el comportamiento de estos dos materiales en función a sus deflexiones analizando la gráfica esfuerzo deformación. Para lo cual se realizarán ensayos a flexión, tracción.

El criterio para la elección de los materiales a utilizar en el presente trabajo fue teniendo en cuenta la investigación “Análisis de la resistencia a la compresión del concreto reemplazando el agregado fino con caucho sintético granulado usado en canchas deportivas de grass sintético, Cusco 2015” la que viene siendo usado como antecedente, en la cual indica el diseño de mezcla, la procedencia de los agregados tanto grueso (Vicho) como finos (Cunyac y Huacarpay), tipo de cemento (IP) y el porcentaje de caucho a reemplazar por el agregado fino (30%).



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
1 Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1 Identificación del problema.	1
1.1.1 Descripción del problema.	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	2
1.2 Justificación e importancia de la investigación.	2
1.2.1 Justificación técnica	2
1.2.2 Justificación social	3
1.2.3 Justificación por viabilidad	3
1.2.4 Justificación por relevancia.....	3
1.3 Limitaciones de la investigación	3
1.3.1 Limitación de lugar	3
1.3.2 Limitación de materiales	3
1.3.3 Limitación de diseño de mezcla.....	4
1.3.4 Limitación de los ensayos realizados.....	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo general.	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
2 Capítulo II: Marco teórico.....	6
2.1 Antecedentes de la tesis	6
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.....	6
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional	7
2.2 Aspectos teóricos pertinentes	8
2.2.1 Concreto	8
2.2.2 Diseño de mezclas.....	26
2.2.3 Agua	29
2.2.4 Propiedades mecánicas del concreto.....	30
2.3 Hipótesis	36



2.3.1	Hipótesis general.....	36
2.3.2	Sub Hipótesis.	36
2.4	Definición de variables.....	37
2.4.1	Variables independientes	37
2.4.2	Variables interviniente	37
2.4.3	Variables dependientes	37
2.4.4	Cuadro de operacionalización de variables.....	39
3	Capítulo III: Metodología	40
3.1	Metodología de la investigación.....	40
3.1.1	Enfoque de la investigación	40
3.1.2	Nivel o alcance de la investigación.....	40
3.1.3	Método de investigación	40
3.2	Diseño de la investigación.....	41
3.2.1	Diseño metodológico	41
3.2.2	Diseño de ingeniería.....	41
3.3	Población y muestra.....	43
3.3.1	Población.....	43
3.3.2	Muestra.....	43
3.3.3	Criterios de inclusión	45
3.4	Instrumentos	46
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	46
3.4.2	Instrumentos de ingeniería	58
3.5	Procedimientos de recolección de datos.....	61
3.5.1	Granulometría de los agregados.....	61
3.5.2	Contenido de humedad (NTP 339.185)	65
3.5.3	Peso específico y porcentaje de absorción	67
3.5.4	Ensayo a Compresión (Variable interviniente): Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión del concreto según NTP 339.034.....	72
3.5.5	Ensayo a Flexión: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo según la NTP. 339.078.....	77
3.5.6	Ensayo a Tracción: Ensayo para la medición del método para determinar la resistencia a la compresión diametral del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP. 339.084 ..	81



3.5.7	Módulo de Elasticidad: Ensayo para la medición del Módulo de Elasticidad, en muestras cilíndricas según ASTM C-469.....	86
3.5.8	Módulo de Poisson: Ensayo para la medición del Módulo de Poisson, en muestras cilíndricas según ASTM C-469.....	90
3.6	Procedimientos de análisis de datos	94
3.6.1	Análisis granulométrico de agregados	94
3.6.2	Análisis de datos de la Resistencia a Compresión (variable interviniente)	113
3.6.3	Análisis de datos de la Resistencia a Flexión	120
3.6.4	Análisis de datos de la Resistencia a Tracción	123
3.6.5	Análisis de datos de Módulo de Elasticidad y Poisson.....	129
4	Capítulo IV: Resultados	149
4.1	Resultados de los ensayos de laboratorio	149
4.1.1	Resultados de Resistencia a Compresión (variable interviniente)	149
4.1.2	Resultados de Resistencia a Flexión	150
4.1.3	Resultados de Resistencia a Tracción Indirecta	151
4.1.4	Resultados de Módulo de Elasticidad	152
4.1.5	Resultados de Módulo de Poisson	153
4.1.6	Resultados Resistencia a Flexión vs Resistencia a Compresión.....	154
5	Capítulo V: Discusión.....	157
6	GLOSARIO	161
	Conclusiones	165
	Recomendaciones.....	167
	REFERENCIAS	168
	ANEXOS.....	170



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Componentes químicos del cemento Portland	15
Tabla 2 : Compuestos químicos del cemento Portland	15
Tabla 3: Tipos de cemento	16
Tabla 4 : Cemento Portland IP	17
Tabla 5 : Requisitos granulométricos de agregado grueso según NTP 400.037	20
Tabla 6 : Requisitos granulométricos del agregado fino según NTP 400.037	20
Tabla 7 : Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.....	27
Tabla 8 : Resistencia a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	27
Tabla 9 : Cuadro de operacionalización de variables	39
Tabla 10 : Cantidad de probetas utilizadas	44
Tabla 11 : Ficha para ensayo de Granulometría del Agregado Fino	46
Tabla 12 : Ficha para ensayo de Granulometría del Agregado Grueso	47
Tabla 13 : Ficha para ensayo de contenido de humedad del agregado	48
Tabla 14 : Ficha para ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	49
Tabla 15 : Ficha para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	50
Tabla 16 : Ficha para ensayo de peso unitario del agregado fino	51
Tabla 17 : Ficha para ensayo de peso unitario del agregado grueso.....	52
Tabla 18 : Ficha de datos para diseño de mezclas	53
Tabla 19 : Ficha para ensayo de Resistencia a Compresión	54
Tabla 20 : Ficha para ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta.....	55
Tabla 21 : Ficha para ensayo de Resistencia a Flexión	56
Tabla 22 : Ficha para ensayo de Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson.....	57
Tabla 23 : Peso retenido del agregado Fino	63
Tabla 24 : Peso retenido del Caucho Granulado.....	63
Tabla 25 : Peso retenido del agregado grueso	65
Tabla 26 : Datos de peso de las muestras de las canteras Cunyac y Huacarpay	66
Tabla 27 : Datos de peso de la muestra de la cantera Vicho.....	67
Tabla 28 : Datos de peso específico y absorción del agregado fino	68
Tabla 29 : Datos de peso específico del agregado fino.....	70
Tabla 30 : Datos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	71
Tabla 31 : Datos de peso unitario suelto y compactado del caucho granulado	72
Tabla 32 : Datos de ensayo a compresión 7 días-Patrón	74
Tabla 33 : Datos de ensayo a compresión 14 días-Patrón	74
Tabla 34 : Datos de ensayo a compresión 28 días-Patrón	75
Tabla 35 : Datos de ensayo a compresión 7 días-Caucho	75
Tabla 36 : Datos de ensayo a compresión 14 días-Caucho	76
Tabla 37 : Datos de ensayo a compresión 28 días-Caucho	76
Tabla 38 : Datos de Flexión - Patrón 7 Días	78
Tabla 39 : Datos de Flexión - Patrón 14 Días	79
Tabla 40 : Datos de Flexión - Patrón 28 Días	79



Tabla 41 : <i>Datos de Flexión - Caucho 7 Días</i>	80
Tabla 42 : <i>Datos de Flexión - Caucho 14 Días</i>	80
Tabla 43 : <i>Datos de Flexión - Caucho 28 Días</i>	81
Tabla 44 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Patrón 7 Días</i>	83
Tabla 45 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Patrón 14 Días</i>	83
Tabla 46 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Patrón 28 Días</i>	84
Tabla 47 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Caucho 7 Días</i>	84
Tabla 48 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Caucho 14 Días</i>	85
Tabla 49 : <i>Datos de Tracción Indirecta - Caucho 28 Días</i>	85
Tabla 50 : <i>Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Patrón 7 Días</i>	88
Tabla 51 : <i>Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Patrón 28 Días</i>	89
Tabla 52 : <i>Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Caucho 7 Días</i>	89
Tabla 53 : <i>Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Caucho 28 Días</i>	90
Tabla 54 : <i>Datos generales para módulo de Poisson - Patrón 7 días</i>	92
Tabla 55 : <i>Datos generales para módulo de Poisson - Patrón 28 días</i>	92
Tabla 56 : <i>Datos generales para módulo Poisson - Caucho 7 días</i>	93
Tabla 57 : <i>Datos generales para módulo de Poisson - Caucho 28 días</i>	93
Tabla 58 : <i>Granulometría del agregado fino de la cantera de Cunyac</i>	94
Tabla 59 : <i>Granulometría del agregado fino de la cantera de Huacarpay</i>	96
Tabla 60 : <i>Granulometría del resultado de la mezcla de las canteras Cunyac(65%) y Huacarpay(35%)</i>	97
Tabla 61 : <i>Granulometría del Caucho Sintético Granulado</i>	98
Tabla 62 : <i>Granulometría del Agregado Grueso de Vicho</i>	100
Tabla 63 : <i>Cálculo de la humedad de la mezcla de agregados</i>	101
Tabla 64 : <i>Cálculo del porcentaje de humedad del agregado grueso</i>	101
Tabla 65 : <i>Datos del Peso específico y absorción del agregado fino</i>	102
Tabla 66 : <i>Datos de peso específico del agregado grueso</i>	103
Tabla 67 : <i>Datos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso</i>	104
Tabla 68 : <i>Datos de peso unitario suelto y compactado del caucho sintético granulado</i>	105
Tabla 69 : <i>Características de los agregados</i>	106
Tabla 70 : <i>Resistencia a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra</i>	107
Tabla 71 : <i>Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras</i>	107
Tabla 72 : <i>Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump</i>	108
Tabla 73 : <i>Relación agua/cemento vs f'c</i>	108
Tabla 74 : <i>Volumen de agregado grueso compactado en seco/m³ de concreto</i>	109
Tabla 75 : <i>Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump</i>	110
Tabla 76 : <i>Pesos absolutos de cada material</i>	111
Tabla 77 : <i>Dosificación final para 1 m³ de concreto patrón f'c 210 kg/cm²</i>	112
Tabla 78 : <i>Dosificación final de concreto patrón para una briqueta circular</i>	112
Tabla 79 : <i>Dosificación final de concreto con caucho para una briqueta circular</i>	113
Tabla 80 : <i>Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 7 días</i>	114
Tabla 81 : <i>Resistencia a Compresión del concreto Patrón 7 días Fuente: Elaboración propia</i> ..	114



Tabla 82 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 14 días* 115

Tabla 83 : *Resistencia a Compresión del concreto Patrón 14 días* 115

Tabla 84 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 28 días* 116

Tabla 85 : *Resistencia a Compresión del concreto Patrón 28 días* 116

Tabla 86 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 7 días* 117

Tabla 87 : *Resistencia a Compresión del concreto Caucho 7 días* 117

Tabla 88 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 14 días* 118

Tabla 89 : *Resistencia a Compresión del concreto Caucho 14 días* 118

Tabla 90 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 28 días* 119

Tabla 91 : *Resistencia a Compresión del concreto Caucho 28 días* 119

Tabla 92 : *Resistencia a Flexión del concreto Patrón 7 días* 120

Tabla 93 : *Resistencia a Flexión del concreto Patrón 14 días* 120

Tabla 94 : *Resistencia a Flexión del concreto Patrón 28 días* 121

Tabla 95 : *Resistencia a Flexión del concreto Caucho 7 días* 121

Tabla 96 : *Resistencia a Flexión del concreto Caucho 14 días* 122

Tabla 97 : *Resistencia a Flexión del concreto Caucho 28 días* 122

Tabla 98 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 7 días* 123

Tabla 99 : *Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 7 días* 123

Tabla 100 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 14 días* 124

Tabla 101 : *Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 14 días* 124

Tabla 102 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 28 días* 125

Tabla 103 : *Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 28 días* 125

Tabla 104 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 7 días* 126

Tabla 105 : *Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Caucho 7 días* 126

Tabla 106 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 14 días* 127

Tabla 107 : *Resistencia a Tracción del concreto Caucho 14 días* 127

Tabla 108 : *Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 28 días* 128

Tabla 109 : *Resistencia a Tracción del concreto Caucho 28 días* 128

Tabla 110 : *Resultados de Resistencia a Compresión (variable interviniente)* 149

Tabla 111 : *Resultados de Resistencia a Flexión Promedio* 150

Tabla 112 : *Resultados de Resistencia a Tracción Indirecta Promedio* 151

Tabla 113 : *Resultados de Módulo de Elasticidad Promedio* 152

Tabla 114 : *Resultados de Módulo de Poisson Promedio* 153

Tabla 115 : *Resultados de la Relación de Flexión vs Compresión del Concreto Patrón* 154

Tabla 116 : *Resultados de la Relación de Flexión vs Compresión del Concreto con Caucho* 154

Tabla 117 : *Resultados de Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad del Concreto Patrón* 155

Tabla 118 : *Resultados de Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad del Concreto con caucho* 155

Tabla 119 : *Resultados de Resistencia a Compresión vs Tracción Indirecta del Concreto Patrón* 155

Tabla 120 : *Resultados de Resistencia a Compresión vs Tracción Indirecta del Concreto con Caucho* 156



Tabla 121 : Tabla de datos de pesos volumétricos del concreto patrón	158
Tabla 122 : Tabla de datos de pesos volumétricos del concreto con caucho	159

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Ubicación Del Departamento Del Cusco	1
<i>Figura 2 :</i> Proceso de fabricación del cemento	14
<i>Figura 3 :</i> Granulometría de la arena	21
<i>Figura 4:</i> Fibras de Caucho.....	24
<i>Figura 5 :</i> Ensayo a compresión del concreto	31
<i>Figura 6 :</i> Resistencia a la flexión	32
<i>Figura 7 :</i> Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros de Concreto.....	33
<i>Figura 8 :</i> Módulo de Elasticidad del Concreto	34
<i>Figura 9 :</i> Diagrama de desplazamientos.....	34
<i>Figura 10 :</i> Diagrama de deformación	36
<i>Figura 11 :</i> Agregado Fino para Granulometría	61
<i>Figura 12 :</i> Agregado fino tamizado.....	62
<i>Figura 13 :</i> Muestra representativa de Agregado grueso para Granulometría.....	64
<i>Figura 14 :</i> Agregado grueso tamizado.....	65
<i>Figura 15 :</i> Muestras retiradas del curado para ensayos a compresión	73
<i>Figura 16 :</i> Desmolde y nomenclatura de las muestras	77
<i>Figura 17 :</i> Espécimen sometida a Flexión.....	78
<i>Figura 18 :</i> Medición de especímenes a ensayar	82
<i>Figura 19 :</i> Espécimen ensayada a Tracción Indirecta	82
<i>Figura 20 :</i> Trazo de líneas diametrales del espécimen	86
<i>Figura 21 :</i> Colocación y fijación de anillos en la briqueta	87
<i>Figura 22 :</i> Espécimen ensayada para Módulo de Elasticidad	88
<i>Figura 23 :</i> Espécimen ensayada para Módulo de Poisson.....	91
<i>Figura 24 :</i> Granulometría del agregado fino de la cantera de Cunyac	95
<i>Figura 25 :</i> granulometría del agregado fino de la cantera de Huacarpay	96
<i>Figura 26 :</i> Granulometría del resultado de la mezcla de las canteras Cunyac(65%) Huacarpay(35%).....	98
<i>Figura 27 :</i> Granulometría del Caucho Sintético Granulado	99
<i>Figura 28 :</i> Granulometría del agregado grueso de Vicho.....	100
<i>Figura 29 :</i> Dispersión - Compresión Patrón 7 días.....	114
<i>Figura 30 :</i> Dispersión - Compresión Patrón 14 días.....	115
<i>Figura 31 :</i> Dispersión - Compresión Patrón 28 días.....	116
<i>Figura 32 :</i> Dispersión - Compresión Caucho 7 días.....	117
<i>Figura 33 :</i> Dispersión - Compresión Caucho 14 días.....	118
<i>Figura 34 :</i> Dispersión - Compresión Caucho 28 días.....	119
<i>Figura 35 :</i> Dispersión - Flexión Patrón 7 días.....	120
<i>Figura 36 :</i> Dispersión - Flexión Patrón 14 días.....	120
<i>Figura 37 :</i> Dispersión - Flexión Patrón 28 días.....	121



Figura 38 : Dispersión - Flexión Caucho 7 días 121
Figura 39 : Dispersión - Flexión Caucho 14 días 122
Figura 40 : Dispersión - Flexión Caucho 28 días 122
Figura 41 : Dispersión – Tracción Indirecta Caucho 7 días 123
Figura 42 : Dispersión – Tracción Indirecta Patrón 14 días 124
Figura 43 : Dispersión – Tracción Indirecta Patrón 28 días 125
Figura 44 : Dispersión – Tracción Indirecta Caucho 7 días 126
Figura 45 : Dispersión - Tracción Caucho 14 días 127
Figura 46 : Dispersión - Tracción Caucho 28 días 128
Figura 47 : Evolución de la Resistencia a Compresión promedio del Concreto 149
Figura 48 : Comparación de Resistencias a Compresión promedio por edades 149
Figura 49 : Evolución de la Resistencia a Flexión promedio del Concreto 150
Figura 50 : Comparación de Resistencias a Flexión promedio por edades 150
Figura 51 : Evolución de la Resistencia a Tracción Indirecta promedio del Concreto 151
Figura 52 : Comparación de Resistencias a Tracción Indirecta promedio por edades 151
Figura 53 : Evolución del Módulo de Elasticidad promedio del Concreto 152
Figura 54 : Comparación de Módulo de Elasticidad promedio por edades 152
Figura 55 : Evolución del Módulo de Poisson promedio del Concreto 153
Figura 56 : Comparación de Módulo de Poisson promedio por edades 153
Figura 57 : Diagrama de la Resistencia a Flexión vs Resistencia a Compresión 154
Figura 58 : Diagrama de la Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad 155
Figura 59 : Diagrama de la Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad 156
Figura 60 : Lavado de Material 170
Figura 61 : Vaciado de Concreto 170
Figura 62 : Ensayo de Cono de Abrahams 170
Figura 63 : Supervisión por parte de un docente de la mezcla realizada 171
Figura 64 : Colocación de la mezcla en los respectivos moldes 171
Figura 65 : Colocación de mezcla 172
Figura 66 : Muestras para luego ser curadas 172
Figura 67 : Curado de Muestras 172
Figura 68 : Especímenes para ser ensayadas a 7 días 173
Figura 69 : Muestras para ensayarlas a 14 días 173
Figura 70 : Muestras para ensayarlas a 28 días 173
Figura 71 : Especímenes para ser ensayados 174
Figura 72 : Medición del espécimen 174
Figura 73 : Peso de la muestra 174
Figura 74 : Muestra ensayada a 7 días 175
Figura 75 : Muestra ensayada a 28 días 175
Figura 76 : Visualización de las fallas de muestras ensayadas a Compresión 175
Figura 77 : Muestra a Flexión 7 días 176
Figura 78 : Muestra a Flexión 28 días 176
Figura 79 : Falla de la viga con caucho 176
Figura 80 : Falla de la viga patrón 176



Figura 81 : Muestra a Tracción Indirecta.....177
Figura 82 : Falla a Tracción Indirecta.....177
Figura 83 : Medición de la muestra.....177
Figura 84 : Colocación y nivelación de anillos177
Figura 85 : Muestra lista para ser ensayada.....178
Figura 86 : Ensayo de Modulo de Elasticidad.....178
Figura 87 : Supervisión por parte del técnico de laboratorio I.....178
Figura 88 : Supervisión por parte del técnico de laboratorio II.....179
Figura 89 : Juego de anillos con deformímetros.....179
Figura 90 : Adaptador para ensayo de Tracción Indirecta.....180
Figura 91 : Apoyos para ensayo de Flexión180
Figura 92 : Equipo de Compresión estándar181
Figura 93 : Mezcladora 6 pies181
Figura 94 : Juego de tamices.....182
Figura 95 : Herramientas para vaciado.....182
Figura 96 : Equipo tamizador182
Figura 97 : Herramientas para desencofrar y medir183
Figura 98 : Molde para viguetas.....183
Figura 99 : Molde para briquetas.....183

Capítulo I: Planteamiento del problema.

1.1 Identificación del problema.

1.1.1 Descripción del problema.

La región del Cusco presenta desarrollo en cuanto a infraestructura, mas no existe ningún tipo de innovación respecto a los materiales que se emplean en la elaboración del concreto, condicionando al uso de tecnologías tradicionales o elaboradas en otras regiones que no presentan las características de nuestro medio, es por esta razón que el uso de caucho sintético granulado como elemento de sustitución del agregado fino puede brindar una alternativa a la mejora de la calidad y las características mecánicas del concreto.

No basta con un análisis de Resistencia a compresión para determinar si un concreto cumple con las características que deseamos por tal motivo es necesario complementar la investigación con estudios de: Resistencia a Flexión, Resistencia a Tracción, Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson

En el Perú y el mundo se desechan a diario los neumáticos que se encuentran fuera de uso, los cuales deben ser manejados de manera responsable; En Estados Unidos, Europa y algunos países de América Latina ya existen medidas para el manejo de estos residuos adecuadamente, donde surgió la idea de reutilizar el caucho de los neumáticos desechados para las aplicaciones diferentes como componentes del asfalto, canchas deportivas, elaboración de mantas impermeables y ahora último en la fabricación de concreto ligero. (Casanova León & Olivera Carrillo, 2015)

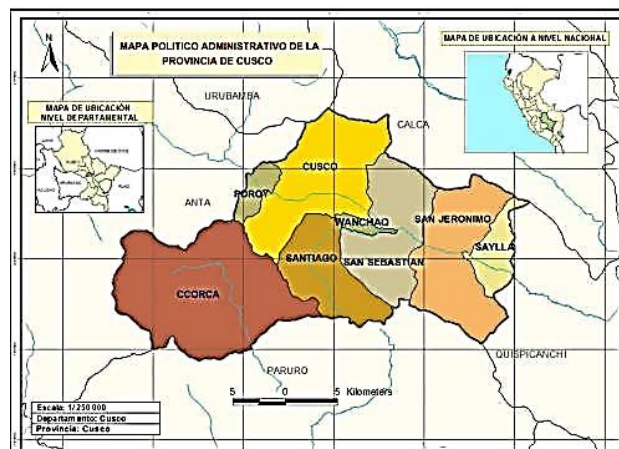


Figura 1: Ubicación Del Departamento Del Cusco

Fuente: (SIAR, 2010)



1.1.2 Formulación interrogativa del problema.

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál será la evaluación comparativa del comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado respecto a un concreto patrón?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema Específico 1:

¿Cuál es el valor de la resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?

Problema Especifico 2:

¿Cuál es el valor de la resistencia a la Tracción Indirecta para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?

Problema Especifico 3:

¿Cuál es el valor del módulo de Elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?

Problema Especifico 4:

¿Cuál es el valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?

Problema Especifico 5:

¿Cuál es la relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?

1.2 Justificación e importancia de la investigación.

1.2.1 Justificación técnica

Esta investigación se encuentra en la rama estructural de la ingeniería, direccionada al curso de tecnología del concreto, por el uso del caucho sintético como elemento sustitutorio del agregado fino en el diseño de mezcla de concreto, mediante el cual podremos obtener los valores de las propiedades mecánicas como resistencia a Flexión, resistencia a Tracción Indirecta, módulo de



Elasticidad, módulo Poisson y resistencia a Compresión del concreto como variable interviniente. Para así completar investigaciones previamente realizadas y dar un mayor alcance del comportamiento del concreto.

1.2.2 Justificación social

La sociedad es la principal beneficiada con la presente investigación, al contribuir con el uso de caucho sintético como sustituto de agregado fino, el cual minimizara los residuos de caucho para darles una aplicación eco ingenieril en nuestro ámbito, así mismo los estudiantes de la Universidad Andina del Cusco tendrán acceso a nuevas tecnologías de materiales de construcción para su uso en futuras investigaciones.

1.2.3 Justificación por viabilidad

Esta investigación es viable debido a que los materiales (agregados, cemento, agua, caucho sintético), son de disponibilidad o adquisición inmediata, en cuanto a los ensayos realizados son económicamente viables, por lo cual los instrumentos y equipos necesarios son proporcionados por la Universidad Andina del Cusco.

1.2.4 Justificación por relevancia

El presente trabajo de investigación adquiere relevancia por tratarse de un aporte adicional a una investigación antes realizada, para así poder tener conocimiento de otras propiedades como resistencia a Flexión, resistencia a la Tracción Indirecta, módulo de Elasticidad y módulo de Poisson del concreto adicionado con caucho sintético y no sólo la resistencia a Compresión, con ello poder llegar a crear normativas respecto al cuidado ambiental.

1.3 Limitaciones de la investigación

La presente investigación tiene como referencia estudios ya desarrollados en la Universidad Andina del Cusco, donde se evaluó la resistencia del concreto reemplazando porcentajes de agregado fino con caucho sintético granulado.

1.3.1 Limitación de lugar

Se limita al uso de las instalaciones, equipos y herramientas del laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.

1.3.2 Limitación de materiales

En esta investigación se realizó la comparación de concretos que están elaborados con:



- Agregado fino de las canteras de Cunyac (65%) y Huacarpay (35%), agregado grueso de la cantera de Vicho y caucho sintético granulado adquirido de la localidad de Huasao.
- El uso del 30% de caucho sintético granulado (usado en canchas deportivas de grass sintético) como reemplazo de agregado fino.
- Cemento Portland tipo IP Yura.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso $\frac{3}{4}$ ".
- Agua potable de consumo humano de la zona de San Jerónimo a temperatura ambiente.

1.3.3 Limitación de diseño de mezcla

- Se limita al diseño de mezcla para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ de acuerdo al método ACI comité 211.
- La presente investigación se limita solo a la verificación de revenimiento de 2" para zapatas y muros de cimentación, mas no a su control durante la elaboración del concreto $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el agregado fino por caucho sintético granulado (30%).
- Se limita al curado de probetas de concreto por inmersión en edades de 7, 14 y 28 días.

1.3.4 Limitación de los ensayos realizados

- Se limitó probetas cilíndricas normadas de 15cm de diámetro x 30cm de altura y probetas rectangulares normadas de 15cm de altura x 15 cm de ancho x 50cm de longitud.
- El ensayo de contenido de humedad se limita a la norma NTP 339.185.
- El ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino se limita a la norma NTP 400.022.
- El ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso se limita a la norma NTP 400.021.
- El ensayo de peso unitario y compactado del agregado grueso se limita a la norma NTP 400.017.
- El ensayo de peso unitario y compactado del caucho granulado se limita a la norma NTP 400.017.
- El ensayo de compresión del concreto es una variable interviniente que se usó para obtener valores que son los parámetros para nuestros ensayos de Flexión, módulo de elasticidad y Poisson.
- El ensayo de compresión se limita a los parámetros de la norma NTP.339.034.



- El ensayo de flexión se limita a los parámetros de la norma NTP.339.078.
- El ensayo de tracción indirecta se limita a los parámetros de la norma NTP.339.084.
- El ensayo de Modulo de Elasticidad y Poisson se limita a los parámetros de la norma ASTM C-469.
- Se limita al procesamiento de datos del módulo de elasticidad estático.
- El uso de deformímetros de 0.0001” de precisión.
- Para la determinación experimental del Módulo de Elasticidad y Modulo de Poisson, se trabajó en el rango elástico sin llegar al límite plástico de la curva esfuerzo-deformación.

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar comparativamente el comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado respecto a un concreto patrón.

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo Especifico N°1

Evaluar el valor de la resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.

Objetivo Especifico N°2

Evaluar el valor de la resistencia a la Tracción Indirecta para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.

Objetivo Especifico N°3

Evaluar el valor del módulo de elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.

Objetivo Especifico N°4

Evaluar el valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.



Objetivo Especifico N°5

Evaluar comparativamente la relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

Título: Análisis de la resistencia a la compresión del concreto reemplazando el agregado fino con caucho sintético granulado usado en canchas deportivas de gras sintético, Cusco 2015.

Autor(es): Olivera Carrillo Carlos y Eduardo Casanova León Jorge.

Universidad: Universidad Andina del Cusco

Resumen:

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar en qué medida la sustitución del agregado fino con caucho sintético granulado influye sobre los valores de resistencia a la compresión del concreto para los diseños de mezcla de resistencia a la compresión 210 kg/cm² y 175 kg/cm² frente a un concreto convencional. El agregado fino fue obtenido de las canteras de Cunyac y Huacarpay, y el agregado grueso de Vicho, en conclusión se ha podido demostrar la hipótesis general que cita; la sustitución del agregado fino con caucho sintético granulado mejorara los valores de resistencia a la compresión en los diseños de mezcla de resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y 175 kg/cm² frente a un concreto convencional; ya que al sustituir el agregado fino por caucho en un 30%, para un concreto $f'c$ 210 kg/cm², mejora las características de resistencia a la compresión en un $26.32\% \pm 4.23\%$ a los 28 días respecto al concreto convencional.

Título: Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote, Chimbote.

Autor(es): Guzmán Rojas Yheyson Jhon y Guzmán Rojas Esthefany Lisset.

Universidad: Universidad Nacional del Santa

**Resumen:**

Esta investigación tiene como objetivo innovar en los diseños de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por fibra de caucho para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y evaluar su comportamiento mediante los ensayos de consistencia, densidad, resistencia a compresión, resistencia a la tracción indirecta, módulo de elasticidad, comportamiento al fuego y microestructura. En conclusión, la sustitución de áridos por fibra de caucho afecta a la trabajabilidad del concreto incrementando su asentamiento, y disminuye la densidad de este, mientras que la porosidad incrementa progresivamente al agregar mayor cantidad de fibra de caucho. El ensayo térmico nos indica que no sufre inflamación más se pierde peso en las probetas. Mediante el análisis estructural se concluyó que el concreto con fibras de caucho varían en un mínimo porcentaje a las propiedades elásticas de una estructura de concreto patrón a pesar de que la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad disminuyen.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

Título: Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con partículas de caucho de neumáticos, Quito 2017.

Autor(es): Bastidas Sosa Paola Gabriela y Viñan Andino Mauro Paúl.

Universidad: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

Resumen:

Esta investigación está enfocada en determinar la incidencia de sustituir en la mezcla de concreto el 4% en peso del agregado fino con partículas de caucho reciclado. Para el efecto elaboraron cuatro mezclas. La primera mezcla fue denominada hormigón convencional con un diseño igual a 24Mpa, las siguientes tres mezclas se utilizaron partículas de caucho pasante tamiz N°4 y retenidos en los tamices N°16, N°30 y N°50 respectivamente y basada en la dosificación de la mezcla hormigón convencional. En conclusión, el resultado de la investigación indica que el hormigón al cual se le agrega partículas de caucho reducen su resistencia a la compresión en un 28%, mientras tanto la resistencia a la flexión no varía considerablemente más que en un 4% después de sustituir el agregado fino por partículas de caucho retenidas en los tamices N°16 y N°50.

Título: Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional 3500 PSI, Bogotá 2017.



Autor(es): Pérez Oyola Juan Carlos y Arrieta Ballen Yeison Leonardo.

Universidad: Universidad Católica de Colombia.

Resumen:

El presente trabajo pretende determinar qué porcentaje de caucho fino o grueso necesita la muestra para obtener un resultado cercano comparado con una mezcla tradicional, realizando ensayos de (tensión, y compresión bajo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana) se pudo comparar dichas muestras y obtener valores que nos permitan definir una muestra patrón que sirva de futuros ensayos donde se amplifique el grado de análisis del producto y así poderlo incorporar en proyectos de ingeniería estructural. En conclusión, con los ensayos realizados se verificó que existe reducción de resistencia a la compresión respecto al concreto tradicional, siendo la muestra con mejor resultado con 30%/70% que posee mayor reemplazo de caucho por agregado fino, brindándonos un resultado de 2244 Psi un 39% menos que la mezcla patrón a sus 28 días.

2.2 Aspectos teóricos pertinentes

Para la presente investigación se ha basado en describir el concreto como base de la investigación, destacando sus propiedades, tipos y sus componentes. Asimismo, en el desarrollo complementamos conceptos relacionados al caucho sintético granulado.

2.2.1 Concreto

El concreto viene a ser un material constituido por mezclas en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. (Casanova León & Olivera Carrillo, 2015)

El cemento, el agua y la arena constituye el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llegando los vacíos entre ellos. La mezcla de estos compuestos produce una masa plástica que puede ser moldeada pero cuanto más pasa el tiempo esta pierde esa característica y se vuelve cada vez más rígida. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 11)



2.2.1.1 Importancia del concreto

Actualmente el concreto viene a ser un material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional de ingeniero, el concreto es en general, desconocido en mucho de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesto en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales. (Rivva Lopez , 2000)

2.2.1.2 Características del concreto (ventajas y desventajas)

(Curbelo J., 2015), indica como ventajas del concreto lo siguiente:

- Es refractario.
- Puede adoptar cualquier forma.
- Puede trasladarse a cualquier lugar.
- Puede prefabricarse.
- Su resistencia al intemperismo es notable.
- Gasto de mantenimiento bajo.
- Tiene acción monolítica.
- Absorbe las vibraciones y oscilaciones.
- Tiene una relativa alta resistencia a compresión.
- Elevada resistencia al fuego y penetración del agua.

Pero el concreto también tiene sus desventajas como:

- Su gran peso.
- Su baja resistencia a la tracción.
- El tiempo que tarda en adquirir su resistencia útil.
- La dificultad que tiene al realizar ampliaciones.

2.2.1.3 Propiedades del concreto en estado fresco

Según (Sanchez de Guzman, 2001), debido a que todas las propiedades del concreto en estado endurecido dependen en mayor o menor grado de las características en estado fresco, los cuales se mencionan a continuación:



- Manejabilidad: según el comité 211 de ACI, la manejabilidad, es también conocida como trabajabilidad, se considera como aquella propiedad mediante la cual se determina su capacidad de ser colocado y consolidado apropiadamente y para ser terminado sin segregación dañina alguna.
- Consistencia: este término es para caracterizar el plástico del concreto, se refiere a su estado de fluidez, es decir, qué tan dura (seca) o blanda (fluida) viene a ser una mezcla de concreto, por lo cual se dice que es el grado de humedad de la mezcla.
- Plasticidad: es la consistencia del concreto tal que pueda ser fácilmente modelado, pero que le llegue a permitir al concreto fresco cambiar de forma lentamente si se saca el molde.
- Segregación: está definida como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea, de tal manera que la distribución no sea uniforme por la falta de cohesión. Esta se puede presentar en dos maneras; una, cuando las partículas gruesas tienden a separarse por desplazamiento sobre los taludes de la mezcla amontonada o porque se llegan a asentar más que las partículas finas por acción de la gravedad; esta generalmente ocurre en mezclas secas y poco cohesivas. La otra forma es la disgregación de la pasta (cemento y agua) de la mezcla, lo cual ocurre en mezclas húmedas y con pasta muy diluida.
- Exudación: consiste en qué parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso del fraguado. Por tal razón, se dice que es una forma especial de segregación o de sedimentación de las partículas, las cuales no pueden retener toda el agua cuando se asientan.
- Temperatura: la temperatura del concreto en estado fresco afecta a todas las propiedades del concreto en estado plástico, en especial al asentamiento y el contenido de aire. Por ello es conveniente verificarla, aunque hoy en día no existe ningún método normalizado para medirla. Sin embargo, el empleo de un termómetro de bolsillo es suficiente.

2.2.1.4 Componentes del concreto

El concreto está compuesto de cemento agua y agregados como elementos principales. Como elemento secundario pueden ser considerados el aire, aditivos y fibras. Las propiedades y características, tanto como las especificaciones requeridas de los materiales que serán empleados en la producción del concreto, deben ceñirse a la normatividad NTP vigente en el país, en caso de no existir estas se ceñirán a la norma ASTM. (Rivva Lopez , 2000)



2.2.1.4.1 Cemento

“Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas de calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel Carbajal, 1998).

2.2.1.4.1.1 Cemento Portland

Viene a ser el producto resultante de la adición al cemento Portland normal de material puzolanico en un porcentaje de 15 a 50%. Esta unión puede darse en el estado de Clinker, para que sean molidos conjuntamente, a la fineza adecuada o también directamente con el cemento. (El blog del Ingeniero Civil, 2011)

a) Materias primas del cemento Portland

(Torre Carrillo, 2004), las principales materias primas que son necesarias para la fabricación de un cemento Portland son los siguientes:

- **Materiales calcáreos:** Estos deben contener un apropiado contenido de carbonato de calcio (Co_3Ca) que es entre 60% a 80% y no deberán tener más de 1.5% de magnesia. Dentro tenemos a las maras, cretas y calizas, que en general estos insumos suministran el óxido de calcio o cal.
- **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proporcionan el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, dentro de estos se encuentran a las pizarras, esquistos y arcillas en general.
- **Minerales de fierro:** Estos son los que abastecen el óxido férrico en cantidades pequeñas. En algunos casos estos vienen con la arcilla.
- **Yeso:** Este insumo es el que aporta el sulfato de calcio. El yeso se incorpora al Clinker para controlar (retardar y regular) la fragua, sin este el cemento llegaría a fraguar rápidamente debido al calor de hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetracálcico.

b) Proceso de fabricación

(Torre Carrillo, 2004), a continuación, es el proceso de fabricación del cemento:

- **Extracción de la materia prima:** Es realizada con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. Este material resultante es transportado para su trituración, esta etapa abarca los procesos de exploración, perforación, carguío y acarreo.



- Trituración de la materia prima: Se ejecuta en dos etapas, al principio se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirse de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm. (Chancado primario). El material se deposita en una cancha de almacenamiento y luego de verificar su composición química, pasa al chancado secundario reduciéndose a tamaños de hasta $\frac{3}{4}$ " aproximadamente.
- Pre-homogenización: El material triturado es llevado a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización.
- Molienda de crudos: Esta transformación es realizada por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino además de dosificarse adecuadamente los materiales para lograr un crudo optimo que será el que ingrese al horno.
- Homogenización: El crudo finamente molido debe ser homogenizado con el fin de garantizar que el Clinker sea de calidad constante es decir en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo. Una vez realizado este proceso el material es transportado mediante fajas transportadoras al intercambiador de calor.
- Intercambiador de calor (Precalentador): Son edificios que cuentan con una torre de ciclones ubicados uno encima del otro. El crudo ya homogenizado ingresa por el extremo superior de este precalentador pasando a través de los ciclones quienes captan el calor residual evacuados con los gases de combustión salientes del horno en contracorriente con el flujo del material que ingresa, entonces este crudo que se calienta por acción de los gases generados en el quemador del horno e iniciándose de esta manera el proceso de descarbonatación y transformación termo-químico del crudo. En esta etapa se pueden alcanzar temperaturas hasta de 850°C (en la entrada al horno rotatorio), y en la parte alta (zona de salida de los gases del precalentador) se alcanzan temperaturas alrededor de 280°C. En la base de este edificio se encuentra un sistema de precalcación previo a su ingreso al horno rotatorio. El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes provenientes del horno, en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros.
- Clinkerización: Viene a ser la zona más importante del horno rotatorio siendo este el elemento fundamental para la fabricación del cemento, está compuesta de un tubo cilíndrico



de acero con diámetros de 4 a 5 m. y longitudes de 70 a 80 m. los mismos que interiormente se encuentran revestidos interiormente con materiales refractarios para la obtención del Clinker se debe alcanzar temperaturas alrededor de los 1500°C, el proceso en si es complejo se puede decir que se inicia con el ingreso del crudo descarbonatado al horno rotatorio y que por efecto del calor que genera la combustión del carbón o petróleo en un quemador situado en el extremo de la salida sufre transformaciones físicas y químicas , llegándose a obtener el producto intermedio llamado Clinker esto sucede a temperaturas del orden de los 1400 a 1450°C. El horno rotatorio de Cementos Lima alcanza una longitud de 83 m. y un diámetro de 5.25 m. y una inclinación del 3% que permite el avance del material por deslizamiento, estos hornos giran a velocidades de 4.5 r.p.m y las temperaturas van desde 850°C hasta 1450°C. Sin embargo, la fase liquida que nos indica el inicio del proceso de sinterización tiene lugar a temperaturas de 1260°C y que al aumentar la temperatura aumenta también la fase liquida o fundida.

- **Enfriamiento:** No todos los minerales deseados del Clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de clinkerización por lo que es necesario que el Clinker caliente deba ser enfriado rápidamente es decir una vez que el Clinker es descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de clinkerización que se dan en los enfriadores. Si el Clinker formado por el proceso de sinterización se enfría lentamente puede invertirse el sentido de las reacciones de equilibrio y podrían disolverse en la fase liquida una parte del silicato Tricálcico (compuesto importante para el desarrollo de resistencias en el cemento) , por lo tanto un proceso de enfriamiento lento podría bajar la resistencia del cemento por otro lado un proceso de enfriamiento rápido el cual es deseable por los efectos que podrían causar en el cemento tales como: mejor molturabilidad por la existencia de fisuras tensionales en el Clinker, menor proporción de alita disuelta.
- **Molienda del Clinker:** Por medio del desarrollo de extracción controlado, el Clinker ingresa a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se logrará una superficie específica ala de los granos del cemento.
- **Envasado y despacho:** Generalmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 Kg., de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel.

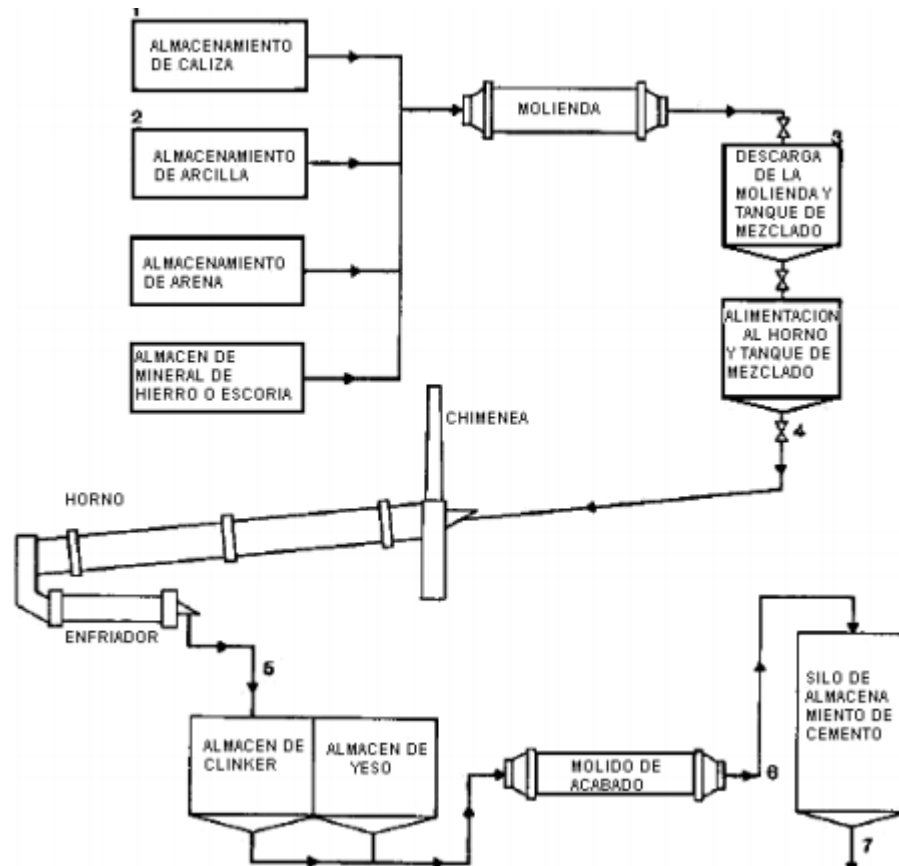


Figura 2 : Proceso de fabricación del cemento

Fuente: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

c) Composición Química

La composición química del cemento Portland, está expresada por el contenido de óxidos en porcentajes, los cuales mencionamos a continuación:

Tabla 1 : Componentes químicos del cemento Portland

Oxido componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO ₂	16% - 26%	S
Al ₂ O ₃	4% - 8%	A
Fe ₂ O ₃	2% - 5%	F
SO ₃	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%	
Mn ₂ O ₃	0% - 3%	
TiO ₂	0% - 0.5%	
P ₂ O ₅	0% - 1.5%	
Pérdida por calcinación	0.5% - 3%	

Fuente: (Torre Carrillo, 2004)

(Torre Carrillo, 2004), entre tanto la calcinación en la elaboración del clinker de cemento Portland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre si dando lugar a cuatro importantes compuestos.

Tabla 2 : Compuestos químicos del cemento Portland

Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
3CaO.SiO ₂	30% - 50%	C3S
2CaO.SiO ₂	15% - 30%	C2S
3CaO.Al ₂ O ₃	4% - 12%	C3A
4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	8% - 13%	C4AF
CaO (Cal libre)		
MgO (Magnesia libre)		

Fuente: (Torre Carrillo, 2004)

2.2.1.4.1.2 Tipos de cemento Portland

Cementos portland sin adición: constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso)

Tabla 3: Tipos de cemento

Tipo I:	Este cemento es de uso común, por lo tanto, no posee propiedades especiales, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos (presencia de sulfatos).
Tipo II:	Este cemento posee un moderado calor de hidratación y resistencia a los sulfatos, mayormente son usados en ambientes como aguas freáticas, los vaciados son en grandes volúmenes.
Tipo III:	Posee la propiedad de desarrollar velozmente su resistencia al tener un elevado calor de hidratación, son usados especialmente en climas fríos o cuando la estructura se deba poner en servicio pronto, físicamente es similar al Tipo I con la diferencia que sus partículas fueron molidas más finamente.
Tipo IV:	Este cemento desarrolla resistencia a una velocidad inferior a la de otros tipos de cemento, es usado para estructuras de concreto con volúmenes masivos como diques o presas.
Tipo V:	Posee alta resistencia a la acción de los sulfatos y se emplea para estructuras que están expuestas a acciones severas de estos, pero no al ataque de soluciones ácidas, su resistencia se adquiere más lentamente con respecto a un cemento de Tipo I.

Fuente: Pasquel Carbajal

Cemento Portland adicionado: contienen además de Clinker Portland y yeso, dos o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento, según la norma ASTM C595, tenemos los siguientes:

- Tipo IP y IPM: cementos cuya adición es la puzolana, tiene uso similar al del tipo I y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, tiene moderado calor de hidratación y de resistencia moderada a los sulfatos.
- Tipo MS: son cementos adicionados con escorias, es empleada en todo tipo de construcciones de concreto, tienen resistencia a la agresión química, se pueden utilizar en estructuras de ambientes y suelos húmedos salitrosos. Tiene moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

- Tipo ICO: es un cemento tipo I mejorado con mayor plasticidad, puede utilizarse en obras de concreto simple y concreto armado en general, morteros, tarrajeo y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones.

2.2.1.4.1.3 Cemento Portland tipo IP (cemento usado en la investigación)

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% a 40% del peso total.

La puzolana es un material sílico aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún valor cementicio pero que, dividido finamente, con la presencia de agua y a la temperatura ambiente normal, es capaz de reaccionar químicamente con el Hidróxido de calcio para formar compuestos con propiedades cementicias. (Cemento Yura, 2009)

Tabla 4 : Cemento Portland IP

Cemento portland IP	
Peso específico	2.85 gr/cm ³
Superficie específica	4700 cm ² /gr.

Fuente: (Rivva Lopez , 2000)

2.2.1.4.2 Agregados

Sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidos los agregados, que ocupa aproximadamente del 65% al 80% del volumen de unidad cúbica de concreto. (Rivva Lopez , 2000)

Además, el agregado tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto tanto en su estado plástico como ya endurecido. Además de los efectos específicos sobre las diversas propiedades del concreto, las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados tienen efecto importante no solo en el acabado y calidad final del concreto, sino también en la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios de volumen y peso unitario. (Rivva Lopez , 2000)

“Se denomina como agregado a material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).



Según (Huerta), la importancia es porque influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

2.2.1.4.2.1 Importancia de los Agregados

“Es el material que constituye el más alto porcentaje que interviene en la unidad cubica del concreto, que tiene como influencia determinante sobre las propiedades del concreto tanto en su estado plástico como ya endurecido” (Rivva Lopez , 2000).

2.2.1.4.2.2 Clasificación de los Agregados

Según su procedencia, los podemos clasificar como:

- Agregados Naturales: Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales como: depósitos de arrastres pluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen. (Rivera G., 2013)
- Agregados Artificiales: Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: escorias de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes. (Rivera G., 2013)

Según su tamaño, los podemos clasificar:

- Agregado Fino: Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg.) y que cumple con los límites establecidos con la norma. (Rivera G., 2013)
- Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la norma. (NTP 400.037, 2002). Tamaño máximo, según NTP 400.037, es el menor tamiz por el que pasa el 100% de la muestra y el tamaño máximo nominal, es el menor tamiz que produce el primer retenido. (Rivera G., 2013)



Según gravedad específica, podemos clasificar:

- Ligeros: $G_s < 2.5$. Son aquellos agregados que se utilizan para producir concreto aislante, unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kg/m³.
- Normales: $2.5 < G_s < 2.75$. Estos se usan en el concreto de peso normal, por lo general de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica.
- Pesados: $G_s > 2.75$. Son usados para producir concreto de 2900 a 3500 kg/m³, se utiliza para blindaje contra la radiación y para contrapesos de concreto.

2.2.1.4.2.3 Características físicas del agregado

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, para evaluar estos requerimientos es necesario tener claros los conceptos relativos de las características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas. (Pasquel Carbajal, 1998)

- a) **Granulometría:** Indica que es la disposición de los tamaños de las partículas que constituyen un bloque de agregados; se establece mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad de una mezcla a otra. En general, los agregados deben de tener partículas de todas las distribuciones con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de ésta forma se obtiene una máxima densidad; como la cantidad de pasta (agua más cemento) que se necesita para una mezcla es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados, es conveniente mantener este volumen al mínimo. (Rivva López, 2010)

El significado del análisis granulométrico de los agregados consiste en la influencia directamente de la granulometría en muchas propiedades del concreto tanto fresco como endurecido, interviniendo como elemento indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas. (Pasquel Carbajal, 1998)

Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Tabla 5 : Requisitos granulométricos de agregado grueso según NTP 400.037

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NIMINAL	REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO													
		PROCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMCES NORMALIZADOS													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300µm
		4 pulg	3 1/2 pulg	3 pulg	2 1/2 pulg	2 pulg	1 1/2 pulg	1 pulg	3/4 pulg	1/2 pulg	3/8 pulg	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50
1	90mm a 37.5mm	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—	—
2	63mm a 37.5mm	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	—
3	50mm a 25.0mm	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—
357	50mm a 4.75mm	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—	—
4	37.5mm a 19.0mm	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	—	0 a 5	—	—	—	—
467	37.5mm a 4.75mm	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—	—
5	25mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	—	—	—	—	—
56	25mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	—	—	—	—	—
57	25mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	—	—	—	—
6	19mm a 9.5mm	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—	—
67	19mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—
7	12.5mm a 4.75mm	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—	—
8	9.5mm a 2.36mm	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	—
89	9.5mm a 1.18mm	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	25 a 65	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	—

Fuente: (Rivva López, 2010)

Granulometría del agregado fino

Se le denomina agregado fino a aquel agregado que pasa en su totalidad por la malla 3/8” y la N° 4, y cuyo volumen es retenido casi del todo en la malla N° 200. Este agregado deberá cumplir con los parámetros dispuestos en la norma ASTM -33, se recomienda que la granulometría del agregado fino esté dentro de los parámetros siguientes:

Tabla 6 : Requisitos granulométricos del agregado fino según NTP 400.037

Malla	% que pasa
3/8”	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-85
N°30	25- 60
N°50	5-30
N°100	0-10

Fuente: (Rivva López, 2010)

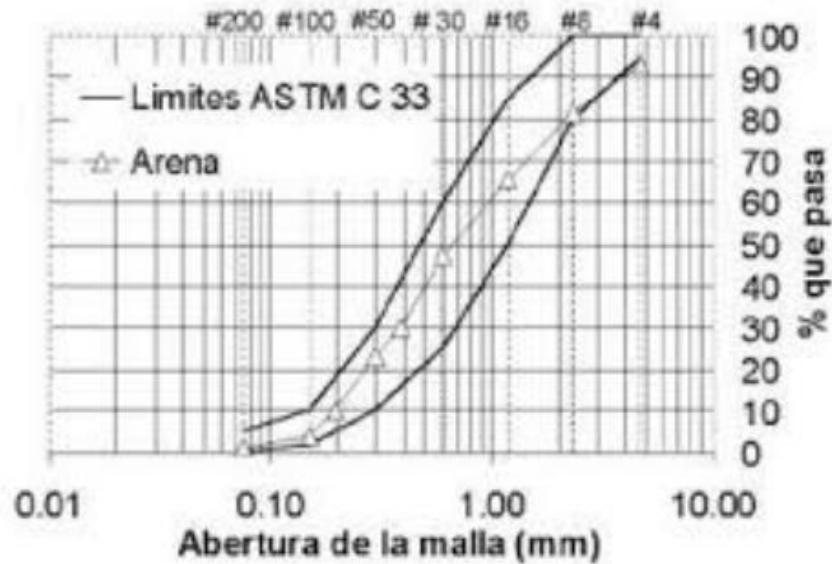


Figura 3 : Granulometría de la arena

Fuente: (Rivva López, 2010)

Módulo de Fineza del agregado fino

Es un valor aproximado del tamaño medio de los agregados. Los valores que se obtiene son directamente proporcionales a la gradación de dicho agregado, es decir, al adquirir un mayor valor el agregado es más grueso y si se adquiere un menor valor el agregado tiende a ser más fino.

Este valor es calculado por la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas estándar: 3", 1, 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo la sumatoria de estas entre 100. De acuerdo a la norma ASTM C33 el módulo de fineza de la arena se debe ubicar dentro de los rangos no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

b) Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso

“Viene a ser el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido” (INDECOPI, NTP 400.037, 2014).

c) Peso Específico

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen rechazando los vacíos entre ellas.



d) Peso unitario

Es la consecuencia de dividir el peso entre el volumen total de las partículas incorporando los vacíos.

Para precisar este valor se toman las sugerencias que la norma NTP 400.017 (ASTM C-29) nos brinda, este un método estándar que en resumidas cuentas consiste en compactar las partículas dentro de un molde metálico de un volumen y diámetro conocidos apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. Para obtener un porcentaje de error mucho más mínimo se recomienda realizar el ensayo 3 veces y se promedian los valores obtenidos para luego ser usado en el diseño de mezcla que el diseñador crea conveniente.

e) Absorción

Es la capacidad de los agregados de ocupar los vacíos al interior de las partículas con agua. Este valor está dado en el porcentaje de agua absorbido por el agregado ya sea grueso o fino luego de ser saturado en agua durante un periodo de 24 horas, el agregado es considerado seco cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un determinado tiempo para remover toda el agua. (INDECOPI, NTP 400.037, 2014)

Es de interés sustancial para el adecuado diseño de mezcla y teniendo influencia en las correcciones de la cantidad de agua necesaria para esta, e incide en las propiedades de trabajabilidad y resistencia de la misma. Su cálculo procede de la siguiente formula:

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

f) Peso específico de la masa

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, NTP 400.022, 2002)

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Dónde:

P_{em} = Peso específico de masa

W_o = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos)

V = Volumen del frasco en cm^3

V_a = Peso en gramos o volumen cm^3 de agua añadida al frasco.



g) Peso Específico de la Masa Saturada Superficialmente Seca

Este valor es obtenido en laboratorio a una temperatura estable ambiente y resulta del cálculo la masa en el aire de un volumen unitario de agregado ya sea fino o grueso que incluya la masa del agua de los poros llenos, que fueron saturados por sumersión durante 24 horas previas al ensayo, comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (INDECOPI, NTP 400.022, 2002)

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100$$

Dónde:

PeSSS = Peso específico de masa saturada

V = Volumen del frasco en cm³

Va = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco.

h) Contenido de Humedad

Es una característica importante del agregado fino o grueso ya que contribuye al incremento del agua de mezcla, este debe ser considerado en la parte de correcciones por humedad dentro del diseño de mezcla. El contenido de humedad es expresado en porcentaje y es calculado por la siguiente fórmula según la norma NTP 339-185 (ASTM C-566):

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

2.2.1.4.2.4 Caucho

El caucho es un hidrocarburo de gran importancia que se obtiene del látex de ciertos arboles de la zona tropical. Cuando se calienta el látex o se le añade aceite acético, los hidrocarburos en suspensión, con pequeñas cantidades de otras sustancias se coagulan y pueden extraerse del líquido. El producto obtenido es el caucho bruto, viscoso y pegajoso, blando en caliente y duro y quebradizo en frío. Al estirarlo, no vuelve a adquirir después la forma primitiva. (Castro, 2008)

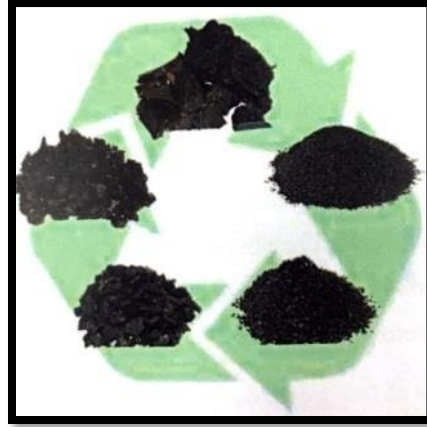


Figura 4: Fibras de Caucho
Fuente: (de Mendoza, 2015)

“El caucho natural se obtiene de cierto tipo de árboles (especies Hevea, Ficus y otras) que exudan una sustancia blanca y lechosa, el “látex”, cuando se hace una incisión profunda en su corteza (el árbol no se daña)” (López González, 2018).

“El látex contiene de 30-36% de caucho en forma de pequeñísimas gotas en suspensión, el que es obtenido en forma sólida por “coagulación” mediante ácido fórmico (HCOOH) o acético (CH₃COOH) a un pH de 4,8 a 5,0” (López González, 2018).

Este caucho coagulado se procesa en máquinas provistas de cilindros rotatorios, para obtener un material laminado denominado “caucho bruto”. Este material es flexible, pero con el tiempo se oxida lentamente y comienza a fragilizarse, por lo que debe ser sometido a otros procesos. (Textos Científicos, 2016)

Existen diferentes tipos de caucho, y estos se pueden clasificar en dos grandes grupos: El caucho natural y El caucho sintético el cual será usado en la investigación. La principal diferencia entre ambos radica en el origen de las materias primas. A continuación, se explica uno de ellos:

-Caucho sintético: Este se obtiene a partir del procesamiento de hidrocarburos.

Hoy en día el caucho posee múltiples utilidades en diferentes tipos de industrias (automotriz, calzado, adhesivos, etc). El caucho Estireno Butadieno más conocido como caucho SBR es un copolímero (polímero formado por la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros) del Estireno y el 1,3 – Butadieno. Este es el caucho más utilizado a nivel mundial. (Extrusiones S.A, 2005)



Propiedades del Caucho

(Cifuentes Álvarez, 2011), indica lo siguiente:

Las propiedades físicas del caucho

- Módulo de fineza de 4.21.
- Porcentaje de absorción es 0.
- Varían de acuerdo a la temperatura.
- A bajas temperaturas, se vuelve rígido.
- Cuando se congela en estado de extensión adquiere una estructura fibrosa.
- A más de 100°C se ablanda y sufre alteraciones permanentes.

Las propiedades mecánicas del caucho

(Gere Timoshenko), indica lo siguiente:

- Elasticidad 0.1 – 0.6
- Permeabilidad 0
- Resistencia a la deformación 0.45 – 0.50.

Las propiedades químicas

- La composición química del caucho no afecta en el diseño de mezclas.
- La plasticidad puede modificarse dentro de ciertos límites por la acción de ciertos productos químicos.

“La densidad del caucho a 0°C es de 0.950, y a 20°C es de 0.934. El caucho bruto deshelado después de la masticación por cilindros fríos no varía de densidad” (Castro, 2008).

Proceso de Elaboración del Caucho Sintético Granulado

Los residuos de caucho se procesan mecánicamente. Una cinta transportadora lleva las fibras hasta cribas. En ellas, primero se tritura el caucho reciclado, luego clasifican la fibra de caucho por distintos tamaños y, a continuación, un posterior proceso purifica las fibras, eliminando los residuos no utilizables. Y el tras hacerlo así es cuando este material en bruto se convierte en un producto semi manufacturado adecuado para los elementos que requieren una gran capacidad de impactos. Las fibras de caucho puro se emplean superficies deportivas, losetas de seguridad y otros productos. (VS Rubber, 2012)

El caucho que se empleará son gránulos de caucho de neumáticos reciclados que pueden servir como reemplazo en un porcentaje del agregado fino (30%) para un concreto $f'c=210$ kg/cm².



2.2.2 Diseño de mezclas

“El método del comité 211 de American Concrete Institute (ACI) se basa en tablas empíricas mediante las cuales se determinan las condiciones de partida y la dosificación” (Rivva López, 2010).

2.2.2.1 Secuencia del diseño

(Rivva López, 2010), Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla, las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica los siguientes pasos:

Combinación de agregados:

Según (Casanova León & Olivera Carrillo, 2015)

- ✓ En primera instancia trabajamos con la cantidad que pasa el tamiz N° 50, debido a que muchos técnicos consideran que esta cantidad tiene una influencia importante en la trabajabilidad del concreto.
- ✓ Se considera una mezcla de 50% - 50% y se verificó si con esta relación se satisfacen los parámetros (superior e inferior).
- ✓ A partir de este primer tanteo se modificó las distintas proporciones hasta lograr el cumplimiento con lo establecido en la norma, encontrando como los porcentajes óptimos.

a) Selección de la Resistencia Promedio a partir de la Resistencia en Compresión Especificada y la Desviación Estándar

Las siguientes fórmulas nos permiten determinar la resistencia a compresión requerida mediante la desviación estándar.

Tabla 7 : Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia específica de la compresión, Kg/cm ²	Resistencia promedio requerida de la compresión, Kg/cm ²
$F'c \leq 350$	Usar el valor mayor obtenido de las ecuaciones (5-1) y (5-2): $F'cr = F'c + 1.34 Ss$ (5-1) $F'cr = F'c + 2.33 Ss - 35$ (5-2)
$F'c > 350$	Usar el valor mayor obtenido de las ecuaciones (5-1) y (5-2): $F'cr = F'c + 1.34 Ss$ (5-1) $F'cr = 0.9 F'c + 2.33 Ss - 35$ (5-3)

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009)

Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibiliten el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida debe ser determinada empleando los valores de la siguiente tabla.

Tabla 8 : Resistencia a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm ²
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
Mayor a 350	$1.10 f'c + 50$

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009)

b) Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

La Norma NTP 400.037 define al "Tamaño Máximo Nominal" como a aquel que "corresponde el menor tamiz por la serie utilizada que produce el primer retenido" (Rivva López, 2010).

c) Determinación del Asentamiento

(Rivva López, 2010), La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto la clasifican en:

- Mezclas secas: aquella cuyo asentamiento está entre cero y dos pulgadas (0mm a 50mm).
- Mezclas plásticas: aquella cuyo asentamiento está entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100mm).



- Mezclas fluidas: aquella cuyo asentamiento está entre cinco a más pulgadas (mayor de 125mm).

“De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento, medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto” (Rivva López, 2010).

d) Establecimiento de la Cantidad de Agua por m³ de Concreto

Es en función de las condiciones de trabajabilidad, tamaño máximo de los agregados y ocasionalmente el tipo de cemento.

e) Definición de la Relación Agua/Cemento en Peso

Está en base a la resistencia en compresión solicitada o requisitos de durabilidad.

f) Cálculo de la Cantidad de Cemento en Peso

Se realiza en función a la relación agua/cemento y la cantidad de agua.

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Relación a/c}}$$

g) Cálculo de los Volúmenes Absolutos de Agua y el Cemento

$$\text{Vol. Abs. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso específico agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\text{Vol. Abs. Agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Peso específico agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

h) Estimación del Porcentaje de Aire

Por m³ y el volumen absoluto que atraparé el concreto en función de las características granulométricas de los agregados.

i) Obtención del Volumen Absoluto del Agregado Grueso

Se determina en donde influye el Tamaño Máximo Nominal, y el Módulo de Fineza del Agregado Fino.

j) Obtención del Volumen del Agregado Fino

Está determinado a través de la resta de 1 m³ los volúmenes hallados de cemento, agua, agregado grueso y aire.

$$\text{Vol. Abs. Agre. Fino} = 1\text{m}^3 - \text{Vol. Abs. Cemento(m}^3\text{)} - \text{Vol. Abs. Agua(m}^3\text{)} - \\ \text{Vol. Aire(m}^3\text{)} - \text{Vol. Abs. Agre. Grueso}$$

k) Cálculo de los Pesos que corresponden a los Volúmenes de Agregados Obtenidos



$$\text{Peso piedra}(kg) = \text{Vol. Abs. Piedra}(m^3) \times \text{Peso Espec. Piedra}\left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

$$\text{Peso arena}(kg) = \text{Vol. Abs. arena}(m^3) \times \text{Peso Espec. Arena}\left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

l) Corrección por Humedad y Absorción del Diseño

$$\text{Peso Húmeso Piedra}(kg) = \text{Peso Piedra}(kg) \times (1 + \text{Humedad Piedra})$$

$$\text{Peso Húmeso Arena}(kg) = \text{Peso Arena}(kg) \times (1 + \text{Humedad Arena})$$

$$\text{Balance Agua en la Piedra}(\%) = \text{Humedad Piedra} - \text{Absorción Piedra}$$

$$\text{Balance Agua en la Arena}(\%) = \text{Humedad Arena} - \text{Absorción Arena}$$

$$\text{Contribución Agua Piedra}(kg) = \text{Balance Piedra}(\%) \times \text{Peso Húmedo Piedra}(kg)$$

$$\text{Contribución Agua Arena}(kg) = \text{Balance Arena}(\%) \times \text{Peso Húmedo Arena}(kg)$$

$$\text{Agua Final} = \text{Agua}(kg) - \text{Contribución Agua Piedra}(kg)$$

$$- \text{Contribución Agua Arena}(kg)$$

m) Diseño Final

- Agua final (kg)
- Peso Húmedo Piedra (kg)
- Peso Húmedo Arena (kg)
- Peso Cemento (kg)

2.2.3 Agua

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales, si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto. (Castillo, 2009)

2.2.3.1 Curado con agua

El método elegido debe proporcionar una cubierta de agua continua y completa libre de cantidades perjudiciales de materias deletéreas o de otras que ataquen, manche, o decoloren el concreto. Se debe evitar el impacto térmico debido al empleo de agua fría. (Castillo, 2009)

• **Inmersión:** Se emplea cuando se trata de losas como pisos de puentes, pavimentos, techos planos, es decir cualquier lugar donde sea posible crear un charco de agua mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa. Debe evitarse los daños



provocados por la liberación prematura; el agua de curado no debe de ser de 11°C más fría que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos de temperatura en la superficie puede causar agrietamiento. (Castillo, 2009)

- **Aspersión:** El rociado de niebla o aspersión mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente, cuando la temperatura es bastante superior a la congelación. (Castillo, 2009)

- **Costales, carpetas de algodón y alfombras:** Consiste en cubrir con costales, alfombras u otra cubierta de un material absorbente el concreto, cuya función será de retener el agua sobre la superficie del concreto, sea horizontal o vertical. (Castillo, 2009)

2.2.4 Propiedades mecánicas del concreto

2.2.4.1 Resistencia a compresión (Variable interviniente)

La resistencia a compresión del concreto es la capacidad de soportar una carga por unidad de área, esta medida es común del desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Esta se mide mediante la ruptura de las probetas cilíndricas en una máquina para ensayos de compresión.

Ensayo de Resistencia a compresión (NTP 339.034)

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} (kg/cm^2)$$

Dónde:

f'c: Es la resistencia de rotura a la compresión, kg/cm².

P: La carga aplicada sobre la superficie de la probeta de concreto, kg.

A: Es el área de superficie donde se aplicará la carga, cm².



Figura 5 : Ensayo a compresión del concreto
Fuente: Propia

2.2.4.2 Resistencia a flexión

Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces de espesor.

Ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo (NTP 339.078)

El ensayo llamado ensayo de tracción por flexión (Modulo de rotura), es una medida indirecta ft. Se obtiene ensayando hasta la rotura una probeta prismática de concreto simple de 6"x6"x18" simplemente apoyada, con cargas a los tercios. Para calcular el esfuerzo de rotura f_r se asume una distribución lineal de los esfuerzos internos y se aplica la fórmula de resistencia de materiales (Ottazi Pasino, 2004):

$$f_r = \frac{PL}{bh^2}$$

f_r = módulo de rotura, psi o Kg/cm²

P = carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, lbf, o N

L = longitud de tramo, pulgadas o cm

b = profundidad total del espécimen, cm

h = altura media de la muestra, en la fractura, pulgadas o cm

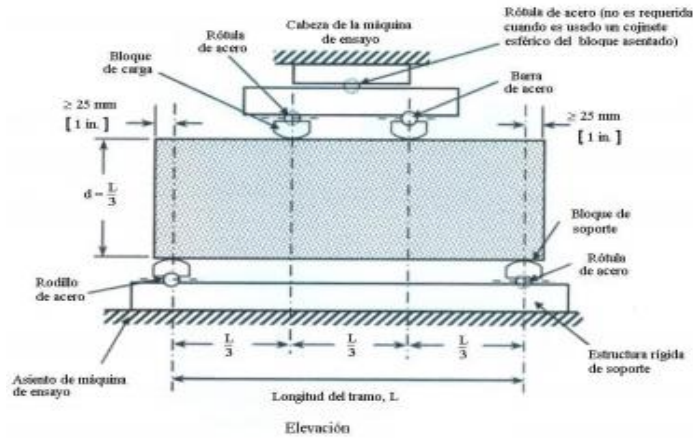


Figura 6 : Resistencia a la flexión
Fuente: NTP 3339.078

2.2.4.3 Resistencia a tracción

2.2.4.3.1 Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de ésta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Para estimarlo se ha diseñado dos métodos indirectos. (E. Harsem, 2002)

Ensayo de tracción por compresión diametral de cilindros estándares de concreto (NTP 339.084)

El método de ensayo consiste en someter un cilindro estándar cargada diametralmente, tal como se ilustra en la Figura 5. Los esfuerzos a lo largo del diámetro vertical varían de compresiones transversales muy altas cerca de las zonas de aplicación de cargas a esfuerzos de tracción prácticamente uniformes en aproximadamente las 2 terceras partes del diámetro (Ottazi Pasino, 2004).

El esfuerzo de rotura se calcula a partir de la siguiente formula:

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi ld} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

f_{sp} = Resistencia a la tracción indirecta, kg/cm².

P= Carga de falla, kg.

L= Longitud en centímetros

d = diámetro del espécimen en centímetros

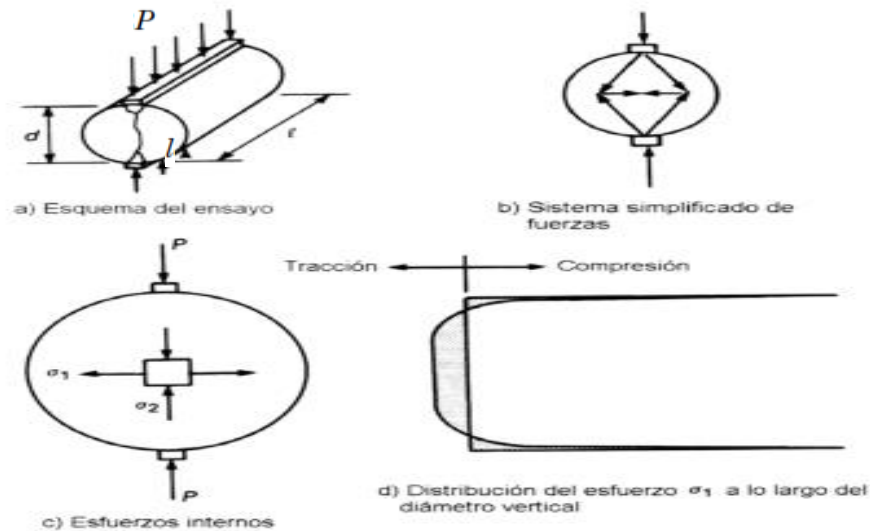


Figura 7 : Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros de Concreto

Fuente: (Ottazi Pasino, 2004)

2.2.4.4 Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad de un material es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico. Es función del ángulo de la línea esfuerzo-deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación. Por lo anterior, ha sido necesario definir términos como módulo secante y módulo tangente en un intento por convenir un valor para el módulo de elasticidad del concreto (Ridell C. & Hidalgo O., 2002)

La Figura 6 muestra las distintas definiciones que puede adoptar el módulo de elasticidad del concreto simple: el módulo tangente inicial, el módulo tangente en un punto determinado de la curva y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Esta última definición es la más utilizada para cargas de corta duración y se suele calcular para un esfuerzo cercano a $0.5 f'c$. El módulo de elasticidad tangente inicial, normalmente es un 10% mayor que la secante. Las Normas ASTM (C469-94) especifican la manera de calcular el módulo secante a partir de los ensayos de compresión en probetas estándar de concreto (Ottazi Pasino, 2004).

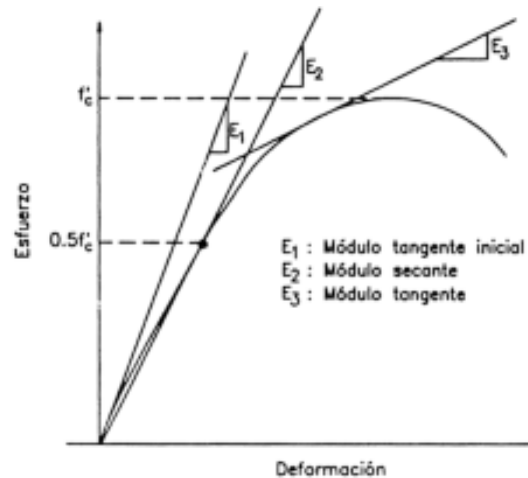


Figura 8 : Módulo de Elasticidad del Concreto
Fuente: (Ottazi Pasino, 2004)

Cálculo del módulo de elasticidad del concreto (ASTM C-469)

Este método de ensayo proporciona un valor de la relación esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que pueden ser establecidas.

Los valores del módulo de elasticidad y relación de Poisson, aplicables dentro del rango de esfuerzos de trabajo (0 a 40% de la resistencia última del concreto), puede ser usada en el dimensionamiento de miembros estructurales reforzados y no reforzados para establecer la cantidad del refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas.

Los valores del módulo de elasticidad obtenido serán usualmente menores que el módulo derivado de aplicación de carga rápida (por ejemplo, ratas dinámicas o sísmicas), y usualmente serán mayores que los valores obtenidos bajo aplicación de carga lenta o extendiendo la duración de la carga, manteniendo las otras condiciones de ensayo.

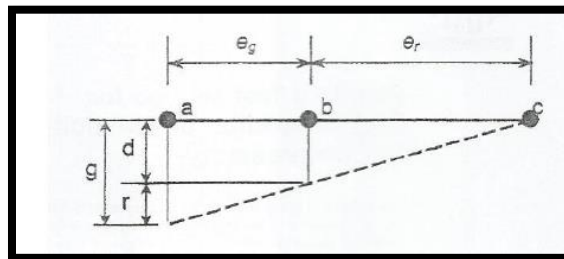


Figura 9 : Diagrama de desplazamientos
Fuente: (ASTM C-469)



$$d = g \frac{e_r}{e_r + e_g}$$

Donde:

d = Deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva de la línea de referencia.
(μm)

g = Lectura del dial. (μm)

e_r = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el vástago pivotado al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

e_g = La distancia perpendicular, (pulg., mm), con aproximación de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el dial a al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del yugo rotativo.

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0.000050)}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad secante, psi

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésima, y

ϵ_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2

2.2.4.5 Módulo de Poisson del concreto

Se usará el mismo cilindro al cual se le midió el módulo de Elasticidad y se le adosará el anillo con un dial a la mitad de la altura para medir el desplazamiento transversal y dos anillos extremos con un dial para medir la deformación vertical. Se aplicará cargas en intervalos y en cada etapa se leerán el dial que mide el desplazamiento transversal y el que mide el vertical.

Por debajo del esfuerzo crítico (75% a 80% de $f'c$) el Módulo de Poisson - μ - varía entre 0.11 y 0.21. Normalmente está en el rango de 0.15 a 0.20 y permanece aproximadamente constante bajo cargas sostenidas. En la práctica se suele adoptar $\mu = 0.15$, con lo cual el Módulo de Rigidez al Esfuerzo Cortante es. (Ottazi Pasino, 2004)

Calculo de módulo de Poisson del concreto (ASTM C-469)

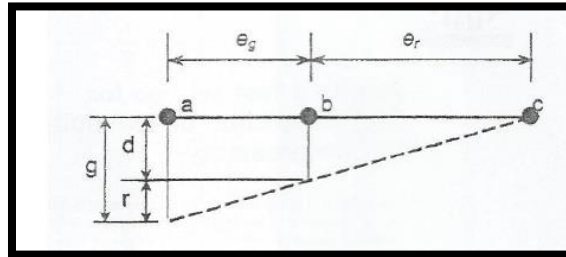


Figura 10 : Diagrama de deformación

Fuente: (ASTM C-469)

$$\mu = \frac{e_{t2} - e_{t1}}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

Donde:

μ = relación de Poisson

e_{t2} = deformación transversal a media altura del espécimen, producida por el esfuerzo S2, y

e_{t1} = deformación transversal a media altura del espécimen, producida por el esfuerzo S1.

S2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general.

El comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado serán valores mayores con respecto a los del concreto patrón.

2.3.2 Sub Hipótesis.

Sub Hipótesis N°1

La Resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado se incrementará con respecto al del concreto patrón.



Sub Hipótesis N°2

La Resistencia a la Tracción para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado aumentará con respecto al valor del concreto patrón.

Sub Hipótesis N°3

El valor del módulo de elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón.

Sub Hipótesis N°4

El valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón.

Sub Hipótesis N°5

La relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado estará dentro los parámetros $1.99 \sqrt{f'c}$ a $2.65 \sqrt{f'c}$ de acuerdo a la norma ACI 318.

2.4 Definición de variables.

2.4.1 Variables independientes

x1: Caucho granulado sintético: El caucho es un hidrocarburo de gran importancia que se obtiene del látex de ciertos arboles de la zona tropical.

2.4.1.1 Indicador de variables independientes

x1: Cantidad de caucho sintético granulado (kg)

2.4.2 Variables interviniente

xy: Resistencia a compresión: Es la evaluación en la cual se determinará la resistencia máxima alcanzada por la mezcla.

2.4.2.1 Indicador de variable interviniente

xy: Valor de la Fuerza/Área en kg/cm².

2.4.3 Variables dependientes

y1: Resistencia a la Flexión: Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga.



y2: Resistencia a la Tracción Indirecta: Es el máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de llegar a romperse.

y3: Módulo de Elasticidad: Es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico.

y4: Módulo de Poisson: Relación entre la deformación lateral y la correspondiente deformación longitudinal, en un cuerpo elástico sometido a un esfuerzo longitudinal.

2.4.3.1 Indicadores de variables dependientes

y1: Valor de la Fuerza/Área en kg/cm².

y2: Valor de la Fuerza/Área en kg/cm².

y3: Resistencia a Compresión y deformación axial.

y4: Deformación transversal.

2.4.4 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 9 : Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Descripción de la variable	Nivel	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente				
x1: Caucho Sintético granulado	El caucho es un hidrocarburo de gran importancia que se obtiene del látex de ciertos arboles de la zona tropical.	30%	Cantidad de caucho sintético granulado (kg)	Diseño de Mezclas
Variable interviniente				
xy: Resistencia a Compresión	Es la evaluación en la cual se determinará la resistencia máxima alcanzada por la mezcla.	7, 14 y 28 días	Fuerza / Área	Guías de Observación de Laboratorio. Formatos de evaluación de Resistencia a Compresión.
VARIABLES DEPENDIENTES				
y1: Resistencia a Flexión	Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga.	7, 14 y 28 días	Fuerza / Área	Guías de Observación de Laboratorio. Formatos de evaluación de Resistencia a Flexión.
y2: Resistencia a Tracción	Es el máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de fallar.	7, 14 y 28 días	Fuerza / Área	Guías de Observación de Laboratorio. Formatos de evaluación de Resistencia a Tracción.
y3: Módulo de Elasticidad	Es un parámetro de la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico.	7 y 28 días	Resistencia a Compresión y deformación axial	Guías de Observación de Laboratorio. Formatos de evaluación del Módulo de Elasticidad.
y4: Módulo de Poisson	Relación entre la deformación lateral y la correspondiente deformación longitudinal, en un cuerpo elástico sometido a un esfuerzo longitudinal.	7 y 28 días	Deformación transversal	Guías de Observación de Laboratorio. Formatos de evaluación del Módulo de Poisson.

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

“El presente trabajo de investigación es de tipo básico con un enfoque cuantitativo porque usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

Se demostrará las hipótesis obtenidas de acuerdo al valor del porcentaje de caucho sintético granulado reemplazando como agregado fino.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

Esta investigación es de nivel descriptivo con alcance correlacional, porque se quiere especificar, observar y describir las variaciones la resistencia a flexión, resistencia a tracción, el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción de las probetas de concreto con caucho sintético granulado como reemplazo del agregado fino.

“Una investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

3.1.3 Método de investigación

El método de investigación utilizado es hipotético-deductivo, puesto que se llegó a conclusiones a partir de hipótesis planteadas estableciendo la verdad o falsedad de cada una de estas con relación al porcentaje de caucho sintético granulado como reemplazo de agregado fino.

En el método hipotético-deductivo (o de contrastación de hipótesis) se trata de establecer la verdad o falsedad de las hipótesis (que no podemos comprobar directamente, por su carácter de enunciados generales, o sea leyes, que incluyen términos teóricos), a partir de la verdad o falsedad de las consecuencias observacionales, los enunciados que se refieren a objetos y propiedades observables, que se obtienen deduciéndolos de las hipótesis y, cuya verdad o falsedad estamos en condiciones de establecer directamente. (Behar Rivero, 2008)



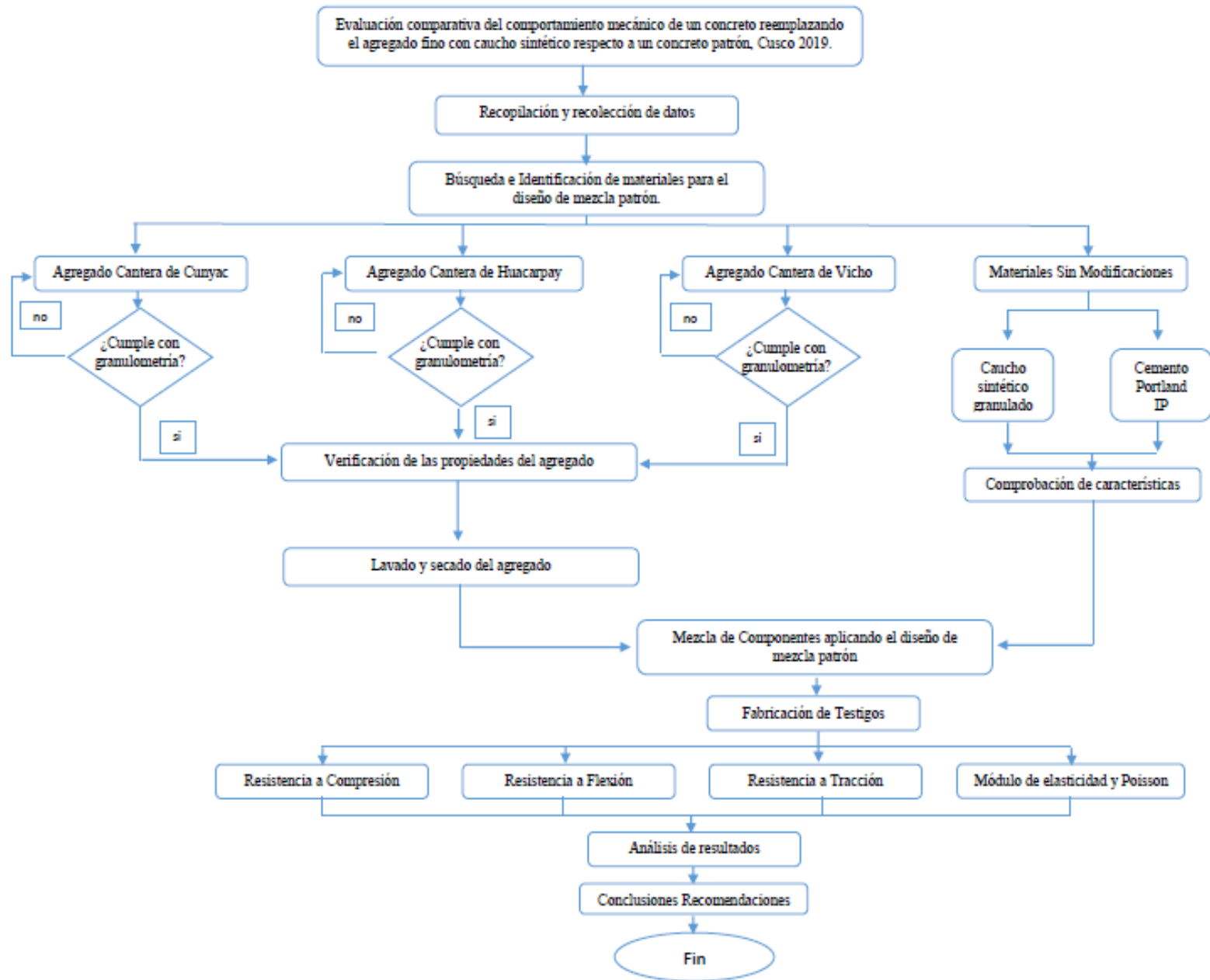
3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Diseño metodológico

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010), El diseño de la presente investigación fue experimental, debido a que el objetivo fue conocer las propiedades mecánicas que resulta de reemplazar el agregado fino por un porcentaje de caucho sintético granulado al concreto tradicional de resistencia $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y así explicar la variación que sufre, con la ayuda de métodos y técnicas de recaudación de información sobre el tema investigado.

3.2.2 Diseño de ingeniería

- Este proyecto de investigación en su primera etapa busca el conocimiento de las propiedades físico – mecánicas de los materiales utilizados y requeridos para el diseño de mezcla de concreto ya establecido como base para esta investigación.
- En la segunda etapa se procedió a la elaboración de testigos de concreto patrón como concreto sustituyendo el agregado fino con caucho sintético granulado, que estarán divididos en dos grupos: testigos circulares y testigos rectangulares cuyas dimensiones son estandarizadas de acuerdo a norma. Dichos testigos serán sometidos a curado por un periodo de 7, 14 y 28 días.
- A partir de los ensayos realizados: evaluaremos los valores de Flexión para 7, 14 y 28 días, Tracción para 7,14 y 28 días, Modulo de Elasticidad y Modulo de Poisson para 7 y 28 días; y Compresión para 7, 14 y 28 días como variable interviniente; tanto de concreto patrón como concreto reemplazado con caucho sintético granulado.
- Los resultados fueron discutidos y comparados de acuerdo a la variación de los mismos.
- A continuación, se muestra el diseño de ingeniería usado durante esta investigación.





3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

“La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación”(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

La población en la presente investigación está conformada por concreto patrón de resistencia $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregado fino de las canteras de Cunyac y Huacarpay, agregado grueso de la cantera de Vicho, con cemento portland puzolánico IP de la empresa YURA, adicionado con Caucho sintético granulado y agua potable.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

La población de la presente investigación fue de 60 briquetas y 30 viguetas de concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

La muestra en ésta investigación estuvo conformada por un conjunto de probetas cilíndricas de concreto (60 probetas cilíndricas) y probetas rectangulares (30 probetas rectangulares) de resistencia $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con agregados de Cunyac, Huacarpay y Vicho adicionados con caucho sintético granulado; y es de tipo censal ya que coincide con el cardinal de la población.

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

Al ser la muestra de tipo censal, el cardinal de la muestra será igual al de la población y es detallada a continuación:

Las probetas cilíndricas analizadas de Modulo de elasticidad y Modulo de poisson, fueron sometidas también al ensayo de Compresión ya que estas deben guardar relación para poder hallar los parámetros que definirán los cálculos de dichos ensayos.

Tabla 10 : Cantidad de probetas utilizadas

	Flexión		Tracción		Módulo de Elasticidad y Poisson		Compresión	
	Patrón	Con Caucho	Patrón	Con Caucho	Patrón	Con Caucho	Patrón	Con Caucho
7 días	5	5	5	5	5	5		
14 días	5	5	5	5			5	5
28 días	5	5	5	5	5	5		
Sub Total	30		30		20		10	
Total	30		60					

Fuente: Elaboración propia.

La Norma Técnica Peruana E060 de Concreto Armado indica que por cada relación agua-material o contenido de material cementante deben elaborarse o curarse al menos tres (03) probetas cilíndricas de concreto para cada edad de ensayo de acuerdo con la norma ASTM 192M. Las probetas que se hayan elaborado con estas diferentes relaciones serán ensayadas a los 7, 21 y 28 días o la edad de ensayo establecida para determinar la resistencia a compresión.

3.3.2.3 Método del muestreo

El método de muestreo consiste en la elección por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean similares a las de la población objetivo. En este tipo de muestreo la “representatividad” la determina el investigador de modo subjetivo, siendo este el mayor inconveniente del método ya que no podemos cuantificar la representatividad de la muestra. (Méndez Alvarez, 2007)

Debido a que usamos todos los elementos elaborados en la investigación, el método de muestreo fue No Probabilístico y por conveniencia, ya que todos los elementos cumplieron con ciertos criterios como el porcentaje de caucho sintético granulado. En conclusión, no existe selección al azar tanto de briquetas como de viguetas.

3.3.2.4 Criterio de evaluación de muestra

Primeramente, todos los elementos fabricados para la presente investigación serán ensayados. Cada uno de los elementos debe cumplir los requisitos según Normas Técnicas Peruanas y las normas del American Institute of Concrete (ACI).



- Para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto fueron utilizados moldes estandarizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, dichas probetas fueron ensayadas a tracción indirecta, Módulo de Elasticidad y Poisson.
- Para la elaboración de las probetas rectangulares de concreto fueron utilizados moldes estandarizados de 15 cm de altura, 15 cm de ancho y 50 cm de longitud, dichas probetas fueron ensayadas a Flexión.
- Tanto las probetas cilíndricas como rectangulares de concreto no presentaron grietas ni cangrejeras o algún tipo de imperfección al momento de ser ensayadas.
- La elaboración del concreto fue con agregados de las canteras de Cunyac (65%), Huacarcapay (35%) y Vicho.
- Para la elaboración de nuestras muestras se usó agua potable suministrada por la EPS SEDACUSCO S.A.
- Las probetas de concreto fueron elaboradas con una sustitución de 30% de agregado fino por Caucho Sintético Granulado.
- Todas las probetas de concreto pasaron por el proceso de curado por sumersión durante un periodo de 7, 14 y 28 días para luego ser sometidas al tipo de ensayo correspondiente.



3.3.3 Criterios de inclusión

- Todas las muestras de esta investigación fueron diseñadas de acuerdo al método ACI del comité 211, para un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm².
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso de la cantera de Vicho usado en esta investigación fue de 3/4", el cual cumple con la NTP 400.017
- Debido a que el agregado fino de la cantera de Cunyac no cumplió con los parámetros de la norma NTP 400.013 se compensa la granulometría con agregado de la cantera de Huacarcapay en un 65 % y 35 % en función del peso respectivamente.
- Los elementos son elaborados con cemento Portland tipo IP de la marca Yura.
- Los elementos son elaborados con caucho sintético granulado que tiene una forma cubica con tamaño promedio de 2 mm.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Tabla 11 : Ficha para ensayo de Granulometría del Agregado Fino

 UAC	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO NTP 400.012 ASTM 136
--

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

TAMIZ	ABERTURA	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"						
N°4						
N°8						
N°16						
N°30						
N°50						
N°100						
N°200						
FONDO						
TOTAL						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 : Ficha para ensayo de Granulometría del Agregado Grueso



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





ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO
NTP 400.012 ASTM 136

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
N°4						
FONDO						
TOTAL						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 : Ficha para ensayo de contenido de humedad del agregado

 UAC	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO NTP 339.185 ASTM C566

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema		
	Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO			
SIMB.	DESCRIPCION	UND	VALOR
Wo	Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente	g.	
Ws	Peso de la muestra seca al horno + peso del recipiente	g.	
Wr	peso del recipiente	g.	33.50
% hum	Contenido de humedad		
	Promedio de la muestra		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 : Ficha para ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



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



ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
NTP 400.022 ASTM 128

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO			
SIMB.	DESCRIPCION	UND	VALOR
A	Peso del agregado sup. seco despues del horno	g.	
B	Peso del agua + picnometro	g.	
C	Peso del agua + picnometro + agregado sup. seco	g.	
S	Peso del agregado superficialmente seco	g.	
Pem	Peso específico del agregado fino		
Ab	Absorcion del agregado fino	%	

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 15 : Ficha para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso



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



ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NTP 400.022 ASTM 128

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO			
SIMB.	DESCRIPCION	UND	VALOR
A	Peso de la muestra seca en el aire	g.	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire	g.	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	g.	
Pem	Peso específico del agregado grueso		
Ab	Peso específico del agregado grueso	%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16 : Ficha para ensayo de peso unitario del agregado fino



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



ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO		
NTP 400.017 ASTM C29		
NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”	
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel	
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco	
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO					
SIMB.	DESCRIPCION	UND	1° MEDIDA	2° MEDIDA	3° MEDIDA
V	Volumen del recipiente	m3.			
P	Peso del recipiente	kg.			
Pa+R	Peso de la muestra apisonada mas recipiente	kg.			
Pa	Peso de la muestra apisonada	kg.			
Pu	Peso unitario	kg/m3.			

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO COMPACTADO					
SIMB.	DESCRIPCION	UND	1° MEDIDA	2° MEDIDA	3° MEDIDA
V	Volumen del recipiente	m3.			
P	Peso del recipiente	kg.			
Pa+R	Peso de la muestra apisonada mas recipiente	kg.			
Pa	Peso de la muestra apisonada	kg.			
Pu	Peso unitario	kg/m3.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 : *Ficha para ensayo de peso unitario del agregado grueso*



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



ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO		
NTP 400.017 ASTM C29		
NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”	
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel	
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco	
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO					
SIMB.	DESCRIPCION	UND	1° MEDIDA	2° MEDIDA	3° MEDIDA
V	Volumen del recipiente	m3.			
P	Peso del recipiente	kg.			
Pa+R	Peso de la muestra apisonada mas recipiente	kg.			
Pa	Peso de la muestra apisonada	kg.			
Pu	Peso unitario	kg/m3.			

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO					
SIMB.	DESCRIPCION	UND	1° MEDIDA	2° MEDIDA	3° MEDIDA
V	Volumen del recipiente	m3.			
P	Peso del recipiente	kg.			
Pa+R	Peso de la muestra apisonada mas recipiente	kg.			
Pa	Peso de la muestra apisonada	kg.			
Pu	Peso unitario	kg/m3.			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 18 : Ficha de datos para diseño de mezclas



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



DATOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLAS

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”		
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel		
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco		
CANTERA:	.....	FECHA:/...../.....

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	VALOR
Tamaño maximo nominal		
Peso específico		
Absorción	%	
Contenido de humedad	%	
Peso unitario compactado	kg/m3.	
Modulo de fineza del agregado		

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	VALOR
Tamaño maximo nominal		
Peso específico		
Absorción	%	
Contenido de humedad	%	
Peso unitario compactado	kg/m3.	

Asentamiento :

Tipo de cemento :

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 19 : Ficha para ensayo de Resistencia a Compresión



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



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE BRIQUETAS
NTP 339.034 ASTM C39

Table with fields: NOMBRE DE LA TESIS, TESISTAS, LABORATORIO, CANTERA, FECHA. Tesis title: 'EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.'

Main data table with columns: Nº, Tipo de elemento, Fecha (Elabo., Rotura), Días, Diámetros (D1-D4), Alturas (H1, H2), Fuerza aplicada (kg), Resistencia (kg/cm2). Rows 1-20.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 20 : Ficha para ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta



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



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCION DE BRIQUETAS
NTP 339.084

Table with fields: NOMBRE DE LA TESIS, TESISTAS, LABORATORIO, CANTERA, FECHA. Tesis: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."

Main data table with columns: Nº, Tipo de elemento, Fecha (Elabo., Rotura), Días, Diámetros (D1-D4), Alturas (H1, H2), Fuerza aplicada (kg), Resistencia (kg/cm2). Rows 1-20.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 21 : Ficha para ensayo de Resistencia a Flexión
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DE BRIQUETAS
NTP 339.078

Table with fields: NOMBRE DE LA TESIS, TESISTAS, LABORATORIO, CANTERA, FECHA. Includes descriptive text for the thesis and student names.

Large data table with 20 rows and 9 columns: N°, Tipo de elemento, Fecha (Elabo., Rotura), Días, Longitud (l), Profundidad (b), Altura (h), Fuerza aplicada (kg), Resistencia (kg/cm2).

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 22 : Ficha para ensayo de Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson



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



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y MODULO DE POISSON
ASTM C 469

Table with fields: NOMBRE DE LA TESIS, TESISTAS, LABORATORIO, CANTERA, FECHA. Tesis title: 'EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.'

Large data table with columns: No, Tipo de elemento, Fecha (Elabo., Rotura), Días, Distancia (g, eg, er), Fuerza aplicada, Resistencia. Rows numbered 1 to 20.

Fuente: Elaboración propia.



3.4.2 Instrumentos de ingeniería

Los equipos que fueron utilizados en la investigación fueron los siguientes:

i) Contenido de Humedad del Agregado

- Recipiente metálico
- Balanza de precisión
- Horno

ii) Granulometría de los Agregados

- ✓ Para la granulometría del agregado fino:

- Espátula
- Bandeja metálica
- Brocha
- Balanza de precisión
- Serie de tamices: N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200

- ✓ Para la granulometría del agregado grueso:

- Espátula
- Bandeja metálica
- Balanza de precisión
- Serie de tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4

iii) Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino

- Horno
- Tamizador mecánico
- Juego de tamices
- Balanza brocha



-Recipientes

-Fiola

-Secadora

-Cono de absorción

-Bomba de vacíos

iv) Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso

-Horno

-Recipientes

-Balanza de precisión

v) Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

-Horno

-Recipientes

-Balanza de precisión

-Briquetera

-Brocha

-Barra compactadora

vi) Peso unitario suelto y compactado del caucho sintético granulado

-Horno

-Recipientes

-Balanza de precisión

-Briquetera

-Brocha

-Barra compactadora



vii) Resistencia a Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto

- Máquina de ensayo de compresión
- Probetas cilíndricas de concreto
- Escuadra metálica
- Vernier

viii) Resistencia a Flexión de Probetas Rectangulares de Concreto

- Máquina de ensayo de compresión
- Probetas Rectangulares de concreto
- Escuadra metálica
- Vernier
- Apoyos metálicos de carga dos tercios de la luz

ix) Resistencia a Tracción Indirecta (Compresión Diametral)

- Máquina de ensayo de compresión
- Probetas cilíndricas de concreto
- Escuadra metálica
- Vernier
- Apoyos metálicos para compresión diametral

x) Módulo de Elasticidad y Poisson

- Máquina de ensayo de compresión
- Probetas cilíndricas de concreto
- Escuadra metálica
- Vernier
- Anillos de Deformación

-Deformímetros

-Nivel de mano

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Granulometría de los agregados

Muestreo de Agregado Fino

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Tamizador mecánico
- Juego de tamices (3/8", #4,#8,#16,#30,#50,#100,#200 y fondo)
- Balanza
- Brocha
- Recipientes

b) Procedimiento

- Se toma una muestra aproximada de 5kg de agregado, el cual es obtenida por el método de cuarteo de todo el material disponible. El método de cuarteo consiste en formar un cumulo con todo el agregado que se cuenta, para luego extender con una pala hasta darle una forma circular a la base con un espesor uniforme, luego se procede a dividir el material diametralmente en cuatro partes aproximadamente iguales, para luego seleccionar dos porciones opuestas que ocularmente se asemejan.



Figura 11 : Agregado Fino para Granulometría
Fuente: Elaboración propia.

- Una vez ya seleccionado la muestra, esta es sometida a un proceso de lavado sobre la malla #200 con el fin de eliminar todas las impurezas y/o sustancias perjudiciales que podrían contener. Una vez concluido este proceso dicha muestra restante es colocada en el horno a temperatura constante $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para que este en condición seca.
- De todo el material seco retirado del horno, nuevamente mediante un proceso de cuarteo se extrae una muestra de aproximadamente 500 g para realizar el ensayo.
- Una vez extraída tal muestra (500g), esta es sometida a un proceso de tamizado mecánico a través de una serie de tamices estandarizados y ordenados de forma decreciente de acuerdo al tamaño. Los tamices utilizados son en este orden los siguientes: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y fondo.



Figura 12 : Agregado fino tamizado
Fuente: Elaboración propia.

- Concluido el proceso de tamizado se procede a pesar cada porción de material que ha sido retenido en cada tamiz y se anota. Cada uno de estos pesos retenidos deben ser expresados como un porcentaje del total de la muestra.



c) Toma de datos

Tabla 23 : Peso retenido del agregado Fino

Tamiz	Cantera: Cunyac	Cantera: Huacarpay
	Peso Retenido (g)	Peso Retenido (g)
3/8"	0.00	0.00
#4	3.01	58.94
#8	15.90	146.75
#16	12.50	132.72
#30	53.61	80.77
#50	280.37	42.36
#100	101.02	23.18
#200	33.59	15.28
Total	500.00	500.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 : Peso retenido del Caucho Granulado

Tamiz	Caucho Granulado
	Peso Retenido (g)
3/8"	0.00
#4	0.00
#8	180.78
#16	271.23
#30	27.39
#50	14.87
#100	4.38
#200	1.35
Total	500.00

Fuente: Elaboración propia

Muestreo agregado grueso

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Tamizador mecánico
- Juego de tamices (1", 3/4", 1/2", 3/8", #4 y fondo)
- Balanza
- Brocha
- Recipientes

b) Procedimiento

- Se toma una muestra aproximada de 5kg de agregado grueso, el cual es obtenido por el método del cuarteo de todo el material disponible. El método del cuarteo consiste en formar un cumulo con todo el agregado que se cuenta para luego extenderlo con una pala hasta darle una forma circular a la base con un espesor uniforme, luego se procede a dividir el material diametralmente en cuatro partes aproximadamente iguales, para luego seleccionar dos porciones opuestas que ocularmente más se asemejan.



Figura 13 : Muestra representativa de Agregado grueso para Granulometría

Fuente: Elaboración propia

- Una vez ya seleccionada la muestra, esta es sometida a un proceso de lavado sobre la malla #4 con el fin de eliminar todas las impurezas y/o sustancias perjudiciales que podría contener. Una vez concluido este proceso dicha muestra restante es colocada en el horno a temperatura constante $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para que este esté en condición seca.
- De todo el material seco retirado del horno, nuevamente un proceso de cuarteo se extrae una muestra de aproximadamente 2000 g. Para realizar el ensayo.
- Una vez extraída tal muestra (2000g), esta es sometida a un proceso de tamizado mecánico a través de una serie de tamices estandarizados y ordenados en forma decreciente de acuerdo al tamaño. Los tamices utilizados son en este orden: 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4 y fondo.



Figura 14 : Agregado grueso tamizado

Fuente: Elaboración propia

- Concluido el tamizado, se procede a pesar cada porción del material que ha sido retenido en cada tamiz y se anota. Cada uno de estos pesos retenidos debe ser expresado como un porcentaje del total de la muestra.

c) Toma de datos

Tabla 25 : Peso retenido del agregado grueso

Tamiz	Cantera : Vicho
	Peso Retenido (g)
1"	0
3/4"	158.68
1/2"	1123.51
3/8"	507.89
#4	209.92
Fondo	0
Total	2000.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Contenido de humedad (NTP 339.185)

3.5.2.1 Agregado fino y agregado grueso

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Balanza
- Recipientes



b) Procedimiento

- Procedemos a tomar una porción de muestra adecuada de agregados fino y grueso por separado en diferentes recipientes. Previamente estos recipientes ya han dividido ser pesados y anotados tales registros.
- Ya teniendo las muestras de agregado fino y agregado grueso en sus respectivos recipientes estos son pesados y registrados tales datos.
- Luego colocamos dichas muestras que están es sus respectivos recipientes al horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas.
- Luego de transcurridas las 24 horas, estas muestras son retiradas y pesadas incluidas los recipientes

c) Toma de datos

Tabla 26 : Datos de peso de las muestras de las canteras Cunyac y Huacarpay

Símbolo	Descripción	Unidad	Cantera Cunyac	Cantera Huacarpay
			Valor	Valor
Wo	Peso de la muestra humedad + peso del recipiente	g	160.00	172.00
Ws	Peso de la muestra secada al horno + peso del recipiente	g	141.70	164.00
Wr	Peso del recipiente	g	32.40	34.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 : Datos de peso de la muestra de la cantera Vicho

Símbolo	Descripción	Unidad	Cantera Vicho
			Valor
Wo	Peso de la muestra humedad + peso del recipiente	g	553.00
Ws	Peso de la muestra secada al horno + peso del recipiente	g	522.40
Wr	Peso del recipiente	g	85.30

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Peso específico y porcentaje de absorción

3.5.3.1 Agregado fino (método gravimétrico según NTP 400.022)

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Tamizador mecánico
- Juego de tamices #4 y fondo
- Balanza
- Brocha
- Recipientes
- Fiola
- Secadora
- Cono de absorción
- Bomba de vacíos

b) Procedimientos

- Se extrae una muestra limpia y seca del agregado fino, en una cantidad aproximada de 1000g. Para luego ser cubierta con agua y dejada en reposo durante un periodo de tiempo de 24 horas.
- Pasado las 24 horas, el material se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente uniforme de aire caliente con el fin de garantizar un estado de partícula saturada con superficie seca. Dicha muestra se remueve entre si constantemente hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. Se recomienda utilizar una secadora.



- Este proceso anteriormente descrito se repetirá cuantas veces sea necesario, hasta que la muestra al ser colocada en un molde cónico, y se golpee suavemente la superficie 25 veces con la barra de metal se derrumbe una vez sacada verticalmente dicho molde.
- Esto garantizará que el agregado fino alcanzado la condición de partícula saturada con superficie seca.
- Una vez lograda esta condición del agregado (saturado con superficie seca) se introduce en la fiola una muestra de 250 g del material preparado, se vierte agua sobre la muestra en 3 etapas hasta alcanzar la marca de 500 cm³, cabe precisar que en cada repetición de incremento de agua debe eliminarse el aire atrapado con la bomba de vacíos. (en esta etapa registrar el peso de la fiola + la muestra añadida y también el peso de la fiola + muestra añadida + agua vertida), una vez concluida esta etapa se retira el total de muestra del frasco para ser secada en el horno a una temperatura constante de 110°C \pm 5°C (se registra el peso de la muestra seca)

c) Toma de datos

Tabla 28 : Datos de peso específico y absorción del agregado fino

Peso específico y absorción del agregado fino		
Datos	Cantera Cunyac	Cantera Huacarpay
P(ms): peso en el aire de la muestra secada en el horno (g)	254.9	273.8
P(mss): peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	260.2	290.4
P(f+m): peso de la fiola + muestra (g)	418.1	469.4
P(f+m+a): peso de la fiola + muestra + agua (g)	817.7	857.8
V(f): volumen de la fiola (cm ³)	500	500
V(aa): volumen de agua añadida al frasco cm ³	399.6	388.4

Fuente: Elaboración propia



3.5.3.2 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso NTP 420.021

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Balanza
- Recipientes

b) Procedimiento

- Para este ensayo utilizaremos 5000 g de agregado grueso, que se obtiene por el método del cuarteo; luego se procede al lavar el material para eliminar todas las impurezas y una vez concluida esta etapa, el material es secado en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Luego procedemos a sumergir en agua durante 24 horas todo el material secado en el horno. (registrar el peso del material seco)
- Una vez termina el anterior proceso, la muestra es retirada del recipiente donde reposo y es deposita sobre un paño grande absorbente para desaparecer toda la película de agua visible en la superficie de las partículas. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie. (registrar el peso de la muestra saturada con superficie seca)
- Una vez obtenido el material en condición saturada con superficie seca, esta es depositada en una cesta de alambre y sumergida en agua para calcular su peso (registrar el peso del agua del material sumergido en agua)
- Una vez concluida la anterior etapa, todo el material es retirado de la cesta y colocad en otra bandeja para secarlo en el horno a una temperatura constate de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. (registrar el peso del material secado en el horno)

c) Toma de datos

Tabla 29 : Datos de peso específico del agregado fino

Peso específico del agregado fino	
Datos:	Cantera : Vicho
P(ms) : Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g)	3419.9
P(mss) : Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3462.8
P (Mssa) : Peso de la muestra saturada sumergida en agua (g)	3219.9

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.3 Ensayo de peso unitario del agregado grueso (NTP 400.017)

a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Balanza
- Brocha
- Recipientes
- Briquetera
- Barra compactadora

b) Procedimiento

- Para este ensayo utilizamos 10 kg de agregado grueso, que se obtiene por el método de cuarteo; luego se procede a lavar el material para eliminar las impurezas y una vez concluida, el material es secado en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 hrs.
- Una vez tenido el material en estado seco, el cilindro metálico que se utiliza en este ensayo (briquetas) es rellena en 3 capas de espesor uniforme con este material, cabe precisar que cada capa una vez rellena de material debe ser apisonada con la barra compactadora dándole 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. El material se sobre después de compactar la última capa, se elimina utilizando la barra compactadora como

- regla (registra el peso de la briquetera, peso de la briquetera + el agregado y el volumen de la briquetera)
- Si cada capa es compactada, se calculará el peso unitario compactado, mientras que si cada capa no es compactada se calculará el peso unitario suelto.
- c) Toma de datos

Tabla 30 : Datos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	
Datos:	Cantera Vicho
Pm: Peso del molde (g)	5450.00
P(m+cg): Peso del molde + agregado (g) Condic. Suelta	1255.00
P(m+cg): Peso del molde + agregado (g) Condic. Compactada	1353.00
P(cg): Peso del agregado (g) Condic. Suelta	7500.00
P(cg): Peso del agregado (g) Condic. Compactada	8530.00
V(m): Volumen del molde (cm ³)	5301.44

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.4 Ensayo de peso unitario del caucho granulado (NTP 400.017)

- a) Equipos utilizados en la prueba
- Horno eléctrico
 - Balanza
 - Brocha
 - Recipientes
 - Briquetera
 - Barra compactadora
- b) Procedimiento
- Para este ensayo utilizamos 2 kg de agregado grueso, que se obtiene por el método de cuarteo; luego se procede a lavar el material para eliminar las impurezas y una vez

concluida, el material es secado en el horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 hrs.

- Una vez tenido el material en estado seco, el cilindro metálico que se utiliza en este ensayo (briquetas) es rellena en 3 capas de espesor uniforme con este material, cabe precisar que cada capa una vez rellena de material debe ser apisonada con la barra compactadora dándole 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. El material se sobre después de compactar la última capa, se elimina utilizando la barra compactadora como regla (registra el peso de la briquetas, peso de la briquetas + el agregado y el volumen de la briquetas)
 - Si cada capa es compactada, se calculará el peso unitario compactado, mientras que si cada capa no es compactada se calculará el peso unitario suelto.
- c) Toma de datos:

Tabla 31 : Datos de peso unitario suelto y compactado del caucho granulado

Peso unitario suelto y compactado del caucho granulado	
Datos:	
Pm: Peso del molde (g)	8080.00
P(m+cg): Peso del molde + agregado (g) Condic. Suelta	9630.00
P(m+cg): Peso del molde + agregado (g) Condic. Compactada	9790.00
P(cg): Peso del agregado (g) Condic. Suelta	1550.00
P(cg): Peso del agregado (g) Condic. Compactada	1710.00
V(m): Volumen del molde (cm ³)	2982.71

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Ensayo a Compresión (Variable interviniente): Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión del concreto según NTP 339.034

- a) Equipos utilizados
- Equipo de compresión axial
 - Probetas cilíndricas de concreto
 - Regla metálica
 - Vernier

b) Procedimiento

-Se procedieron a retirar las probetas de la poza de curado y fueron trasladadas a la mesa de trabajo del laboratorio.



Figura 15 : Muestras retiradas del curado para ensayos a compresión

Fuente: Elaboración propia

- Con ayuda de la regla metálica y el vernier se hizo la medición de los diámetros superior e inferior de cada una de las probetas, así como también la altura de la misma, anotando los respectivos valores en la hoja de instrumentos de laboratorio.
- Se limpió la superficie de los soportes de la máquina de compresión axial, así como también los neoprenos y moldes metálicos dentro de los cuales se procedieron a colocar cada una de las probetas cilíndricas de concreto.
- Seguidamente se encendió la máquina de compresión axial y se configuró el tipo de ensayo a realizar, las dimensiones de la probeta y la velocidad de la carga a la que fue sometida.
- Se colocó y alineó la probeta al eje de la base inferior de la máquina de compresión axial, se cerró la compuerta de la máquina y se dio inicio al ensayo con la aplicación de la fuerza
- Se tomó en cuenta la velocidad de esfuerzo sobre la probeta, se trabajó con una velocidad constante de 0.25 MPa/seg. Este valor está dentro de los parámetros establecidos según la NTP 339.034, de 0.25 a 0.30 MPa/seg.
- El ensayo termina cuando empieza el declive de la resistencia de la probeta y esta presenta fisuraciones a lo en su superficie.

- Se anotaron los valores de la fuerza aplicada en kg. Durante el ensayo y la resistencia que se obtuvo de cada probeta para el análisis de estos más adelante

c) Toma de datos

Tabla 32 : Datos de ensayo a compresión 7 días-Patrón



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



ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	7 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm	33210 Kg
2	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	32800 Kg
3	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	34330 Kg
4	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	35820 Kg
5	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	30890 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 : Datos de ensayo a compresión 14 días-Patrón



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



ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	14 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.00 cm	15.30 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.10 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	36640 Kg
2	15.15 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.08 cm	15.11 cm	30.10 cm	30.20 cm	30.15 cm	33890 Kg
3	15.35 cm	15.15 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.17 cm	30.30 cm	30.20 cm	30.25 cm	35310 Kg
4	15.30 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	36730 Kg
5	15.20 cm	15.20 cm	15.05 cm	15.03 cm	15.12 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	37190 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 : Datos de ensayo a compresión 28 días-Patrón

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

ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	28 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	43240 Kg
2	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	46100 Kg
3	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm	42710 Kg
4	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm	46400 Kg
5	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	46900 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 : Datos de ensayo a compresión 7 días-Caucho

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

ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	7 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.10 cm	15.40 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	25190 Kg
2	15.10 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.08 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	25280 Kg
3	15.25 cm	15.05 cm	15.30 cm	15.15 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	24560 Kg
4	15.20 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	22760 Kg
5	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	26490 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 : Datos de ensayo a compresión 14 días-Caucho



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	14 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	32020 Kg
2	15.30 cm	15.20 cm	15.30 cm	15.25 cm	15.26 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	35320 Kg
3	15.10 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm	37780 Kg
4	15.20 cm	14.95 cm	15.00 cm	15.20 cm	15.09 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	32430 Kg
5	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	32350 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 : Datos de ensayo a compresión 28 días-Caucho



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



ENSAYO A COMPRESIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		
1	15.20 cm	15.14 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.07 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	37410 Kg
2	15.00 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.05 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm	36140 Kg
3	15.20 cm	15.23 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.11 cm	30.23 cm	30.00 cm	30.12 cm	36780 Kg
4	15.30 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	38900 Kg
5	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	36210 Kg

Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Ensayo a Flexión: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo según la NTP. 339.078

a) Equipos utilizados en la prueba

- Equipo de flexión axial
- Cinta métrica
- Vernier

b) Procedimiento

- El primer paso es la elaboración de viguetas que serán elementos participes del ensayo, a fabricación corresponde al diseño de mezclas patrón. Posteriormente queda el desmolde y nomenclatura de las muestras para el cura por sumersión en agua los días determinados para ensayar la muestra, ya sea 7, 14 o 28 días.



Figura 16 : Desmolde y nomenclatura de las muestras

Fuente: Elaboración propia

- De las viguetas curadas, se proceden a recolectar sus dimensiones (altura, ancho y longitud), se medirán dos veces.
- Se cambiará el cabezal de la máquina de compresión con el equipo de flexión, el ensayo se realizará con el equipo de cargar a tercios del tramo.
- Se realiza el montaje de la vigueta en el equipo de flexión, acomodamos en la platea de la máquina y procedemos a someterlo a una carga constante hasta que la vigueta falle.
- Se registra los resultados y verificamos la falla.

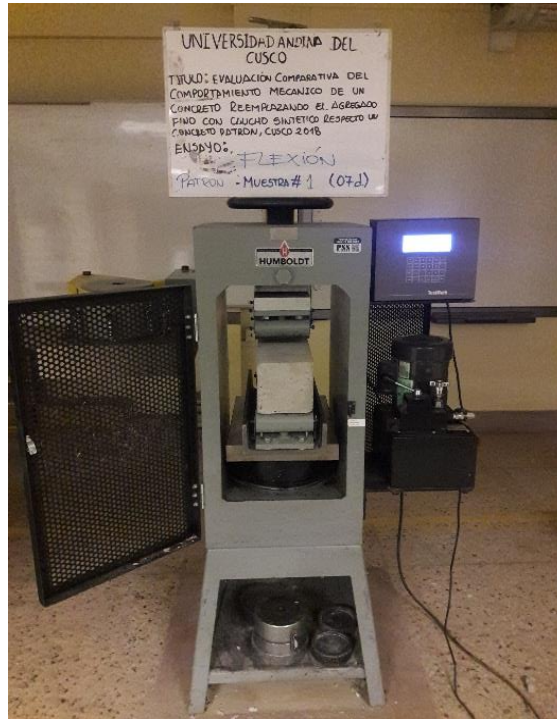


Figura 17 : Espécimen sometida a Flexión
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 38 : Datos de Flexión - Patrón 7 Días

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



ENSAYO A FLEXIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	7 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	15.12 cm	15.10 cm	15.11 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.23 cm	45.00 cm	2660 Kg
2	15.50 cm	15.50 cm	15.50 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm	45.00 cm	2670 Kg
3	14.95 cm	15.00 cm	14.98 cm	15.45 cm	15.40 cm	15.43 cm	45.00 cm	2890 Kg
4	15.30 cm	15.30 cm	15.30 cm	14.60 cm	14.70 cm	14.65 cm	45.00 cm	2830 Kg
5	15.05 cm	15.00 cm	15.03 cm	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	45.00 cm	2695 Kg

Fuente: Elaboración propia



Tabla 39 : Datos de Flexión - Patrón 14 Días
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**ENSAYO A FLEXIÓN**

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	14 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	15.20 cm	15.15 cm	15.18 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	45.00 cm	2600 Kg
2	15.20 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.50 cm	15.30 cm	15.40 cm	45.00 cm	2530 Kg
3	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	5.30 cm	10.35 cm	45.00 cm	3260 Kg
4	15.15 cm	15.20 cm	15.18 cm	15.00 cm	15.05 cm	15.03 cm	45.00 cm	3160 Kg
5	15.20 cm	15.30 cm	15.25 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	45.00 cm	2975 Kg

Fuente: Elaboración propia



Tabla 40 : Datos de Flexión - Patrón 28 Días
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**ENSAYO A FLEXIÓN**

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	28 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	14.95 cm	14.90 cm	14.93 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.23 cm	45.00 cm	3390 Kg
2	15.10 cm	15.20 cm	15.15 cm	15.15 cm	15.10 cm	15.13 cm	45.00 cm	3430 Kg
3	15.20 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.25 cm	45.00 cm	3310 Kg
4	15.20 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.15 cm	45.00 cm	3620 Kg
5	15.20 cm	15.15 cm	15.18 cm	15.00 cm	15.05 cm	15.03 cm	45.00 cm	3540 Kg

Fuente: Elaboración propia



Tabla 41 : Datos de Flexión - Caucho 7 Días
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**ENSAYO A FLEXIÓN**

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	7 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	15.00 cm	14.90 cm	14.95 cm	15.35 cm	15.40 cm	15.38 cm	45.00 cm	2460 Kg
2	15.30 cm	15.40 cm	15.35 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.05 cm	45.00 cm	2390 Kg
3	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	15.40 cm	45.00 cm	2800 Kg
4	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.13 cm	45.00 cm	2110 Kg
5	15.20 cm	15.15 cm	15.18 cm	15.15 cm	15.10 cm	15.13 cm	45.00 cm	2110 Kg

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42 : Datos de Flexión - Caucho 14 Días
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**ENSAYO A FLEXIÓN**

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	14 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.50 cm	15.40 cm	15.45 cm	45.00 cm	2540 Kg
2	15.40 cm	15.30 cm	15.35 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.20 cm	45.00 cm	2830 Kg
3	15.10 cm	15.20 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.05 cm	45.00 cm	2530 Kg
4	15.40 cm	15.50 cm	15.45 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.15 cm	45.00 cm	2750 Kg
5	15.05 cm	15.00 cm	15.03 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.23 cm	45.00 cm	2570 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 : Datos de Flexión - Caucho 28 Días



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



ENSAYO A FLEXIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

N° vigueta	Altura		Prom.	Base		Prom.	Longitud	Carga
1	15.05 cm	15.04 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	45.00 cm	3050 Kg
2	15.50 cm	15.40 cm	15.45 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.23 cm	45.00 cm	2970 Kg
3	15.05 cm	15.00 cm	15.03 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.28 cm	45.00 cm	2720 Kg
4	15.20 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.05 cm	15.03 cm	45.00 cm	2690 Kg
5	15.05 cm	15.03 cm	15.04 cm	15.12 cm	15.15 cm	15.14 cm	45.00 cm	2870 Kg

Fuente: Elaboración propia

3.5.6 Ensayo a Tracción Indirecta: Ensayo para la medición del método para determinar la resistencia a la compresión diametral del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP. 339.084

a) Equipos utilizados en prueba

- Máquina de compresión
- Barra o placa de apoyo suplementario
- Regla
- Vernier

b) Procedimiento

- Se dibujan líneas diametrales sobre cada extremo del espécimen utilizando un dispositivo adecuado que permita que se encuentren en el mismo plano axial.
- Determinar el diámetro de los especímenes a ensayar, mediante un promedio de 2 medidas realizadas una a cada extremo y una en el centro de la briqueta. Se medirá la longitud de la briqueta promediando 2 mediciones realizadas.



Figura 18 : Medición de especímenes a ensayar
Fuente: Elaboración propia

- Se colocan listones de apoyo a lo largo de la placa inferior, se coloca la briqueta sobre el listón y se coloca el segundo listón sobre la briqueta, centrándolo y verificando que cada briqueta este vertical y centrada sobre el listón.
- Luego se aplica la carga a la briqueta de forma continua evitando el contacto manteniendo una velocidad constante mientras rompe la briqueta.

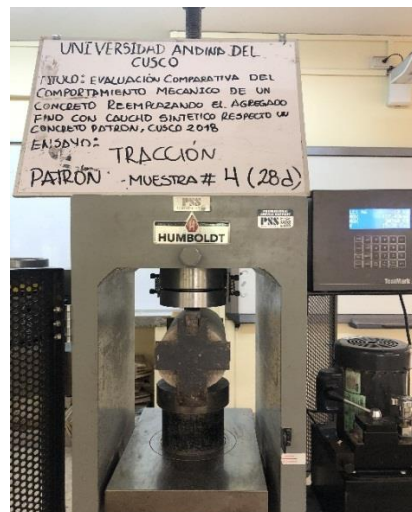


Figura 19 : Especímen ensayada a Tracción Indirecta
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 44 : Datos de Tracción Indirecta - Patrón 7 Días



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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	7 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.30 cm	14.95 cm	14.99 cm	15.21 cm	15.11 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	10640 Kg
2	15.00 cm	14.95 cm	15.11 cm	15.04 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	12560 Kg
3	15.02 cm	15.02 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	11010 Kg
4	15.40 cm	15.00 cm	14.80 cm	15.40 cm	15.15 cm	30.60 cm	30.70 cm	30.65 cm	9090 Kg
5	14.90 cm	15.30 cm	14.90 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	10130 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45 : Datos de Tracción Indirecta - Patrón 14 Días



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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	14 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.10 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14120 Kg
2	15.10 cm	15.40 cm	15.08 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14950 Kg
3	15.20 cm	15.18 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.14 cm	29.00 cm	29.00 cm	29.00 cm	12530 Kg
4	15.18 cm	15.29 cm	15.81 cm	15.81 cm	15.52 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	13940 Kg
5	15.15 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14310 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46 : Datos de Tracción Indirecta - Patrón 28 Días



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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	28 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.30 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	20760 Kg
2	15.28 cm	15.10 cm	15.35 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.30 cm	30.25 cm	30.28 cm	19990 Kg
3	15.10 cm	15.15 cm	15.12 cm	15.22 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	23030 Kg
4	15.30 cm	15.30 cm	15.35 cm	15.15 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	18610 Kg
5	15.15 cm	15.12 cm	15.21 cm	15.25 cm	15.18 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	15210 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47 : Datos de Tracción Indirecta - Caucho 7 Días



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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	7 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.00 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.90 cm	14.95 cm	30.00 cm	29.80 cm	29.90 cm	11490 Kg
2	14.80 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	10440 Kg
3	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm	10720 Kg
4	15.40 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	11110 Kg
5	15.19 cm	15.05 cm	15.21 cm	15.29 cm	15.19 cm	30.70 cm	30.70 cm	30.70 cm	12360 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48 : Datos de Tracción Indirecta - Caucho 14 Días

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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	14 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	29.90 cm	30.10 cm	30.00 cm	11540 Kg
2	14.80 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	12120 Kg
3	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.00 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	12260 Kg
4	15.10 cm	15.20 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	11950 Kg
5	15.20 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.18 cm	30.60 cm	30.50 cm	30.55 cm	11310 Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49 : Datos de Tracción Indirecta - Caucho 28 Días

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



ENSAYO A TRACCIÓN

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

N° de probeta	diametro superior		diametro inferior	d promedio	altura		h promedio	carga de ruptura	
	d1	d2	d3		d4	h1			h2
1	15.35 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	11950 Kg
2	15.15 cm	15.30 cm	15.02 cm	15.05 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	11840 Kg
3	15.00 cm	14.95 cm	15.00 cm	15.07 cm	15.01 cm	30.00 cm	29.90 cm	29.95 cm	12120 Kg
4	15.25 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	11920 Kg
5	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.08 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	13730 Kg

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Módulo de Elasticidad: Ensayo para la medición del Módulo de Elasticidad, en muestras cilíndricas según ASTM C-469

a) Equipos utilizados en la prueba

- Anillos de deformación
- Máquina de compresión
- Vernier
- Regla
- Nivel de mano

b) Procedimiento

- Se dibujan líneas diametrales sobre cada extremo del espécimen utilizando el vernier para que queden centradas, estas marcas sirven como guía del punto central tanto en todos los sentidos de la briqueta.



Figura 20 : Trazo de líneas diametrales del espécimen

Fuente: Elaboración propia

- Colocamos la briqueta en una superficie plana y firme, para lograr montar el dispositivo de medición, considerar que el dispositivo quede en el centro de los anillos, fijándolos con los tornillos y evitar deslizamientos.
- Realizamos las medidas tanto de los vástagos como de las distancias del anillo al centro de la briqueta.
- Verificar que los micrómetros del deformímetro tengan la carrera suficiente para que la deformación pueda registrarse.

- Quitamos las barras que separan los anillos, verificando que los micrómetros no registren movimientos importantes.



Figura 21 : Colocación y fijación de anillos en la briqueta

Fuente: Elaboración propia

- Colocamos la briqueta con el dispositivo (deformímetro-extensómetro), sobre la platina de la prensa, centrándolo. Colocamos los accesorios en 0.
- Aplicamos una primera carga solo entre el 10 al 15% del promedio de la resistencia de ruptura obtenida, para verificar el correcto funcionamiento de los micrómetros del deformímetros. Aplicamos una segunda carga igual que la anterior, al retirar observamos que las agujas regresen a 0.0, se verificaran los datos y se observa que las deformaciones en ambos sean similares.
- De no ser así ajustar los micrómetros y otra vez centrarlo y realizar otras precargas hasta lograrlo.
- Luego aplicamos la carga de ensayo, se registrará los datos obtenidos en el micrómetro de módulo de elasticidad, hasta llegar hasta el 40% de la carga de rotura obtenida previamente.
- El módulo de elasticidad será la pendiente de la línea que une los puntos de la curva, correspondiente a una deformación unitaria de 0.00005 y al 40% de la carga máxima.



Figura 22 : Espécimen ensayada para Módulo de Elasticidad
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 50 : Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Patrón 7 Días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."										
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel										
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco										
GRUPO:	PATRON										
EDAD:	7 días										

7 dias patron												
N° de probeta	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio	
1	23.40 cm	12.20 cm	12.80 cm	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm	
2	23.50 cm	12.95 cm	12.10 cm	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	
3	23.50 cm	12.50 cm	12.70 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	
4	23.30 cm	12.40 cm	13.00 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	
5	23.40 cm	12.50 cm	12.90 cm	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51 : Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Patrón 28 Días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRON
EDAD:	28 días

28 días patron											
	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.50 cm	12.60 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm
2	23.40 cm	12.60 cm	12.70 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm
3	23.50 cm	12.70 cm	12.70 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm
4	23.50 cm	12.50 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm
5	23.50 cm	12.60 cm	12.60 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo
- d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52 : Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Caucho 7 Días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	7 días

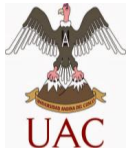
N° de probeta	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.40 cm	12.30 cm	12.90 cm	15.10 cm	15.40 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
2	23.40 cm	12.60 cm	12.90 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.08 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm
3	23.40 cm	12.70 cm	12.70 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.30 cm	15.15 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm
4	23.40 cm	12.60 cm	12.70 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm
5	23.50 cm	12.70 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo
- d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53 : Datos Generales para Módulo de Elasticidad - Caucho 28 Días

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

ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.50 cm	12.90 cm	12.40 cm	15.20 cm	15.14 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.07 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm
2	23.50 cm	12.80 cm	12.70 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.05 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm
3	23.50 cm	12.90 cm	12.60 cm	15.20 cm	15.23 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.11 cm	30.23 cm	30.00 cm	30.12 cm
4	23.30 cm	12.70 cm	12.60 cm	15.30 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm
5	23.30 cm	12.60 cm	12.80 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm

Donde:

B: Altura del vástago

D1: Distancia del vástago al punto medio

D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

3.5.8 Módulo de Poisson: Ensayo para la medición del Módulo de Poisson, en muestras cilíndricas según ASTM C-469

a) Equipos utilizados en la prueba

- Anillos de deformación
- Máquina de compresión
- Vernier
- Regla
- Nivel de mano

b) Procedimiento

- Se dibujan líneas diametrales sobre cada extremo del espécimen utilizando el vernier para que queden centradas, estas marcas sirven como guía del punto central tanto en todos los sentidos de la briqueta.
- Colocamos la briqueta en una superficie plana y firme, para lograr montar el dispositivo de medición, considerar que el dispositivo quede en el centro de los anillos, fijándolos con los tornillos y evitar deslizamientos.

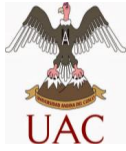
- Realizamos las medidas tanto de los vástagos como de las distancias del anillo al centro de la briqueta.
- Verificar que los micrómetros del deformímetro tengan la carrera suficiente para que la deformación pueda registrarse.
- Quitamos las barras que separan los anillos, verificando que los micrómetros no registren movimientos importantes.
- Colocamos la briqueta con el dispositivo (deformímetro-extensómetro), sobre la platina de la prensa, centrándolo. Colocamos las caratulas en 0.
- Aplicamos una primera carga solo entre el 10 al 15% del promedio de la resistencia de ruptura obtenida, para verificar el correcto funcionamiento de los micrómetros del deformímetros. Aplicamos una segunda carga igual que la anterior, al retirar observamos que las agujas regresen a 0.0, se verificaran los datos y observar que las deformaciones en ambos sean similares.
- De no ser así ajustar los micrómetros y otra vez centrarlo y realizar otras precargas hasta lograrlo.
- Luego aplicamos la carga de ensayo, se registrará los datos obtenidos en el micrómetro de módulo de poisson, hasta llegar hasta el 40% de la carga de rotura obtenida previamente.
- El módulo de elasticidad será la pendiente de la línea que une los puntos de la curva, correspondiente a una deformación unitaria de 0.00005 y al 40% de la carga máxima.



Figura 23 : Espécimen ensayada para Módulo de Poisson
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 54 : Datos generales para módulo de Poisson - Patrón 7 días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."										
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel										
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco										
GRUPO:	PATRON										
EDAD:	7 días										

7 días patron											
N° de probeta	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.40 cm	12.20 cm	12.80 cm	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm
2	23.50 cm	12.95 cm	12.10 cm	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm
3	23.50 cm	12.50 cm	12.70 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm
4	23.30 cm	12.40 cm	13.00 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm
5	23.40 cm	12.50 cm	12.90 cm	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm

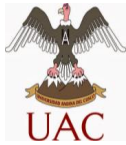
Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55 : Datos generales para módulo de Poisson - Patrón 28 días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."										
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel										
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco										
GRUPO:	PATRON										
EDAD:	28 días										

28 días patron											
	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.50 cm	12.60 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm
2	23.40 cm	12.60 cm	12.70 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm
3	23.50 cm	12.70 cm	12.70 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm
4	23.50 cm	12.50 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm
5	23.50 cm	12.60 cm	12.60 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56 : Datos generales para módulo Poisson - Caucho 7 días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	7 días

N° de probeta	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.40 cm	12.30 cm	12.90 cm	15.10 cm	15.40 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm
2	23.40 cm	12.60 cm	12.90 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.08 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm
3	23.40 cm	12.70 cm	12.70 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.30 cm	15.15 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm
4	23.40 cm	12.60 cm	12.70 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm
5	23.50 cm	12.70 cm	12.90 cm	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57 : Datos generales para módulo de Poisson - Caucho 28 días



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



ENSAYO MÓDULO DE ELASTICIDAD

NOMBRE DE LA TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019.”
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

	B	D1	D2	d1	d2	d3	d4	d promedio	h1	h2	h promedio
1	23.50 cm	12.90 cm	12.40 cm	15.20 cm	15.14 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.07 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm
2	23.50 cm	12.80 cm	12.70 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.05 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm
3	23.50 cm	12.90 cm	12.60 cm	15.20 cm	15.23 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.11 cm	30.23 cm	30.00 cm	30.12 cm
4	23.30 cm	12.70 cm	12.60 cm	15.30 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm
5	23.30 cm	12.60 cm	12.80 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm

Donde:

- B: Altura del vástago
- D1: Distancia del vástago al punto medio
- D2: Distancia del punto medio al extremo

d1,d2,d3,d4: Diámetros de la briqueta

Fuente: Elaboración propia

3.6 Procedimientos de análisis de datos

3.6.1 Análisis granulométrico de agregados

3.6.1.1 Análisis granulométrico de agregado fino

Para poder obtener un correcto análisis granulométrico de los datos obtenidos durante nuestros ensayos de laboratorio fueron usadas las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso Pond. Acum.} = \frac{\text{Peso Acum 1} \times \% \text{ Agregado}}{100} - \frac{\text{Peso Acum 2} \times \% \text{ Agregado}}{100}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Que Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

$$\text{Módulo de Fineza} = \sum \% \text{ Retenido Acumulado hasta la malla N}^\circ 100 / 100$$

3.6.1.1.1 Análisis de la granulometría del agregado fino de Cunyac.

a) Procesamiento y cálculo de datos

Con los datos obtenidos del ensayo se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasan en cada uno de los tamices y comprobar si se encuentran dentro de los parámetros de la norma NTP. 400.012.

Tabla 58 : Granulometría del agregado fino de la cantera de Cunyac

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	REQUISITO	
							MINIMO (% pasa)	MAXIMO (% pasa)
3/8"	9.50	0	0.00	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
N°4	4.75	3.01	3.01	0.60%	0.60%	99%	95%	100%
N°8	2.36	15.9	18.91	3.18%	3.78%	96%	80%	100%
N°16	1.18	12.5	31.41	2.50%	6.28%	94%	50%	85%
N°30	0.60	53.61	85.02	10.72%	17.00%	83%	25%	60%
N°50	0.30	280.37	365.39	56.07%	73.08%	27%	10%	30%
N°100	0.15	101.02	466.41	20.20%	93.28%	7%	2%	10%
N°200	0.08	33.59	500.00	6.72%	100.00%	0%	0%	0%
FONDO		0	500.00	0.00%				
TOTAL		500.00						

Fuente: Elaboración propia

b) Gráfica

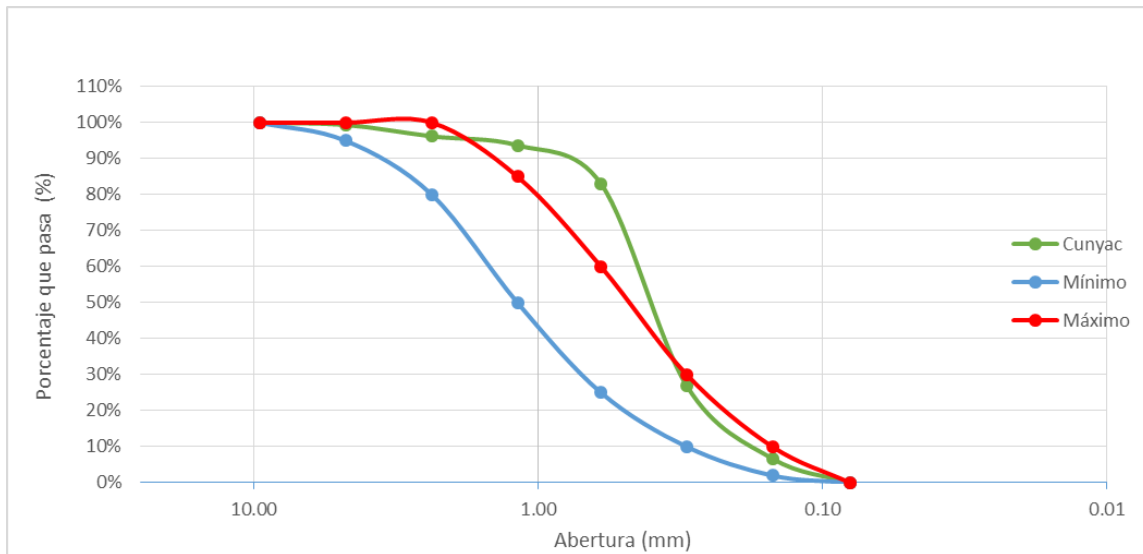


Figura 24 : Granulometría del agregado fino de la cantera de Cunyac

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Se observa que la granulometría del agregado de la cantera de Cunyac no se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma NTP. 400.012.

El módulo de fineza es de 1.94, por lo que se entiende es un material muy fino. Lo recomendado es que se encuentre entre 2.3 y 3.1 para ser aceptado.

3.6.1.1.2 Análisis de la granulometría del agregado fino de Huacarpay.

a) Procesamiento y cálculo de datos

Con los datos obtenidos del ensayo se calculó los porcentajes retenidos y porcentajes que pasan en cada uno de los tamices y comprobar si se encuentran dentro de los parámetros de la norma NTP. 400.012

Tabla 59 : Granulometría del agregado fino de la cantera de Huacarpay

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	REQUISITO	
							MINIMO (% pasa)	MAXIMO (% pasa)
3/8"	9.50	0	0.00	0.00%	0.00%	100%	100%	100%
N°4	4.75	58.94	58.94	11.79%	11.79%	88%	95%	100%
N°8	2.36	146.75	205.69	29.35%	41.14%	59%	80%	100%
N°16	1.18	132.72	338.41	26.54%	67.68%	32%	50%	85%
N°30	0.60	80.77	419.18	16.15%	83.84%	16%	25%	60%
N°50	0.30	42.36	461.54	8.47%	92.31%	8%	10%	30%
N°100	0.15	23.18	484.72	4.64%	96.94%	3%	2%	10%
N°200	0.08	15.28	500.00	3.06%	100.00%	0%	0%	0%
FONDO		0	500.00	0.00%				
TOTAL		500.00			3.94			

Fuente: Elaboración propia

b) Gráfica

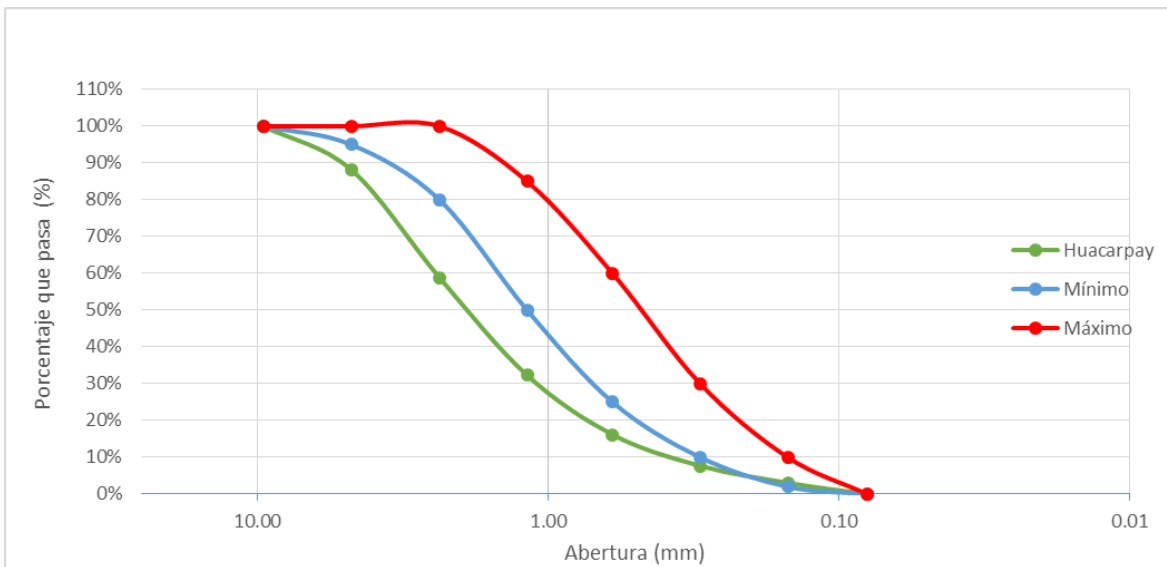


Figura 25 : granulometría del agregado fino de la cantera de Huacarpay

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Se observa que la granulometría del agregado de la cantera de Cunyac no se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma NTP. 400.012.

El módulo de fineza es de 3.94, por lo que se entiende es un material muy grueso. Lo recomendado es que se encuentre entre 2.3 y 3.1 para ser aceptado.

3.6.1.1.3 Análisis de la granulometría de la mezcla de los agregados de Cunyac (65%) y Huacarpay (35%).

Con los valores del ensayo de granulometría se lograron calcular los porcentajes que pasan y los que están retenidos por cada tamiz y así comprobar si se encuentran dentro de los parámetros NTP 400.012.

a) Procesamiento y cálculo de datos

El ACI (American Concrete Institute) permite cualquier método de combinación de agregados, siempre que estos cumplan con los parámetros que el diseño de mezcla requiera.

Para la mezcla de los agregados de las canteras de Cunyac y Huacarpay se utilizó el método de tanteo que consiste en lo siguiente:

- ✓ En primera instancia trabajamos con la cantidad que pasa el tamiz N° 50, debido a que muchos técnicos consideran que esta cantidad tiene una influencia importante en la trabajabilidad del concreto.
- ✓ Se considera una mezcla de 50% - 50% y se verificó si con esta relación se satisfacen los parámetros (superior e inferior).
- ✓ A partir de este primer tanteo se modificó las distintas proporciones hasta lograr el cumplimiento con lo establecido en la norma, encontrando como los porcentajes óptimos para la cantera de Cunyac de 65% y Huacarpay de 35%. Tal como se muestra en la tabla N° 60.

Tabla 60 : Granulometría del resultado de la mezcla de las canteras Cunyac(65%) y Huacarpay(35%)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	REQUISITO	
							MINIMO (% pasa)	MAXIMO (% pasa)
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
N°4	4.75	20.90	20.90	4.18%	4.18%	95.82%	95%	100%
N°8	2.36	58.70	79.60	11.74%	15.92%	84.08%	80%	100%
N°16	1.18	56.20	135.80	11.24%	27.16%	72.84%	50%	85%
N°30	0.60	66.43	202.23	13.29%	40.45%	59.55%	25%	60%
N°50	0.30	196.55	398.78	39.31%	79.76%	20.24%	10%	30%
N°100	0.15	74.19	472.97	14.84%	94.59%	5.41%	2%	10%
N°200	0.08	27.03	500.00	5.41%	100.00%	0.00%	0%	0%
FONDO		0.00	500.00	0.00%				
TOTAL		500.00			2.62			

Fuente: Elaboración propia

b) Gráfica

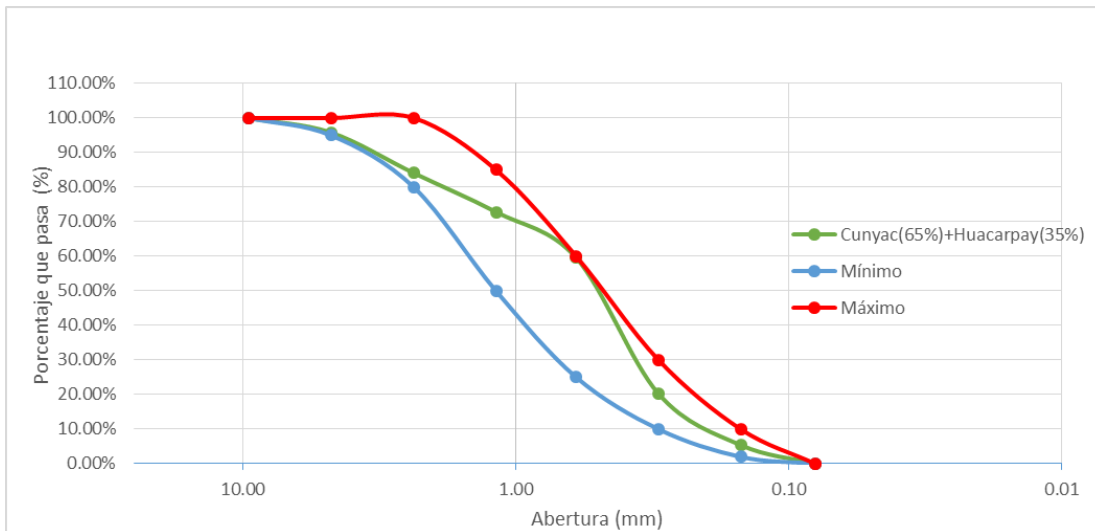


Figura 26 : Granulometría del resultado de la mezcla de las canteras Cunyac(65%)Huacarpay(35%)
Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Observamos que la granulometría del resultado de la mezcla de Cunyac (65%) y Huacarpay (35%) se encuentra dentro del rango de tolerancia según NTP 400.012.

El módulo de fineza es de 2.62, por lo que se entiende es un material que se encuentra entre 2.3 y 3.1 que establece la norma, por lo cual es adecuado para su uso como agregado fino del concreto patrón.

3.6.1.1.4 Análisis granulométrico del Caucho Sintético Granulado.

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 61 : Granulometría del Caucho Sintético Granulado

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	REQUISITO	
							MINIMO (% pasa)	MAXIMO (% pasa)
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	95%	100%
N°8	2.36	180.78	180.78	36.16%	36.16%	63.84%	80%	100%
N°16	1.18	271.23	452.01	54.25%	90.40%	9.60%	50%	85%
N°30	0.60	27.39	479.40	5.48%	95.88%	4.12%	25%	60%
N°50	0.30	14.87	494.27	2.97%	98.85%	1.15%	10%	30%
N°100	0.15	4.38	498.65	0.88%	99.73%	0.27%	2%	10%
N°200	0.08	1.35	500.00	0.27%	100.00%	0.00%	0%	0%
FONDO		0.00	500.00	0.00%				
TOTAL		500.00			4.21			

Fuente: Elaboración propia

b) Gráfica

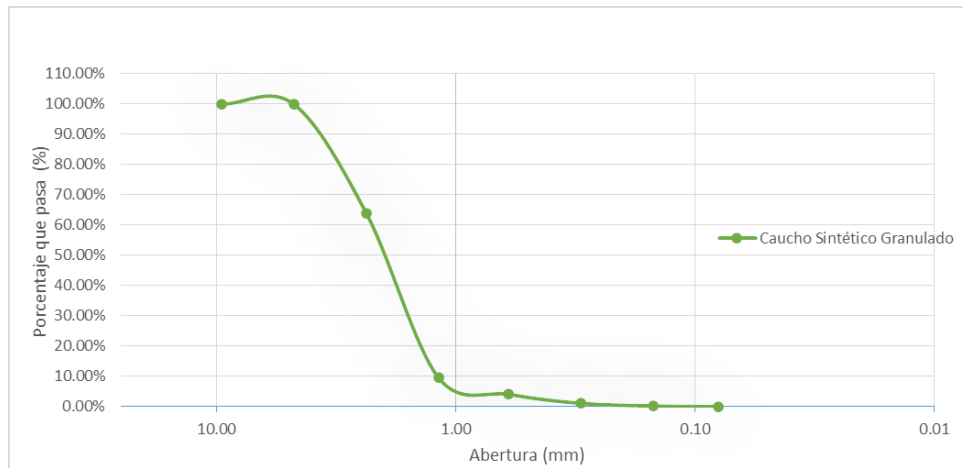


Figura 27 : Granulometría del Caucho Sintético Granulado

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Al observar la curva granulométrica podemos deducir que sus partículas constituyentes en su mayoría son gruesas y su módulo de fineza es de 4.21.

3.6.1.2 Análisis granulométrico de agregado grueso

3.6.1.2.1 Análisis de la granulometría del agregado grueso de Vicho

a) Procesamiento y cálculo de datos

Para la obtener un correcto análisis granulométrico de los datos obtenidos durante nuestros ensayos de laboratorio fueron usadas las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso Pond. Acum.} = \frac{\text{Peso Acum 1} \times \% \text{ Agregado}}{100} - \frac{\text{Peso Acum 2} \times \% \text{ Agregado}}{100}$$

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Que Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Tabla 62 : Granulometría del Agregado Grueso de Vicho

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	PESO RET. ACUM. (g)	% RET.	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	REQUISITO	
							MINIMO (% pasa)	MAXIMO (% pasa)
2"	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3/4"	19.00	158.68	158.68	7.93%	7.93%	92.07%	90%	100%
1/2"	12.50	1123.51	1282.19	56.18%	64.11%	35.89%	20%	55%
3/8"	9.50	507.89	1790.08	25.39%	89.50%	10.50%	0%	15%
N°4	4.75	209.92	2000.00	10.50%	100.00%	0.00%	0%	5%
FONDO		0.00						
TOTAL		2000.00		3/4"				

Fuente: Elaboración propia

b) Gráfica

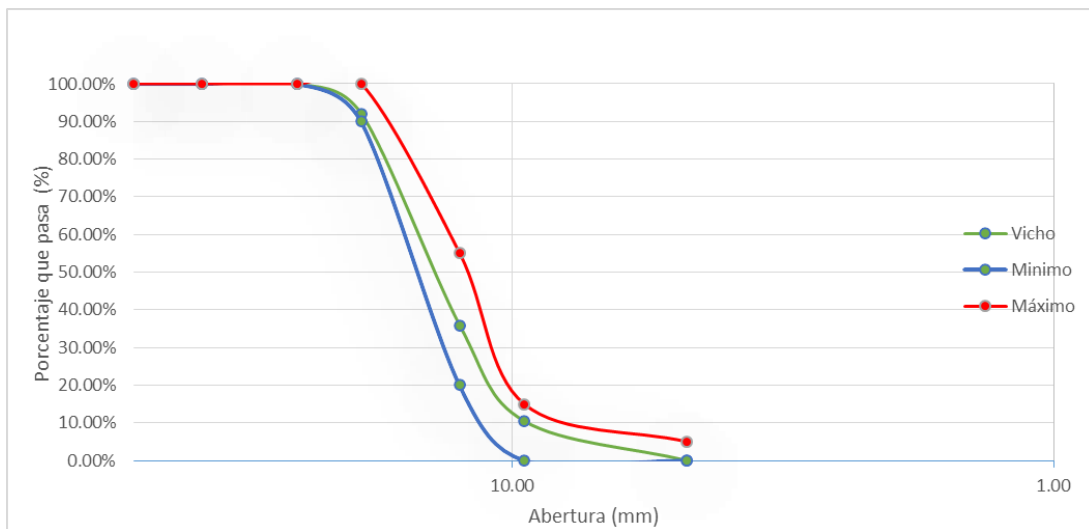


Figura 28 : Granulometría del agregado grueso de Vicho

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Observamos que la granulometría del agregado grueso de Vicho, se encuentra dentro del rango de tolerancia según NTP 400.012. Teniendo como tamaño máximo nominal 3/4".

3.6.1.3 Análisis del porcentaje de humedad de los agregados

3.6.1.3.1 Análisis del porcentaje de humedad del agregado fino de las canteras Cunyac, Huacarpay y de la mezcla de las dos canteras un 65 % y 35% respectivamente

a) Procedimiento y cálculo de datos

Tabla 63 : Cálculo de la humedad de la mezcla de agregados

Símbolo	Descripción	Und	Cantera Cunyac	Cantera Huacarpay	Mezcla 65% Cunyac + 35% huacarpay
			Valor	Valor	Valor
Wo	Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente	g.	160.00	171.10	Promedio ponderado
Ws	Peso de la muestra secada al horno + peso del recipiente	g.	141.70	163.00	
Wr	Peso del recipiente	g.	32.40	33.40	
% Humedad	Porcentaje de humedad	%	16.74%	6.25%	13.07%

Fuente: Elaboración propia

$$\%humedad = \frac{W_o - W_s}{W_s - W_r}$$

b) Análisis de la prueba

El valor de la humedad de la mezcla de agregados que se utilizara en la elaboración de concreto (65% Cunyac + 35% Huacarpay) es de 13.07% valor relativamente bajo y el cual se usara en el diseño de mezcla

3.6.1.3.2 Análisis del porcentaje de humedad del agregado grueso de la cantera de Vicho

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 64 : Cálculo del porcentaje de humedad del agregado grueso

Símbolo	Descripción	Und	Cantera Vicho
			Valor
Wo	Peso de la muestra húmeda + peso del recipiente	g.	533.00
Ws	Peso de la muestra secada al horno + peso del recipiente	g.	522.40
Wr	Peso del recipiente	g.	85.30
% Humedad	Porcentaje de humedad	%	2.43

Fuente: Elaboración propia

$$\%humedad = \frac{W_o - W_s}{W_s - W_r}$$

b) Análisis de la prueba

El valor de la humedad del agregado grueso es 2.43% valor relativamente bajo, y el cual se usará en el diseño de mezcla.

3.6.1.4 Análisis del peso específico y absorción de los agregados

3.6.1.4.1 Análisis del peso específico y absorción del agregado fino de las canteras Cunyac, Huacarpay y de la mezcla de las dos canteras un 65 % y 35% respectivamente

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 65 : Datos del Peso específico y absorción del agregado fino

Peso específico y absorción del agregado fino			
Datos:	Cantera Cunyac	Cantera Huacarpay	Mezcla 65% Cunyac + 35% Huacarpay
P(ms): peso en el aire de la muestra secada en el horno (g)	254.9	273.8	
P(mss): peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	260.2	290.4	
P(f+m): peso de la fiola + muestra (g)	418.1	469.4	
P(f+m+a) peso de la fiola + muestra + agua (g)	817.7	857.8	
V(f): volumen de la fiola (cm ³)	500	500	
V(aa) volumen de agua añadida al frasco (cm ³)	399.6	388.4	
Pem: peso específico de la muestra	2.54	2.45	2.51
Ab: absorción (%)	2.08%	6.06%	3.48%

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

Peso específico de la muestra (g/cm³)

$$P_{em} = \frac{P(ms)}{V(f) - V(aa)}$$

Absorción (%)

$$Ab = \frac{P(mss) - P(ms)}{P(ms)} \times 100$$



b) Análisis de la prueba

El valor del peso específico es de 2.51 g/cm³ y el valor de la absorción es de 3.48% después de haber realizado la mezcla de los agregados de las dos canteras.

3.6.1.4.2 Análisis del peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera de Vicho

a) Procesamientos y cálculo de datos

Tabla 66 : Datos de peso específico del agregado grueso

Peso específico del agregado grueso	
Datos:	
P(ms): peso en el aire de la muestra secada en el horno (g)	1339.0
P(mss): peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3462.8
P(mssa): peso de la muestra saturada sumergida en el agua (g)	3219.9

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

Peso específico de la muestra (g/cm³)

$$P_{em} = \frac{P(ms)}{P(mss) - P(mssa)}$$

$$P_{em} = 2.34 \text{ g/cm}^3$$

Absorción (%)

$$Ab = \frac{P(mss) - P(ms)}{P(ms)} \times 100$$

$$Ab = 1.33\%$$

b) Análisis de la prueba

El valor del peso específico es de 2.34 g/cm³ y el valor de la absorción es de 1.33% los cuales se usarán en el diseño de mezcla.

3.6.1.5 Análisis del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y del caucho sintético granulado

3.6.1.5.1 Análisis del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

a) Proceso de cálculo de datos.

Tabla 67 : Datos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	
Datos:	
Pm: peso del molde (g)	5450.00
P(m+agreg): peso del molde +agregado (g) condición suelta	1255.00
P(m+agreg C) peso del molde +agregado (kg) condición compactada	1353.00
P(agreg): peso del agregado (g) condición suelta	7500.00
P(agreg): peso del agregado (g) condición compactada	8530.00
V(m): volumen del molde cm ³	5018.64

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

Peso unitario suelto (g/cm³)

$$PUs = \frac{P(m + agreg) - P(m)}{V(m)}$$

$$PUs = 1414.71 \text{ g/cm}^3$$

Peso unitario compactado (g/cm³)

$$PUc = \frac{P(m + agreg C) - P(m)}{V(m)}$$

$$PUc = 1609.00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

b) Análisis de la prueba

El valor del peso unitario compactado del agregado grueso que se utilizara en el diseño de mezclas es de 1609.00 g/m³.

3.6.1.5.2 Análisis del peso unitario suelto y compactado del caucho sintético granulado

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 68 : Datos de peso unitario suelto y compactado del caucho sintético granulado

Peso unitario suelto y compactado del caucho sintético granulado	
Datos:	
Pm: peso del molde (g)	8080.00
P(m+agreg): peso del molde +agregado (g) condición suelta	9630.00
P(m+agreg) peso del molde +agregado (g) condición compactada	9790.00
P(agreg): peso del agregado (g) condición suelta	1550.00
P(agreg): peso del agregado (g) condición compactada	1710.00
V(m): volumen del molde cm ³	2982.29

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

Peso unitario suelto (g/cm³)

$$PUs = \frac{P(m + agreg) - P(m)}{V(m)}$$

$$PUs = 519.73 \text{ g/cm}^3$$

Peso unitario compactado (g/cm³)

$$PUC = \frac{P(m + agreg C) - P(m)}{V(m)}$$

$$PUC = 575.23 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

b) Análisis de la prueba

El valor del peso unitario compactado del caucho granulado que se utilizara en la sustitución del agregado fino para la elaboración de concreto es de **575.23g/cm³**.

3.6.1.6 Diseño de mezcla de concreto

En este paso se diseñó una mezcla de concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm². Asumiendo que la elaboración del concreto tiene un grado de control bueno, además que las condiciones de obra requieren una mezcla fluida. El concreto no será expuesto a agentes degradantes ni contendrá aditivos.



3.6.1.6.1 Características físicas de los componentes del concreto

a) Características de los agregados

Tabla 69 : Características de los agregados

Propiedad Física	Und.	Agregado Fino	Agregado Grueso
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.		3/4"
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.51	2.34
Absorción	%	3.48	1.33
Contenido de Humedad	%	13.07	2.43
Módulo de Fineza		2.64	
Peso Unitario Seco Compactado	g/cm ³		1.609

Fuente: Elaboración propia

b) Características del cemento

Tipo del cemento: Cemento Portland tipo IP

Peso específico: 2850.00 kg/m³

c) Características del agua

Agua potable, que cumple con la norma NTP339.088 o E-0.60.

d) Resistencia a la compresión del concreto

 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

3.6.1.7 Pasos a seguir para el diseño de mezcla

Diseño de mezcla para una resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a) Calculo de la resistencia promedio ($f'cr$)

Por un tema de seguridad toda mezcla debe ser diseñada con un factor adicional, que garantice la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para la cual ha sido diseñada, esto porque pueden suceder errores involuntarios, por efecto de esto es que se incrementa la resistencia según la siguiente tabla:

Tabla 70 : Resistencia a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm ²
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
Mayor a 350	$1.10 f'c + 50$

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009)

Por consiguiente

$$F'_{cr} = f'c + 85$$

$$F'_{cr} = 210 + 85$$

$$F'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

b) Determinación del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso

$$TMN = 3/4''$$

c) Determinación del asentamiento (Slump)

Se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 71 : Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras

Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras		
Tipo de estructura	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatas y muros de cimentación	3''	1''
Cimentaciones simples y calzaduras	3''	1''
Vigas muros armados	4''	1''
Columnas	4''	2''
Losas y pavimentos	3''	1''
Concreto ciclópeo	2''	1''

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

d) Determinación del volumen de agua de diseño

Se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 72 : Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump								
Slump	Tamaño Máximo Nominal de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderado	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Por consiguiente:

El volumen requerido para la mezcla es de 190 lts. (0.19 m3)

e) Determinación de la relación agua – cemento por resistencia y durabilidad

Se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 73 : Relación agua/cemento vs f'c

Relación de agua / cemento vs f'c		
F'c a los 28 días	Relación agua / cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)



Por consiguiente, interpolamos:

F'cr	A/C
300	0.54
295	X
250	0.61

$$\frac{295 - 300}{250 - 300} = \frac{X - 0.54}{0.61 - 0.54}$$

$$\frac{A}{C} = 0.5484$$

f) Determinación del volumen de cemento

$$A/C = 0.5484$$

$$190 \text{ kg/C} = 0.5484$$

$$C = 346.46$$

$$C = (346.46 \text{ kg}) / (2820.00 \text{ kg/m}^3)$$

$$C = 0.123 \text{ m}^3$$

g) Determinación del volumen del agregado grueso

Se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 74 : Volumen de agregado grueso compactado en seco/m³ de concreto

Volumen de Agregado Grueso Compactado en seco/m³ de concreto				
Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.0
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Por consiguiente, interpolamos:

M.F	Vol
2.8	0.62
2.64	X
2.6	0.64

$$\frac{2.64 - 2.80}{2.60 - 2.80} = \frac{X - 0.62}{0.64 - 0.62}$$



$$\frac{A}{C} = 0.636$$

El volumen absoluto del agregado grueso es:

$$V \text{ agregado grueso} = (0.636 * 1.609) / 2.34$$

$$V \text{ agregado grueso} = \mathbf{0.437 \text{ m}^3}$$

h) Determinación del contenido de aire

Tabla 75 : Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump

Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump								
Slump	Tamaño Máximo Nominal de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderado	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Por consiguiente:

El aire atrapado es de 2% equivalente 0.020 m³

i) Determinación de volúmenes absolutos

Volumen de agua = 0.190 m³

Volumen de cemento = 0.123 m³

Volumen de agregado grueso = 0.437 m³

Volumen de aire = 0.020 m³

Total = 0.770 m³



j) Determinación del volumen absoluto de agregado fino

Volumen absoluto de agregado fino = $1 - \sum \text{vol. Absolutos}$

Volumen absoluto de agregado fino = $1 - 0.770$

Volumen absoluto de agregado fino = 0.230 m^3

k) Determinación de pesos absolutos de cada material

Tabla 76 : Pesos absolutos de cada material

Material	Volumen absoluto (m3)	Peso específico (kg/m3)	Peso (kg)
Agua	0.190	1000.00	190.00
Cemento	0.123	2850.00	346.46
Piedra (seca)	0.437	2340.00	1023.32
Arena (seca)	0.230	2510.00	576.86
Aire	0.020	0.00	0.00
Total	1		2136.64

Fuente: Propia

Corrección por humedad de los agregados

Peso corregido del agregado = $\text{Peso} \times \text{Contenido de Humedad}$

Peso corregido del agregado Grueso = $1023.32 \times (1 + 0.0243)$

Peso corregido del agregado Grueso = 1048.19 kg

Peso corregido del agregado Fino = $576.86 \times (1 + 0.1307)$

Peso corregido del agregado Fino = 652.25

Balance de agua = $\text{Humedad} - \text{Absorción}$

Balance de agua para el agregado Grueso = $2.43\% - 1.33\%$

Balance de agua para el agregado Grueso = $+ 0.011\%$

Balance de agua para el agregado Fino = $13.07\% - 3.48\%$

Balance de agua para el agregado Fino = $+0.0959$

Contribución de agua = $\text{Peso corregido} \times \text{Balance de agua}$

Contribución de agua por el agregado Grueso = 1048.19×0.011

Contribución de agua por el agregado Grueso = 11.53 kg

Contribución de agua por el agregado Fino = 652.25×0.0959

Contribución de agua por el agregado Fino = 62.55 kg

Determinación del agua al final de la mezcla

Agua final = Peso absoluto del agua – aportes de agua

Agua final = 190.00 – 11.53 – 62.55

Agua final = 115.92 lts

1) Dosificación final para 1m³ de concreto patrón f'c 210 kg/cm²

Tabla 77 : Dosificación final para 1 m³ de concreto patrón f'c 210 kg/cm²

Material		Volumen (m ³)	Peso (kg)		Dosificación en peso	Dosificación en volumen
Agua		0.116	115.92	115.92	0.33 k	0.94 k
Cemento		0.123	346.46	346.46	1.00 k	1.00 k
Agregado Grueso		0.448	1048.19	1048.19	3.03 k	3.65 k
Arena	Cunyac 65%	0.169	423.96	652.25	1.22 k	1.37 k
	Huacarpay 35%	0.091	228.29		0.66 k	0.74 k
Total		0.947	2162.82	2162.82		

Fuente: Propia

Tabla 78 : Dosificación final de concreto patrón para una briqueta circular

Material		Para 1m ³ de concreto			Para una briqueta circular 15 x 30 cm (v=0.0053 m ³)	
		Volumen	Peso(kg)		Volumen (m ³)	Peso (kg)
Agua		0.116	115.92	115.92	0.0006	0.61
Cemento		0.123	346.46	346.46	0.0007	1.84
Agregado grueso (vicho)		0.448	1048.19	1048.19	0.0024	5.56
Agregado fino	Cunyac (65%)	0.169	423.96	652.25	0.0009	2.25
	Huacarpay (35%)	0.091	228.29		0.0005	1.21
Total		0.947	2162.82	2162.82		11.46

Fuente: Propia

Tabla 79 : Dosificación final de concreto con caucho para una briqueta circular

Material	Para 1m3 de concreto			Para una briqueta circular 15 x 30 cm (v=0.0053 m3)	
	Volumen	Peso(kg)		Volumen (m3)	Peso (kg)
Agua	0.135	134.68	134.68	0.0006	0.71
Cemento	0.123	346.46	346.46	0.0007	1.84
Agregado grueso (vicho)	0.448	1048.19	1048.19	0.0024	5.56
Agregado fino	Cunyac (65%)	0.118	296.77	0.0009	1.57
	Huacarpay (35%)	0.064	159.8		
Caucho granulado	0.078	44.84	44.84	0.0004	0.24
Total	0.888	1985.90	1985.90		10.76

Fuente: Propia

3.6.2 Análisis de datos de la Resistencia a Compresión (variable interviniente)

- a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 80 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 7 días

7 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²				CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034				
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	L/D	OBSERVACIÓN
	d1	d2	d3	d4		h1	h2			
1	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	2.02	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81 : Resistencia a Compresión del concreto Patrón 7 días

7 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²													
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistecia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2								
1	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm	182.95 cm ²	33210 Kg	181.52 Kg/cm²	86.44%	10.82 Kg/cm²	12.26	
2	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	177.60 cm ²	32800 Kg	184.69 Kg/cm²	87.95%			
3	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	182.06 cm ²	34330 Kg	188.57 Kg/cm²	89.79%			
4	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	178.19 cm ²	35820 Kg	201.02 Kg/cm²	95.72%			
5	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	180.33 cm ²	30890 Kg	171.30 Kg/cm²	81.57%			

Fuente: Elaboración propia

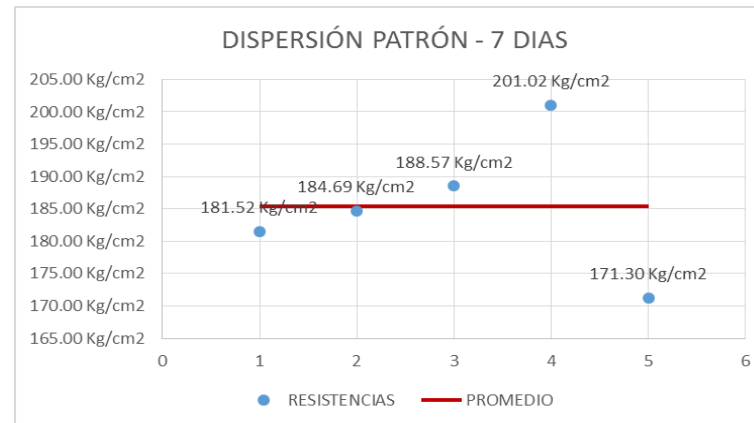


Figura 29 : Dispersión - Compresión Patrón 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 14 días

14 días compresión		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.00 cm	15.30 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.10 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.15 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.08 cm	15.11 cm	30.10 cm	30.20 cm	30.15 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.35 cm	15.15 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.17 cm	30.30 cm	30.20 cm	30.25 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.30 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.20 cm	15.20 cm	15.05 cm	15.03 cm	15.12 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83 : Resistencia a Compresión del concreto Patrón 14 días

14 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²												
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistencia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion
	d1	d2	d3	d4		h1	h2							
1	15.00 cm	15.30 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.10 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	179.08 cm ²	36640 Kg	204.60 Kg/cm²	97.43%	7.48 Kg/cm ²	7.85
2	15.15 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.08 cm	15.11 cm	30.10 cm	30.20 cm	30.15 cm	179.26 cm ²	33890 Kg	189.06 Kg/cm²	90.03%		
3	15.35 cm	15.15 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.17 cm	30.30 cm	30.20 cm	30.25 cm	180.62 cm ²	35310 Kg	195.49 Kg/cm²	93.09%		
4	15.30 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	180.56 cm ²	36730 Kg	203.42 Kg/cm²	96.87%		
5	15.20 cm	15.20 cm	15.05 cm	15.03 cm	15.12 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	179.55 cm ²	37190 Kg	207.13 Kg/cm²	98.63%		

Fuente: Elaboración propia

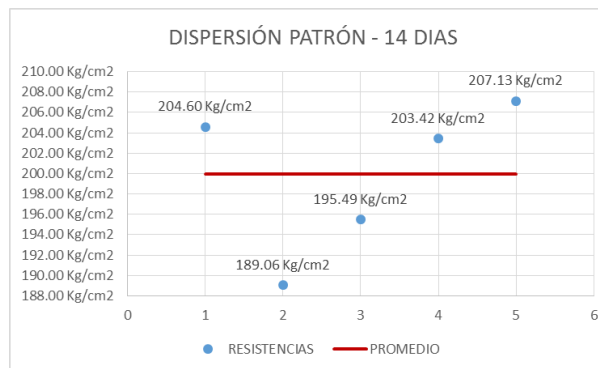


Figura 30 : Dispersión - Compresión Patrón 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 28 días

28 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm	2.01	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85 : Resistencia a Compresión del concreto Patrón 28 días

28 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²												
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistecia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion
	d1	d2	d3	d4		h1	h2							
1	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	181.76 cm ²	43240 Kg	237.90 Kg/cm²	113.29%	12.19 Kg/cm²	10.27
2	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	182.65 cm ²	46100 Kg	252.39 Kg/cm²	120.19%		
3	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm	181.22 cm ²	42710 Kg	235.68 Kg/cm²	112.23%		
4	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm	181.22 cm ²	46400 Kg	256.04 Kg/cm²	121.93%		
5	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	177.48 cm ²	46900 Kg	264.25 Kg/cm²	125.83%		

Fuente: Elaboración propia

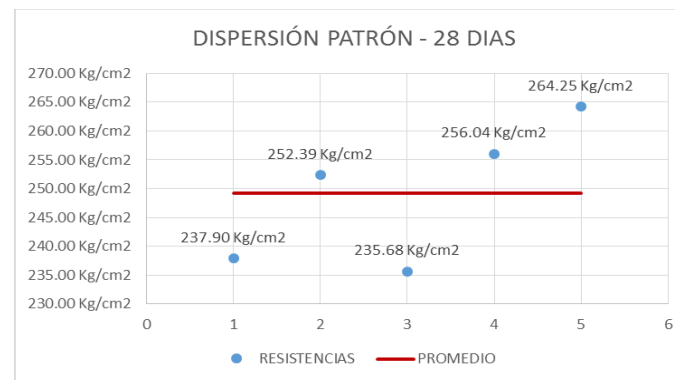


Figura 31 : Dispersión - Compresión Patrón 28 días

Fuente: Elaboración propia



Tabla 86 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 7 días

7 días compresión caucho		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.10 cm	15.40 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.10 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.08 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.25 cm	15.05 cm	15.30 cm	15.15 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	2.01	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.20 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.10 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	2.01	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87 : Resistencia a Compresión del concreto Caucho 7 días

7 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²												
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistecia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion
	d1	d2	d3	d4		h1	h2							
1	15.31 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.29 cm	15.26 cm	30.50 cm	30.70 cm	30.60 cm	182.95 cm ²	33210 Kg	181.52 Kg/cm²	86.44%	10.82 Kg/cm²	12.26
2	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.15 cm	15.04 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	177.60 cm ²	32800 Kg	184.69 Kg/cm²	87.95%		
3	15.15 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.23 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	182.06 cm ²	34330 Kg	188.57 Kg/cm²	89.79%		
4	15.15 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.06 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	178.19 cm ²	35820 Kg	201.02 Kg/cm²	95.72%		
5	15.05 cm	15.10 cm	15.25 cm	15.21 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	180.33 cm ²	30890 Kg	171.30 Kg/cm²	81.57%		

Fuente: Elaboración propia

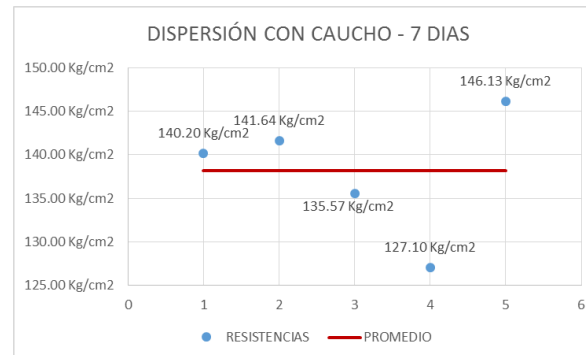


Figura 32 : Dispersión - Compresión Caucho 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 14 días

14 días compresión		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	29.90 cm	30.00 cm	29.95 cm	1.98	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.30 cm	15.20 cm	15.30 cm	15.25 cm	15.26 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.10 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm	2.01	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.20 cm	14.95 cm	15.00 cm	15.20 cm	15.09 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	2.02	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89 : Resistencia a Compresión del concreto Caucho 14 días

14 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²												
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistecia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion
	d1	d2	d3	d4		h1	h2							
1	15.00 cm	15.30 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.10 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	179.08 cm ²	36640 Kg	204.60 Kg/cm ²	97.43%	7.48 Kg/cm ²	7.85
2	15.15 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.08 cm	15.11 cm	30.10 cm	30.20 cm	30.15 cm	179.26 cm ²	33890 Kg	189.06 Kg/cm ²	90.03%		
3	15.35 cm	15.15 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.17 cm	30.30 cm	30.20 cm	30.25 cm	180.62 cm ²	35310 Kg	195.49 Kg/cm ²	93.09%		
4	15.30 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	180.56 cm ²	36730 Kg	203.42 Kg/cm ²	96.87%		
5	15.20 cm	15.20 cm	15.05 cm	15.03 cm	15.12 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	179.55 cm ²	37190 Kg	207.13 Kg/cm ²	98.63%		

Fuente: Elaboración propia

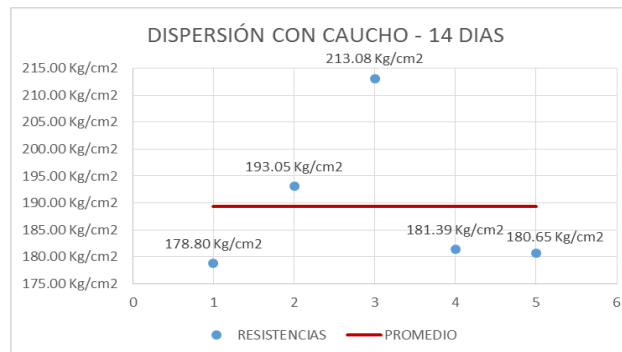


Figura 33 : Dispersión - Compresión Caucho 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 28 días

28 días compresión		210.00 Kg/cm ²				CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034				
N° de probeta	diámetro superior		diámetro inferior		d promedio	altura		h promedio	OBSERVACIÓN	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	
1	15.20 cm	15.14 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.07 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
2	15.00 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.05 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm	2.00	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
3	15.20 cm	15.23 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.11 cm	30.23 cm	30.00 cm	30.12 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
4	15.30 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE
5	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	1.99	EL VALOR f _c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91 : Resistencia a Compresión del concreto Caucho 28 días

28 días compresión patrón		210.00 Kg/cm ²													
N° de probeta	diametro superior		diametro inferior		d promedio	altura		h promedio	area	carga de ruptura	resistencia	% de resistencia	Desviacion estandar	Coeficiente de variacion	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2								
1	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	181.76 cm ²	43240 Kg	237.90 Kg/cm²	113.29%	12.19 Kg/cm²	10.27	
2	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	182.65 cm ²	46100 Kg	252.39 Kg/cm²	120.19%			
3	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm	181.22 cm ²	42710 Kg	235.68 Kg/cm²	112.23%			
4	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm	181.22 cm ²	46400 Kg	256.04 Kg/cm²	121.93%			
5	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	177.48 cm ²	46900 Kg	264.25 Kg/cm²	125.83%			

Fuente: Elaboración propia

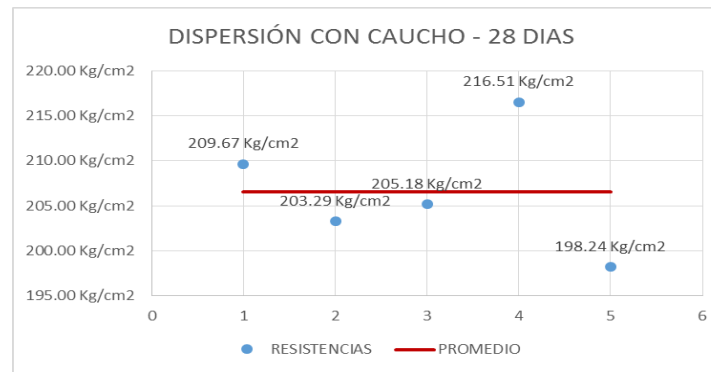


Figura 34 : Dispersión - Compresión Caucho 28 días

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Análisis de datos de la Resistencia a Flexión

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 92 : Resistencia a Flexión del concreto Patrón 7 días

7 días flexión patrón		210.00 Kg/cm2						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	15.10 cm	15.25 cm	45.00 cm	2660 Kg	34.42 Kg/cm2	35.44 Kg/cm2	1.86 Kg/cm2	5.24%
2	15.50 cm	15.10 cm	45.00 cm	2670 Kg	33.12 Kg/cm2			
3	15.00 cm	15.45 cm	45.00 cm	2890 Kg	37.41 Kg/cm2			
4	15.30 cm	14.60 cm	45.00 cm	2830 Kg	37.26 Kg/cm2			
5	15.00 cm	15.40 cm	45.00 cm	2695 Kg	35.00 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

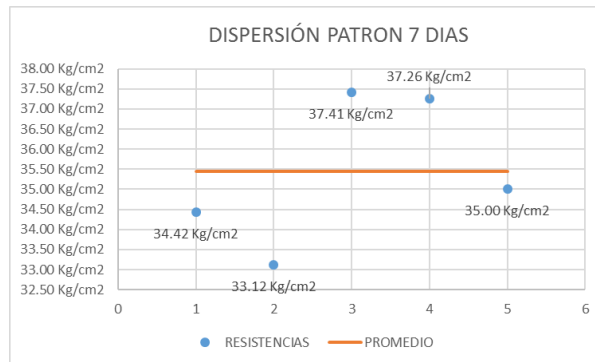


Figura 35 : Dispersión - Flexión Patrón 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93 : Resistencia a Flexión del concreto Patrón 14 días

14 días flexión patrón		210.00 Kg/cm2						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	15.15 cm	15.00 cm	45.00 cm	2600 Kg	33.98 Kg/cm2	36.98 Kg/cm2	4.06 Kg/cm2	10.98%
2	15.25 cm	15.50 cm	45.00 cm	2530 Kg	31.58 Kg/cm2			
3	15.40 cm	15.40 cm	45.00 cm	3260 Kg	40.17 Kg/cm2			
4	15.20 cm	15.00 cm	45.00 cm	3160 Kg	41.03 Kg/cm2			
5	15.30 cm	15.00 cm	45.00 cm	2975 Kg	38.13 Kg/cm2			

Fuente: Elaboración propia

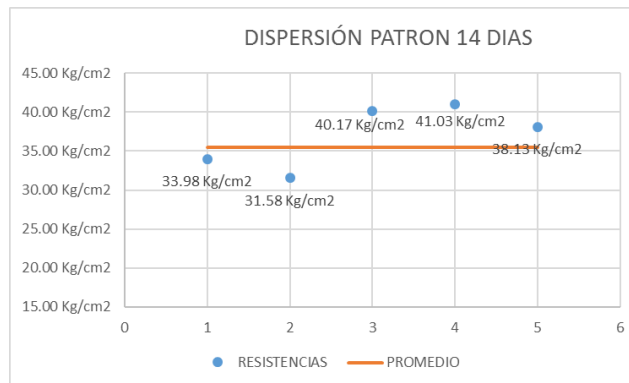


Figura 36 : Dispersión - Flexión Patrón 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94 : Resistencia a Flexión del concreto Patrón 28 días

28 días flexión patrón		210.00 Kg/cm ²						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	14.90 cm	15.20 cm	45.00 cm	3390 Kg	45.21 Kg/cm²	44.79 Kg/cm²	1.65 Kg/cm²	3.68%
2	15.20 cm	15.15 cm	45.00 cm	3430 Kg	44.10 Kg/cm²			
3	15.20 cm	15.25 cm	45.00 cm	3310 Kg	42.27 Kg/cm²			
4	15.25 cm	15.20 cm	45.00 cm	3620 Kg	46.08 Kg/cm²			
5	15.15 cm	15.00 cm	45.00 cm	3540 Kg	46.27 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

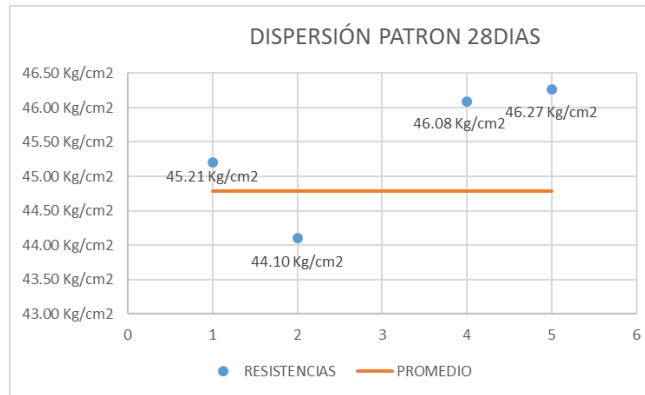


Figura 37 : Dispersión - Flexión Patrón 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95 : Resistencia a Flexión del concreto Caucho 7 días

7 días flexión caucho		210.00 Kg/cm ²						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	14.90 cm	15.35 cm	45.00 cm	2460 Kg	32.48 Kg/cm²	30.49 Kg/cm²	3.03 Kg/cm²	9.94%
2	15.40 cm	15.00 cm	45.00 cm	2390 Kg	30.23 Kg/cm²			
3	15.40 cm	15.40 cm	45.00 cm	2800 Kg	34.50 Kg/cm²			
4	15.00 cm	15.10 cm	45.00 cm	2110 Kg	27.95 Kg/cm²			
5	15.15 cm	15.15 cm	45.00 cm	2110 Kg	27.31 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

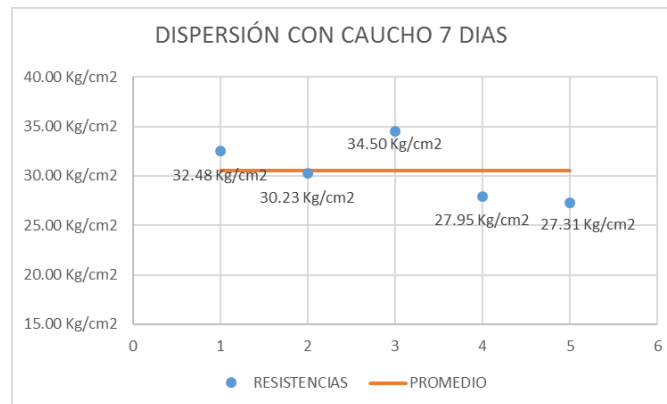


Figura 38 : Dispersión - Flexión Caucho 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96 : Resistencia a Flexión del concreto Caucho 14 días

14 días flexión caucho		210.00 Kg/cm ²						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	15.10 cm	15.50 cm	45.00 cm	2540 Kg	32.34 Kg/cm²	33.78 Kg/cm²	1.33 Kg/cm²	3.94%
2	15.30 cm	15.20 cm	45.00 cm	2830 Kg	35.79 Kg/cm²			
3	15.20 cm	15.00 cm	45.00 cm	2530 Kg	32.85 Kg/cm²			
4	15.50 cm	15.10 cm	45.00 cm	2750 Kg	34.11 Kg/cm²			
5	15.00 cm	15.20 cm	45.00 cm	2570 Kg	33.82 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

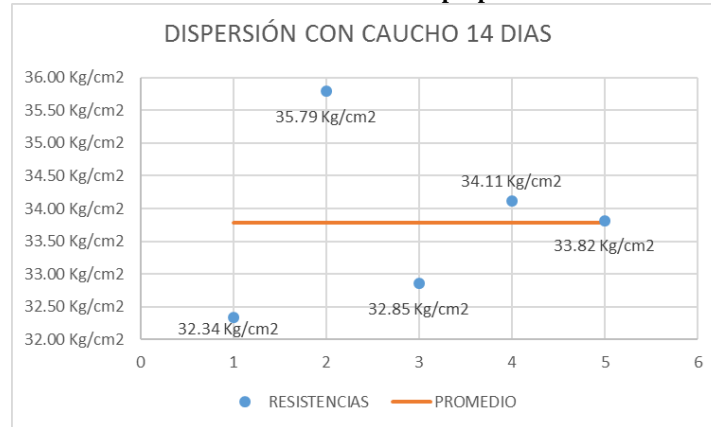


Figura 39 : Dispersión - Flexión Caucho 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97 : Resistencia a Flexión del concreto Caucho 28 días

28 días flexión caucho		210.00 Kg/cm ²						
N° vigueta	Altura	Base	Longitud	Carga	Resistencia a flexión	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	15.04 cm	15.00 cm	45.00 cm	3050 Kg	40.45 Kg/cm²	37.19 Kg/cm²	2.15 Kg/cm²	5.77%
2	15.40 cm	15.20 cm	45.00 cm	2970 Kg	37.08 Kg/cm²			
3	15.00 cm	15.25 cm	45.00 cm	2720 Kg	35.67 Kg/cm²			
4	15.20 cm	15.00 cm	45.00 cm	2690 Kg	34.93 Kg/cm²			
5	15.03 cm	15.12 cm	45.00 cm	2870 Kg	37.81 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

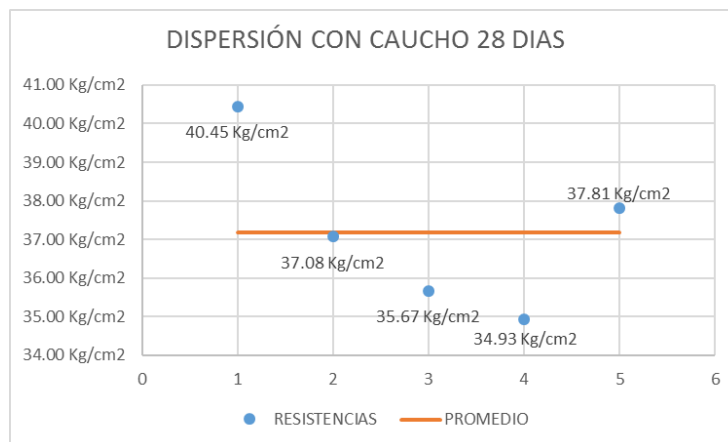


Figura 40 : Dispersión - Flexión Caucho 28 días

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Análisis de datos de la Resistencia a Tracción Indirecta

a) Procesamiento y cálculo de datos

Tabla 98 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 7 días

7 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.30 cm	14.95 cm	14.99 cm	15.21 cm	15.11 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	2.01	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	15.00 cm	14.95 cm	15.11 cm	15.04 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.02 cm	15.02 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	2.02	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.40 cm	15.00 cm	14.80 cm	15.40 cm	15.15 cm	30.60 cm	30.70 cm	30.65 cm	2.02	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	14.90 cm	15.30 cm	14.90 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	2.03	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99 : Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 7 días

7 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	Resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.30 cm	14.95 cm	14.99 cm	15.21 cm	15.11 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	10640 Kg	14.77 Kg/cm ²	14.89 Kg/cm ²	1.93 Kg/cm ²	12.96%
2	15.00 cm	14.95 cm	15.11 cm	15.04 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	12560 Kg	17.74 Kg/cm ²			
3	15.02 cm	15.02 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	11010 Kg	15.39 Kg/cm ²			
4	15.40 cm	15.00 cm	14.80 cm	15.40 cm	15.15 cm	30.60 cm	30.70 cm	30.65 cm	9090 Kg	12.46 Kg/cm ²			
5	14.90 cm	15.30 cm	14.90 cm	15.00 cm	15.03 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	10130 Kg	14.10 Kg/cm ²			

Fuente: Elaboración propia

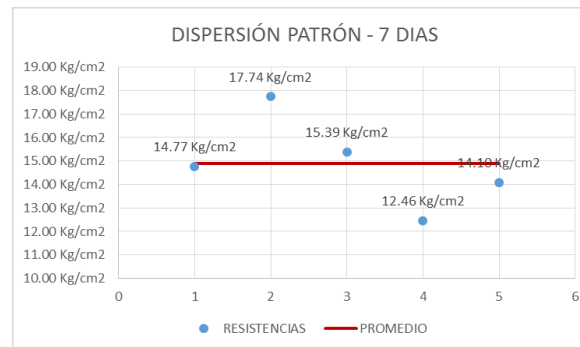


Figura 41 : Dispersión – Tracción Indirecta Caucho 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 14 días

14 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.10 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	15.10 cm	15.40 cm	15.08 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.20 cm	15.18 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.14 cm	29.00 cm	29.00 cm	29.00 cm	1.92	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.18 cm	15.29 cm	15.81 cm	15.81 cm	15.52 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.93	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	15.15 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101 : Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 14 días

14 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	Resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.10 cm	15.15 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14120 Kg	19.86 Kg/cm²	19.63 Kg/cm²	1.05 Kg/cm²	5.37%
2	15.10 cm	15.40 cm	15.08 cm	15.05 cm	15.16 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14950 Kg	20.93 Kg/cm²			
3	15.20 cm	15.18 cm	15.08 cm	15.08 cm	15.14 cm	29.00 cm	29.00 cm	29.00 cm	12530 Kg	18.17 Kg/cm²			
4	15.18 cm	15.29 cm	15.81 cm	15.81 cm	15.52 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	13940 Kg	19.06 Kg/cm²			
5	15.15 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.09 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	14310 Kg	20.13 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

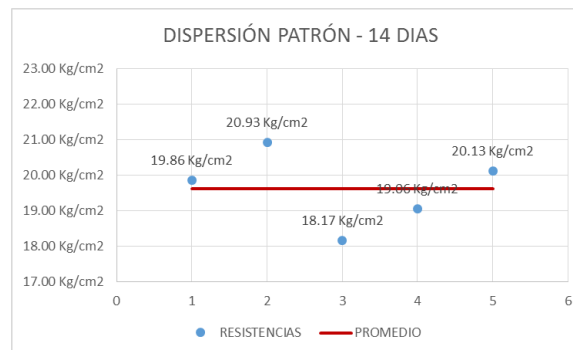


Figura 42 : Dispersión – Tracción Indirecta Patrón 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Patrón 28 días

28 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.30 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	15.28 cm	15.10 cm	15.35 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.30 cm	30.25 cm	30.28 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.10 cm	15.15 cm	15.12 cm	15.22 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	2.01	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.30 cm	15.30 cm	15.35 cm	15.15 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	15.15 cm	15.12 cm	15.21 cm	15.25 cm	15.18 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	2.01	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103 : Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Patrón 28 días

28 días tracción patrón		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	Resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.30 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.40 cm	30.40 cm	20760 Kg	28.51 Kg/cm²	26.85 Kg/cm²	4.03 Kg/cm²	14.99%
2	15.28 cm	15.10 cm	15.35 cm	15.25 cm	15.25 cm	30.30 cm	30.25 cm	30.28 cm	19990 Kg	27.57 Kg/cm²			
3	15.10 cm	15.15 cm	15.12 cm	15.22 cm	15.15 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	23030 Kg	31.79 Kg/cm²			
4	15.30 cm	15.30 cm	15.35 cm	15.15 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.40 cm	30.45 cm	18610 Kg	25.47 Kg/cm²			
5	15.15 cm	15.12 cm	15.21 cm	15.25 cm	15.18 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	15210 Kg	20.91 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

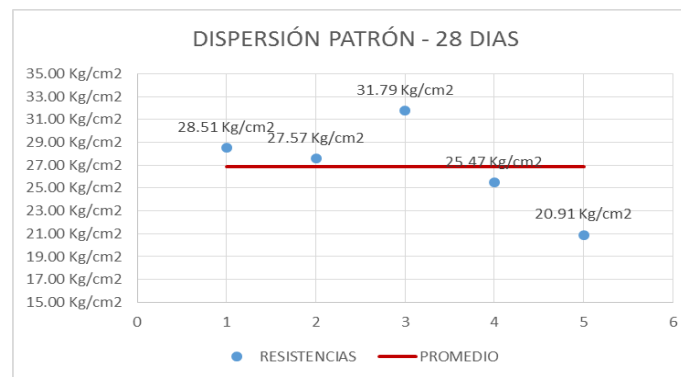


Figura 43 : Dispersión – Tracción Indirecta Patrón 28 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 7 días

7 días tracción con caucho		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.00 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.90 cm	14.95 cm	30.00 cm	29.80 cm	29.90 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	14.80 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	2.02	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm	2.02	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.40 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	15.19 cm	15.05 cm	15.21 cm	15.29 cm	15.19 cm	30.70 cm	30.70 cm	30.70 cm	2.02	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105 : Resistencia a Tracción Indirecta del concreto Caucho 7 días

7 días tracción caucho		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.00 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.90 cm	14.95 cm	30.00 cm	29.80 cm	29.90 cm	11490 Kg	16.36 Kg/cm²	15.70 Kg/cm²	0.87 Kg/cm²	5.54%
2	14.80 cm	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	10440 Kg	14.87 Kg/cm²			
3	15.00 cm	14.90 cm	14.80 cm	14.80 cm	14.88 cm	30.10 cm	30.10 cm	30.10 cm	10720 Kg	15.24 Kg/cm²			
4	15.40 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.28 cm	30.50 cm	30.60 cm	30.55 cm	11110 Kg	15.16 Kg/cm²			
5	15.19 cm	15.05 cm	15.21 cm	15.29 cm	15.19 cm	30.70 cm	30.70 cm	30.70 cm	12360 Kg	16.88 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

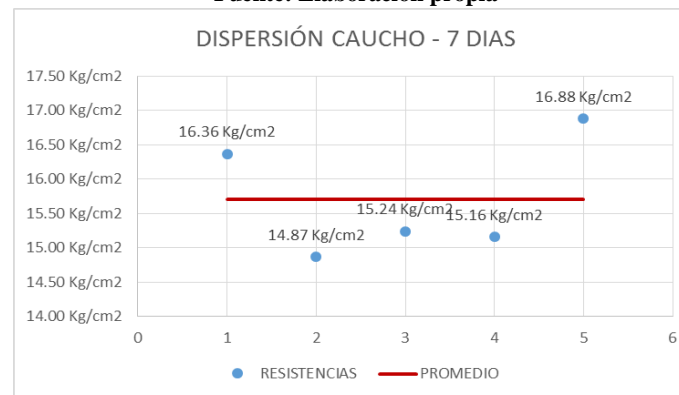


Figura 44 : Dispersión – Tracción Indirecta Caucho 7 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 14 días

14 días tracción con caucho		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	29.90 cm	30.10 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	14.80 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.00 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.10 cm	15.20 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	15.20 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.18 cm	30.60 cm	30.50 cm	30.55 cm	2.01	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 107 : Resistencia a Tracción del concreto Caucho 14 días

14 días tracción caucho		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.20 cm	15.20 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	29.90 cm	30.10 cm	30.00 cm	11540 Kg	16.19 Kg/cm²	16.54 Kg/cm²	0.71 Kg/cm²	4.32%
2	14.80 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.10 cm	15.03 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	12120 Kg	17.09 Kg/cm²			
3	15.00 cm	14.90 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.00 cm	30.00 cm	30.10 cm	30.05 cm	12260 Kg	17.32 Kg/cm²			
4	15.10 cm	15.20 cm	15.30 cm	15.20 cm	15.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	30.20 cm	11950 Kg	16.57 Kg/cm²			
5	15.20 cm	15.20 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.18 cm	30.60 cm	30.50 cm	30.55 cm	11310 Kg	15.53 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

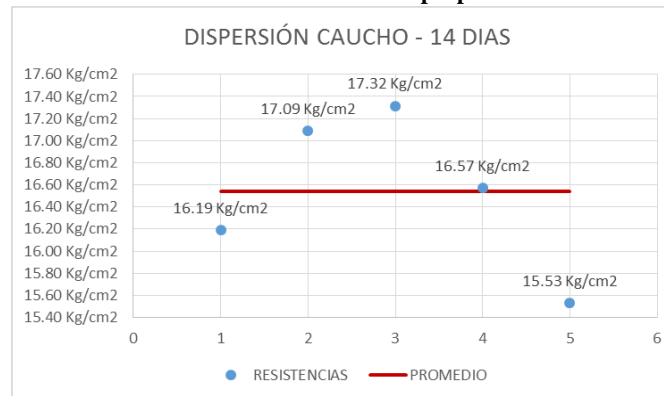


Figura 45 : Dispersión - Tracción Caucho 14 días

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108 : Condición Longitud-Diámetro del concreto Caucho 28 días

28 días tracción con caucho		210.00 Kg/cm ²								
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	CONDICIÓN DE LA NORMA NTP 339.034	
	d1	d2	d3	d4		h1	h2		L/D	OBSERVACIÓN
1	15.35 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
2	15.15 cm	15.30 cm	15.02 cm	15.05 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.98	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
3	15.00 cm	14.95 cm	15.00 cm	15.07 cm	15.01 cm	30.00 cm	29.90 cm	29.95 cm	2.00	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
4	15.25 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE
5	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.08 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	1.99	EL VALOR f'c NO SE CORRIGE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109 : Resistencia a Tracción del concreto Caucho 28 días

28 días tracción caucho		210.00 Kg/cm ²											
N° de probeta	Diámetro superior		Diámetro inferior		d promedio	Altura		h promedio	Carga de ruptura	resistencia a la tracción	Resistencia promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
	d1	d2	d3	d4		h1	h2						
1	15.35 cm	15.15 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	11950 Kg	16.75 Kg/cm²	17.31 Kg/cm²	1.15 Kg/cm²	6.64%
2	15.15 cm	15.30 cm	15.02 cm	15.05 cm	15.13 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	11840 Kg	16.61 Kg/cm²			
3	15.00 cm	14.95 cm	15.00 cm	15.07 cm	15.01 cm	30.00 cm	29.90 cm	29.95 cm	12120 Kg	17.17 Kg/cm²			
4	15.25 cm	15.25 cm	15.05 cm	15.00 cm	15.14 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	11920 Kg	16.68 Kg/cm²			
5	15.00 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.20 cm	15.08 cm	30.00 cm	30.00 cm	30.00 cm	13730 Kg	19.33 Kg/cm²			

Fuente: Elaboración propia

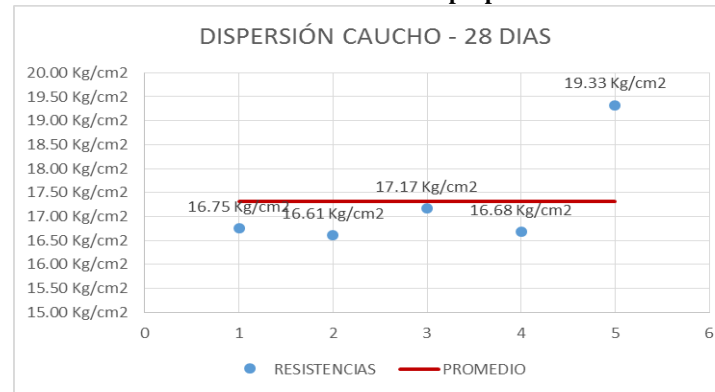


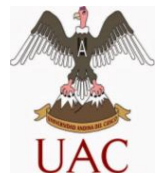
Figura 46 : Dispersión - Tracción Caucho 28 días

Fuente: Elaboración propia



3.6.5 Análisis de datos de Módulo de Elasticidad y Poisson

a) Procesamiento y cálculo de datos



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

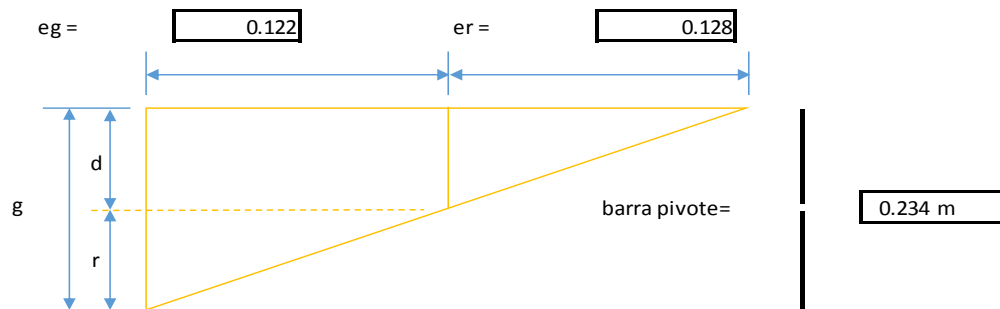
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
BRIQUETA:	1 - PATRÓN
EDAD:	7 DÍAS

ALTURA	DIÁMETRO
H= 30.6 cm	D= 15.2625 cm

Area=	182.9537161 cm ²
RESISTENCIA ULTIMA	
f'c ultima=	181.52 Kg/cm ²

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea → 0.0001" → 0.0000254 m

$$d = \frac{g \cdot er}{er + eg}$$



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Carga	Esfuerzo	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
1760 Kg	9.62 Kg/cm ²	5	0.0000127	6.5024E-06	2.78E-05
2530 Kg	13.83 Kg/cm ²	10	0.0000254	1.30048E-05	5.56E-05
5090 Kg	27.82 Kg/cm ²	20	0.0000508	2.60096E-05	1.11E-04
7100 Kg	38.81 Kg/cm ²	30	0.0000762	3.90144E-05	1.67E-04
10260 Kg	56.08 Kg/cm ²	40	0.0001016	5.20192E-05	2.22E-04
12660 Kg	69.20 Kg/cm ²	50	0.000127	6.5024E-05	2.78E-04
14890 Kg	81.39 Kg/cm ²	60	0.0001524	7.80288E-05	3.33E-04
16300 Kg	89.09 Kg/cm ²	70	0.0001778	9.10336E-05	3.89E-04
18973 Kg	103.70 Kg/cm ²	80	0.0002032	0.000104038	0.000444609

(*) Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S ₂ (40%) =	72.61 Kg/cm ²
69.20 Kg/cm ²	→ 0.00027788
72.61 Kg/cm ²	→ ε ₂
81.39 Kg/cm ²	→ 3.33E-04
ε ₂ =	0.000293432

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027788	→ 9.62 Kg/cm ²
0.000050000	→ S ₁
0.000055576	→ 13.83 Kg/cm ²

S₁ = 12.98 Kg/cm²

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

S ₁ =	12.98 Kg/cm ²	ε ₁ =	0.000050
S ₂ =	72.61 Kg/cm ²	ε ₂ =	0.000293

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.45E+05 Kg/cm²

$$\mu = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

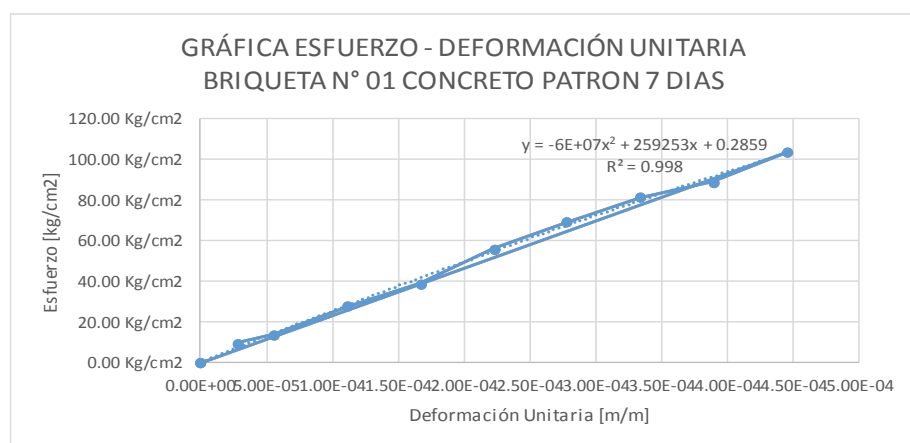
(*) Interpolación para deformaciones (ε₁ y ε₂) de esfuerzos S₁ y S₂ respectivamente.

0	→ 0
12.98 Kg/cm ²	→ ε ₁
23.89 Kg/cm ²	→ 1.11152E-05
ε ₁ =	6.04212E-06
60.45 Kg/cm ²	→ 4.44609E-05
72.61 Kg/cm ²	→ ε ₂
72.70 Kg/cm ²	→ 5.55761E-05
ε ₂ =	5.54967E-05

ε ₁ =	6.04212E-06	ε ₁ =	0.000050
ε ₂ =	5.54967E-05	ε ₂ =	0.000293

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.203155794



Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Lectura del Deformimetro en "lineas"	Lectura del Deformimetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
4370 Kg	23.89 Kg/cm ²	2	0.00000508	2.60096E-06	1.11152E-05
5480 Kg	29.95 Kg/cm ²	4	0.00001016	5.20192E-06	2.22304E-05
8810 Kg	48.15 Kg/cm ²	6	0.00001524	7.80288E-06	3.33456E-05
11060 Kg	60.45 Kg/cm ²	8	0.00002032	1.04038E-05	4.44609E-05
13300 Kg	72.70 Kg/cm ²	10	0.0000254	1.30048E-05	5.55761E-05



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

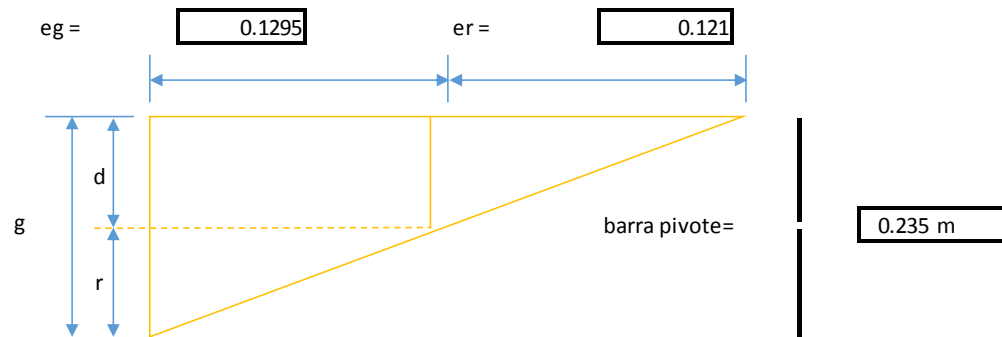
Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=29.95 cm, D=15.0375 cm).

Area= 177.5992642 cm2

RESISTENCIA ULTIMA
f'c ultima= 184.69 Kg/cm2

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 73.87 Kg/cm2
72.64 Kg/cm2 -> 0.00041767
73.87 Kg/cm2 -> ε2
79.72 Kg/cm2 -> 0.000469879
ε2 = 0.000426793

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000026104 -> 7.69 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000052209 -> 9.63 Kg/cm2
S1 = 9.46 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 9.46 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 73.87 Kg/cm2 ε2 = 0.000427

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 1.71E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
9.46 Kg/cm2 -> ε1
18.52 Kg/cm2 -> 1.04418E-05
ε1 = 5.33453E-06
54.96 Kg/cm2 -> 4.1767E-05
73.87 Kg/cm2 -> ε2
76.24 Kg/cm2 -> 5.22088E-05
ε2 = 5.10486E-05

ε1 = 5.33453E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.10486E-05 ε2 = 0.000427

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.121324035

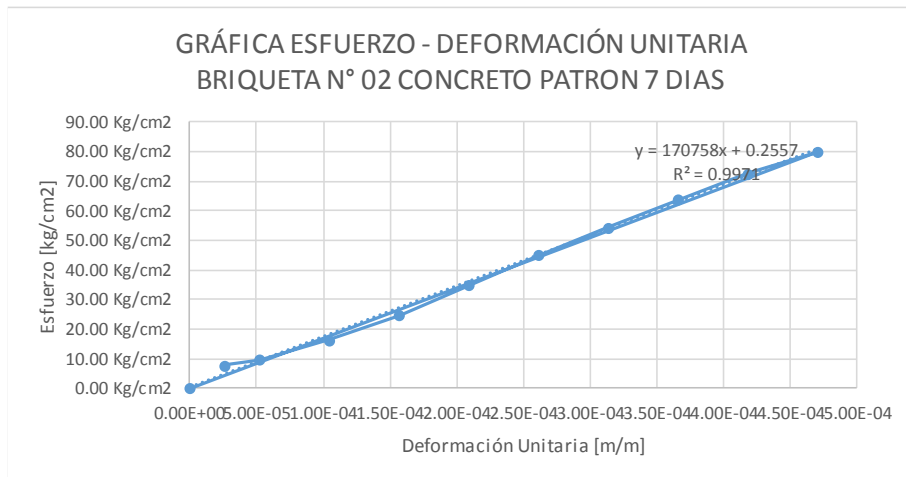


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

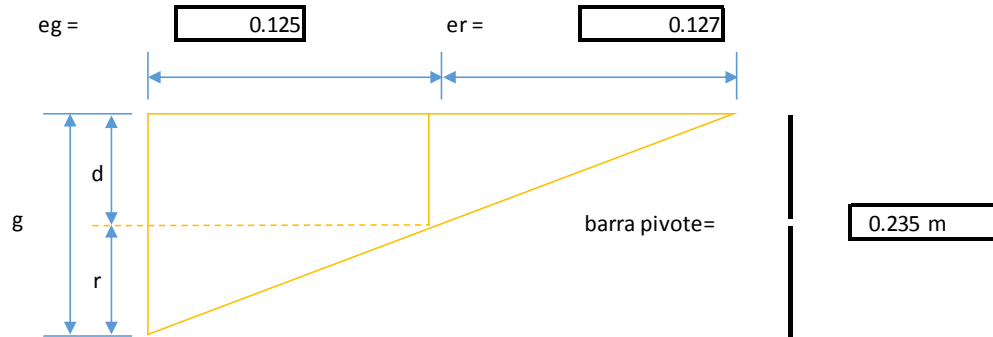
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (30.4 cm, 15.225 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area, Resistencia Última) and Value (182.056 cm², 188.57 Kg/cm²).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm², Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 75.43 Kg/cm²
63.83 Kg/cm² -> 0.000217886
75.43 Kg/cm² -> ε2
82.28 Kg/cm² -> 0.000272357
ε2 = 0.000252125

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027236 -> 11.37 Kg/cm²
0.000050000 -> S1
0.000054471 -> 16.15 Kg/cm²

S1 = 15.36 Kg/cm²

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 15.36 Kg/cm² ε1 = 0.000050
S2 = 75.43 Kg/cm² ε2 = 0.000252

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.97E+05 Kg/cm²

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 0
15.36 Kg/cm² ε1
22.74 Kg/cm² 1.08943E-05
ε1 = 7.36066E-06
67.84 Kg/cm² 4.35772E-05
75.43 Kg/cm² ε2
85.91 Kg/cm² 5.44715E-05
ε2 = 4.81534E-05

ε1 = 7.36066E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 4.81534E-05 ε2 = 0.000252

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.201819466

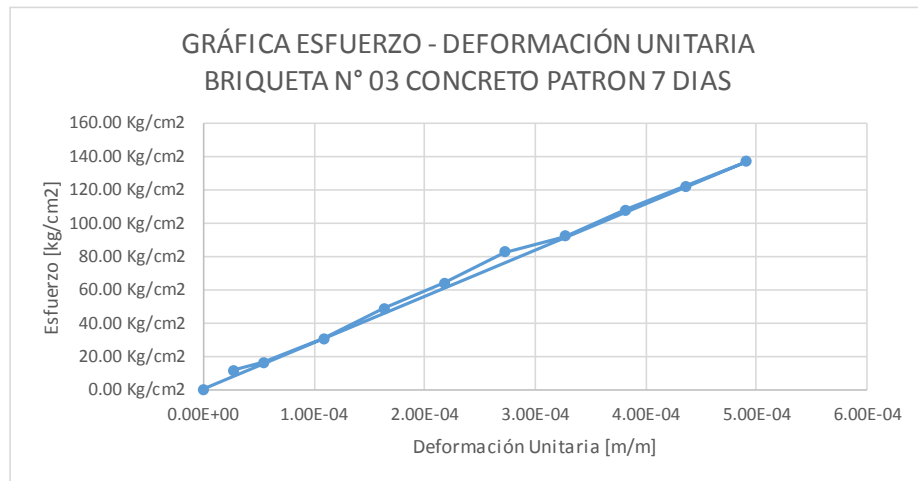


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm², Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



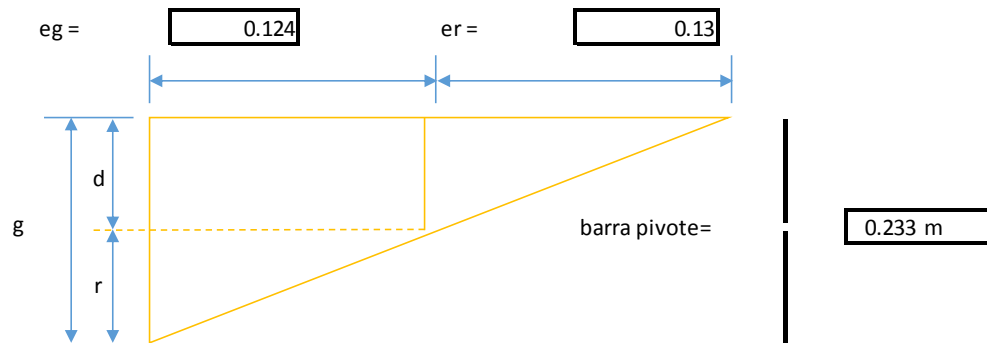
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro, Área, Resistencia Última) and Value.



Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)

d = desp. debido a la defor. del espec.
r = desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a = localización del deformímetro.
b = punto de soporte del anillo rotativo.
c = localización de la barra pivote.
g = lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 80.41 Kg/cm2
65.60 Kg/cm2 -> 0.000223176
80.41 Kg/cm2 -> ε2
87.72 Kg/cm2 -> 0.00027897
ε2 = 0.000260532

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027897 -> 11.73 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000055794 -> 20.26 Kg/cm2

S1 = 18.49 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 18.49 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 80.41 Kg/cm2 ε2 = 0.000261

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.94E+05 Kg/cm2

μ = (εr2 - εr1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (et1 y et2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

10.89 Kg/cm2 1.11588E-05
18.49 Kg/cm2 et 1
26.99 Kg/cm2 2.23176E-05
et 1 = 1.64245E-05
75.31 Kg/cm2 5.5794E-05
80.41 Kg/cm2 et 2
89.17 Kg/cm2 6.69528E-05
et 2 = 5.98961E-05

et 1 = 1.64245E-05 ε1 = 0.000050
et 2 = 5.98961E-05 ε2 = 0.000261

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.206484241

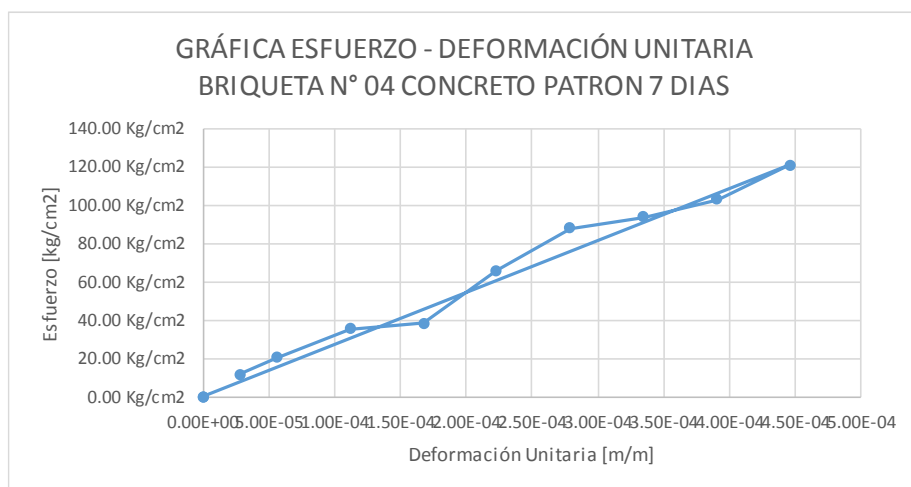


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

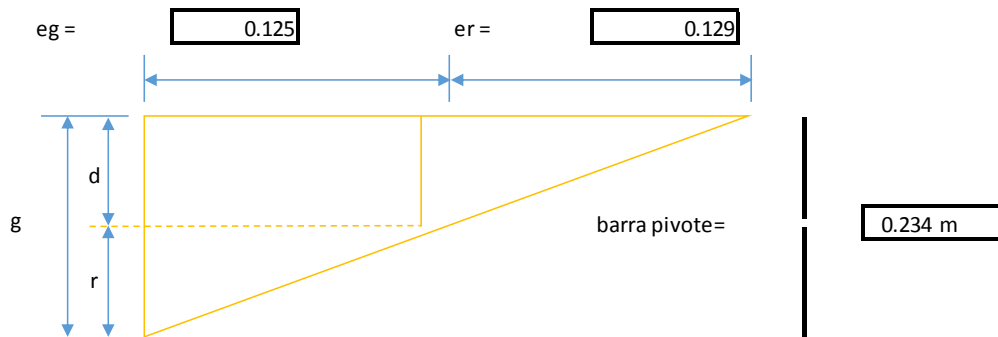
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=30.55 cm, D=15.1525 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area, Resistencia Última) and Value (Area=180.3260488 cm2, f'c última=171.30 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*)Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

Table showing interpolation for 40% of ultimate resistance, with values for S2 (40%) and ε2.

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

Table showing interpolation for 50 millionths of unit deformation, with values for S1 and S2.

S1 = 14.31 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

Table with values for S1, S2, ε1, and ε2.

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.71E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*)Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

Table showing interpolation for deformations ε1 and ε2 at stresses S1 and S2.

Table with values for ε1, ε2, ε1, and ε2.

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.191575739

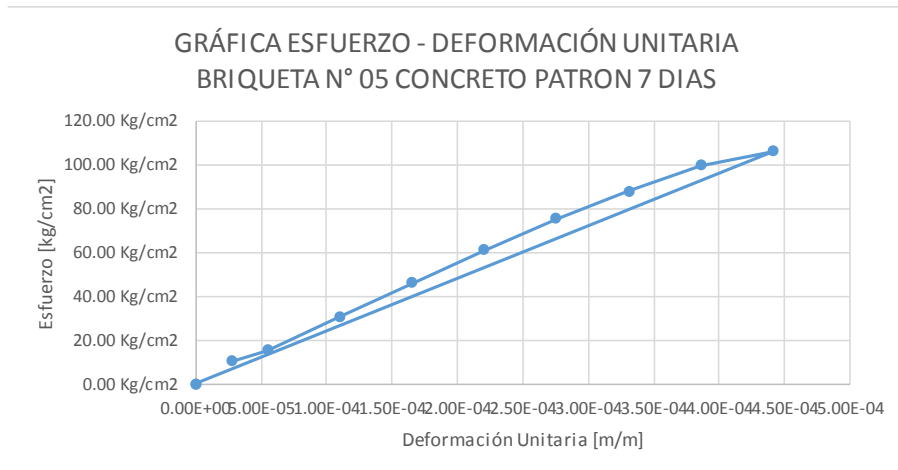


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



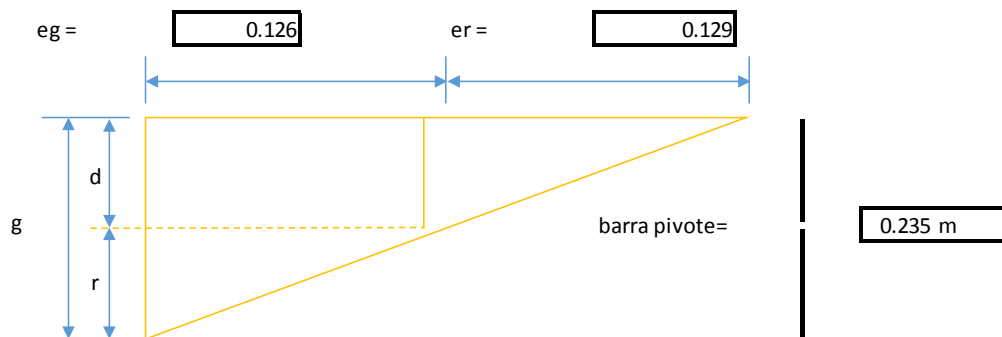
MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro, Área, Resistencia Última) and Value.

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

Table showing interpolation for 40% ultimate resistance: S2 (40%) = 95.16 Kg/cm2, E2 = 0.000239214.

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

Table showing interpolation for 50 millionths of unit deflection: S1 = 21.90 Kg/cm2.

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

Table with values for S1, S2, ε1, and ε2.

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.87E+05 Kg/cm2

μ = (εt2 - εt1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (et1 y et2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

Table showing interpolation for deformations et1 and et2 at stresses S1 and S2.

Table with values for et1, et2, ε1, and ε2.

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.189881849

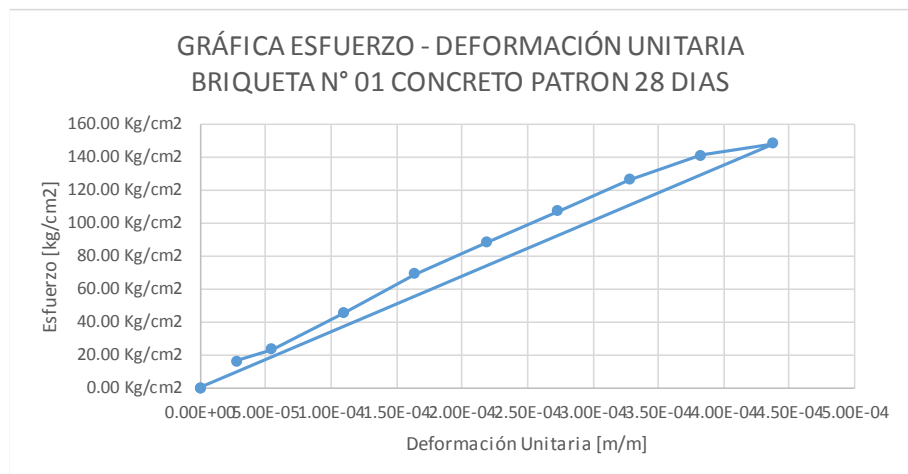


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



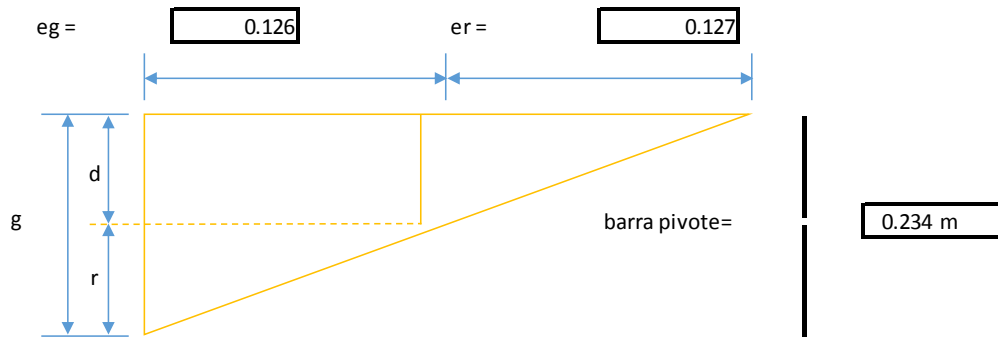
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, etc.) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro, Area, Resistencia Última) and Value.



Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)

d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*)Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

Table showing interpolation of unit deformation for 40% of ultimate resistance.

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

Table showing interpolation of resistance for 50 millionths of unit deformation.

S1 = 21.58 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

Table with values for S1, S2, ε1, and ε2.

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.19E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*)Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

Table showing interpolation of deformations for stresses S1 and S2.

Table with values for ε1, ε2, et1, and et2.

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.163169198

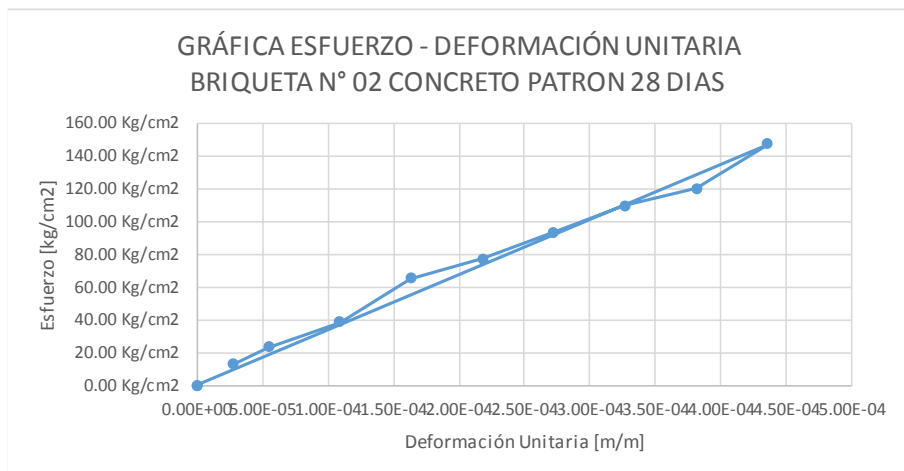


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

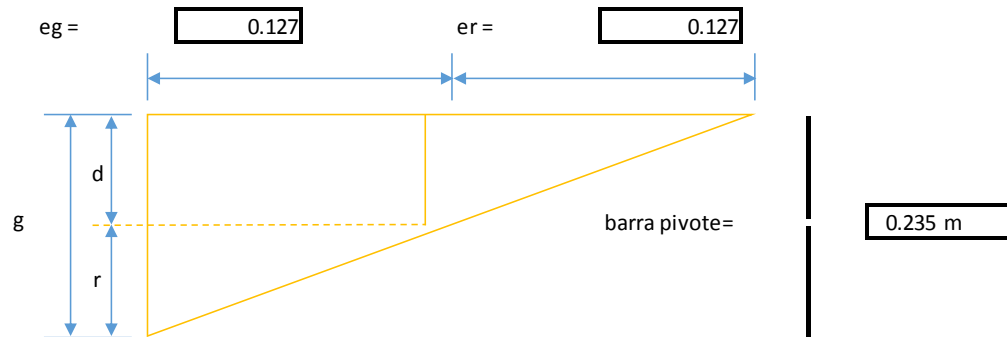
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro) and Value (H=30.475 cm, D=15.19 cm).

Table with 2 columns: Property (Area, Resistencia Última) and Value (Area=181.2197092 cm2, f'c última=235.68 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "líneas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*)Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 94.27 Kg/cm2
74.77 Kg/cm2 -> 0.000162128
94.27 Kg/cm2 -> ε2
101.42 Kg/cm2 -> 0.00021617
ε2 = 0.000201669

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027021 -> 15.67 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054043 -> 30.29 Kg/cm2
S1 = 28.11 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 28.11 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 94.27 Kg/cm2 ε2 = 0.000202

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 4.36E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*)Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
28.11 Kg/cm2 -> ε1
21.08 Kg/cm2 -> 1.08085E-05
ε1 = 1.44119E-05
83.49 Kg/cm2 -> 4.3234E-05
94.27 Kg/cm2 -> ε2
134.38 Kg/cm2 -> 5.40426E-05
ε2 = 4.55242E-05

ε1 = 1.44119E-05 ε1 = 0.000050
ε2 = 4.55242E-05 ε2 = 0.000202

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.205132134

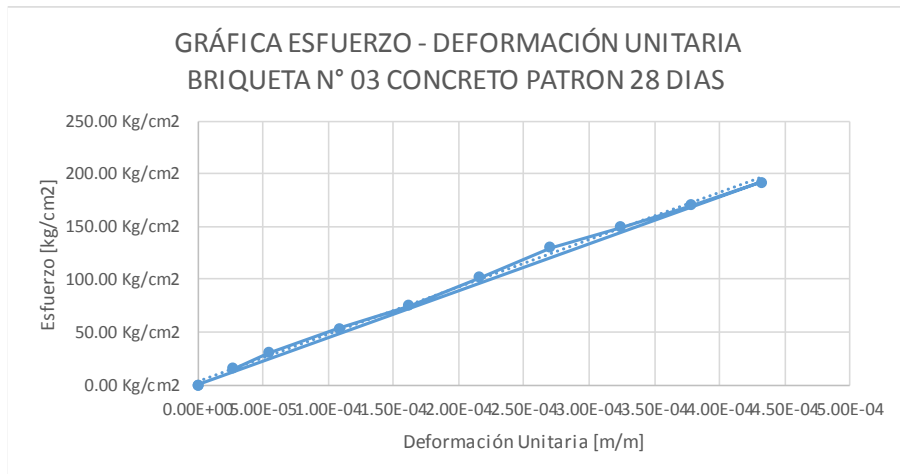


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "líneas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

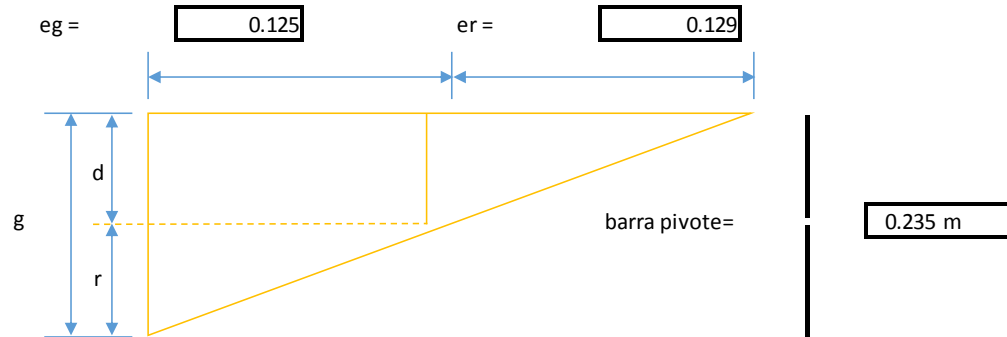
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro) and Value (30.2 cm, 15.19 cm).

Table with 2 columns: Property (Area, Resistencia Última) and Value (181.2197092 cm2, 256.04 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d = desp. debido a la defor. del espec.
r = desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a = localización del deformímetro.
b = punto de soporte del anillo rotativo.
c = localización de la barra pivote.
g = lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 102.42 Kg/cm2
94.31 Kg/cm2 -> 0.000274468
102.42 Kg/cm2 -> ε2
106.17 Kg/cm2 -> 0.000329362
ε2 = 0.000312

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027447 -> 12.58 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054894 -> 17.27 Kg/cm2
S1 = 16.44 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 16.44 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 102.42 Kg/cm2 ε2 = 0.000312

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.28E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
10.15 -> ε1
26.10 Kg/cm2 -> 1.09787E-05
ε1 = 4.26935E-06
87.02 Kg/cm2 -> 4.39149E-05
102.42 Kg/cm2 -> ε2
107.11 Kg/cm2 -> 5.48936E-05
ε2 = 5.23299E-05

ε1 = 4.26935E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.23299E-05 ε2 = 0.000312

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.183437214

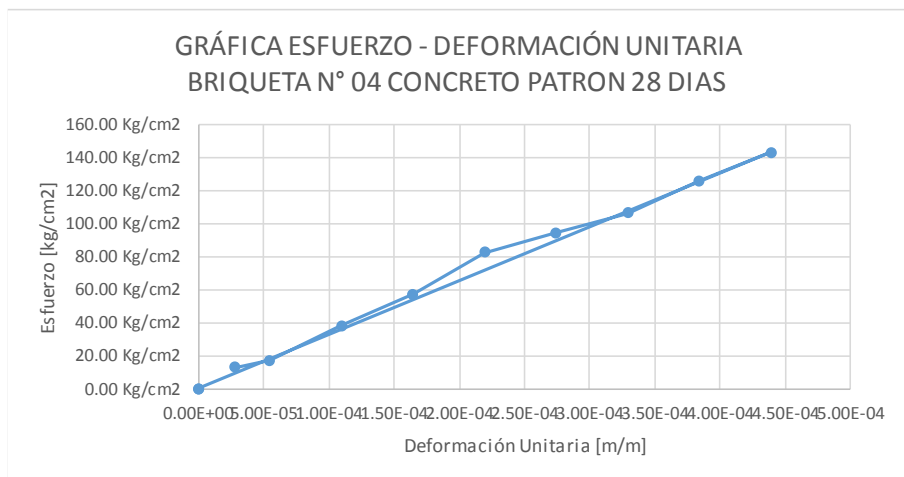
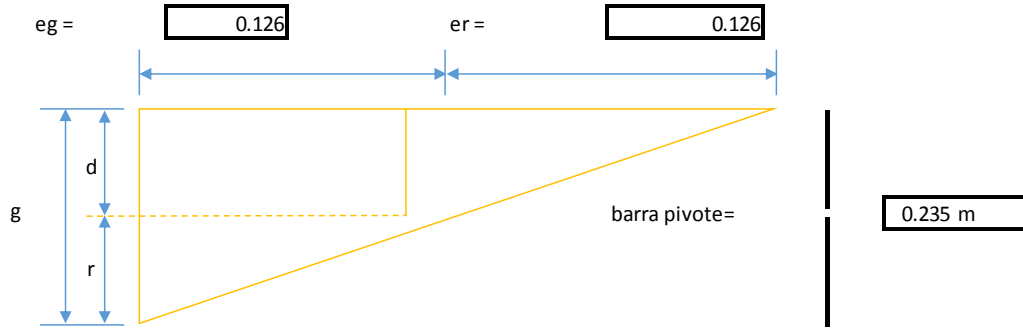


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
BRIQUETA:	5 - PATRÓN
EDAD:	28

ALTURA	DIÁMETRO
H= 29.95 cm	D= 15.03 cm
Area= 177.48 cm ²	
RESISTENCIA ULTIMA	
f'c ultima= 264.25 Kg/cm ²	



Conversión para lectura del deformímetro:

1 línea → 0.0001" → 0.0000254 m

$$d = \frac{g \cdot er}{er + eg}$$

d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
2080 Kg	11.72 Kg/cm ²	5	0.0000127	0.00000635	2.70213E-05
3470 Kg	19.55 Kg/cm ²	10	0.0000254	0.0000127	5.40426E-05
6420 Kg	36.17 Kg/cm ²	20	0.0000508	0.0000254	0.000108085
9570 Kg	53.92 Kg/cm ²	30	0.0000762	0.0000381	0.000162128
12470 Kg	70.26 Kg/cm ²	40	0.0001016	0.0000508	0.00021617
15410 Kg	86.83 Kg/cm ²	50	0.000127	0.0000635	0.000270213
18260 Kg	102.88 Kg/cm ²	60	0.0001524	0.0000762	0.000324255
21380 Kg	120.46 Kg/cm ²	70	0.0001778	0.0000889	0.000378298
24200 Kg	136.35 Kg/cm ²	80	0.0002032	0.0001016	0.00043234

(*) Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S ₂ (40%) =	105.70 Kg/cm ²
102.88 Kg/cm ²	→ 0.000324255
105.70 Kg/cm ²	→ ε ₂
120.46 Kg/cm ²	→ 0.000378298
ε ₂ =	0.000332916

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027021	→ 11.72 Kg/cm ²
0.000050000	→ S ₁
0.000054043	→ 19.55 Kg/cm ²
S ₁ =	18.38 Kg/cm ²

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

S ₁ =	18.38 Kg/cm ²	ε ₁ =	0.000050
S ₂ =	105.70 Kg/cm ²	ε ₂ =	0.000333

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.09E+05 Kg/cm²

$$\mu = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

(*) Interpolación para deformaciones (ε₁ y ε₂) de esfuerzos S₁ y S₂ respectivamente.

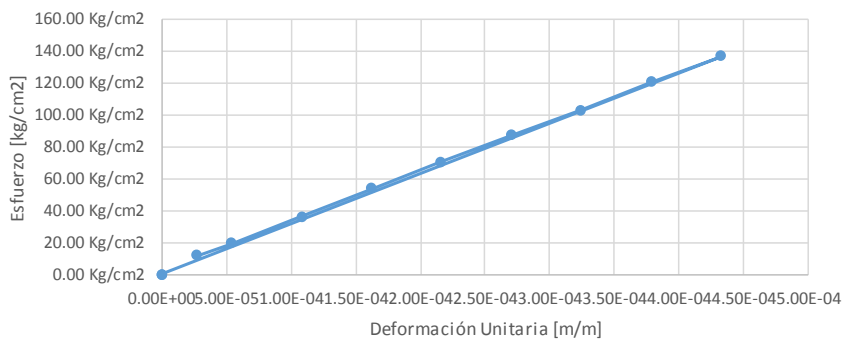
0	→ 0
10.15	→ ε ₁
21.92 Kg/cm ²	→ 1.08085E-05
ε ₁ =	5.00535E-06
95.50 Kg/cm ²	→ 4.3234E-05
105.70 Kg/cm ²	→ ε ₂
106.59 Kg/cm ²	→ 5.40426E-05
ε ₂ =	5.31748E-05

ε ₁ =	5.00535E-06	ε ₁ =	0.000050
ε ₂ =	5.31748E-05	ε ₂ =	0.000333

MÓDULO DE POISSON

μ = 0.170260599

GRÁFICA ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA
BRIQUETA N° 05 CONCRETO PATRON 28 DIAS



Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
3890 Kg	21.92 Kg/cm ²	2	0.0000508	0.00000254	1.08085E-05
7170 Kg	40.40 Kg/cm ²	4	0.0001016	0.00000508	2.1617E-05
11690 Kg	65.87 Kg/cm ²	6	0.0001524	0.00000762	3.24255E-05
16950 Kg	95.50 Kg/cm ²	8	0.0002032	0.00001016	4.3234E-05
18918 Kg	106.59 Kg/cm ²	10	0.000254	0.0000127	5.40426E-05



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

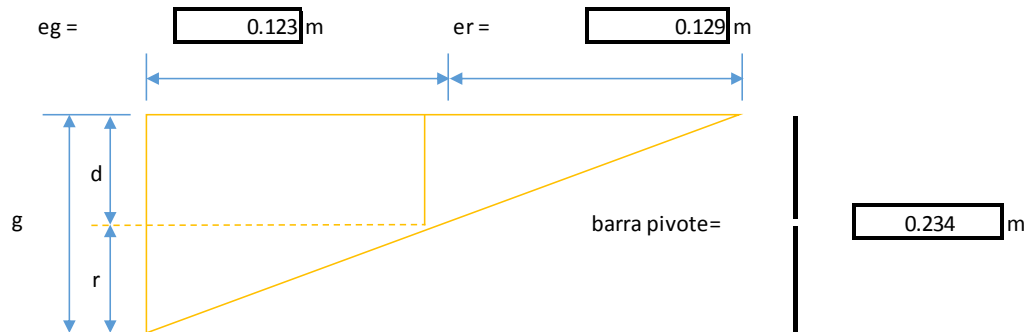
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (30 cm, 15.125 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area, Resistencia Última) and Value (179.6721017 cm2, 140.20 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 56.08 Kg/cm2
43.47 Kg/cm2 -> 0.000111131
56.08 Kg/cm2 -> ε2
62.95 Kg/cm2 -> 0.000166697
ε2 = 0.000147106

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027783 -> 12.75 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000055566 -> 20.70 Kg/cm2
S1 = 19.11 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 19.11 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 56.08 Kg/cm2 ε2 = 0.000147

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.81E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
19.11 Kg/cm2 -> ε1
32.86 Kg/cm2 -> 1.11131E-05
ε1 = 6.46296E-06
49.31 Kg/cm2 -> 2.22263E-05
56.08 Kg/cm2 -> ε2
67.23 Kg/cm2 -> 3.33394E-05
ε2 = 2.64252E-05

ε1 = 6.46296E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 2.64252E-05 ε2 = 0.000147

Relacion de Poisson

μ = 0.205571074

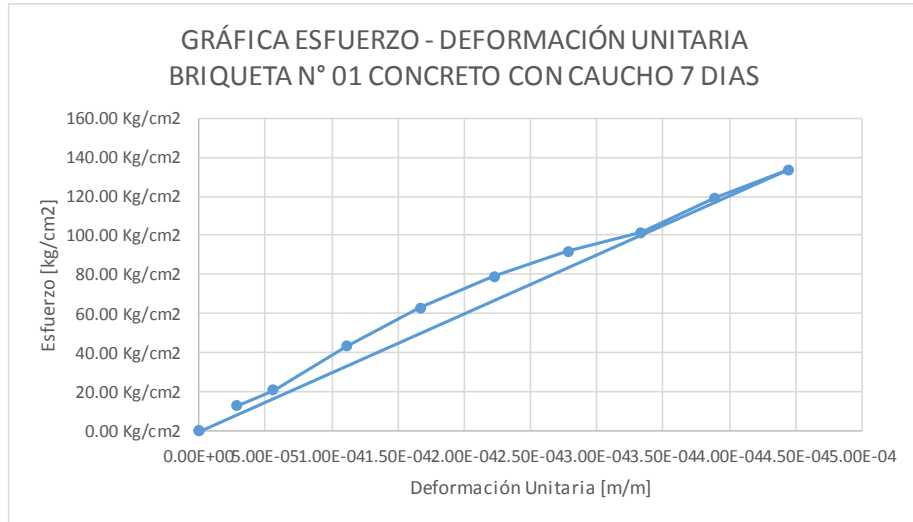


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



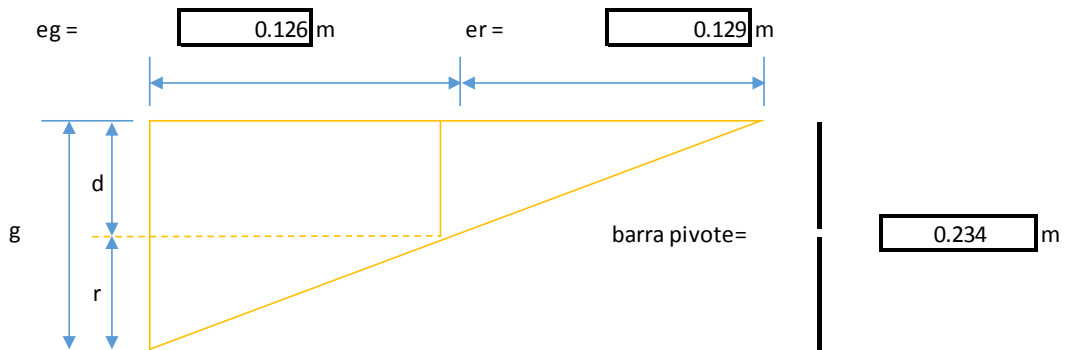
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diametro, Area, Resistencia Ultima) and Value.



Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)

d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (epsilon).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 56.65 Kg/cm2
48.69 Kg/cm2 -> 0.000219648
56.65 Kg/cm2 -> E2
60.40 Kg/cm2 -> 0.00027456
E2 = 0.000257009

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027456 -> 6.05 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054912 -> 11.04 Kg/cm2
S1 = 10.15 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (epsilon2 - 0.000050)

S1 = 10.15 Kg/cm2 epsilon1 = 0.000050
S2 = 56.65 Kg/cm2 epsilon2 = 0.000257

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.25E+05 Kg/cm2

mu = (epsilon2 - epsilon1) / (epsilon2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (et1 y et2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
10.15 Kg/cm2 -> et1
40.62 Kg/cm2 -> 1.09824E-05
et1 = 2.74299E-06
50.54 Kg/cm2 -> 2.19648E-05
56.65 Kg/cm2 -> et2
65.72 Kg/cm2 -> 3.29472E-05
et2 = 2.63902E-05

et1 = 2.74299E-06 epsilon1 = 0.000050
et2 = 2.63902E-05 epsilon2 = 0.000257

Relacion de Poisson

mu = 0.114232579

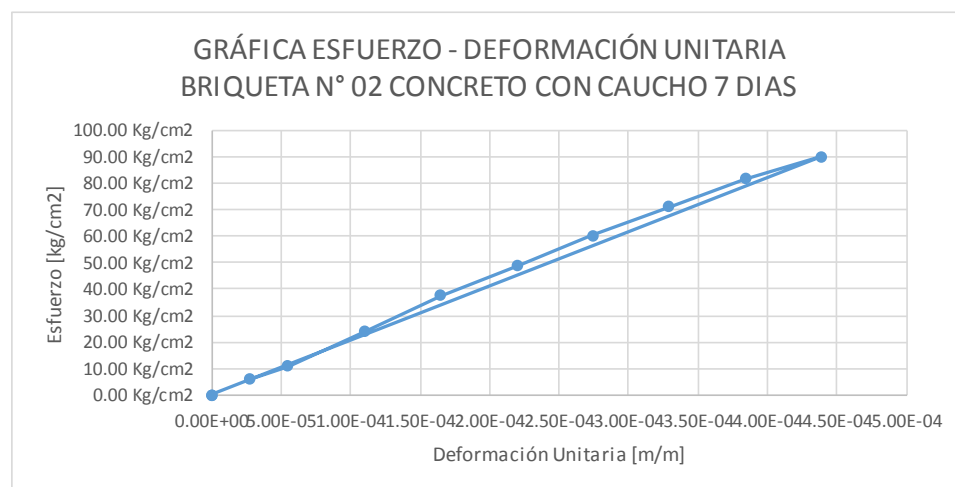


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (epsilon).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

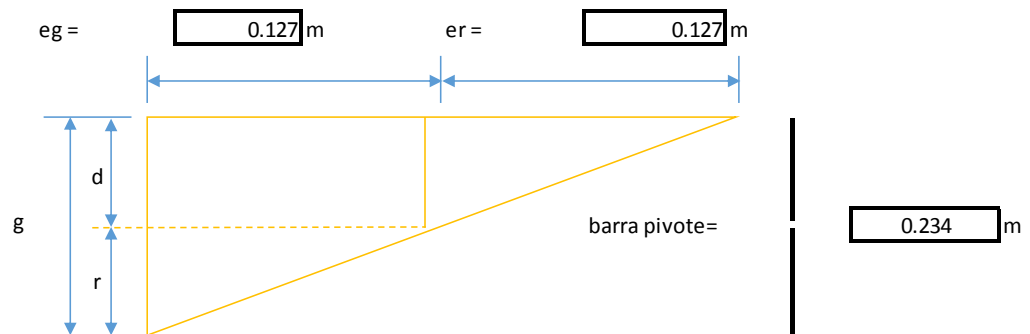
Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro) and Value (H=30.55 cm, D=15.1875 cm).

Table with 2 columns: Property (Area) and Value (181.160 cm2).

Table with 2 columns: Property (Resistencia Última, f'c última) and Value (135.57 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.0000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*)Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

Table showing interpolation of unit deformation for 40% of ultimate resistance, with values for S2, E2, and S1.

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

Table showing interpolation of resistance for 50 millionths of unit deformation, with values for S1, S2, and E2.

S1 = 9.64 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

Table with values for S1, S2, E1, and E2.

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.13E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*)Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

Table showing interpolation of deformations for stresses S1 and S2, with values for et1, et2, E1, and E2.

Table with values for et1, et2, E1, and E2.

Relacion de Poisson

μ = 0.188156605

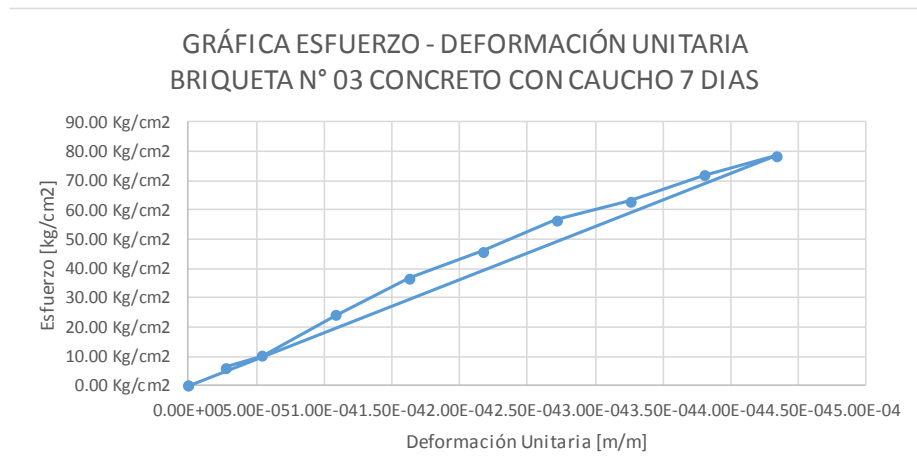


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

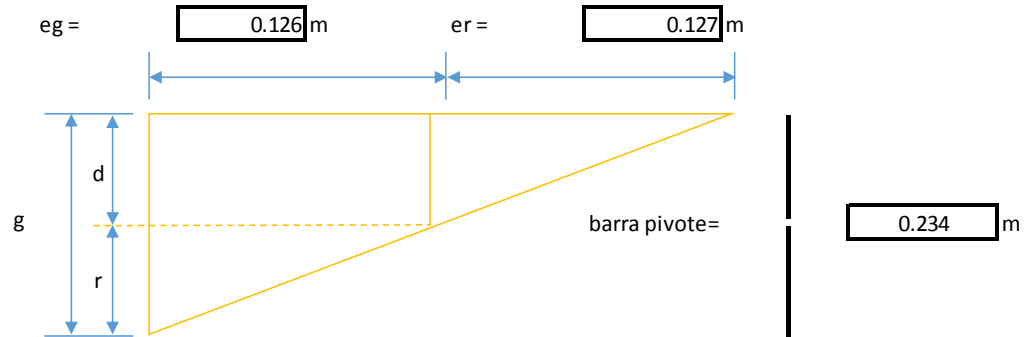
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=30.2 cm, D=15.1 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area, Resistencia Última) and Value (Area=179.079 cm2, f'c última=127.10 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*)Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 50.84 Kg/cm2
45.57 Kg/cm2 -> 0.000163464
50.84 Kg/cm2 -> ε2
58.02 Kg/cm2 -> 0.000217952
ε2 = 0.00018653

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027244 -> 13.12 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054488 -> 19.54 Kg/cm2

S1 = 18.49 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 18.49 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 50.84 Kg/cm2 ε2 = 0.000187

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.37E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*)Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

12.79 Kg/cm2 -> 1.08976E-05
18.49 Kg/cm2 -> ε1
21.67 Kg/cm2 -> 2.17952E-05
ε1 = 1.78923E-05

49.98 Kg/cm2 -> 4.35904E-05
50.84 Kg/cm2 -> ε2
60.25 Kg/cm2 -> 5.4488E-05
ε2 = 4.45025E-05

ε1 = 1.78923E-05 ε1 = 0.000050
ε2 = 4.45025E-05 ε2 = 0.000187

Relacion de Poisson

μ = 0.194903693

GRÁFICA ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA
BRIQUETA N° 04 CONCRETO CON CAUCHO 7 DIAS

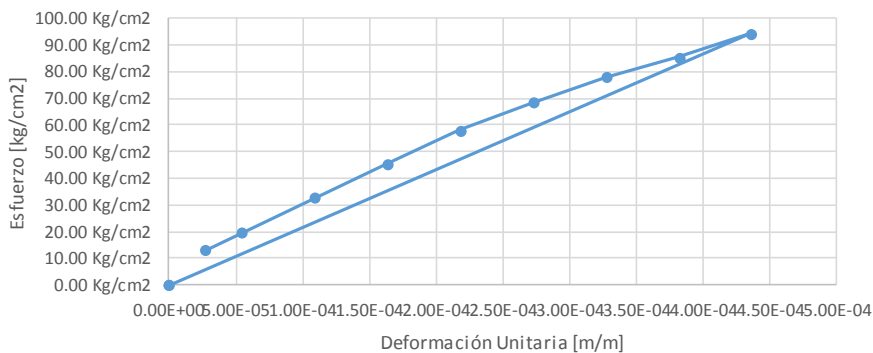


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

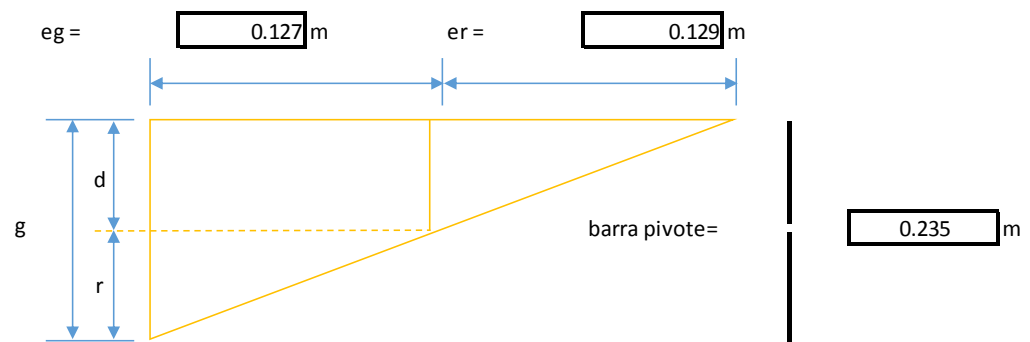
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro) and Value (H=30.55 cm, D=15.1925 cm).

Table with 2 columns: Property (Area, Resistencia Última) and Value (Area=181.279 cm2, f'c última=146.13 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.0000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

Table showing interpolation for 40% ultimate resistance: S2 (40%) = 58.45 Kg/cm2, E2 = 0.000162289.

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

Table showing interpolation for 50 millionths of unit deformation: S1 = 12.70 Kg/cm2, S2 = 58.45 Kg/cm2.

S1 = 12.70 Kg/cm2, S2 = 58.45 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

Table with 4 columns: S1, S2, ε1, ε2 values.

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 4.07E+05 Kg/cm2

GRÁFICA ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA
BRIQUETA N° 05 CONCRETO CON CAUCHO 7 DIAS

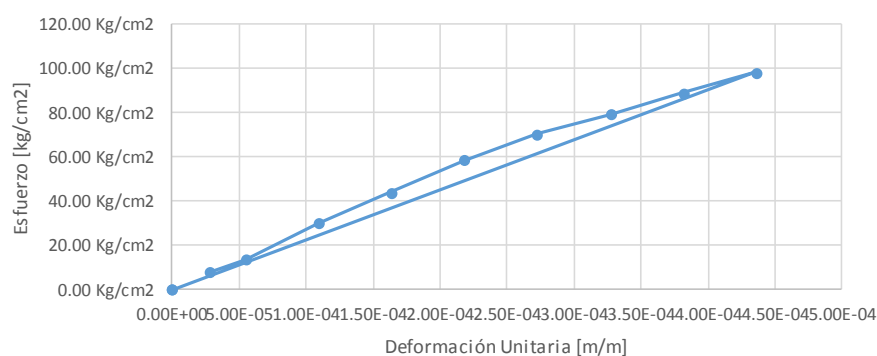


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

Table showing interpolation for deformations ε1 and ε2 at stresses S1 and S2.

Table showing interpolation for deformations ε1 and ε2 at stresses S1 and S2.

Table with 4 columns: ε1, ε2, ε1, ε2 values.

Relacion de Poisson

μ = 0.210662468



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

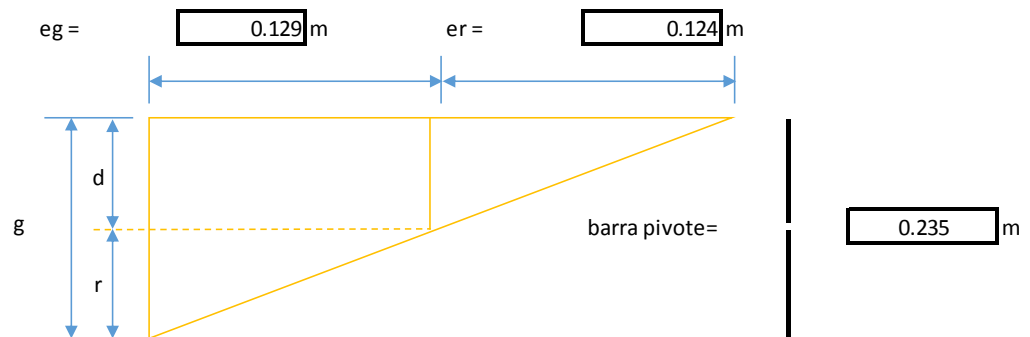
NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
BRIQUETA:	1 - CAUCHO
EDAD:	28

ALTURA	DIÁMETRO
H= 29.95 cm	D= 15.0725 cm

Area= 178.43 cm ²
RESISTENCIA ULTIMA f'c ultima= 209.67 Kg/cm ²

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea → 0.0001" → 0.00000254 m

$$d = \frac{g \cdot er}{er + eg}$$



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
2650 Kg	14.85 Kg/cm ²	5	0.0000127	6.22451E-06	2.64873E-05
4930 Kg	27.63 Kg/cm ²	10	0.0000254	1.2449E-05	5.29745E-05
9530 Kg	53.41 Kg/cm ²	20	0.0000508	2.4898E-05	0.000105949
12610 Kg	70.67 Kg/cm ²	30	0.0000762	3.7347E-05	0.000158924
15330 Kg	85.92 Kg/cm ²	40	0.0001016	4.9796E-05	0.000211898
17830 Kg	99.93 Kg/cm ²	50	0.000127	6.22451E-05	0.000264873
20040 Kg	112.31 Kg/cm ²	60	0.0001524	7.46941E-05	0.000317847
22220 Kg	124.53 Kg/cm ²	70	0.0001778	8.71431E-05	0.000370822
23290 Kg	130.53 Kg/cm ²	80	0.0002032	9.95921E-05	0.000423796

(*)Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S ₂ (40%) = 83.87 Kg/cm ²
70.67 Kg/cm ² → 0.000158924
83.87 Kg/cm ² → ε ₂
85.92 Kg/cm ² → 0.000211898
ε ₂ = 0.00020477

(**)Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000026487 → 14.85 Kg/cm ²
0.000050000 → S ₁
0.000052975 → 27.63 Kg/cm ²

S₁ = 26.20 Kg/cm²

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

S ₁ = 26.20 Kg/cm ²	ε ₁ = 0.000050
S ₂ = 83.87 Kg/cm ²	ε ₂ = 0.000205

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.73E+05 Kg/cm²

$$\mu = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

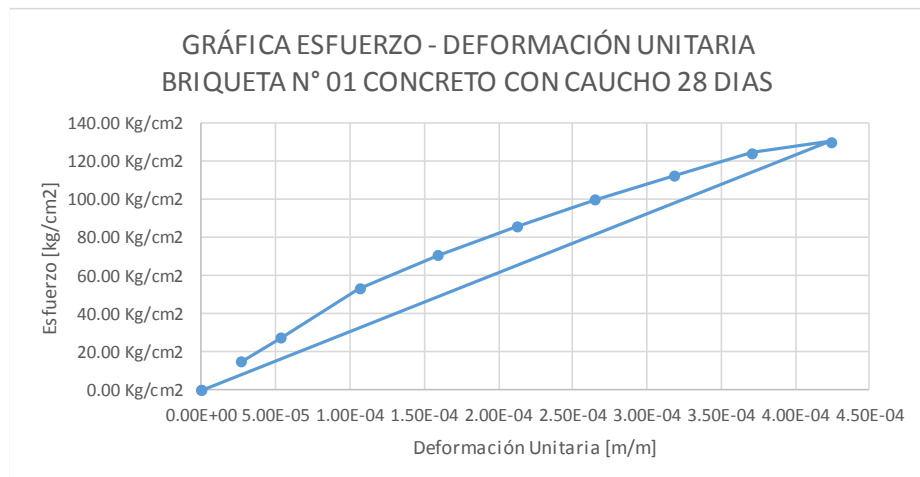
(*)Interpolación para deformaciones (ε₁ y ε₂) de esfuerzos S₁ y S₂ respectivamente.

22.81 Kg/cm ² → 2.11898E-05
26.20 Kg/cm ² → ε ₁
46.63 Kg/cm ² → 3.17847E-05
ε ₁ = 2.26954E-05
76.61 Kg/cm ² → 5.29745E-05
83.87 Kg/cm ² → ε ₂
98.29 Kg/cm ² → 6.35694E-05
ε ₂ = 5.65189E-05

ε ₁ = 2.26954E-05	ε ₁ = 0.000050
ε ₂ = 5.65189E-05	ε ₂ = 0.000205

Relacion de Poisson

μ = 0.218540674



Carga kg	Esfuerzo kg/cm ²	Lectura del Deformímetro en "lineas"	Lectura del Deformímetro en "m" (g)	Deformacion en el eje "m" (d)	Deformacion Unitaria (ε)
1220 Kg	6.84 Kg/cm ²	2	0.00000508	2.4898E-06	1.05949E-05
4070 Kg	22.81 Kg/cm ²	4	0.00001016	4.9796E-06	2.11898E-05
8320 Kg	46.63 Kg/cm ²	6	0.00001524	7.46941E-06	3.17847E-05
11030 Kg	61.82 Kg/cm ²	8	0.00002032	9.95921E-06	4.23796E-05
13670 Kg	76.61 Kg/cm ²	10	0.0000254	1.2449E-05	5.29745E-05
17538 Kg	98.29 Kg/cm ²	12	0.00003048	1.49388E-05	6.35694E-05



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

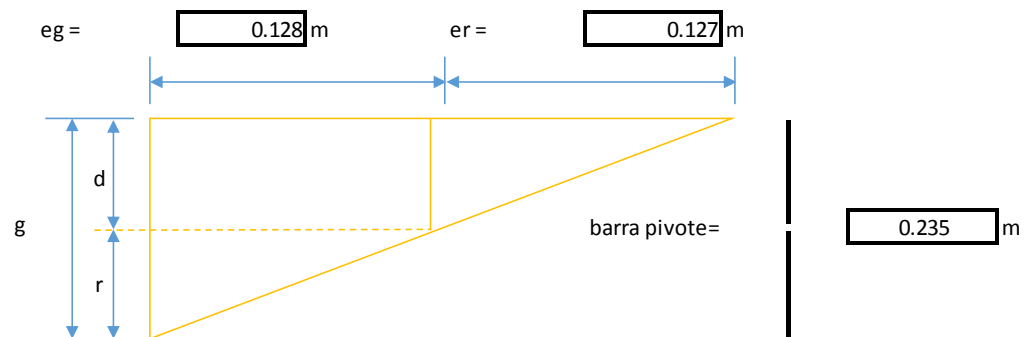
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesis, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=30.15 cm, D=15.045 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area, Resistencia Última) and Value (Area=177.776467 cm2, f'c última=203.29 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 81.32 Kg/cm2
45.56 Kg/cm2 -> 0.000107661
81.32 Kg/cm2 -> ε2
64.35 Kg/cm2 -> 0.000161492
ε2 = 0.000210101

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000026915 -> 13.22 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000053831 -> 24.98 Kg/cm2

S1= 23.30 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 23.30 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 81.32 Kg/cm2 ε2 = 0.000210

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.62E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
23.30 Kg/cm2 -> ε1
24.24 Kg/cm2 -> 1.07661E-05
ε1 = 1.03478E-05
70.54 Kg/cm2 -> 4.30645E-05
81.32 Kg/cm2 -> ε2
83.76 Kg/cm2 -> 5.38306E-05
ε2 = 5.18423E-05

ε1 = 1.03478E-05 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.18423E-05 ε2 = 0.000210

Relacion de Poisson

μ = 0.259177578

GRÁFICA ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA
BRIQUETA N° 02 CONCRETO CON CAUCHO 28 DIAS

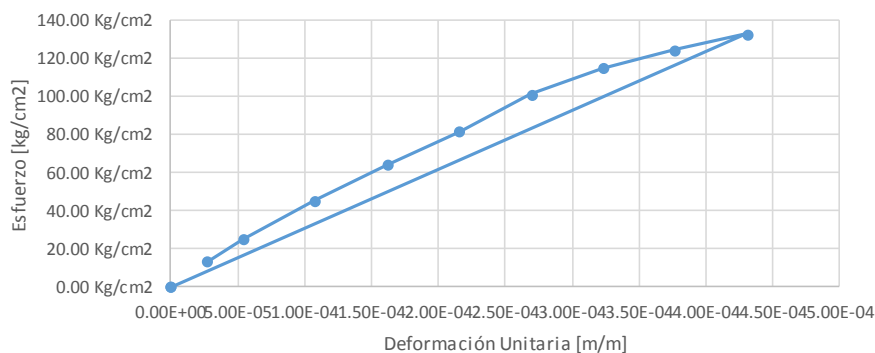


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

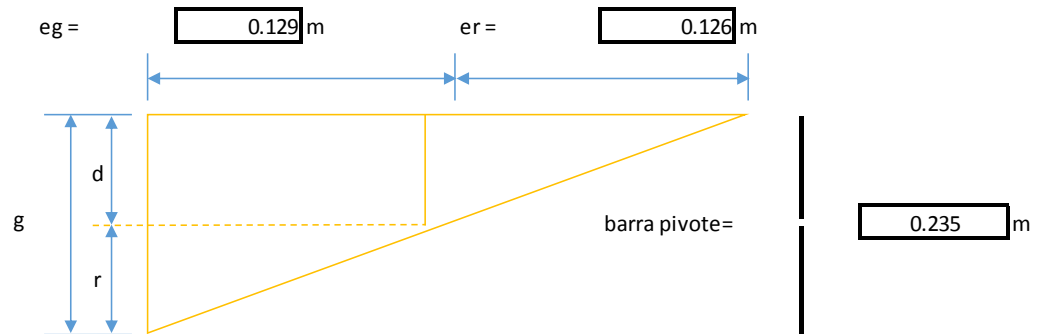
Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=30.115 cm, D=15.1075 cm).

Table with 2 columns: Parameter (Area) and Value (179.2565721 cm2).

Table with 2 columns: Parameter (Resistencia Última, f'c última) and Value (205.18 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 82.07 Kg/cm2
29.34 Kg/cm2 -> 0.000106814
82.07 Kg/cm2 -> ε2
40.05 Kg/cm2 -> 0.00016022
ε2 = 0.000369731

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000026703 -> 10.10 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000053407 -> 18.19 Kg/cm2
S1 = 17.15 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 17.15 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 82.07 Kg/cm2 ε2 = 0.000370

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.03E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
17.15 Kg/cm2 -> ε1
37.49 Kg/cm2 -> 1.06814E-05
ε1 = 4.88769E-06
68.06 Kg/cm2 -> 4.27254E-05
82.07 Kg/cm2 -> ε2
78.71 Kg/cm2 -> 5.34068E-05
ε2 = 5.67733E-05

ε1 = 4.88769E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.67733E-05 ε2 = 0.000370

Relacion de Poisson

μ = 0.162279307

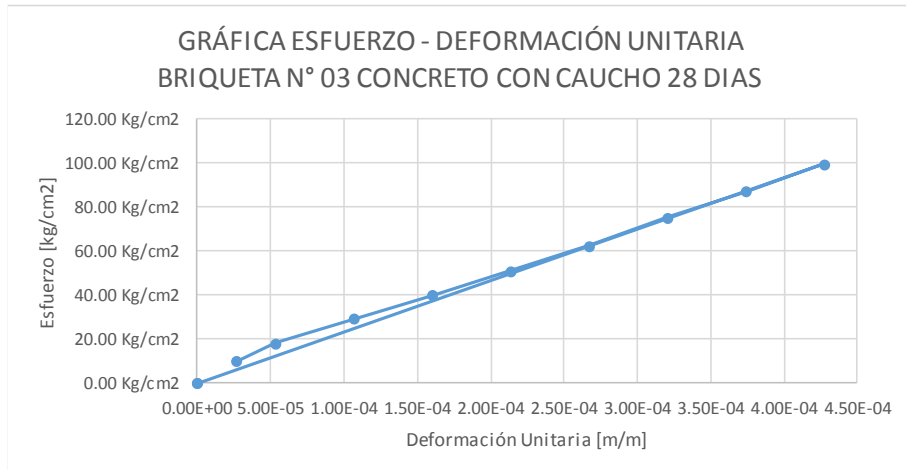


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

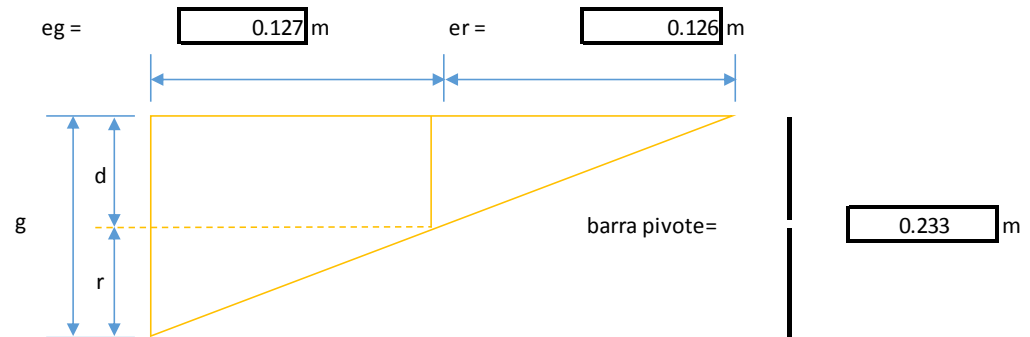
Table with 2 columns: Parameter (Altura, Diámetro) and Value (H=30.05 cm, D=15.125 cm).

Area= 179.6721017 cm2

RESISTENCIA ULTIMA
f'c ultima= 216.51 Kg/cm2

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d= desp. debido a la defor. del espec.
r= desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a= localización del deformímetro.
b=punto de soporte del anillo rotativo.
c=localización de la barra pivote.
g= lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unt. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 86.60 Kg/cm2
42.91 Kg/cm2 -> 0.000108582
86.60 Kg/cm2 -> ε2
57.55 Kg/cm2 -> 0.000162873
ε2 = 0.000270629

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027145 -> 13.36 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054291 -> 23.71 Kg/cm2
S1 = 22.07 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 22.07 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 86.60 Kg/cm2 ε2 = 0.000271

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 2.92E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
22.07 Kg/cm2 -> ε1
32.78 Kg/cm2 -> 1.08582E-05
ε1 = 7.31128E-06
76.64 Kg/cm2 -> 4.34328E-05
86.60 Kg/cm2 -> ε2
88.94 Kg/cm2 -> 5.4291E-05
ε2 = 5.22274E-05

ε1 = 7.31128E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.22274E-05 ε2 = 0.000271

Relacion de Poisson

μ = 0.203582102

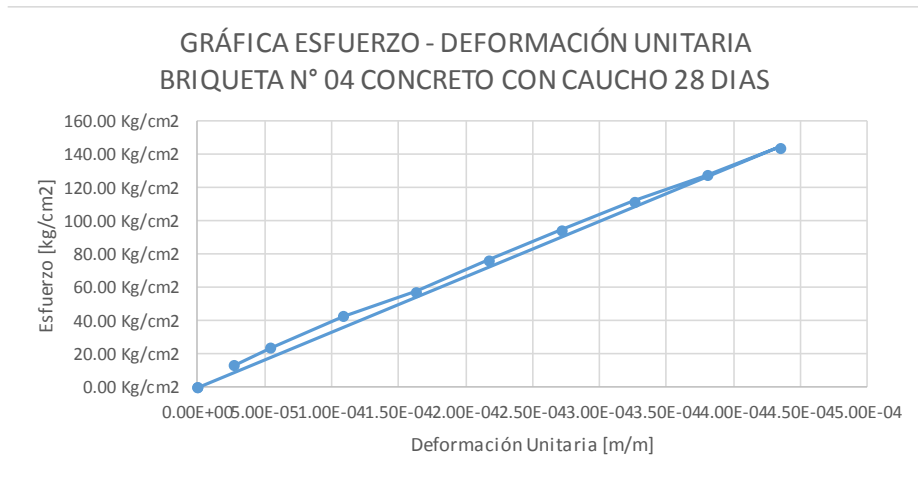


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformimetro en "lineas", Lectura del Deformimetro en "m" (g), Deformacion en el eje "m" (d), Deformacion Unitaria (ε).



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



MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE POISSON
ASTM C-469

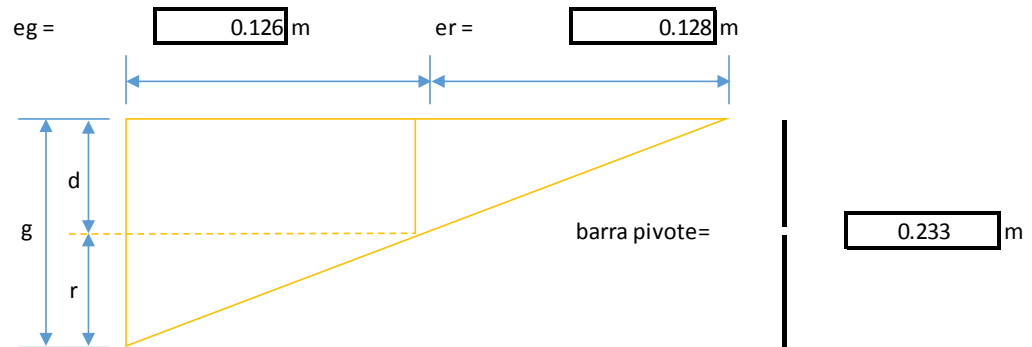
Table with 2 columns: Field (Nombre de la Tesis, Tesistas, Laboratorio, Briqueta, Edad) and Value.

Table with 2 columns: Property (Altura, Diámetro) and Value (H=30.35 cm, D=15.25 cm).

Table with 2 columns: Property (Area, Resistencia Última) and Value (Area=182.6541604 cm2, f'c última=198.24 Kg/cm2).

Conversión para lectura del deformímetro:
1 línea -> 0.0001" -> 0.00000254 m

d = (g * er) / (er + eg)



d = desp. debido a la defor. del espec.
r = desp. debido a la rotación del anillo alrededor de la barra del pivote.
a = localización del deformímetro.
b = punto de soporte del anillo rotativo.
c = localización de la barra pivote.
g = lectura del deformímetro.

Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

(*) Interpolación de la Def. Unit. para el 40% de la Resistencia Última

S2 (40%) = 79.30 Kg/cm2
34.00 Kg/cm2 -> 0.000109871
79.30 Kg/cm2 -> ε2
50.70 Kg/cm2 -> 0.000164807
ε2 = 0.0002589

(**) Interpolación de la Resistencia para las 50 millonésimas de Def. Unit.

0.000027468 -> 8.05 Kg/cm2
0.000050000 -> S1
0.000054936 -> 13.85 Kg/cm2

S1 = 12.81 Kg/cm2

E = (S2 - S1) / (ε2 - 0.000050)

S1 = 12.81 Kg/cm2 ε1 = 0.000050
S2 = 79.30 Kg/cm2 ε2 = 0.000259

MÓDULO DE ELASTICIDAD

E = 3.18E+05 Kg/cm2

μ = (ε2 - ε1) / (ε2 - 0.000050)

(*) Interpolación para deformaciones (ε1 y ε2) de esfuerzos S1 y S2 respectivamente.

0 -> 0
12.81 Kg/cm2 -> ε1
22.12 Kg/cm2 -> 1.09871E-05
ε1 = 6.36255E-06
50.09 Kg/cm2 -> 4.39485E-05
79.30 Kg/cm2 -> ε2
87.49 Kg/cm2 -> 5.49356E-05
ε2 = 5.25291E-05

ε1 = 6.36255E-06 ε1 = 0.000050
ε2 = 5.25291E-05 ε2 = 0.000259

Relacion de Poisson

μ = 0.220998295

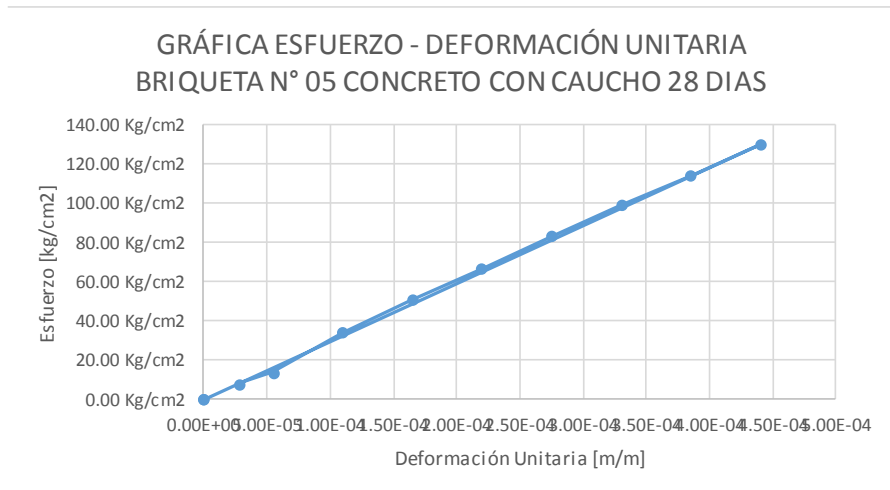


Table with 6 columns: Carga kg, Esfuerzo kg/cm2, Lectura del Deformímetro en "lineas", Lectura del Deformímetro en "m" (g), Deformación en el eje "m" (d), Deformación Unitaria (ε).

Capítulo IV: Resultados

4.1 Resultados de los ensayos de laboratorio

4.1.1 Resultados de Resistencia a Compresión (variable interviniente)

Tabla 110 : Resultados de Resistencia a Compresión (variable interviniente)

Resistencia promedio a Compresión (Patrón vs Caucho)				
Días	Resistencia	Porcentaje	Resistencia	Porcentaje
7	185.42 Kg/cm ²	100%	138.13 Kg/cm ²	74.49%
14	199.94 Kg/cm ²	100%	189.40 Kg/cm ²	94.73%
28	249.25 Kg/cm ²	100%	206.58 Kg/cm ²	82.88%

Fuente: Elaboración propia

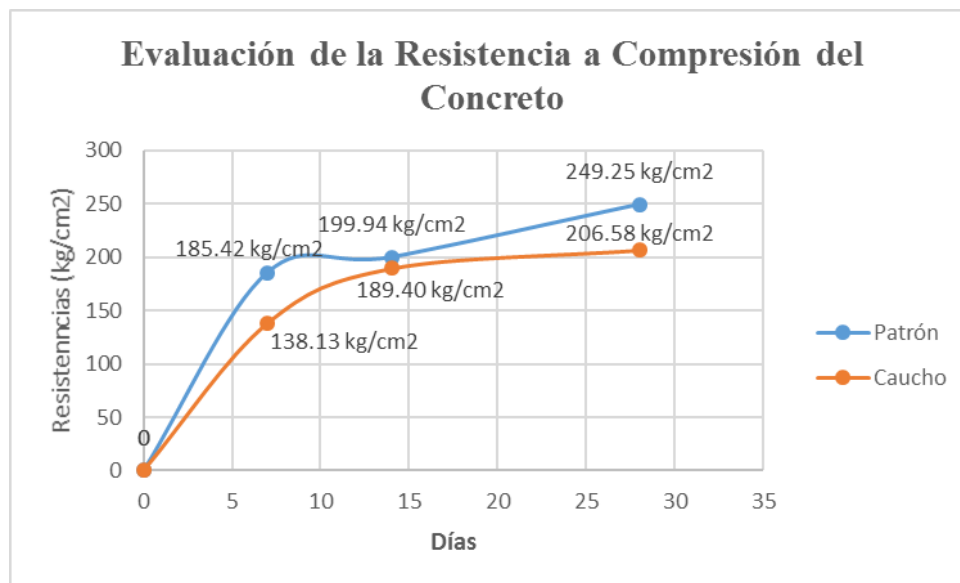


Figura 47 : Evolución de la Resistencia a Compresión promedio del Concreto

Fuente: Elaboración propia

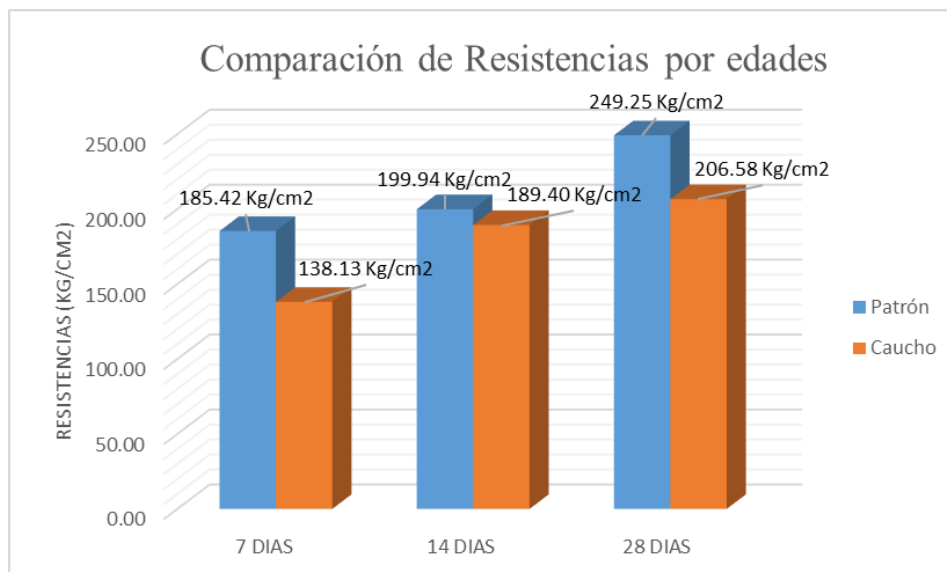


Figura 48 : Comparación de Resistencias a Compresión promedio por edades

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Resultados de Resistencia a Flexión

Tabla 111 : Resultados de Resistencia a Flexión Promedio

Resistencia promedio a Flexión (Patrón vs Caucho)				
Días	Resistencia	Porcentaje	Resistencia	Porcentaje
7	35.44 Kg/cm ²	100%	30.49 Kg/cm ²	86.03%
14	36.98 Kg/cm ²	100%	33.78 Kg/cm ²	91.35%
28	44.79 Kg/cm ²	100%	37.19 Kg/cm ²	83.03%

Fuente: Elaboración propia

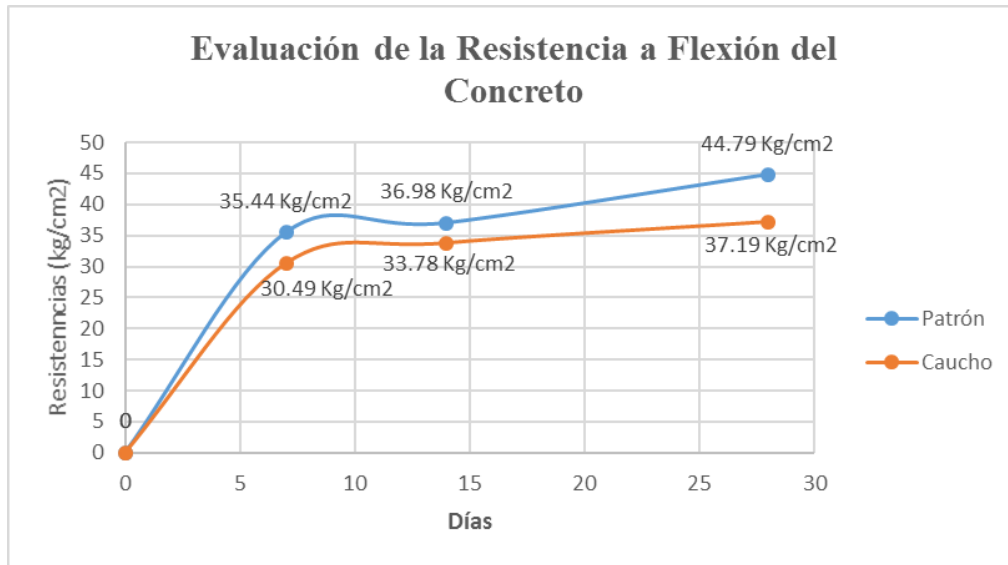


Figura 49 : Evolución de la Resistencia a Flexión promedio del Concreto

Fuente: Elaboración propia

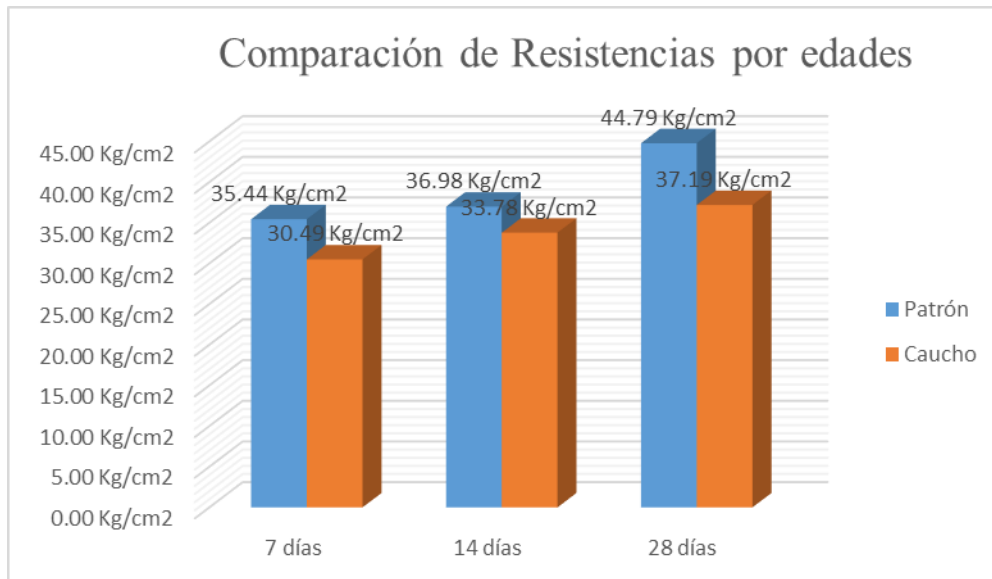


Figura 50 : Comparación de Resistencias a Flexión promedio por edades

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Resultados de Resistencia a Tracción Indirecta

Tabla 112 : Resultados de Resistencia a Tracción Indirecta Promedio

Resistencia promedio a Tracción Indirecta (Patrón vs Caucho)				
Días	Resistencia	Porcentaje	Resistencia	Porcentaje
7	14.89 Kg/cm ²	100%	15.70 Kg/cm ²	105.45%
14	19.63 Kg/cm ²	100%	16.54 Kg/cm ²	84.26%
28	26.85 Kg/cm ²	100%	17.31 Kg/cm ²	64.46%

Fuente: Elaboración propia

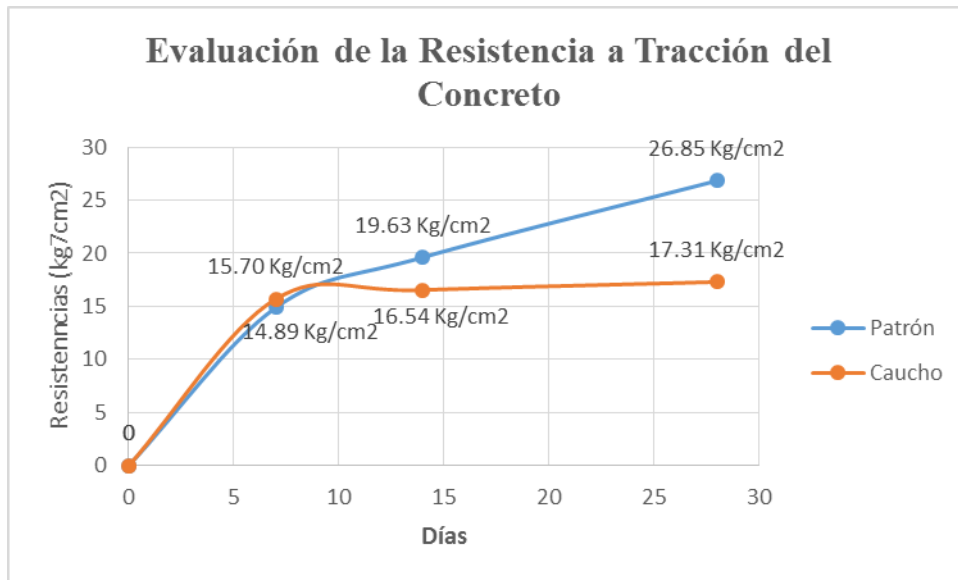


Figura 51 : Evolución de la Resistencia a Tracción Indirecta promedio del Concreto

Fuente: Elaboración propia

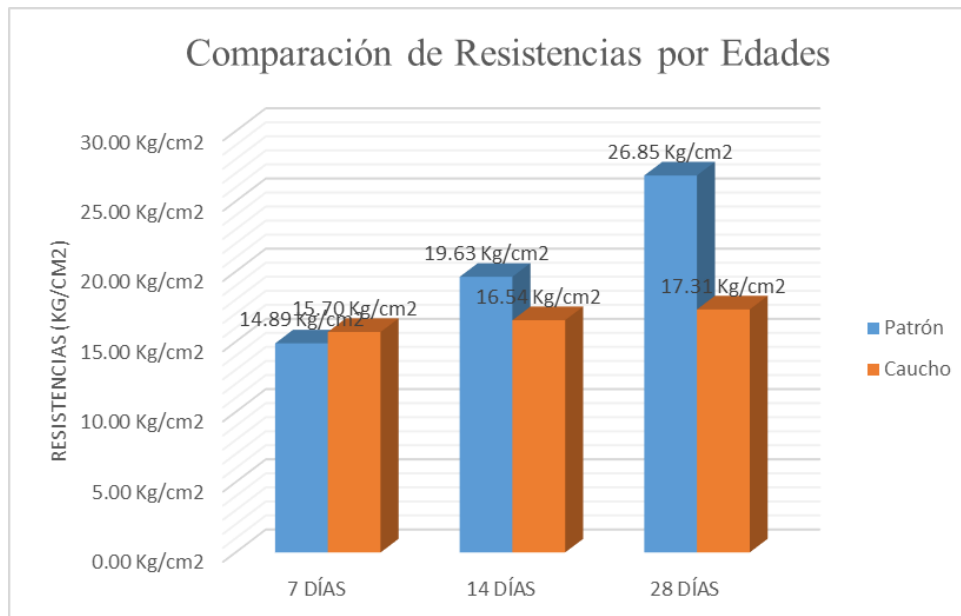


Figura 52 : Comparación de Resistencias a Tracción Indirecta promedio por edades

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Resultados de Módulo de Elasticidad

Tabla 113 : Resultados de Módulo de Elasticidad Promedio

Resistencia promedio Módulo de Elasticidad (Patrón vs Caucho)				
Días	Resistencia	Porcentaje	Resistencia	Porcentaje
7	2.56E+05 Kg/cm ²	100%	2.77E+05 Kg/cm ²	108.42%
28	3.56E+05 Kg/cm ²	100%	3.10E+05 Kg/cm ²	87.03%

Fuente: Elaboración propia

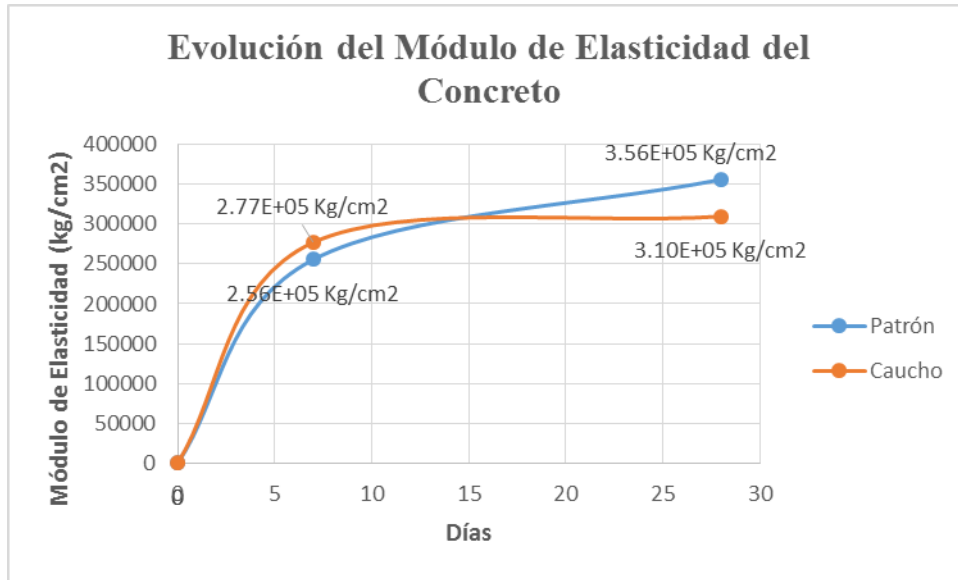


Figura 53 : Evolución del Módulo de Elasticidad promedio del Concreto

Fuente: Elaboración propia

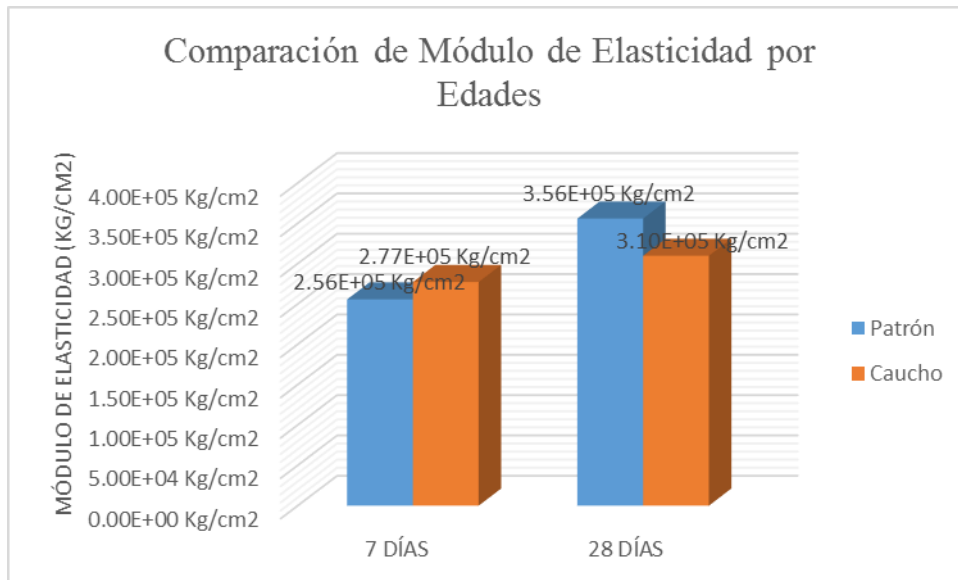


Figura 54 : Comparación de Módulo de Elasticidad promedio por edades

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Resultados de Módulo de Poisson

Tabla 114 : Resultados de Módulo de Poisson Promedio

Resistencia promedio Módulo de Poisson (Patrón vs Caucho)				
Días	Resistencia	Porcentaje	Resistencia	Porcentaje
7	0.18	100%	0.18	100.00%
28	0.18	100%	0.21	116.53%

Fuente: Elaboración propia

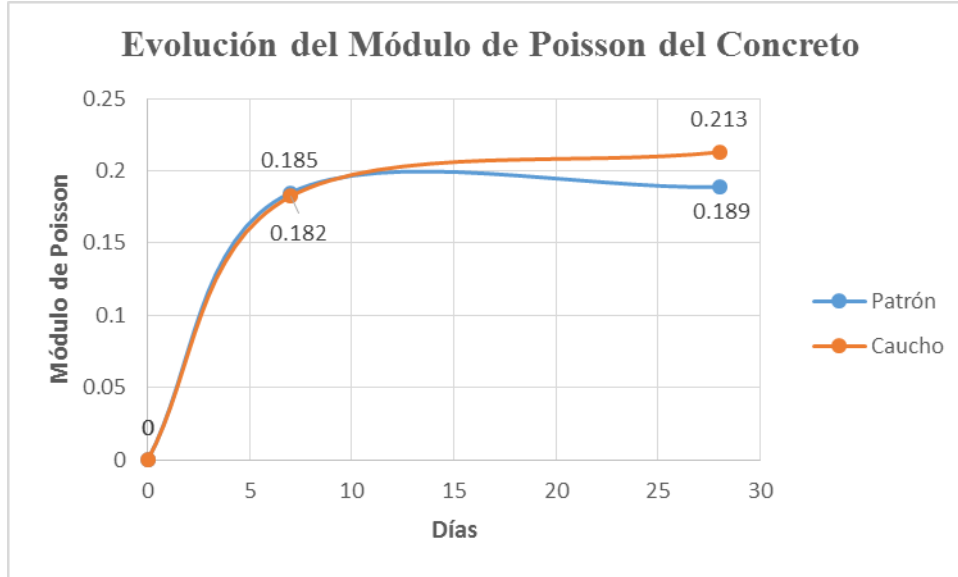


Figura 55 : Evolución del Módulo de Poisson promedio del Concreto

Fuente: Elaboración propia

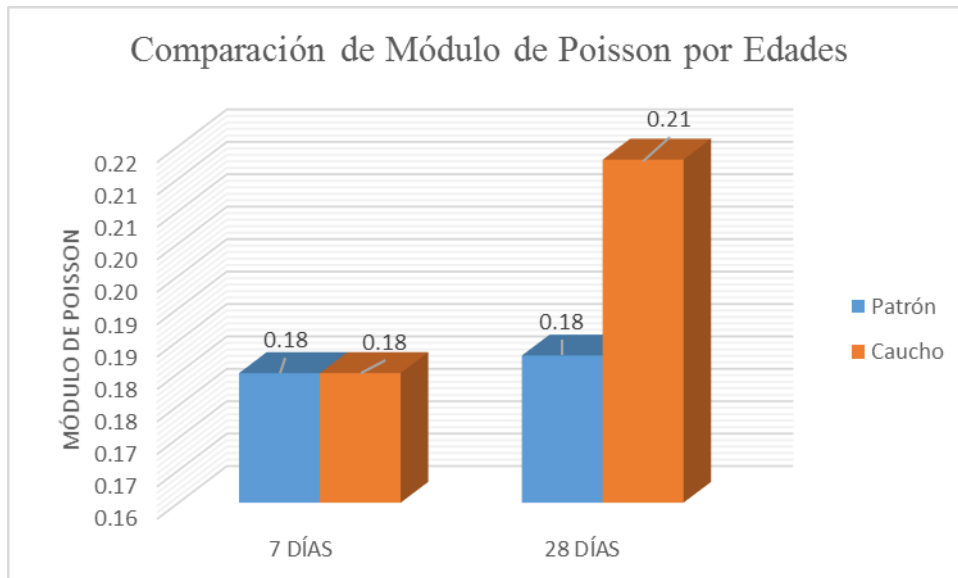


Figura 56 : Comparación de Módulo de Poisson promedio por edades

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Resultados Resistencia a Flexión vs Resistencia a Compresión

Tabla 115 : Resultados de la Relación de Flexión vs Compresión del Concreto Patrón

Edad	Compresión	Flexión	Factor de relación Flexión vs Compresión
7 días	185.42	35.44	2.60
14 días	199.94	36.98	2.62
28 días	249.25	44.79	2.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 116 : Resultados de la Relación de Flexión vs Compresión del Concreto con Caucho

Edad	Compresión	Flexión	Factor de relación Flexión vs Compresión
7 días	138.13	30.49	2.59
14 días	189.4	33.78	2.45
28 días	206.58	37.19	2.59

Fuente: Elaboración propia

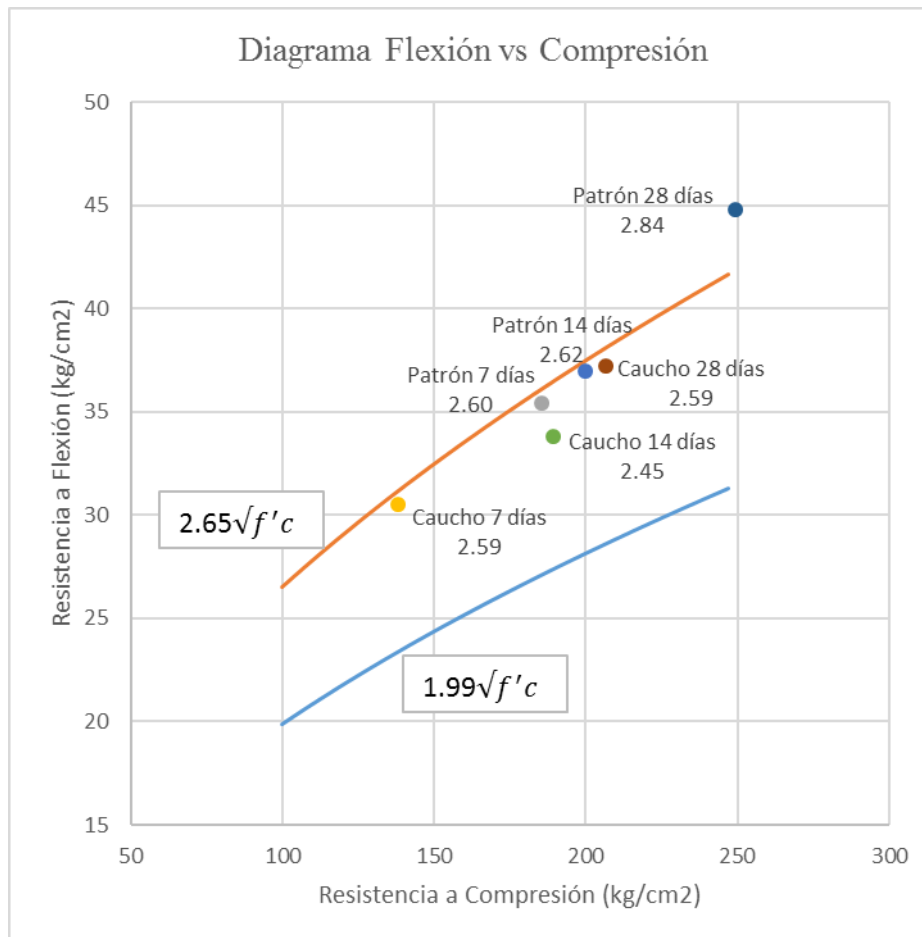


Figura 57 : Diagrama de la Resistencia a Flexión vs Resistencia a Compresión

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad

Tabla 117 : Resultados de Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad del Concreto Patrón

Compresión vs Módulo de Elasticidad (Patrón)		
Días	Resistencia Compresión	Módulo de Elasticidad
7	185.42 Kg/cm ²	2.56E+05 Kg/cm ²
28	249.25 Kg/cm ²	3.56E+05 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118 : Resultados de Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad del Concreto con caucho

Compresión vs Módulo de Elasticidad (Caucho)		
Días	Resistencia Compresión	Módulo de Elasticidad
7	138.13 Kg/cm ²	2.77E+05 Kg/cm ²
28	206.58 Kg/cm ²	3.10E+05 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

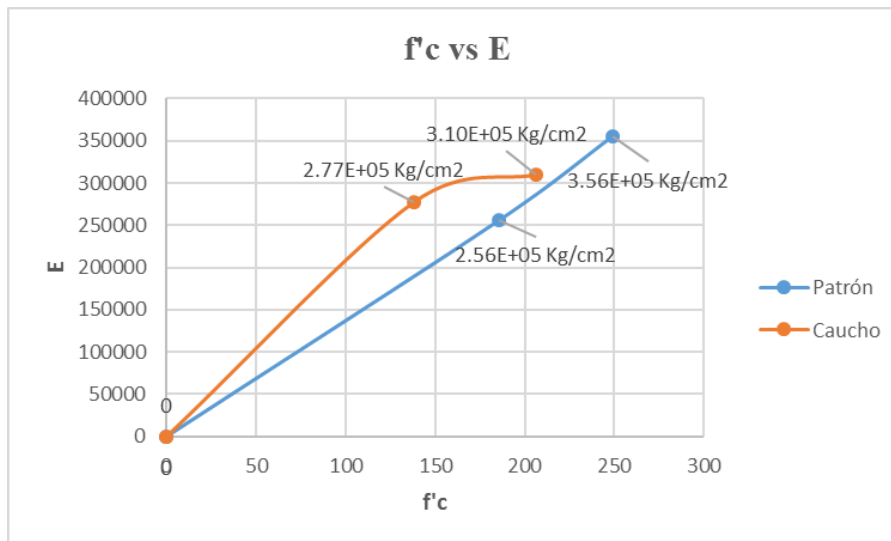


Figura 58 : Diagrama de la Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Resistencia a Compresión vs Resistencia a Tracción

Tabla 119 : Resultados de Resistencia a Compresión vs Tracción Indirecta del Concreto Patrón

Compresión vs Tracción Indirecta (Patrón)		
Días	Resistencia Compresión	Tracción Indirecta
7	185.42 Kg/cm ²	14.89 Kg/cm ²
14	199.94 Kg/cm ²	19.63 Kg/cm ²
28	249.25 Kg/cm ²	26.85 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 120 : Resultados de Resistencia a Compresión vs Tracción Indirecta del Concreto con Caucho

Compresión vs Tracción Indirecta (Caucho)		
Días	Resistencia Compresión	Tracción Indirecta
7	138.13 Kg/cm ²	15.70 Kg/cm ²
14	189.40 Kg/cm ²	16.54 Kg/cm ²
28	206.58 Kg/cm ²	17.31 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

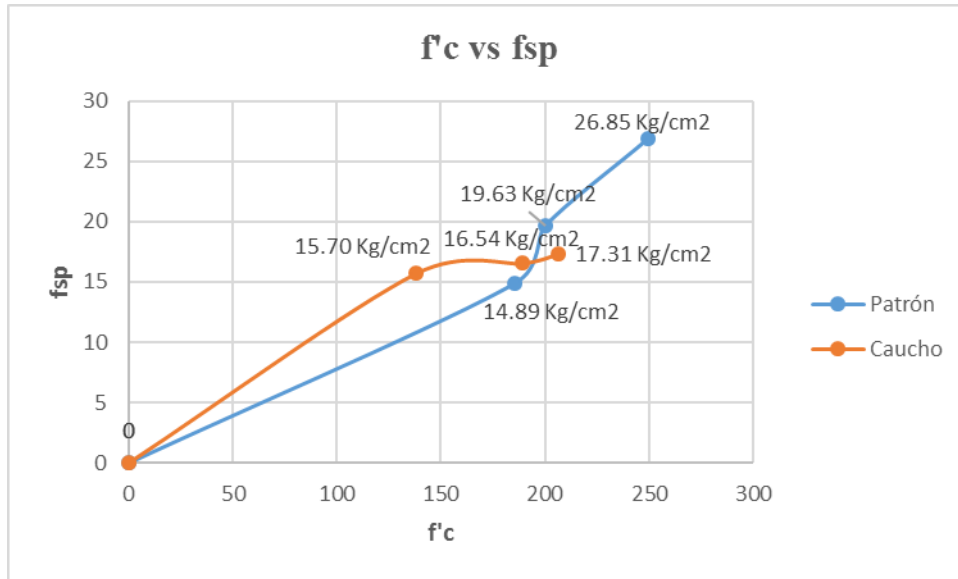


Figura 59 : Diagrama de la Resistencia a Compresión vs Módulo de Elasticidad
Fuente: Elaboración propia



Capítulo V: Discusión

1. ¿Por qué se decide realizar la investigación de uso de caucho sintético granulado como sustitución de agregado fino para el concreto, si existen investigaciones que fueron realizadas?

La región del Cusco presenta desarrollo en cuanto a infraestructura, mas no existe ningún tipo de innovación respecto a los materiales que se emplean en la elaboración del concreto, condicionando al uso de tecnologías tradicionales o elaboradas en otras regiones que no presentan las características de nuestro medio, es por esta razón que el uso de caucho sintético granulado como elemento de sustitución del agregado fino puede brindar una alternativa a la mejora de la calidad y las características mecánicas del concreto.

2. ¿Por qué reemplazamos el 30% de agregado fino con caucho sintético granulado?

De acuerdo a la investigación usada como antecedente y la cual se complementó, indica que el porcentaje óptimo para un concreto estructural con 30% de sustitución del agregado fino. El cual fue usado en la elaboración del concreto.

3. ¿Se logró encontrar proveedores de agregados con las mismas características de los materiales de construcción requeridas?

Sí, el agregado grueso no tuvo mayor dificultad ya que los agregados gruesos son sometidos a molienda el cual nos brindó características similares a lo requerido por el diseño de mezcla, mientras que el agregado fino de Huacarpay requirió una búsqueda más amplia logrando encontrar un proveedor que tenía características similares al agregado requerido en el diseño de mezcla.

4. Durante la investigación ¿se verificó que el caucho sintético granulado se adhiere al concreto?

Las partículas de caucho de mayor tamaño no se adhieren con facilidad a la mezcla del concreto esto puede ser la causa de la reducción de su resistencia a flexión, tracción y compresión, mientras que las partículas de menor tamaño al contrario muestran una adherencia más favorable.

5. ¿Cuáles son los aportes de la investigación realizada?

La investigación tiene como aportes:

Refutar la tesis usada como antecedente en la que nos indica que la adición de caucho sintético granulado incrementa la resistencia del concreto.

Análisis a flexión de un concreto adicionado con caucho sintético granulado.

Análisis a Tracción Indirecta de un concreto adicionado con caucho sintético granulado.

El estudio del Módulo de Elasticidad de un concreto adicionado con caucho sintético granulado.

El estudio del Módulo de Poisson de un concreto adicionado con caucho sintético granulado.

6. ¿Se encontró correlación entre los resultados obtenidos en la tesis con los resultados de los antecedentes?

Se encontraron correlación con resultados de antecedentes internacionales en los cuales indican que los valores de resistencia decrecen, mientras que no se encontró correlación con los resultados de la investigación que se usó como antecedente y que se complementó en donde indica que los valores de resistencia incrementan.

7. ¿Cuáles son los pesos volumétricos promedios de un concreto patrón y del concreto añadido con 30% de caucho sintético granulado a los 28 días?

Tabla 121 : Tabla de datos de pesos volumétricos del concreto patrón



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



PESO VOLUMÉTRICO

NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	PATRÓN
EDAD:	28 días

N° de probeta	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		d promedio	Altura		h promedio	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)	Peso Volumétrico Promedio
	d1	d2	d3	d4		h1	h2					
1	15.15 cm	15.25 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.21 cm	30.30 cm	30.30 cm	30.30 cm	0.00550724	12.35	2242.50	2258.03 Kg/m ³
2	15.10 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.40 cm	15.25 cm	30.50 cm	30.50 cm	30.50 cm	0.00557095	12.58	2258.14	
3	15.10 cm	15.20 cm	15.36 cm	15.10 cm	15.19 cm	30.50 cm	30.45 cm	30.48 cm	0.00552267	12.46	2256.15	
4	15.15 cm	15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	30.40 cm	30.00 cm	30.20 cm	0.00547284	12.27	2241.98	
5	15.00 cm	14.95 cm	15.08 cm	15.10 cm	15.03 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	0.00531556	12.18	2291.39	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 122 : Tabla de datos de pesos volumétricos del concreto con caucho



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



PESO VOLUMÉTRICO

NOMBRE DE LA TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2019."
TESISTAS:	Bach. Ramirez Monzon, Gabriella Zulema Bach. Rabanal Velarde, Fernando Daniel
LABORATORIO:	Laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco
GRUPO:	CAUCHO
EDAD:	28 días

N° de probeta	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		d promedio	Altura		h promedio	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Peso Volumétrico (Kg/m ³)	Peso Volumétrico Promedio
	d1	d2	d3	d4		h1	h2					
1	15.20 cm	15.14 cm	15.00 cm	14.95 cm	15.07 cm	29.95 cm	29.95 cm	29.95 cm	0.00534389	11.37	2127.66	2162.72 Kg/m ³
2	15.00 cm	15.10 cm	15.08 cm	15.00 cm	15.05 cm	30.00 cm	30.30 cm	30.15 cm	0.00535996	11.83	2207.11	
3	15.20 cm	15.23 cm	15.00 cm	15.00 cm	15.11 cm	30.23 cm	30.00 cm	30.12 cm	0.00539831	11.79	2184.02	
4	15.30 cm	15.10 cm	15.00 cm	15.10 cm	15.13 cm	30.10 cm	30.00 cm	30.05 cm	0.00539915	11.54	2137.37	
5	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	15.30 cm	15.25 cm	30.40 cm	30.30 cm	30.35 cm	0.00554355	11.96	2157.46	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las tablas podemos verificar que el concreto patrón tiene un peso volumétrico promedio de 2258.03 kg/m³, mientras que para el concreto con caucho sintético granulado el peso volumétrico es de 2162.72 kg/m³.

Esto nos indica que el concreto añadido con caucho sintético granulado tendría un uso no estructural ya que no llega a sobrepasar el parámetro de 2200 kg/m³ que indica la norma para concretos de uso estructural.

8. ¿Qué aporte da la investigación respecto al primer antecedente nacional?

En relación al antecedente nacional Análisis de la resistencia a la compresión del concreto reemplazando el agregado fino con caucho sintético granulado usado en canchas deportivas de gras sintético, Cusco 2015. Podemos observar que no existe un incremento en relación a las propiedades analizadas en esta investigación, encontrando una disminución considerable respecto a compresión del concreto.

9. ¿Qué aporte da la investigación respecto al segundo antecedente nacional?

En relación al antecedente nacional Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote, Chimbote. Se concluye que los resultados obtenidos en esta investigación guardan relación con nuestros resultados al demostrar que disminuye significativamente su elasticidad.

10. ¿Qué aporte da la investigación respecto al primer antecedente internacional?

En relación al antecedente internacional Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con partículas de caucho de neumáticos, Quito 2017. Podemos referir que



al sustituir el agregado fino con caucho reciclado afecta directamente a la resistencia a compresión del hormigón y de un concreto con diseño estructural.

11. ¿Qué aporte da la investigación respecto al segundo antecedente internacional?

En relación al antecedente Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional 3500 PSI, Bogotá 2017. Observamos que también existe reducción de resistencia compresión respecto a un concreto patrón, como en los ensayos realizados en nuestro trabajo de investigación.



GLOSARIO

Absorción de agua: el proceso por el cual un líquido (agua) se absorbe y tiende a llenar los poros permeables en un sólido poroso. (2) la cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones especificadas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo.

Adherencia química: adherencia entre materiales, resultante de la cohesión y de la adhesión desarrollada por la reacción química.

Adición (adicionante): En los Estados Unidos es cualquier sustancia que se muele conjuntamente o se adiciona en cantidades limitadas al cemento portland durante su producción. En algunos países de Latinoamérica, también puede referirse a los materiales cementantes suplementarios.

Agregado: material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita.

Agregado fino: agregado que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg.), pasa casi totalmente por el tamiz de 4.75 mm (No.4) y se retiene predominantemente en el tamiz de 75 mm (no. 200).

Agregado grueso: grava natural, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, frecuentemente mayor que 5 mm (0.2 pulg.) y cuyo tamaño normalmente varía entre 9.5 mm y 37.5 mm (3/8 y 1 1/2 pulg.).

Agregado ligero (liviano): agregado de baja densidad usado para producir concreto ligero. Puede ser arcilla expandida o sinterizada, pizarra, esquisto, perlita, vermiculita o escoria, piedra pomez (pumita) natural, cagafierro, tufa, diatomita, ceniza volante sinterizada o escoria industrial.

Aire atrapado (aire ocluido): vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1 mm.

Aire incluido (aire incorporado): burbujas de aire microscópicas y esféricas normalmente con diámetro entre 10 μm y 1000 μm – intencionalmente incorporadas en el concreto para suministrar resistencia a la congelación – deshielo y/o para mejorar la durabilidad.

Cambio de volumen: un aumento o una disminución del volumen por cualquier motivo, tal como un cambio de la humedad, de la temperatura o cambios químicos.



Cemento portland: Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de yeso natural.

Cemento portland tipo ip: Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total.

Compactación: proceso de inducción de una disposición más cerca de las partículas sólidas en el concreto, mortero o groute frescos, a través de la reducción de los vacíos, recientemente logrado con la vibración, el varillado, los golpes o la combinación de estos métodos. También llamada de consolidación.

Concreto: Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

Concreto de peso normal: tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad de aproximadamente 2400 kg/m³ (150 lb/pie³).

Concreto endurecido: concreto en el estado sólido que haya desarrollado una cierta resistencia.

Concreto fresco: concreto recién mezclado y aún plástico y trabajable.

Cono de Abrahams: Molde con forma de cono trunco constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, que se usa para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco. Se conoce también como cono de asentamiento o SLUMP.

Contenido de humedad: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

Cuarteo: Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra.

Curado de concreto: Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero.

Curva granulométrica: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los



logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

Diagrama esfuerzo-deformación: El diagrama es la curva resultante graficada con los valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en el espécimen calculado a partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión.

Diseño de mezclas: Es el procedimiento mediante el cual se calculan o estiman las proporciones que deben existir entre los materiales que componen la mezcla, para lograr las propiedades deseadas para el concreto.

Dosificación del concreto: Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.

Fraguado: Fenómeno químico que consiste en el endurecimiento de la cal, cementos y yesos, sin que puedan ablandarse nuevamente.

Malla: Abertura cuadrada de un tamiz.

Mezcla: Unión de dos o más sustancias en proporciones variables; que conservan sus propiedades.

Módulo de elasticidad: es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico

Módulo de poisson: Relación entre la deformación lateral y la correspondiente deformación longitudinal, en un cuerpo elástico sometido a un esfuerzo longitudinal

Módulo de rotura: Resistencia Máxima determinada en un ensayo de flexión o torsión.

Peso específico: Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

Peso unitario: Es el cociente al dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

Relación agua/cemento: Es la que controla el poder adhesivo de la pasta que recubre y rodea a los agregados, y que al endurecerse mantiene unida a toda la pasta. Es la cantidad real de agua que se requiere para hidratar al cemento, para mejorar su poder adhesivo.



Resistencia a Compresión: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.

Resistencia a Flexión: Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga.

Resistencia a Tracción Indirecta: Es el máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de fallar.

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

Tamaño máximo: Menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso. **Tamaño máximo nominal:** Menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Tamiz: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

Unidades métricas: también llamadas unidades del Sistema Internacional (SI) de unidades. Es el sistema de unidades usado en la mayoría de los países en el siglo XXI. Incluyen, pero no se limitan a: (1) longitud en milímetros, metros y kilómetros, (2) área en milímetros cuadrados, metros cuadrados y kilómetros cuadrados, (3) volumen en metros cúbicos y litros, (4) masa en miligramos, gramos, kilogramos y megagramos y (5) temperatura en grados Celsius.

Vacíos de aire: vacíos de aire atrapado (aire ocluido) o burbujas de aire incluido en el concreto, mortero o grout. Los vacíos atrapados normalmente tienen un diámetro mayor que 1 mm y los vacíos incluidos son menores. La mayoría de los vacíos atrapados se debe remover a través de vibración interna, plantillas vibratorias o varilladas.

Vibración: agitación de alta frecuencia del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.



Conclusiones

1. Se comprobó parcialmente la hipótesis general “El comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado serán valores mayores con respecto a los del concreto patrón”, se verificó que hubo reducción significativa de resistencia a Flexión en 13.97%, 8.65% y 16.97% como indica la Tabla 111 y Tracción Indirecta en 5.44%, 15.74% y 35.53% como indica la Tabla 112, estos a 7, 14 y 28 días respectivamente, más en los resultados de módulo de Elasticidad un incremento inicial de 8.42% a 7 días y una reducción de 12.97% a los 28 días tal como se visualiza en la Tabla 113; para Modulo de Poisson los resultados fueron constantes a 7 días y un incremento de 16.53% a 28 días respecto al concreto patrón tal como indica la Tabla 114.
2. No se logró comprobar la sub hipótesis N° 1 “La resistencia a la Flexión para el concreto $f'c = 210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado se incrementara con respecto al del concreto patrón”, ya que al realizar los ensayos, los valores para 7, 14 y 28 días del concreto con caucho fueron menores respecto al concreto patrón tal como lo indica la Tabla 111, a pesar de que los valores del concreto con caucho reducen estos se encuentran dentro y en algunos llegan a exceder el parámetro del 15% – 20% de la resistencia a compresión promedio de acuerdo a la E-060.
3. No se logró comprobar la sub hipótesis N° 2 “La Resistencia a la Tracción para el concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado aumentará con respecto al valor del concreto patrón”, ya que al realizar los ensayos, los valores para 7, 14 y 28 días del concreto con caucho fueron menores respecto al concreto patrón tal como lo indica la Tabla 112, los valores del concreto con caucho no se encuentran dentro del parámetro del 10% de la resistencia a compresión promedio de acuerdo a la E-060.
4. Se logró comprobar parcialmente la sub hipótesis N° 3 “El valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón” ya que, al realizar los ensayos, los valores para 7 días del concreto con caucho incrementaron en un 8.42% y a los 28 días se redujo en un 12.97%, ambos respecto al concreto patrón como lo indica la Tabla 113.
5. Se logró comprobar parcialmente la sub hipótesis N° 4 “El valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón” ya que, al realizar los ensayos, el valor promedio para 7 días del concreto con caucho se mantuvo y a los 28 días se incrementó en



un 16.53% tal como se muestra en la Tabla 114; sin embargo, los valores se encuentran dentro del rango de 0.11-0.21 dado por Ottazzi Pasino

6. Se logró comprobar parcialmente la sub hipótesis N° 5 “La relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado estará dentro los parámetros $1.99 \sqrt{f'c}$ a $2.65 \sqrt{f'c}$ de acuerdo a la norma ACI 318” ya que, al comparar los factores se encuentran la mayoría dentro del rango a excepción del dato del concreto patrón a los 28 días, esto debido al alto valor de la resistencia a Flexión a dicha edad, tal como se muestra en la Tabla 115 y Tabla 116.



Recomendaciones

1. El uso del concreto con caucho sintético granulado por sus características es concreto simple de uso no estructural.
2. Se recomienda su uso para veredas, sardineles, falso pisos, solados, cimentaciones, canales y toda obra que no requiere un concreto de alta resistencia ya que cumple con parámetros mínimos para concretos simples.
3. Para realizar los ensayos de laboratorio se debe tener conocimiento de las normas actualizadas que rigen dichos procedimientos para evitar confusiones al momento de realizarlos y obtener resultados con la mayor exactitud posible.
4. Se recomienda enfocar las investigaciones para la mitigación de la contaminación ambiental con el uso de materiales reciclados, promover el uso de estos de manera técnica y responsable, para elaborar una norma técnica sobre el uso del concreto como nicho de residuos contaminantes.
5. Se recomienda que en el proceso de mezclado no se añada como primer componente el caucho sintético granulado, sino añadirlas junto o al final de todos los materiales a usarse para la elaboración de la mezcla.
6. Se recomienda realizar estudios de investigación sobre la adherencia del caucho sintético granulado al concreto, resistencia térmica, resistencia acústica, para el conocimiento de las propiedades que posee el caucho sintético granulado para ser usado en el diseño de mezcla del concreto.



REFERENCIAS

ASTM C-469. (s.f.).

Barroso, S. (2010). *Introducción al conocimiento de los materiales y a sus aplicaciones*. (Primera ed.). Universidad nacional de educación a distancia Madrid, España: UNED.

Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Editorial Shalom 2008.

Casanova León, J., & Olivera Carrillo, C. (2015). Análisis de la Resistencia a la Compresión del concreto reemplazando el agregado fino con caucho sintético granulado usado en canchas deportivas de grass sintético. cusco, cusco.

Castillo F., A. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.

Castillo, A. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.

Cemento Yura. (2009). *Manual Digital - Cemento Portland Tipo IP*. Arequipa.

Cifuentes Álvarez, J. (2011). *Experiencias en los sistemas de pica en el cultivo de hule (Hevea Brasiliensis Mull), en la finca el Carmen, Aldea El Silencia, Coatepeque Quetzaltenango, Guatemala, Centro América*. Guatemala.

Curbelo J., B. (2015). *Concreto estructural reforzado y concreto estructural simple*.

E. Harsem, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Fondo editorial, PUCP.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 5ta edicion*. Mexico: Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.

Huerta, M. (s.f.). *Tecnología del Concreto*. Lima: UNSAM.

INDECOPI, NTP 400.037. (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima.

López González, A. (Mayo de 2018). *Diseño de un proceso de producción basado en la trituración mecánica para el aprovechamiento de las llantas fuera de uso en Santiago de Cali*. Chile.

Mehta, P., & M. Monteiro, P. (2006). *Concrete - Microstructure, Properties, and Materials*. California: McGraw-Hill.

Méndez Álvarez, C. (2007). *Metodología, 4a ed: Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. Limusa.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (8 de Mayo de 2009). Norma Técnica de Edificaciones E. 060. *NTP.060*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Ottazi Pasino, G. (2004). *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica de Perú.



- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de ingenieros del Perú.
- Ridell C., R., & Hidalgo O., P. (2002). *Diseño Estructural*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Rivera G., A. (2013). *Concreto Simple*. Popayan: Universidad de Cauca.
- Rivva Lopez , E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo peruano ACI.
- Rivva López, E. (2010). *Concreto Diseño de Mezclas*. Lima: ICG.
- Universidad de Zaragoza España. (2001). hacia la fibra de carbono en la construcción. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* , 55-69.
- Castro, G. (Diciembre de 2008). *Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático*. Obtenido de http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico_pdf
- de Mendoza, M. (2015). *Teorema Ambiental*. Obtenido de <http://www.teorema.com.mx/sostenibilidad>
- El blog del Ingeniero Civil. (25 de Mayo de 2011). Obtenido de <http://ingcivil-notasapuntes.blogspot.com/2011/05/cemento-portland-puzolanico-cpp.html>
- Extrusiones S.A. (4 de 08 de 2005). *Extrusiones- Sellando Confianza*. Obtenido de <http://extrusiones2015.blogspot.com/2015/08/aprendetips-el-caucho-sbr.html>
- Gunner, O. (01 de Abril de 2017). *Club Ensayos*. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Filosof%C3%ADa/Recopilaci%C3%B3n-situacional-y-estudio-espec%C3%ADfico-de-la-regi%C3%B3n/3916854.html>
- Nacional Ready Mixed Concrete Association. (s.f.). CIP 16 - Resistencia a ala flexion del concreto. *El concreto en la practica*. Obtenido de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/default.asp>
- SIAR. (28 de Febrero de 2010). *Map-Peru*. Obtenido de <http://map-peru.com/es/mapas/Cusco-page-132>
- Textos Científicos. (25 de Abril de 2016). *Textos Científicos*. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr/propiedades>
- VS Rubber. (2012). *Recycling b.v*. Obtenido de <https://www.vsrubber.nl/productos/granulados-de-caucho/?lang=es>

ANEXOS



Figura 60 : Lavado de Material
Fuente: Elaboración propia



Figura 61 : Vaciado de Concreto
Fuente: Elaboración propia



Figura 62 : Ensayo de Cono de Abrahams
Fuente: Elaboración propia



Figura 63 : Supervisión por parte de un docente de la mezcla realizada
Fuente: Elaboración propia



Figura 64 : Colocación de la mezcla en los respectivos moldes
Fuente: Elaboración propia



Figura 65 : Colocación de mezcla
Fuente: Elaboración propia



Figura 66 : Muestras para luego ser curadas
Fuente: Elaboración propia



Figura 67 : Curado de Muestras
Fuente: Elaboración propia



Figura 68 : Especímenes para ser ensayadas a 7 días
Fuente: Elaboración propia



Figura 69 : Muestras para ensayarlas a 14 días
Fuente: Elaboración propia



Figura 70 : Muestras para ensayarlas a 28 días
Fuente: Elaboración propia

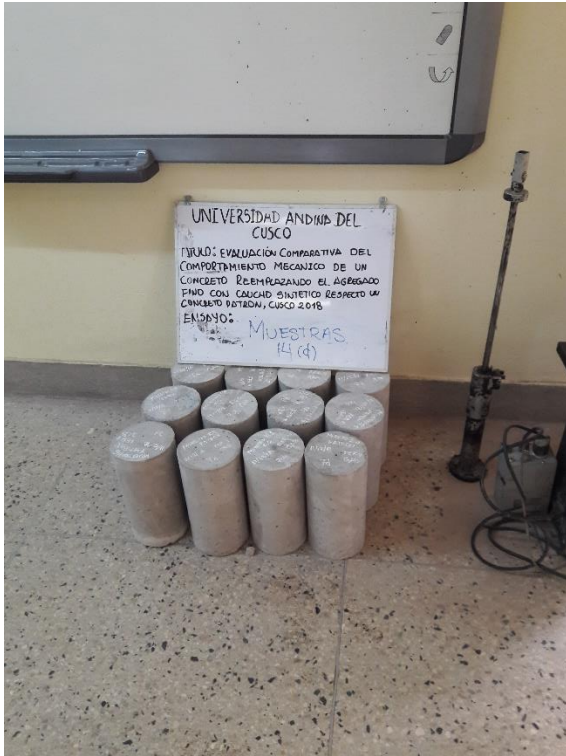


Figura 71 : Especímenes para ser ensayados
Fuente: Elaboración propia



Figura 72 : Medición del espécimen
Fuente: Elaboración propia



Figura 73 : Peso de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 74 : Muestra ensayada a 7 días
Fuente: Elaboración propia

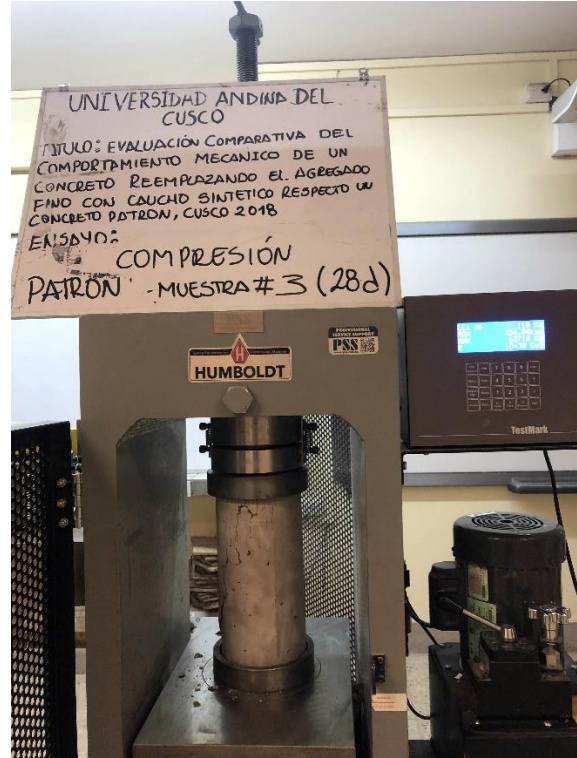


Figura 75 : Muestra ensayada a 28 días
Fuente: Elaboración propia



Figura 76 : Visualización de las fallas de muestras ensayadas a Compresión
Fuente: Elaboración propia

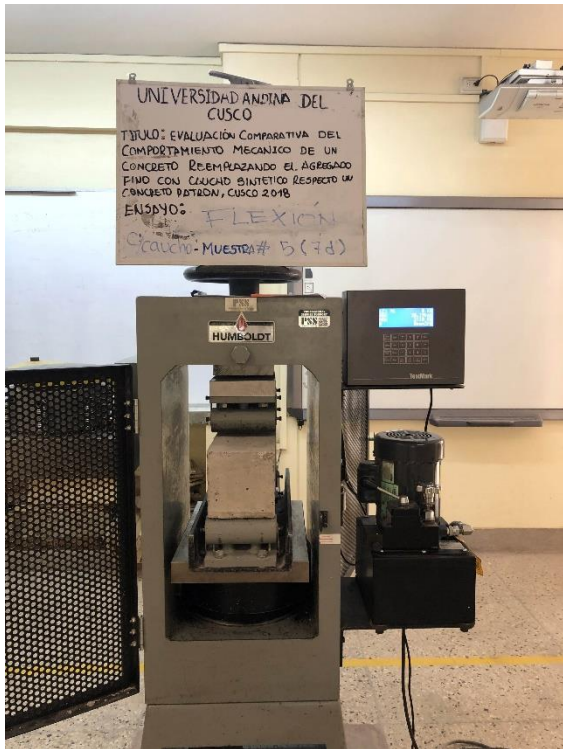


Figura 77 : Muestra a Flexión 7 días
Fuente: Elaboración propia

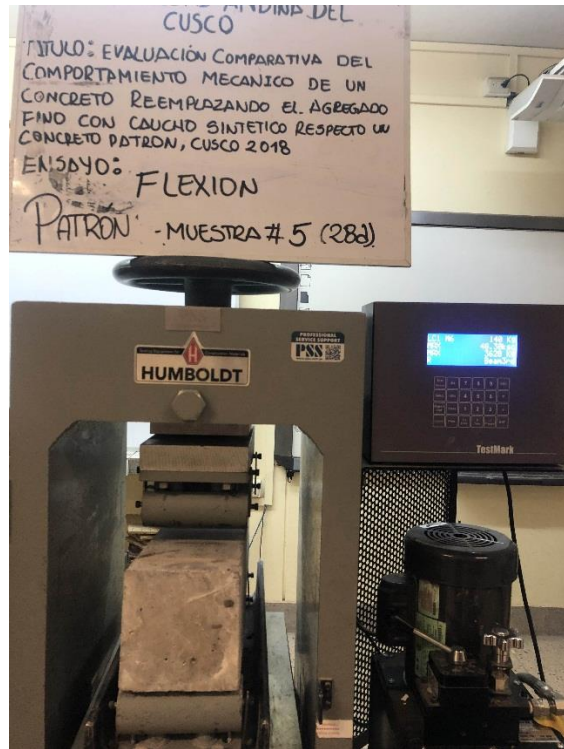


Figura 78 : Muestra a Flexión 28 días
Fuente: Elaboración propia



Figura 79 : Falla de la viga con caucho
Fuente: Elaboración propia



Figura 80 : Falla de la viga patrón
Fuente: Elaboración propia

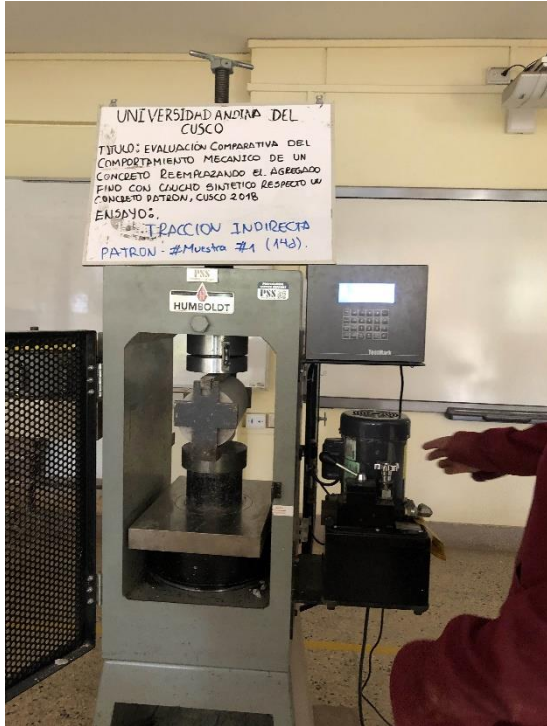


Figura 81 : Muestra a Tracción Indirecta
Fuente: Elaboración propia



Figura 82 : Falla a Tracción Indirecta
Fuente: Elaboración propia

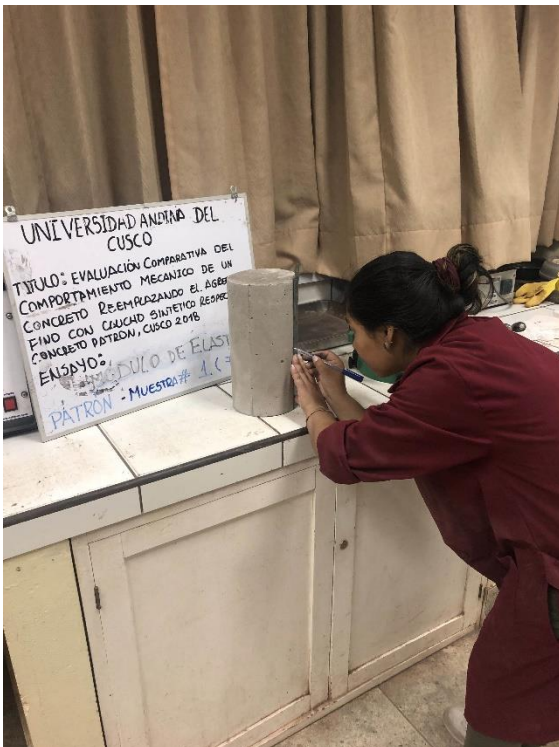


Figura 83 : Medición de la muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 84 : Colocación y nivelación de anillos
Fuente: Elaboración propia



Figura 85 : Muestra lista para ser ensayada
Fuente: Elaboración propia



Figura 86 : Ensayo de Modulo de Elasticidad
Fuente: Elaboración propia



Figura 87 : Supervisión por parte del técnico de laboratorio I
Fuente: Elaboración propia



Figura 88 : Supervisión por parte del técnico de laboratorio II
Fuente: Elaboración propia



Figura 89 : Juego de anillos con deformímetros
Fuente: Elaboración propia



Figura 90 : Adaptador para ensayo de Tracción Indirecta
Fuente: Elaboración propia

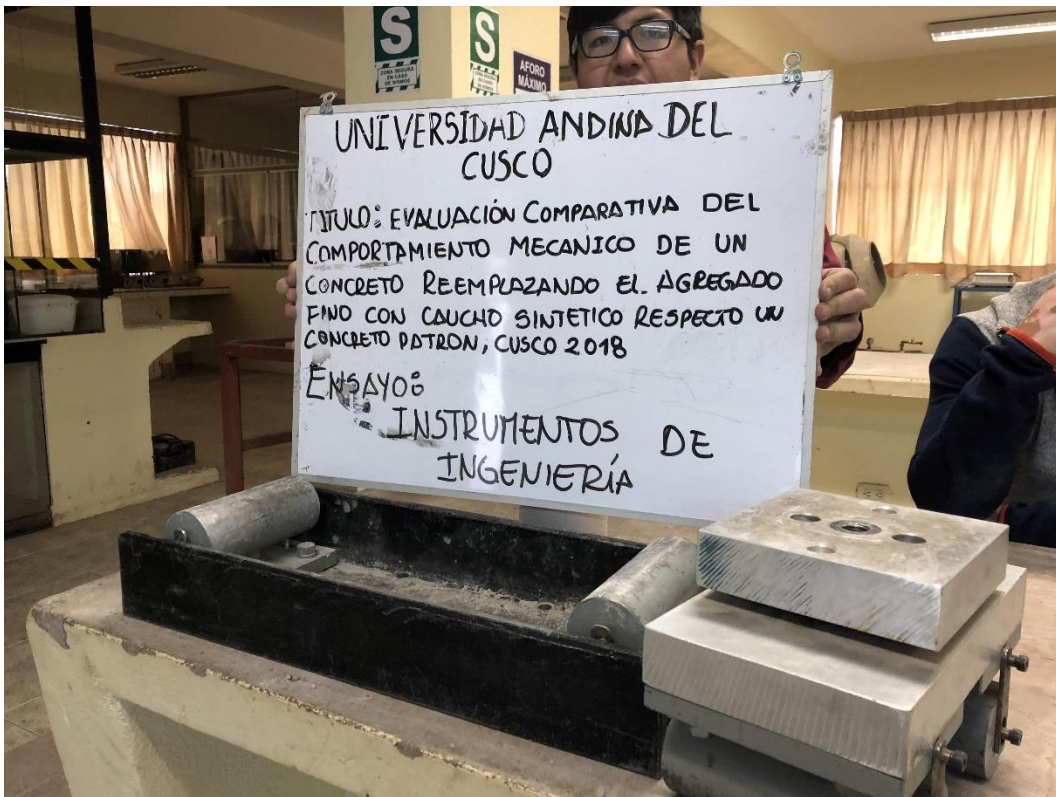


Figura 91 : Apoyos para ensayo de Flexión
Fuente: Elaboración propia



Figura 92 : Equipo de Compresión estándar
Fuente: Elaboración propia

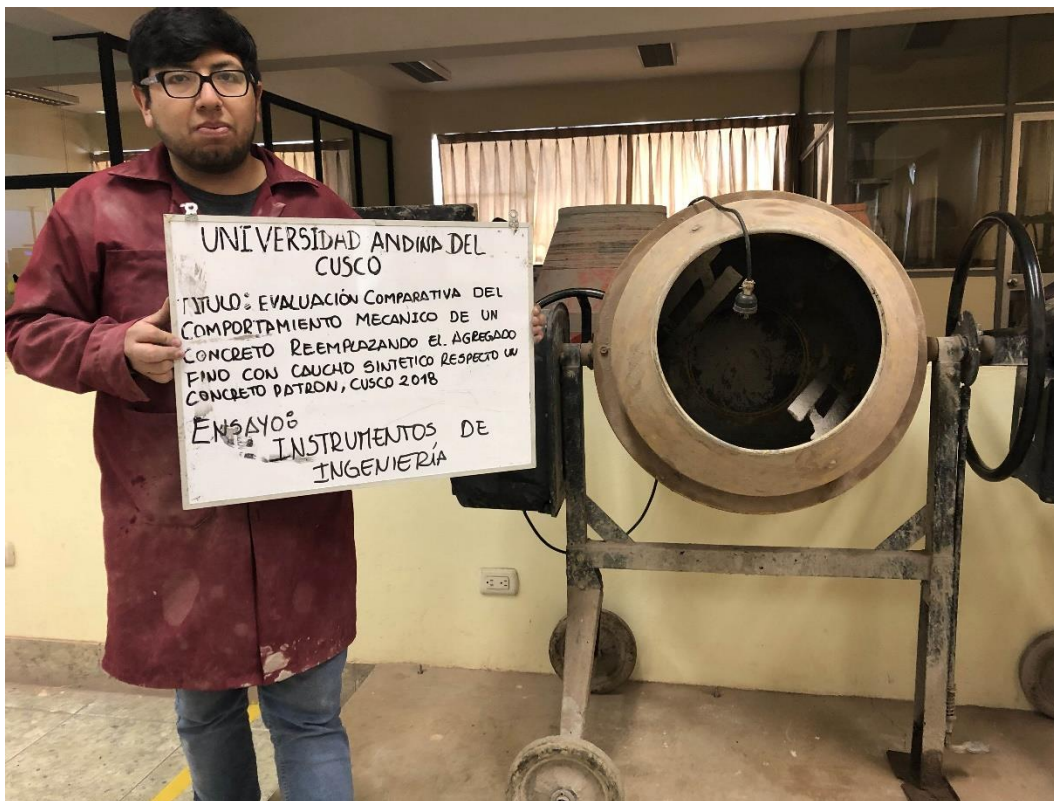


Figura 93 : Mezcladora 6 pies
Fuente: Elaboración propia



Figura 94 : Juego de tamices
Fuente: Elaboración propia

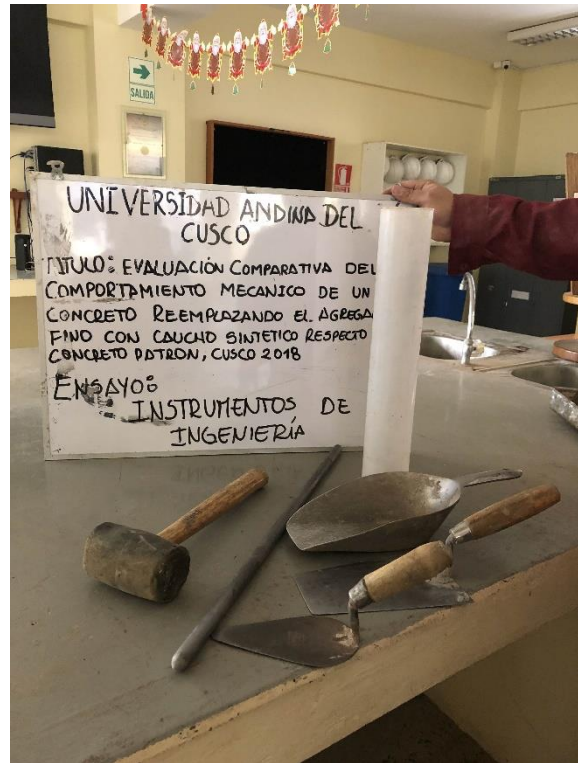


Figura 95 : Herramientas para vaciado
Fuente: Elaboración propia

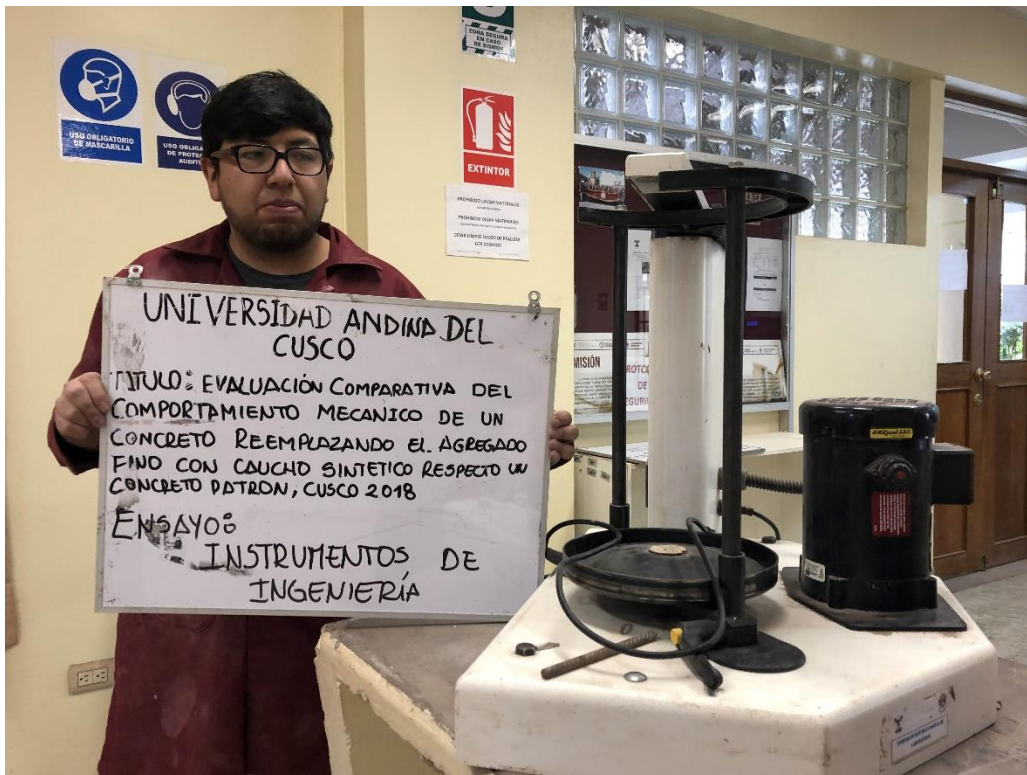


Figura 96 : Equipo tamizador
Fuente: Elaboración propia

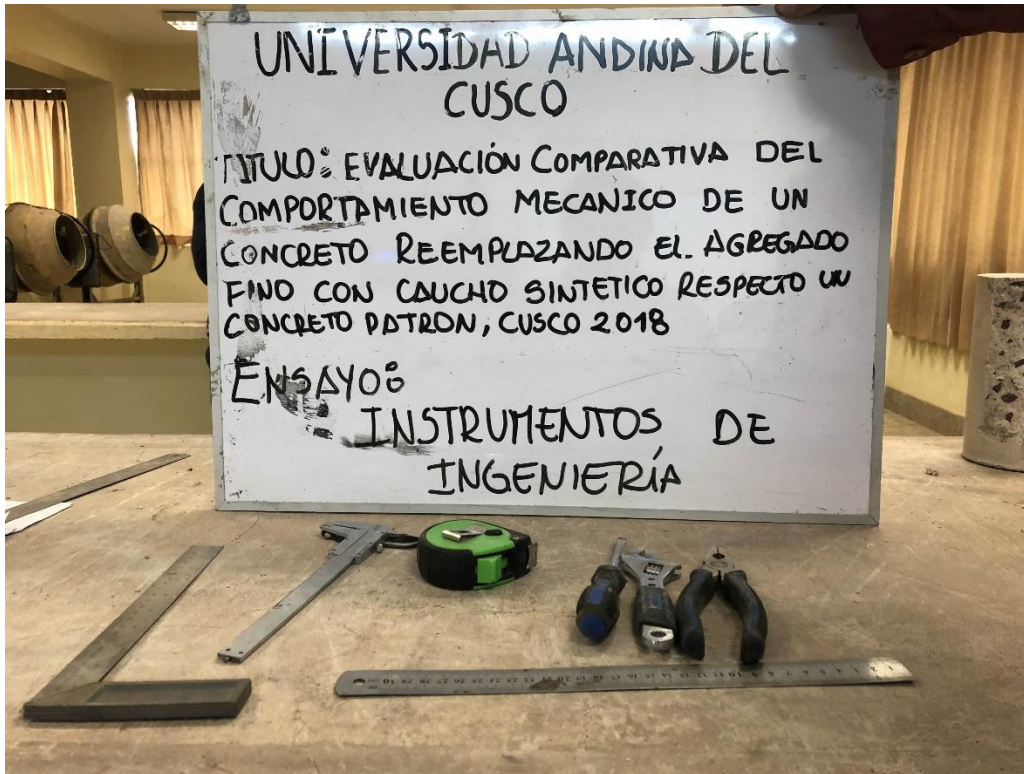


Figura 97 : Herramientas para desencofrar y medir
Fuente: Elaboración propia



Figura 98 : Molde para viguetas
Fuente: Elaboración propia



Figura 99 : Molde para briquetas
Fuente: Elaboración propia



EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO CON CAUCHO SINTÉTICO RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN, CUSCO 2018.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	INDEPENDIENTES	
¿Cuál será la evaluación comparativa del comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado respecto a un concreto patrón?	Evaluar comparativamente el comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado respecto un concreto patrón.	El comportamiento mecánico de un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado serán valores mayores con respecto a los del concreto patrón.	Caucho Sintético granulado	Cantidad de caucho sintético granulado (Kg)
			INTERVINIENTE	
			Resistencia a la Compresión.	Valor de la Fuerza/Área. (Kg/cm ²)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	DEPENDIENTES	
1. ¿Cuál será el valor de la Resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?	1. Evaluar el valor de la Resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.	1. La Resistencia a la Flexión para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado se incrementará con respecto al del concreto patrón.	Resistencia a la Flexión.	Valor de la Fuerza/Área. (Kg/cm ²)
2. ¿Cuál será el valor de la Resistencia a la Tracción para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?	2. Evaluar el valor de la Resistencia a la Tracción para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.	2. La Resistencia a la Tracción para el concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado aumentará con respecto al valor del concreto patrón.	Resistencia a la Tracción.	Valor de la Fuerza/Área. (Kg/cm ²)
3. ¿Cuál es el valor del módulo de elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?	3. Evaluar el valor del módulo de elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.	3. El valor del módulo de elasticidad del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón.	Módulo de Elasticidad.	Resistencia a Compresión y deformación axial.
4. ¿Cuál es el valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?	4. Evaluar el valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.	4. El valor del módulo de Poisson del concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado será mayor al del concreto patrón.	Módulo de Poisson.	Deformación transversal.
5. ¿Cuál será la relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado?	5. Evaluar comparativamente la relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado.	5. La relación entre Resistencia a Flexión y Resistencia a Compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm ² reemplazando el agregado fino con 30% de caucho sintético granulado estará dentro los parámetros 1.99 $f'c$ a 2.65 $f'c$ de acuerdo a la norma ACI 318.		