



Se ensayó los adoquines en la máquina de resistencia a compresión.



Figura 81: Máquina de resistencia a compresión en ensayo de adoquines



Figura 82: Tipos de adoquines ensayados



c) Toma de datos

- Resistencia a la compresión a los 7 días



Tabla 58: Datos de ensayo de resistencia a la compresión de adoquines a los 7 días

		<p align="center"><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>					
<b>Ensayo</b>		<b>Resistencia a la Compresión</b>					
<b>Tesis: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019.</b>							
<b>Datos generales</b>							
Tesista	CESAR MARIN QUISPE			Fecha de moldeo	04/10/2019		
Lugar	Laboratorio UNITEST SAC.			Fecha de ensayo	11/10/2019		
<b>Datos específicos</b>							
<b>Resistencia a la Compresión</b>							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad (días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)
Patrón 1	420	7	6.20	20.00	10.00	200.00	99728.41
Patrón 2	420		6.00	19.90	9.95	198.01	88380.76
Patrón 3	420		6.05	19.95	9.90	197.51	85202.30
Patrón 4	420		6.15	20.00	10.00	200.00	91997.61
Patrón 5	420		6.10	19.95	9.90	197.51	86270.66
Patrón 6	420		6.20	20.00	10.05	201.00	95591.41
3% caucho 1	420	7	6.00	20.00	10.00	200.00	80076.47
3% caucho 2	420		6.05	20.00	9.95	199.00	82590.28
3% caucho 3	420		6.05	19.95	10.00	199.50	84876.39
3% caucho 4	420		6.20	20.00	10.10	202.00	92782.69
3% caucho 5	420		6.10	19.90	9.90	197.01	86718.21
3% caucho 6	420		6.10	20.00	10.00	200.00	88498.34
6% caucho 1	420	7	6.15	19.95	10.00	199.50	87014.75
6% caucho 2	420		6.00	20.05	9.90	198.50	69691.34
6% caucho 3	420		6.05	20.00	10.00	200.00	87984.81
6% caucho 4	420		6.15	20.00	10.00	200.00	89166.46
6% caucho 5	420		6.15	19.95	9.95	198.50	80774.57
6% caucho 6	420		6.20	20.00	10.05	201.00	84717.73
9% caucho 1	420	7	6.05	19.90	9.95	198.01	66373.27
9% caucho 2	420		6.15	19.90	10.05	200.00	83987.20
9% caucho 3	420		6.10	20.00	9.95	199.00	76590.05
9% caucho 4	420		6.00	20.00	9.95	199.00	62141.53
9% caucho 5	420		6.15	19.95	10.00	199.50	74455.67
9% caucho 6	420		6.05	20.00	10.00	200.00	64924.14



- Resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 59: Datos de ensayo de resistencia a la compresión de adoquines a los 28 días

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>Ensayo</b>		<b>Resistencia a la Compresión</b>					
<b>Tesis: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019.</b>							
<b>Datos generales</b>							
Tesista	CESAR MARIN QUISPE			Fecha de moldeo	02/10/2019		
Lugar	Laboratorio UNITEST SAC.			Fecha de ensayo	30/10/2019		
<b>Datos específicos</b>							
<b>Resistencia a la Compresión</b>							
Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad (días)	Espesor E (cm)	Largo L (cm)	Ancho W (cm)	Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)
Patrón 1	420	28	6.15	19.95	10.10	201.50	104975.38
Patrón 2	420		6.05	19.90	9.90	197.01	105821.04
Patrón 3	420		6.20	20.00	10.00	200.00	116571.94
Patrón 4	420		6.15	20.00	10.00	200.00	113080.12
Patrón 5	420		6.00	20.00	9.95	199.00	111698.50
Patrón 6	420		6.05	20.00	10.00	200.00	109354.36
3% caucho 1	420	28	6.20	20.10	9.95	200.00	106176.00
3% caucho 2	420		6.10	19.95	10.00	199.50	108803.21
3% caucho 3	420		6.05	20.00	10.00	200.00	105605.98
3% caucho 4	420		6.15	19.90	10.00	199.00	106760.91
3% caucho 5	420		6.05	20.00	9.90	198.00	104284.72
3% caucho 6	420		6.05	20.00	10.05	201.00	102133.01
6% caucho 1	420	28	6.05	19.95	10.05	200.50	96500.79
6% caucho 2	420		6.10	20.00	9.95	199.00	104360.08
6% caucho 3	420		6.15	19.95	10.05	200.50	103103.07
6% caucho 4	420		6.20	20.05	9.95	199.50	92454.14
6% caucho 5	420		6.05	19.95	9.95	198.50	102778.39
6% caucho 6	420		6.15	20.00	10.00	200.00	101815.78
9% caucho 1	420	28	6.05	19.95	10.10	201.50	81873.22
9% caucho 2	420		6.15	20.00	9.90	198.00	86824.57
9% caucho 3	420		6.00	20.00	10.00	200.00	85460.80
9% caucho 4	420		6.10	20.00	9.95	199.00	86574.53
9% caucho 5	420		6.20	19.90	9.95	198.01	91878.10
9% caucho 6	420		6.05	19.95	10.00	199.50	82726.82



### 3.5.13 Ensayo de resistencia a la flexión NTG 41087 h1

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Máquina de compresión
- Regla metálica
- Piezas metálicas
- Varilla de acero circular lisa
- Vernier

#### b) Procedimiento

Primero se seleccionó las muestras de adoquines para el presente ensayo, tomando como referencia lo mencionado en la NTG 41086 (2012) respecto a la toma de muestras, considerando específicamente al módulo de ruptura. En donde menciona que de lotes menores a 10000 unidades, se seleccionarán 9 unidades para muestra, de las cuales 3 unidades se ensayarán para determinar el módulo de ruptura.

Se identificó las muestras seleccionadas para saturarlas en agua 24 horas antes del ensayo, tal como indica la NTG 41087 h1 (2012) los especímenes deben ser saturados por inmersión durante un periodo de tiempo de 24 horas  $\pm$  2 horas previo al ensayo, para posteriormente ser retiradas del agua y dejar escurrir durante 1 minuto, luego colocarlas sobre una malla metálica de 9.5 mm de abertura mínima, posteriormente secarlas con un paño y ensayarlas.



*Figura 83: Habilitado de adoquines para ensayo a flexión*

Se sacaron las muestras saturadas del agua por 24 horas, luego se dejó escurrir el agua secándolos con un paño.



Se marcaron los adoquines en los puntos donde se ubicarán las varillas de acero circular lisa.

Se configuro la velocidad de carga de la maquina a 0.5MPa por segundo indicado en la NTG 41087 h1.



*Figura 84: Adoquín en maquina para ensayo a flexión*



*Figura 85: Tesista en ensayo de flexión de adoquín*





*Figura 86: Adoquín luego de ensayo a flexión*

Se registró las siguientes dimensiones de los adoquines seleccionados y preparados para ser ensayados: Módulo de ruptura en (MPa), carga máxima aplicada en (N), distancia entre los ejes de los apoyos en (mm), longitud del eje menor del rectángulo inscrito en (mm) y espesor del adoquín en (mm).





*Figura 87: Adoquines después de haberse ensayado a flexión*



c) Toma de datos

Tabla 60: Datos de ensayo de resistencia a la flexión de adoquines

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>Ensayo</b>	<b>Resistencia a la Flexión</b>				
<b>Tesis: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019.</b>					
<b>Datos generales</b>					
Tesista	CESAR MARIN QUISPE	Fecha de moldeo	02/10/2019		
Lugar	Laboratorio UNITEST SAC.	Fecha de ensayo	30/10/2019		
<b>Datos específicos</b>					
<b>Resistencia a la Flexión</b>					
Descripción de Adoquines	Edad (días)	Longitud del largo del adoquín A (mm)	Longitud del ancho del adoquín B (mm)	Longitud del espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada (N)
Patrón 1	28	200.00	99.50	60.00	11097.00
Patrón 2		200.00	100.50	61.00	10695.00
Patrón 3		199.50	99.00	60.50	11541.00
Patrón 4		200.00	100.50	60.50	12118.00
Patrón 5		199.00	100.00	60.50	10842.00
Patrón 6		200.00	99.50	61.00	12134.00
3% caucho 1	28	199.50	100.50	60.00	11362.00
3% caucho 2		200.00	99.00	61.50	10287.00
3% caucho 3		200.00	100.00	60.00	9987.00
3% caucho 4		200.00	100.50	60.50	11152.00
3% caucho 5		200.00	100.00	61.50	9951.00
3% caucho 6		200.00	99.00	60.50	10762.00
6% caucho 1	28	199.50	100.00	61.50	11052.00
6% caucho 2		200.00	100.50	60.00	8747.00
6% caucho 3		200.00	100.00	60.50	11047.00
6% caucho 4		199.50	99.00	61.00	8319.00
6% caucho 5		199.00	100.00	60.50	10915.00
6% caucho 6		199.50	100.50	60.00	7837.00
9% caucho 1	28	200.00	99.50	60.00	7963.00
9% caucho 2		200.00	100.00	62.00	8197.00
9% caucho 3		200.50	99.50	60.50	7490.00
9% caucho 4		199.50	99.50	62.00	8575.00
9% caucho 5		199.50	99.50	60.50	9694.00
9% caucho 6		199.00	100.00	61.50	7014.00



### 3.6 Procedimientos de análisis de datos

#### 3.6.1 Malla N° 200 (MTC E 202.)

##### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

El ensayo se realizó con respecto a la norma técnica MTC E 202, de donde se obtuvieron los siguientes datos:

- **Malla N° 200**

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje que pasa por la malla N° 200 en (%)

B = Peso seco de la muestra inicial en (g)

C = Peso seco de la muestra lavada en (g)

##### b) Tablas

*Tabla 61: Porcentaje que pasa la malla N°200 de la arena fina de Pisac*

% QUE PASA POR MALLA N°200: ARENA FINA DE PISAC		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	600.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	582.50	g
<b>Porcentaje del material que pasa por la malla N°200 (A)</b>	<b>2.92</b>	<b>%</b>

*Tabla 62: Porcentaje que pasa la malla N°200 de confitillo de Vicho*

% QUE PASA POR MALLA N°200: CONFITILLO DE VICHO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	1000.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	936.50	g
<b>Porcentaje del material que pasa por la malla N°200 (A)</b>	<b>6.35</b>	<b>%</b>





Tabla 63: Porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado grueso de Vicho TMN 3/8''

% QUE PASA POR MALLA N°200: AGREGADO GRUESO DE VICHO TMN 3/8''		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	1200.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	1186.50	g
<b>Porcentaje del material que pasa por la malla N°200 (A)</b>	<b>1.13</b>	<b>%</b>

Tabla 64: Porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino

% QUE PASA POR MALLA N°200: AGREGADO FINO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	750.00	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	711.30	g
<b>Porcentaje del material que pasa por la malla N°200 (A)</b>	<b>5.16</b>	<b>%</b>

Tabla 65: Porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado grueso

% QUE PASA POR MALLA N°200: AGREGADO GRUESO		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso seco de la muestra inicial (B)	1064.50	g
Peso seco de la muestra lavada (C)	1000.10	g
<b>Porcentaje del material que pasa por la malla N°200 (A)</b>	<b>6.05</b>	<b>%</b>

### c) Análisis de la prueba

Para el desarrollo del ensayo de Malla N° 200, primero se realizó el lavado para cada uno de los materiales individualmente, debido a que así fue posible tener cada uno de los materiales limpios para poder obtener los porcentajes óptimos de agregados combinados mediante el siguiente ensayo, el cual es de Granulometría.



### 3.6.2 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204.)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Porcentaje retenido, retenido acumulado y porcentaje que pasa:**

$$\text{Porcentaje retenido (\%)} = \frac{\text{Peso retenido (g)}}{\text{Peso retenido total (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ retenido acumulado (\%)} = \% \text{ retenido acumulado anterior} + \% \text{ retenido}$$

$$\text{Porcentaje que pasa (\%)} = 100 - \text{Porcentaje acumulado (\%)}$$

- **Porcentaje de error:**

$$\text{Porcentaje de error (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (total) (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

- **Módulo de fineza:**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (11/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100)}}{100}$$

#### b) Tablas y diagramas

##### b.1) Tablas

- **Agregados finos**

Tabla 66: Granulometría de arena fina de Pisac

Agregado fino de Pisac							
Tamiz		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje acumulado retenido	Porcentaje que pasa	Agregado fino	
Abertura	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	4.50	0.77	0.77	99.23	95.00	100.00
N° 8	2.36	10.80	1.86	2.63	97.37	80.00	100.00
N° 16	1.18	28.30	4.86	7.49	92.51	50.00	85.00
N° 30	0.60	99.50	17.09	24.58	75.42	25.00	60.00
N° 50	0.30	239.80	41.19	65.77	34.23	5.00	30.00
N° 100	0.15	165.70	28.46	94.23	5.77	0.00	10.00
N° 200	0.08	31.60	5.43	99.66	0.34	0.00	0.00
Fondo		2.00	0.34	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>582.20</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)		582.50	Error (%)	0.05	<b>Módulo de fineza</b>	<b>1.95</b>	



Tabla 67: Granulometría de arena confitillo de Vicho

Agregado fino "confitillo de Vicho"							
Tamiz		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje acumulado retenido	Porcentaje que pasa	Agregado fino	
Abertura	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	143.70	15.36	15.36	84.64	95.00	100.00
N° 8	2.36	253.90	27.13	42.49	57.51	80.00	100.00
N° 16	1.18	212.00	22.65	65.14	34.86	50.00	85.00
N° 30	0.60	130.80	13.98	79.12	20.88	25.00	60.00
N° 50	0.30	93.90	10.03	89.15	10.85	5.00	30.00
N° 100	0.15	59.70	6.38	95.53	4.47	0.00	10.00
N° 200	0.08	37.30	3.99	99.52	0.48	0.00	0.00
Fondo		4.50	0.48	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>935.80</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)		936.50	Error (%)	0.07	<b>Módulo de fineza</b>	<b>3.87</b>	

Tabla 68: Granulometría de agregado fino

Agregado fino (30% confitillo de Vicho, 70% arena de Pisac)							
Tamiz		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje acumulado retenido	Porcentaje que pasa	Agregado fino	
Abertura	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	25.70	3.62	3.62	96.38	95.00	100.00
N° 8	2.36	66.10	9.30	12.92	87.08	80.00	100.00
N° 16	1.18	74.80	10.52	23.44	76.56	50.00	85.00
N° 30	0.60	123.00	17.31	40.75	59.25	25.00	60.00
N° 50	0.30	227.70	32.04	72.79	27.21	5.00	30.00
N° 100	0.15	154.20	21.70	94.48	5.52	0.00	10.00
N° 200	0.08	36.30	5.11	99.59	0.41	0.00	0.00
Fondo		2.90	0.41	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>710.70</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)		711.3	Error (%)	0.08	<b>Módulo de fineza</b>	<b>2.48</b>	



Tabla 69: Granulometría de caucho reciclado fino

Caucho reciclado fino							
Tamiz		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje acumulado retenido	Porcentaje que pasa	Agregado fino	
Abertura	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	0.90	0.18	0.18	99.82	95.00	100.00
N° 8	2.36	0.50	0.10	0.28	99.72	80.00	100.00
N° 16	1.18	6.80	1.36	1.64	98.36	50.00	85.00
N° 30	0.60	201.60	40.34	41.98	58.02	25.00	60.00
N° 50	0.30	182.80	36.57	78.55	21.45	5.00	30.00
N° 100	0.15	82.90	16.59	95.14	4.86	0.00	10.00
N° 200	0.08	16.10	3.22	98.36	1.64	0.00	0.00
Fondo		8.20	1.64	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>499.80</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)		500.00	Error (%)	0.04	<b>Módulo de fineza</b>		<b>2.18</b>

- **Agregados gruesos**

Tabla 70: Granulometría de agregado grueso de Vicho TMN 3/8"

Agregado grueso de Vicho TMN 3/8"							
Tamiz		Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido	Porcentaje Que Pasa	Agregado fino	
Pulgadas	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	331.90	27.98	27.98	72.02	90.00	100.00
N° 4	4.75	772.60	65.14	93.12	6.88	20.00	55.00
N° 8	2.36	67.10	5.66	98.78	1.22	5.00	30.00
N° 16	1.18	6.30	0.53	99.31	0.69	0.00	10.00
N° 50	0.30	4.20	0.35	99.66	0.34	0.00	5.00
Fondo	0	4.00	0.34	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>1186.10</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)	1186.50	(%) Error TMN	0.03 3/8"	Huso de NTP 400.037	89	<b>Módulo de fineza</b>	<b>6.19</b>



Tabla 71: Granulometría de agregado grueso

Agregado grueso (34% agregado de Vicho TMN 3/8", 66% confitillo de Vicho)							
Tamiz		Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido	Porcentaje Que Pasa	Agregado fino	
Pulgadas	(mm)					Lim. Inf.	Lim. Sup.
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	99.80	9.99	9.99	90.01	90.00	100.00
N° 4	4.75	407.90	40.81	50.80	49.20	20.00	55.00
N° 8	2.36	250.80	25.10	75.90	24.10	5.00	30.00
N° 16	1.18	141.20	14.13	90.02	9.98	0.00	10.00
N° 50	0.30	81.00	8.10	98.13	1.87	0.00	5.00
Fondo	0	18.70	1.87	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>999.40</b>	<b>100.00</b>				
Peso inicial (g)	1000.10	(%) Error TMN	0.07	Huso de NTP	89	Módulo de fineza	5.25
			3/8"	400.037			

## b.2) Diagramas

- Agregados finos

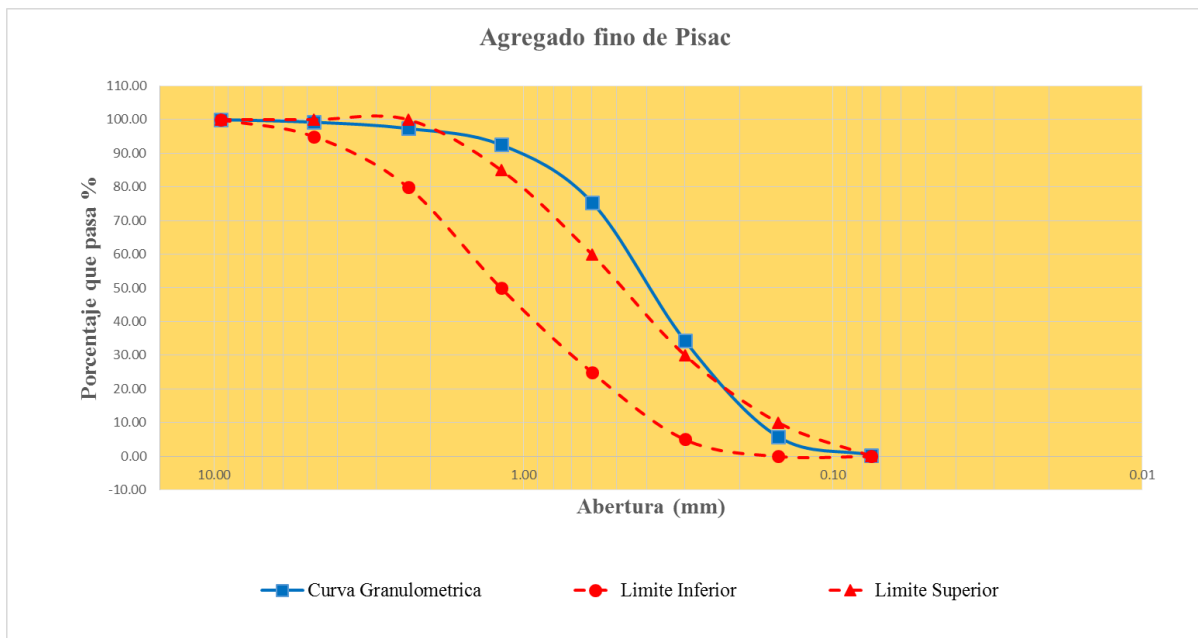
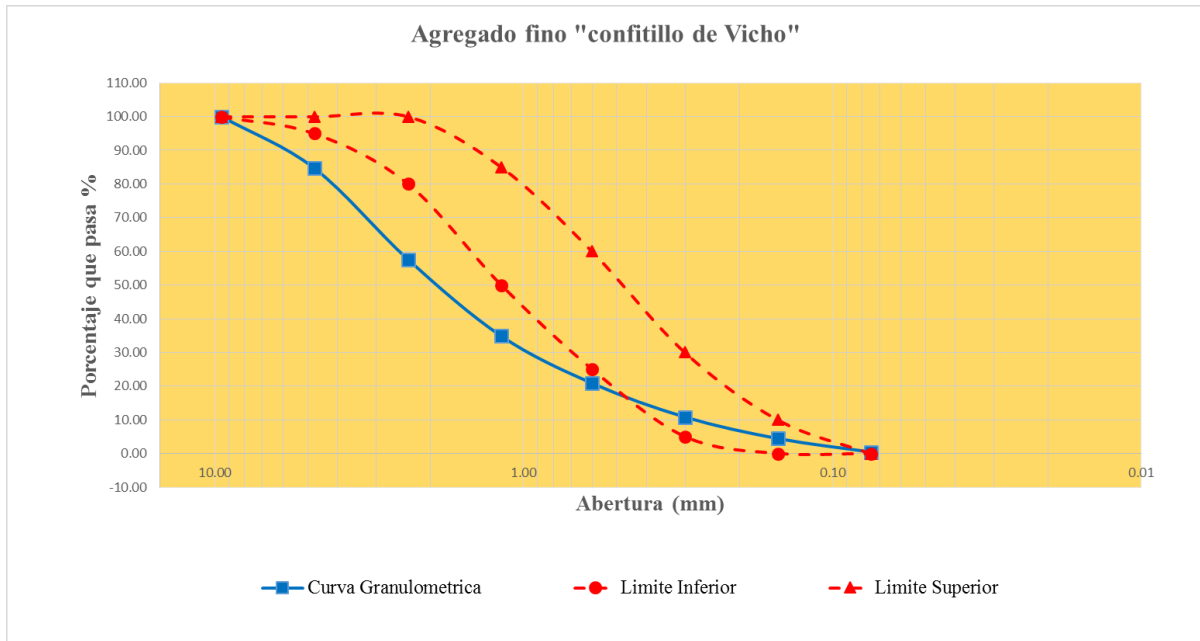
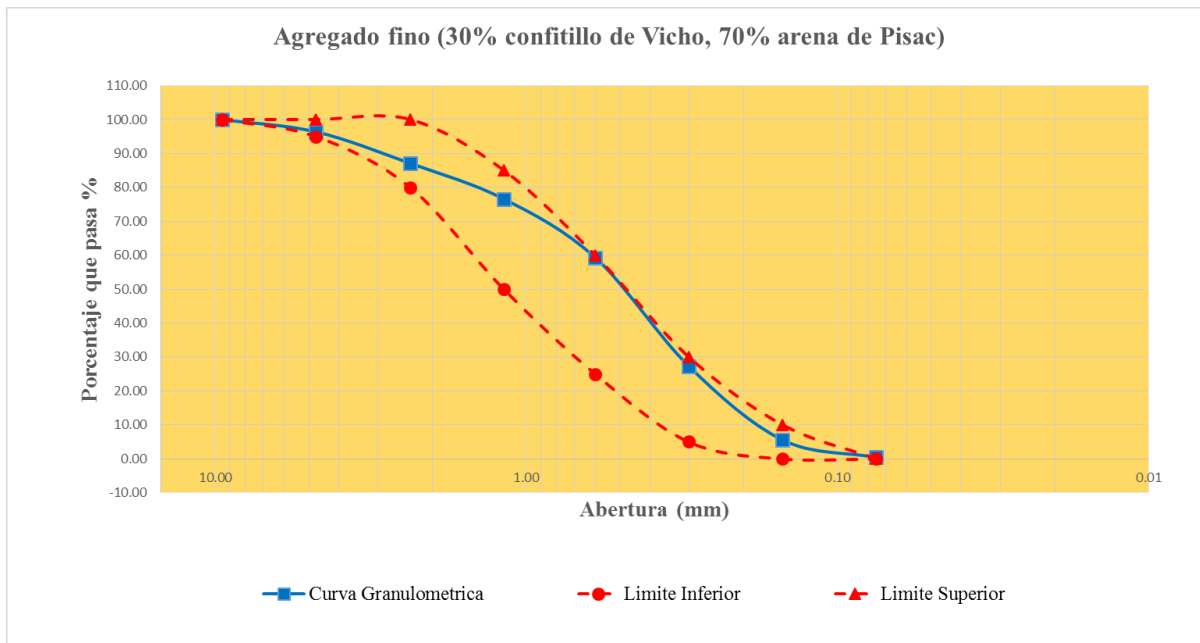


Figura 88: Curva granulométrica de arena fina de Pisac



*Figura 89: Curva granulométrica de confitillo de Vicho*



*Figura 90: Curva granulométrica de agregado fino*



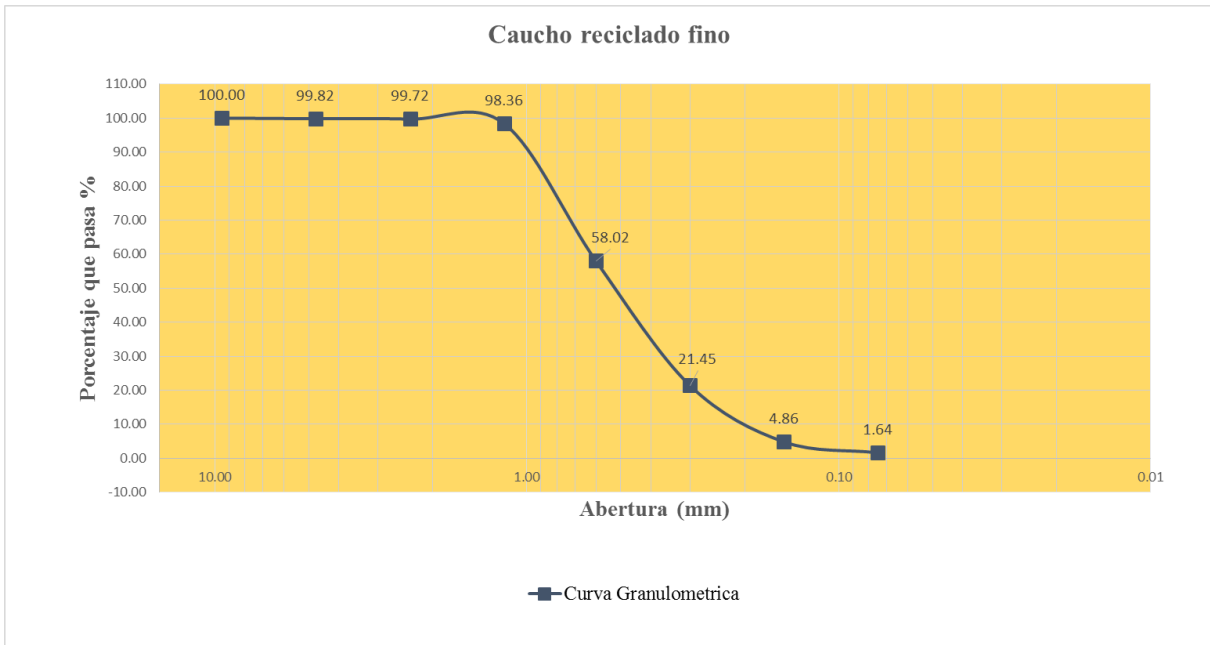


Figura 91: Curva granulométrica de caucho reciclado fino

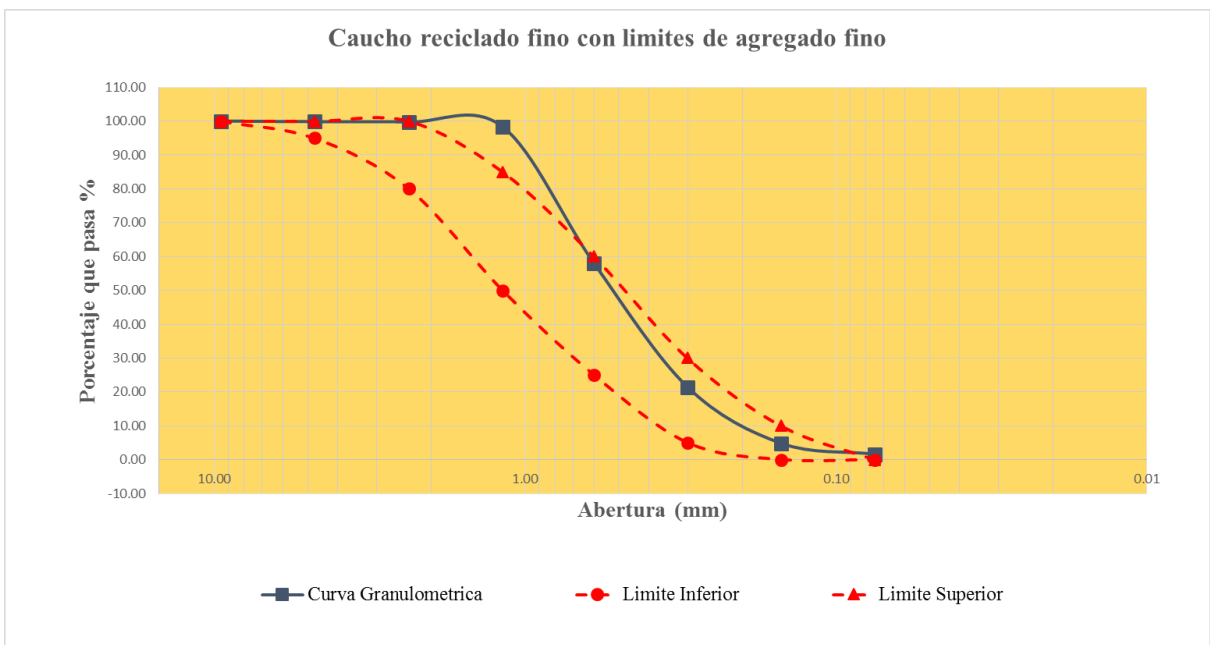


Figura 92: Curva granulométrica de caucho reciclado fino con límites de agregado fino

- Agregados gruesos

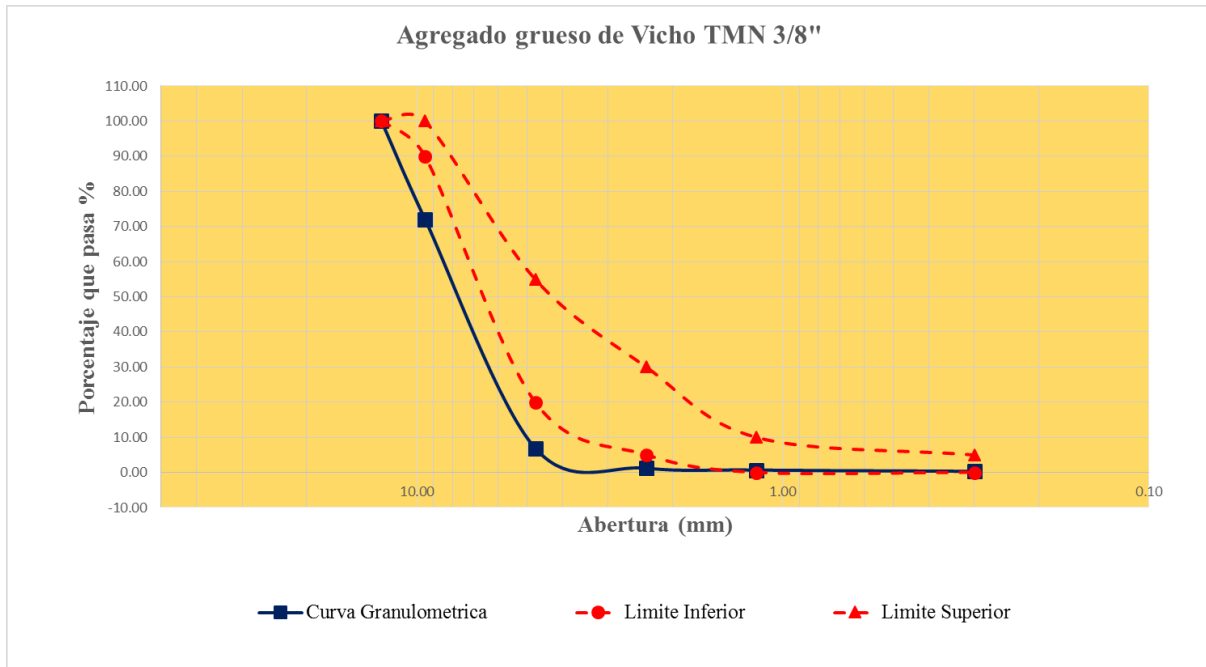


Figura 93: Curva granulométrica de agregado grueso de Vicho TMN 3/8"

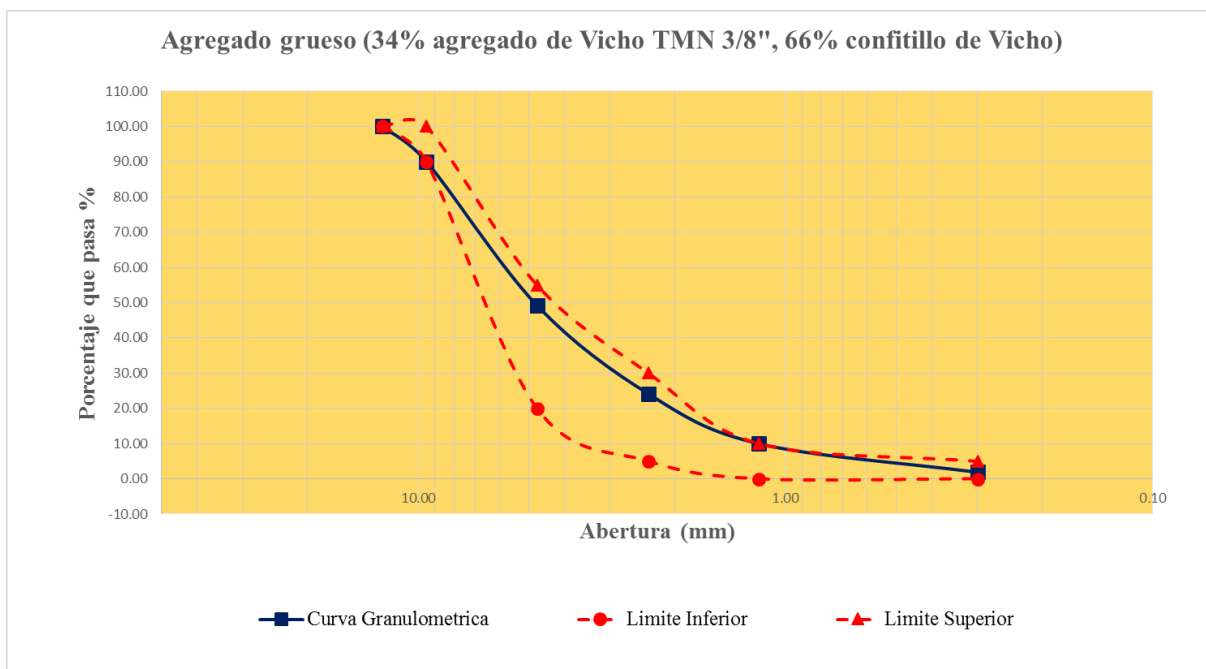


Figura 94: Curva granulométrica de agregado grueso

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de granulometría, se realizó primero para cada uno de los materiales como finos y gruesos. Para conocer su granulometría y de esta manera fue posible obtener la combinación óptima de agregados que cumplen con las curvas granulométricas.



### 3.6.3 Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205).

Respecto al ensayo, se realizó considerando la NTP 400.022 (2013) y MTC E 205 (2016) de donde se tiene las siguientes expresiones:

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Gravedad específica**

$$\text{Gravedad específica} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad específica saturado superficialmente seca} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

Donde:

A = Peso del material secado al horno en (g)

B = Peso del picnómetro + peso del agua en (g)

C = Peso del picnómetro + peso de agua + peso del material en (g)

S = Peso del material superficialmente seca en (g)

- **Absorción**

$$\text{Absorción \%} = 100 \times \left[ \frac{(S - A)}{A} \right]$$

Donde:

A = Peso del material secado al horno en (g)

S = Peso del material superficialmente seca en (g)

#### b) Tabla



Tabla 72: Peso específico de agregado fino

Peso específico de agregado fino		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del material secado al horno (A)	487.60	g
Peso del picnómetro + peso de agua (B)	635.30	g
Peso del picnómetro + peso de agua + peso del material (C)	946.90	g
Peso del material superficialmente seca (S)	500.00	g
<b>Peso específico =A/(B+S-C)</b>	<b>2.59</b>	--
<b>Peso específico saturado superficialmente seca =S/(B+S-C)</b>	<b>2.65</b>	--
<b>Peso específico aparente =A/(B+A-C)</b>	<b>2.77</b>	--
<b>ABSORCION (Ab(%))=100x(S-A)/A)</b>	<b>2.54</b>	%

<b>Peso específico seco (gravedad específica)</b>	2.59
<b>Porcentaje de absorción</b>	2.54

### c) Análisis de prueba

El presente ensayo se desarrolló al agregado fino, el cual es el resultado de la combinación óptima de agregados finos, de donde siguiendo los procedimientos normativos se obtuvo como peso específico (gravedad específica) el valor de 2.59 y un porcentaje de absorción de 2.54.

#### 3.6.4 Peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E 206.).

Respecto al ensayo, se realizó en consideración de la MTC E 206 (2016) y NTP 400.021 (2002) de donde se tiene las siguientes expresiones:

##### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Peso específico**

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso específico de masa saturada con superficie seca} = \frac{B}{(B - C)}$$



$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en (g)

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en (g)

C = Peso en el agua de la muestra saturada en (g)

- **Absorción**

$$\text{Absorción \%} = \left[ \frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en (g)

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en (g)

**b) Tabla**

*Tabla 73: Peso específico de agregado grueso*

Peso específico de agregado grueso		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra seca en el aire (A)	1950.00	g
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	2000.00	g
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	1253.80	g
<b>Peso específico de masa = (A/(B-C))</b>	<b>2.61</b>	--
<b>Peso específico de masa saturado con superficie seca = (B/(B-C))</b>	<b>2.68</b>	--
<b>Peso específico aparente =(A/(A-C))</b>	<b>2.80</b>	--
<b>ABSORCION % =((B-A)/A)*100</b>	<b>2.56</b>	%

<b>Peso específico seco (gravedad específica)</b>	2.61
<b>Porcentaje de absorción</b>	2.56

**c) Análisis de la prueba**

El ensayo se desarrolló al agregado grueso, siguiendo los procedimientos normativos.



### 3.6.5 Peso unitario y vacíos de los agregados (MTC E 203.)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Peso unitario suelto o compactado**

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en (kg/m<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente más el agregado en (kg)

T = Peso del recipiente en (kg)

V = Volumen del recipiente en (m<sup>3</sup>)

- **Porcentaje de vacíos**

$$\% \text{ Vacios} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W}$$

Donde:

A = Peso específico aparente de acuerdo a MTC E 205

B = Peso unitario de los agregados en (kg/m<sup>3</sup>)

W = Densidad del agua, 1000 kg/m<sup>3</sup>

- **Volumen de recipiente metálico**

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V = Volumen de recipiente metálico en (cm<sup>3</sup>)

r = Radio de recipiente metálico en (cm)

h = Altura del recipiente metálico en (cm)

$$V = \pi * 7.5^2 * 16.65$$

$$V = 2942.30 \text{ cm}^3$$





b) Tablas

- Agregado fino

Tabla 74: Peso unitario suelto y vacíos de agregado fino

<b>PESO UNITARIO <u>SUELTO</u> AGREGADO FINO</b>																
Descripción	Cantidad			Unidad												
	1	2	3													
Peso del recipiente más el agregado (G)	12150.00	12180.00	12150.00	g												
Peso del recipiente (T)	7500.00	7500.00	7500.00	g												
Peso del agregado (G-T)	4650.00	4680.00	4650.00	g												
Volumen del recipiente (V)	2942.30	2942.30	2942.30	cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto (M)</b>	<b>1.58039</b>	<b>1.59059</b>	<b>1.58039</b>	g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (g/cm3)</b>	<b>1.58379</b>			g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (kg/m3)</b>	<b>1583.79</b>			kg/m <sup>3</sup>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Peso específico aparente de agregado fino</td> <td style="width: 5%;">2.77</td> <td style="width: 10%;">(g/cm3)</td> <td style="width: 20%;">Densidad del agua</td> <td style="width: 10%;">1000.00</td> <td style="width: 10%;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>% de vacios</b></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>42.82</b></td> </tr> </table>					Peso específico aparente de agregado fino	2.77	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3	<b>% de vacios</b>		<b>42.82</b>			
Peso específico aparente de agregado fino	2.77	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3											
<b>% de vacios</b>		<b>42.82</b>														

Tabla 75: Peso unitario compactado y vacíos de agregado fino

<b>PESO UNITARIO <u>COMPACTADO</u> AGREGADO FINO</b>																
Descripción	Cantidad			Unidad												
	1	2	3													
Peso del recipiente más el agregado (G)	12455.00	12430.00	12435.00	g												
Peso del recipiente (T)	7500.00	7500.00	7500.00	g												
Peso del agregado (G-T)	4955.00	4930.00	4935.00	g												
Volumen del recipiente (V)	2942.30	2942.30	2942.30	cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto (M)</b>	<b>1.68406</b>	<b>1.67556</b>	<b>1.67726</b>	g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (g/cm3)</b>	<b>1.67896</b>			g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (kg/m3)</b>	<b>1678.96</b>			kg/m <sup>3</sup>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Peso específico aparente de agregado fino</td> <td style="width: 5%;">2.77</td> <td style="width: 10%;">(g/cm3)</td> <td style="width: 20%;">Densidad del agua</td> <td style="width: 10%;">1000.00</td> <td style="width: 10%;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>% de vacios</b></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>39.39</b></td> </tr> </table>					Peso específico aparente de agregado fino	2.77	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3	<b>% de vacios</b>		<b>39.39</b>			
Peso específico aparente de agregado fino	2.77	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3											
<b>% de vacios</b>		<b>39.39</b>														



- Agregado grueso

Tabla 76: Peso unitario suelto y vacíos de agregado grueso

<b>PESO UNITARIO <u>SUELTO</u> AGREGADO GRUESO</b>																
Descripción	Cantidad			Unidad												
	1	2	3													
Peso del recipiente más el agregado (G)	12385.00	12400.00	12375.00	g												
Peso del recipiente (T)	7500.00	7500.00	7500.00	g												
Peso del agregado (G-T)	4885.00	4900.00	4875.00	g												
Volumen del recipiente (V)	2942.30	2942.30	2942.30	cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto (M)</b>	<b>1.66027</b>	<b>1.66536</b>	<b>1.65687</b>	g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (g/cm3)</b>	<b>1.66083</b>			g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (kg/m3)</b>	<b>1660.83</b>			kg/m <sup>3</sup>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Peso específico aparente de agregado fino</td> <td style="width: 10%;">2.80</td> <td style="width: 10%;">(g/cm3)</td> <td style="width: 20%;">Densidad del agua</td> <td style="width: 10%;">1000.00</td> <td style="width: 10%;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>% de vacios</b></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>40.68</b></td> </tr> </table>					Peso específico aparente de agregado fino	2.80	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3	<b>% de vacios</b>		<b>40.68</b>			
Peso específico aparente de agregado fino	2.80	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3											
<b>% de vacios</b>		<b>40.68</b>														

Tabla 77: Peso unitario compactado y vacíos de agregado grueso

<b>PESO UNITARIO <u>COMPACTADO</u> AGREGADO GRUESO</b>																
Descripción	Cantidad			Unidad												
	1	2	3													
Peso del recipiente más el agregado (G)	12840.00	12780.00	12870.00	g												
Peso del recipiente (T)	7500.00	7500.00	7500.00	g												
Peso del agregado (G-T)	5340.00	5280.00	5370.00	g												
Volumen del recipiente (V)	2942.30	2942.30	2942.30	cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto (M)</b>	<b>1.81491</b>	<b>1.79451</b>	<b>1.82510</b>	g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (g/cm3)</b>	<b>1.81151</b>			g/cm <sup>3</sup>												
<b>Peso unitario suelto promedio (kg/m3)</b>	<b>1811.51</b>			kg/m <sup>3</sup>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Peso específico aparente de agregado fino</td> <td style="width: 10%;">2.80</td> <td style="width: 10%;">(g/cm3)</td> <td style="width: 20%;">Densidad del agua</td> <td style="width: 10%;">1000.00</td> <td style="width: 10%;">kg/m3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>% de vacios</b></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>35.30</b></td> </tr> </table>					Peso específico aparente de agregado fino	2.80	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3	<b>% de vacios</b>		<b>35.30</b>			
Peso específico aparente de agregado fino	2.80	(g/cm3)	Densidad del agua	1000.00	kg/m3											
<b>% de vacios</b>		<b>35.30</b>														

### c) Análisis de la prueba

El ensayo se desarrolló siguiendo los procedimientos normativos.



### 3.6.6 Contenido de humedad (MTC E 215.)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Respecto al ensayo, se realizó en consideración de la MTC E 215, de donde se tiene la siguiente expresión:

$$P = \frac{100 * (w - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido de humedad

W = Peso del agregado húmedo en (g)

D = Peso del agregado seco en (g)

#### b) Tablas

Tabla 78: Porcentaje de humedad de agregado fino

Porcentaje de humedad: Agregado fino		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del agregado húmedo (W)	1000.00	g
Peso del agregado seco (D)	970.80	g
<b>Contenido de humedad (P)</b>	<b>3.01</b>	<b>%</b>

Tabla 79: Porcentaje de humedad de agregado grueso

Porcentaje de humedad: Agregado grueso		
Descripción	Cantidad	Unidad
Peso del agregado húmedo (W)	2000.00	g
Peso del agregado seco (D)	1935.40	g
<b>Contenido de humedad (P)</b>	<b>3.34</b>	<b>%</b>

#### c) Análisis de la prueba

Se determinó un contenido de humedad para el agregado fino y grueso respectivamente.



### 3.6.7 Abrasión los Ángeles (MTC E 207.)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Con respecto al ensayo, se realizó en consideración de la MTC E 207, de donde se tiene la siguiente expresión:

$$D = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Donde:

D = Porcentaje de desgaste en (%)

A = Peso del agregado seco inicial en (g)

B = Peso del agregado después del proceso de desgaste en (g)

#### b) Tabla

Tabla 80: Abrasión los Ángeles de agregado grueso

Abrasión los Ángeles de agregado grueso						
Descripción	Cantidad	Unidad				
Peso del agregado seco inicial (A)	5000.00	g				
Peso después del proceso de desgaste (B)	3708.60	g				
<b>Porcentaje de desgaste (D)</b>	<b>25.83</b>	<b>%</b>				
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">* Tamaño Nominal Maximo</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">3/8"</td> </tr> <tr> <td>* Gradacion de la muestra de ensayo</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table>			* Tamaño Nominal Maximo	3/8"	* Gradacion de la muestra de ensayo	C
* Tamaño Nominal Maximo	3/8"					
* Gradacion de la muestra de ensayo	C					

#### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de Abrasión los Ángeles, desarrollado al agregado grueso se determinó un porcentaje de desgaste de 25.83% el cual es un porcentaje adecuado con respecto a lo especificado en la Norma Técnica.



- **Resumen de ensayos a agregados**

*Tabla 81: Resumen de ensayos a agregados*

Resumen de ensayos a agregados					
N°	Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso	caucho	Unidad
1	Malla N° 200	5.16	6.05	-	%
2	Modulo de fineza	2.48	5.25	2.18	--
3	Peso especifico de masa	2.59	2.61	-	--
	Peso especifico saturado superficialmente seco	2.65	2.68	-	
	Peso especifico aparente	2.77	2.80	-	
	Absorcion	2.54	2.56	-	%
4	Peso unitario suelto	1583.79	1660.83	-	kg/m3
	Peso unitario compactado	1678.96	1811.51	-	
	% de vacios suelto	42.82	40.68	-	%
	% de vacios compactado	39.39	35.30	-	
5	Porcentaje de humedad	3.01	3.34	-	%
6	Resistencia al desgaste	---	25.83	-	%

### 3.6.8 Diseño de mezcla por método ACI 211

#### 3.6.8.1 Datos para diseño de mezcla

##### Cemento:

- Tipo: HE
- Marca: Yura
- Peso específico: 2,900.00 kg/m<sup>3</sup>
- Peso por bolsa: 42.50 kg

##### Agua:

- Agua potable de la red pública de Cusco
- Peso específico: 1,000.00 kg/m<sup>3</sup>

##### Aditivo:

- Tipo: Plastificante SikaCem
- Marca: Sika
- Densidad: 1.20
- Reduce agua: 10%
- 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 kg.

**Slump:** 1”

**Diseño:** 420 kg/cm<sup>2</sup>



Tabla 82: Resumen de ensayos a agregados para diseño de mezcla

Resumen de ensayos a agregados para diseño de mezcla				
N°	Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
1	Modulo de fineza	2.48	5.25	--
2	Peso especifico de masa	2590.00	2610.00	kg/m3
3	Absorcion	2.54	2.56	%
4	Peso unitario suelto	1583.79	1660.83	kg/m3
5	Peso unitario compactado	1678.96	1811.51	kg/m3
6	Porcentaje de humedad	3.01	3.34	%
7	Tamaño máximo nominal	--	3/8"	--

### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

#### Diseño de mezcla patrón

#### 1. Seleccionar la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ )

De acuerdo a la Tabla 13: Cuando no se cuenta con registro de datos de obras anteriores. Asimismo, con  $F'c = 420 \text{ kg/cm}^2$  especificado en la NTP 399.611 para el adoquín 6 tipo II. Entonces:

$$f'_{cr} = f'c + 98$$

$$f'_{cr} = 420 + 98$$

$$f'_{cr} = 518 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

#### 2. Seleccionar el TMN del agregado grueso.

De acuerdo con la Granulometría de agregados, tenemos:

$$\text{TMN} = 3/8"$$

#### 3. Seleccionar el asentamiento Tabla 14.

De acuerdo a la Tabla 14. Para determinar asentamiento.

$$\text{Asentamiento} = 1"$$

#### 4. Seleccionar el contenido de aire atrapado Tabla 15.

De acuerdo a la Tabla 15. Para determinar el contenido de aire atrapado consideramos TMN del agregado grueso. Entonces:

TMN de agregado grueso es 3/8". Entonces:

$$\text{Aire atrapado} = 3\%$$





**5. Seleccionar el contenido de agua Tabla 16.**

De acuerdo a la Tabla 16. Para determinar el contenido de agua, en función del TMN del agregado grueso y el asentamiento.

TMN es 3/8" y asentamiento de 1" a 2", tenemos:

$$\text{Contenido de agua} = 207 \text{ lt/m}^3$$

Sin embargo, con el uso de aditivo reductor de agua en 10% se tiene:

$$\text{Contenido de agua} = 186.3 \text{ lt/m}^3$$

**6. Seleccionar la relación agua/cemento, el cual sea por resistencia a compresión o por durabilidad. Tablas 17 y 18.**

De acuerdo a la Tabla 17. Para determinar la relación agua/cemento. Se tiene por resistencia y por durabilidad, para la presente investigación corresponde por "resistencia". Entonces  $f'_{cr} = 518 \text{ kg/cm}^2$ . Extrapolando tenemos:

400	0.43
450	0.38
518	x

$$\frac{518 - 400}{x - 0.43} = \frac{450 - 400}{0.38 - 0.43}$$

$$x = 0.31$$

$$\text{Relación a/c} = \mathbf{0.31}$$

**7. Calcular el contenido de cemento (5) / (6).**

Determinamos dividiendo el contenido de agua, entre la relación a/c.

$$\text{Contenido del cemento} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Relación a/c (respecto a } f'_{cr})}$$

$$\text{Contenido del cemento} = \frac{186.3}{0.31}$$

$$\text{Contenido del cemento} = 597.12 \text{ kg}$$

Entonces:

$$\text{Factor cemento} = \frac{597.12}{42.5}$$

$$\text{Factor cemento} = 14.05 \text{ bls}$$



8. Calcular el peso del agregado grueso “Tabla 19”, el cual proporciona el valor de  $b/b_0$ , donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso).

De acuerdo a la Tabla 19. En función del módulo de fineza del agregado fino (2.48) con el TMN del agregado grueso (3/8”).

Si: Peso unitario del agregado grueso seco compactado es: 1811.51kg/m<sup>3</sup>

$$\begin{array}{r} 2.40 \quad 0.50 \\ 2.48 \quad x \\ 2.60 \quad 0.48 \\ \hline \frac{2.6 - 2.4}{0.48 - 0.5} = \frac{2.6 - 2.48}{0.48 - x} \\ x = 0.49 \\ \frac{b}{b_0} = 0.49 \text{ m}^3 \end{array}$$

Entonces:

$$\text{Peso del agregado grueso} = (0.49) \times (1811.51)$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 891.26 \text{ kg}$$

9. Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.

Considerando la siguiente formula:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Específico}}$$

Ejemplo para los aditivos:

$$\text{Peso de aditivo (kg)} = (\text{Dosis en kg.}) \times (\text{Bolsa de cemento})$$

$$\text{Peso de aditivo (kg)} = (0.5 \text{ kg}) \times (14.05)$$

$$\text{Peso de aditivo (kg)} = 7.02 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen de aditivo (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de aditivo}}{\text{Peso específico de aditivo}}$$

$$\text{Volumen de aditivo (m}^3\text{)} = \frac{7.02}{1.2 \times 1000}$$

$$\text{Volumen de aditivo (m}^3\text{)} = \frac{7.02 \text{ (kg)}}{1200 \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de aditivo (m}^3\text{)} = 0.0059 \text{ m}^3$$

Por tanto:

$$\text{Agua} = 186.3 - 7.02$$

$$\text{Agua} = 179.28 \text{ kg}$$



Tabla 83: Volúmenes absolutos de los materiales sin considerar el agregado fino

Material	Peso Seco	Peso específico	Volumen (m3)
Cemento (kg)	597.12	2900.00	0.2059
Agua (kg)	179.28	1000.00	0.1793
Aire (%)	3.00	-	0.0300
Agregado grueso (kg)	891.26	2610.00	0.3415
Aditivo (kg)	7.02	1200.00	0.0059
<b>Total</b>			<b>0.7625</b>

### 10. Calcular el volumen del agregado fino.

Considerando la siguiente formula:

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = (1 - \text{volumen absoluto (m3)})$$

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = 1 - (0.7625 \text{ m3})$$

$$\text{Volumen del agregado fino (m3)} = 0.2375 \text{ m3}$$

### 11. Calcular el peso en estado seco del agregado fino.

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (\text{Paso N}^\circ 10) (\text{m3}) \times \text{Peso específico seco A.F. (kg/m3)}$$

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (0.2375 \text{ m3}) \times (2590.00 \text{ kg/m3})$$

$$\text{Peso seco del A.F. (kg)} = (615.13 \text{ kg})$$

### 12. Presentación del diseño en estado seco.

Tabla 84: Presentación del diseño en estado seco.

Material	Peso Seco/m3
Cemento (kg)	597.12
Agua (lt)	179.28
Aire (%)	3.00
Agregado grueso (kg)	891.26
Agregado fino (kg)	615.13
Aditivo (lt)	7.02

### 13. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.

- Peso de los agregados húmedos:

$$\text{Peso humedo A. G. (kg)} = (891.26) \times \left(1 + \frac{3.34}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. G. (kg)} = 921.03 \text{ kg}$$

$$\text{Peso humedo A. F. (kg)} = (615.13) \times \left(1 + \frac{3.01}{100}\right)$$

$$\text{Peso humedo A. F. (kg)} = (633.64 \text{ kg})$$

- Aporte de agua a la mezcla:

$$\text{Agua en A. G. (lt)} = (891.26) \times \left(\frac{3.34 - 2.56}{100}\right)$$



$$\text{Agua en A. G. (lt)} = (6.95 \text{ lt})$$

$$\text{Agua en A. F. (lt)} = (615.13) \times \left( \frac{3.01 - 2.54}{100} \right)$$

$$\text{Agua en A. F. (lt)} = (2.89 \text{ lt})$$

Por tanto, sumamos:

$$\text{Aporte de agua a la mezcla} = (9.84 \text{ lt})$$

- Agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva (lt)} = (\text{Agua de diseño}) - (\text{Agua en A. G.} + \text{Agua en A. F.})$$

$$\text{Agua efectiva (lt)} = (179.28) - (9.84)$$

$$\text{Agua efectiva (lt)} = (169.44 \text{ lt})$$

#### 14. Presentación del diseño corregido.

Tabla 85: Presentación del diseño corregido.

Material	Peso/m <sup>3</sup>
Cemento (kg)	597.12
Agua (lt)	169.44
Aire (%)	3.00
Agregado grueso (kg)	921.03
Agregado fino (kg)	633.64
Aditivo (lt)	7.02

#### 15. Proporciones en peso para diseño de mezcla patrón

Tabla 86: Proporciones de diseño de mezcla patrón

Proporción en peso				
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)	Aditivo (mlt)
1.00	1.54	1.06	0.28	11.76
<b>Proporción para una bolsa de cemento: Factor cemento es = 14.05</b>				
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)	Aditivo (lt)
42.50	65.55	45.10	12.06	0.50
<b>Proporción para un adoquín: Si área es = 0.0012 m<sup>3</sup></b>				
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)	Aditivo (ml)
0.72	1.11	0.76	0.20	8.43
<b>Proporción para 10 adoquines</b>				
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)	Agua (lt)	Aditivo (ml)
7.17	11.05	7.60	2.03	84.30



### 3.6.8.2 Proporciones en peso, para reemplazo de caucho

#### 3.6.8.2.1 Proporciones de diseño de mezcla con caucho en 3%

Tabla 87: Proporciones de diseño de mezcla con caucho en 3%

Proporción en peso					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (mlt)
		Arena	Caucho		
		1.03	0.03		
1.00	1.54	1.06		0.28	11.76
<b>Proporción para una bolsa de cemento: Factor cemento es = 14.05</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (lt)
		Arena	Caucho		
		43.75	1.35		
42.50	65.55	45.10		12.06	0.50
<b>Proporción para un adoquín: Si área es = 0.0012 m<sup>3</sup></b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		0.74	0.02		
0.72	1.11	0.76		0.20	8.43
<b>Proporción para 10 adoquines</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		7.38	0.23		
7.17	11.05	7.60		2.03	84.30

#### 3.6.8.2.2 Proporciones para diseño con caucho en 6%

Tabla 88: Proporciones de diseño de mezcla con caucho en 6%

Proporción en peso					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (mlt)
		Arena	Caucho		
		1.00	1.54		
<b>Proporción para una bolsa de cemento: Factor cemento es = 14.05</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (lt)
		Arena	Caucho		
		42.39	2.71		
42.50	65.55	45.10		12.06	0.50
<b>Proporción para un adoquín: Si área es = 0.0012 m<sup>3</sup></b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		0.71	0.05		
0.72	1.11	0.76		0.20	8.43
<b>Proporción para 10 adoquines</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		7.15	0.46		
7.17	11.05	7.60		2.03	84.30



### 3.6.8.2.3 Proporciones para diseño con caucho en 9%

Tabla 89: Proporciones de diseño de mezcla con caucho en 9%

Proporción en peso					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (mlt)
		Arena	Caucho		
		0.97	0.10		
1.00	1.54	1.06		0.28	11.76
<b>Proporción para una bolsa de cemento: Factor cemento es = 14.05</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (lt)
		Arena	Caucho		
		41.04	4.06		
42.50	65.55	45.10		12.06	0.50
<b>Proporción para un adoquín: Si área es = 0.0012 m<sup>3</sup></b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		0.69	0.07		
0.72	1.11	0.76		0.20	8.43
<b>Proporción para 10 adoquines</b>					
Cemento (kg)	Agregado grueso (kg)	Agregado fino (kg)		Agua (lt)	Aditivo (ml)
		Arena	Caucho		
		6.92	0.68		
7.17	11.05	7.60		2.03	84.30

### 3.6.9 Tolerancia dimensional NTP 399.604 (2002)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Tolerancia dimensional:**

Respecto a la tolerancia dimensional la NTP 399.604 (2002), se realizó las mediciones de ancho, altura y longitud de cada adoquín. Para seguidamente registrarlo en el cuadro siguiente y poder verificar las tolerancias dimensionales especificadas en la NTP 399.611.

Cabe mencionar que adicionalmente para verificar la variación de las dimensiones reales de los adoquines respecto a las dimensiones previstas, se realizó la diferencia de las dimensiones con la siguiente fórmula, para verificar las tolerancias dimensionales:

$$\text{Variación dimensional (mm)} = \text{Dimensión real} - \text{Dimensión prevista}$$





Tabla 90: Tolerancia dimensional de adoquín patrón

Descripción de Adoquines	Dimensiones previstas			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
Patrón 1	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	60.50	0.00	-0.50	0.50	1.6	3.2
Patrón 2	200.00	100.00	60.00	199.00	99.00	60.00	-1.00	-1.00	0.00		
Patrón 3	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	60.50	-0.50	0.00	0.50		
Patrón 4	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	62.00	0.00	-0.50	2.00		
Patrón 5	200.00	100.00	60.00	199.50	99.50	60.50	-0.50	-0.50	0.50		
Patrón 6	200.00	100.00	60.00	200.00	100.00	60.50	0.00	0.00	0.50		

Tabla 91: Tolerancia dimensional de adoquín con 3% de caucho

Descripción de Adoquines	Dimensiones previstas			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
3% caucho 1	200.00	100.00	60.00	199.50	101.00	61.50	-0.50	1.00	1.50	1.6	3.2
3% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	60.00	0.00	-0.50	0.00		
3% caucho 3	200.00	100.00	60.00	200.50	100.50	61.50	0.50	0.50	1.50		
3% caucho 4	200.00	100.00	60.00	199.50	99.50	60.50	-0.50	-0.50	0.50		
3% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	62.00	-0.50	0.00	2.00		
3% caucho 6	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	60.50	0.00	0.50	0.50		



Tabla 92: Tolerancia dimensional de adoquín con 6% de caucho

Descripción de Adoquines	Dimensiones previstas			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
6% caucho 1	200.00	100.00	60.00	199.00	99.00	60.50	-1.00	-1.00	0.50	1.6	3.2
6% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	61.50	0.00	-0.50	1.50		
6% caucho 3	200.00	100.00	60.00	199.50	99.00	61.50	-0.50	-1.00	1.50		
6% caucho 4	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	60.00	0.00	0.50	0.00		
6% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	60.50	-0.50	0.00	0.50		
6% caucho 6	200.00	100.00	60.00	201.00	99.00	61.00	1.00	-1.00	1.00		

Tabla 93: Tolerancia dimensional de adoquín con 9% de caucho

Descripción de Adoquines	Dimensiones previstas			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
9% caucho 1	200.00	100.00	60.00	200.00	99.00	60.50	0.00	-1.00	0.50	1.6	3.2
9% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	61.50	0.00	0.50	1.50		
9% caucho 3	200.00	100.00	60.00	199.00	100.00	62.00	-1.00	0.00	2.00		
9% caucho 4	200.00	100.00	60.00	200.00	101.00	60.00	0.00	1.00	0.00		
9% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	61.00	-0.50	0.00	1.00		
9% caucho 6	200.00	100.00	60.00	200.00	99.00	61.50	0.00	-1.00	1.50		



b) Diagramas

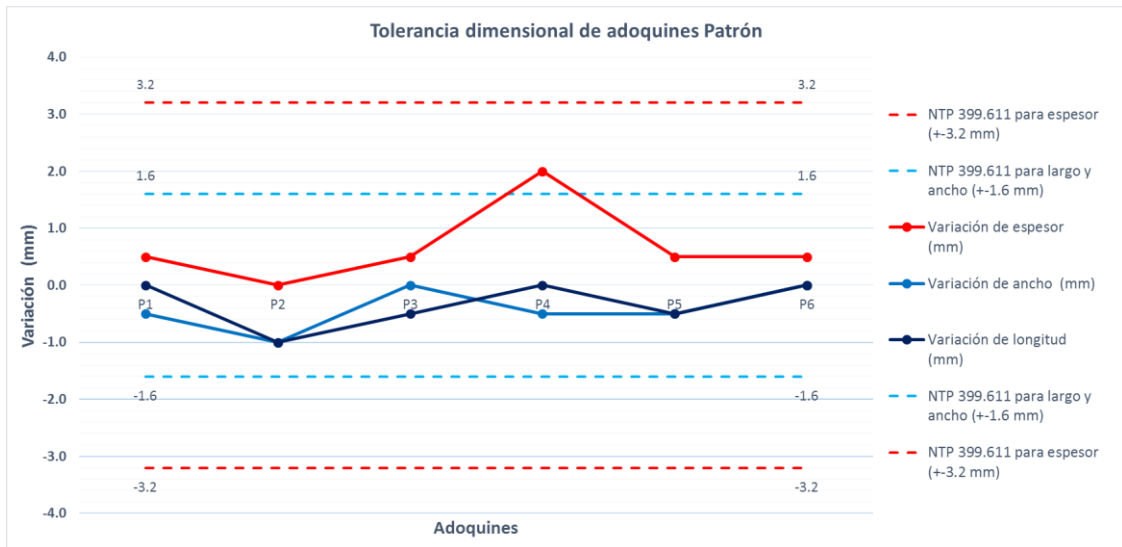


Figura 95: Tolerancia dimensional de adoquín patrón

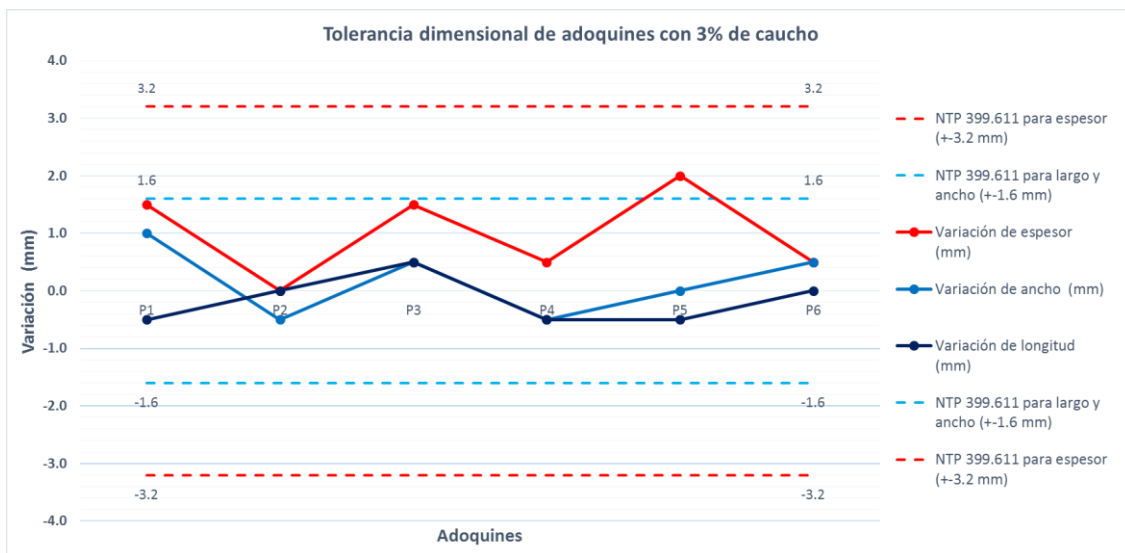


Figura 96: Tolerancia dimensional de adoquín con 3% de caucho

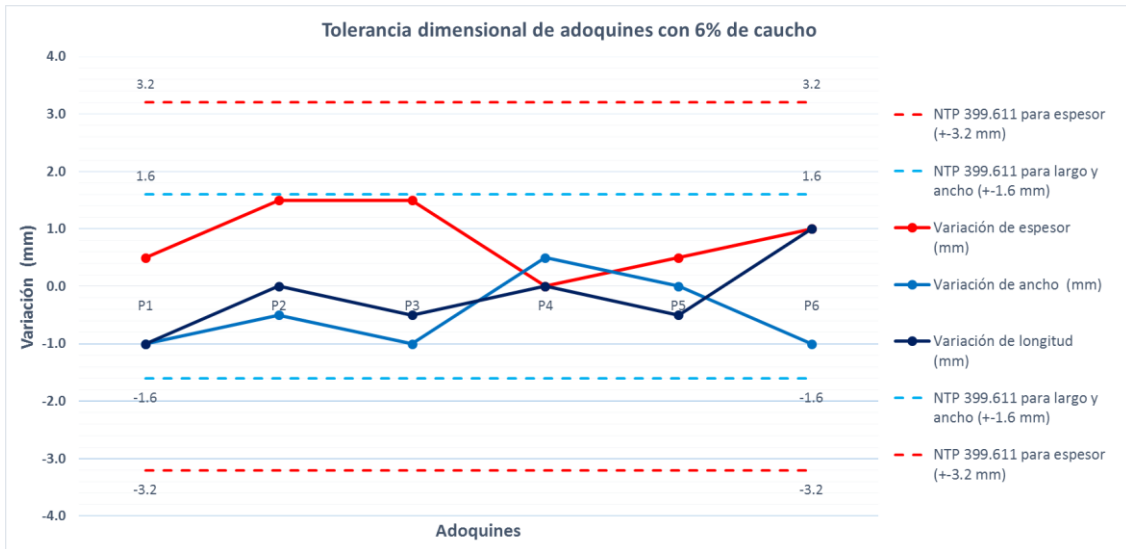


Figura 97: Tolerancia dimensional de adoquín con 6% de caucho

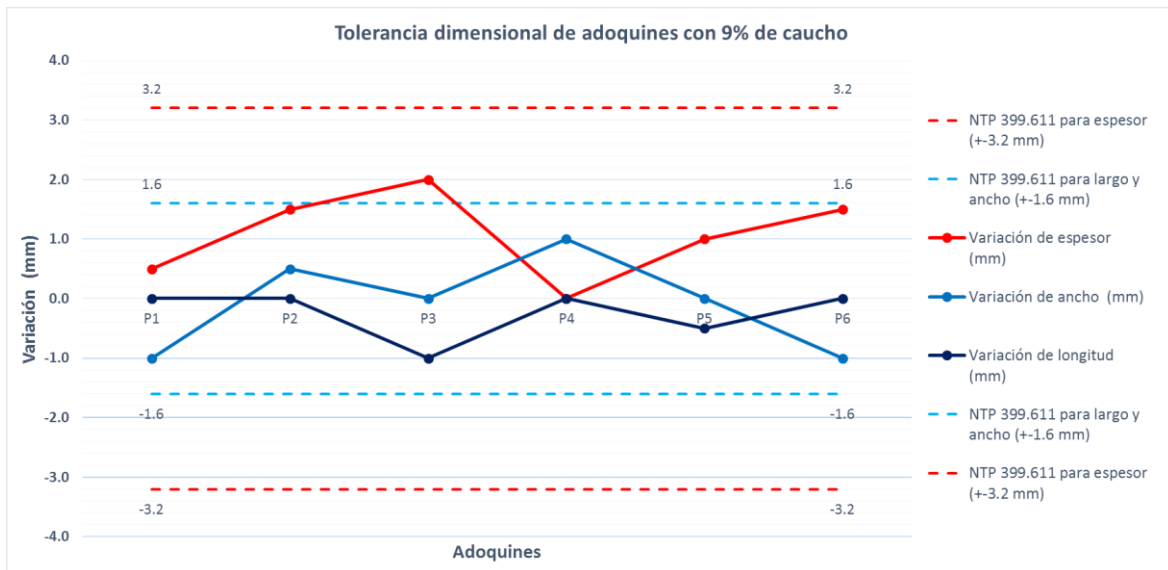


Figura 98: Tolerancia dimensional de adoquín con 9% de caucho

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de Tolerancia Dimensional, se observó una mayor variabilidad en las dimensiones del Espesor, a diferencia del ancho y la longitud de los adoquines ensayados.



### 3.6.10 Densidad NTP 399.604 (2002)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Densidad:**

Densidad en (kg/m<sup>3</sup>):

$$D = [Wd / (Ws - Wi)] \times 1000$$

Dónde:

Wd = Peso seco del adoquín en (kg)

Ws = Peso saturado del adoquín en (kg)

Wi = Peso sumergido del adoquín en (kg)

#### b) Tablas y diagramas

##### b.1) Tablas

Tabla 94: Densidad de adoquines con patrón

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m <sup>3</sup> )		
				Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio
Patrón 1	3.11	1.80	3.08	2341.49	2314.19	2303.64
Patrón 2	2.88	1.62	2.85	2268.05		
Patrón 3	2.96	1.70	2.92	2333.01		
Patrón 4	2.89	1.64	2.85	2293.52	2293.10	
Patrón 5	3.07	1.76	3.04	2311.95		
Patrón 6	2.94	1.66	2.91	2273.83		

Tabla 95: Densidad de adoquines con 3% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m <sup>3</sup> )		
				Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio
3% caucho 1	2.94	1.67	2.89	2287.50	2282.17	2276.38
3% caucho 2	3.02	1.70	2.97	2249.83		
3% caucho 3	3.01	1.73	2.97	2309.17		
3% caucho 4	3.02	1.70	2.97	2257.56	2270.60	
3% caucho 5	3.02	1.73	2.97	2302.33		
3% caucho 6	2.94	1.65	2.89	2251.91		



Tabla 96: Densidad de adoquines con 6% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m3)		
				Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio
6% caucho 1	3.00	1.69	2.96	2274.43	2318.99	2317.50
6% caucho 2	2.80	1.65	2.76	2403.67		
6% caucho 3	2.88	1.63	2.85	2278.87		
6% caucho 4	2.82	1.65	2.78	2395.57	2316.00	
6% caucho 5	3.06	1.74	3.03	2285.16		
6% caucho 6	2.90	1.63	2.87	2267.26		

Tabla 97: Densidad de adoquines con 9% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m3)		
				Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio
9% caucho 1	2.89	1.61	2.84	2214.40	2166.25	2154.92
9% caucho 2	2.95	1.54	2.90	2057.88		
9% caucho 3	2.87	1.60	2.82	2226.46		
9% caucho 4	2.98	1.53	2.93	2025.87	2143.59	
9% caucho 5	2.99	1.69	2.94	2255.50		
9% caucho 6	2.92	1.59	2.87	2149.41		



## b.2) Diagramas

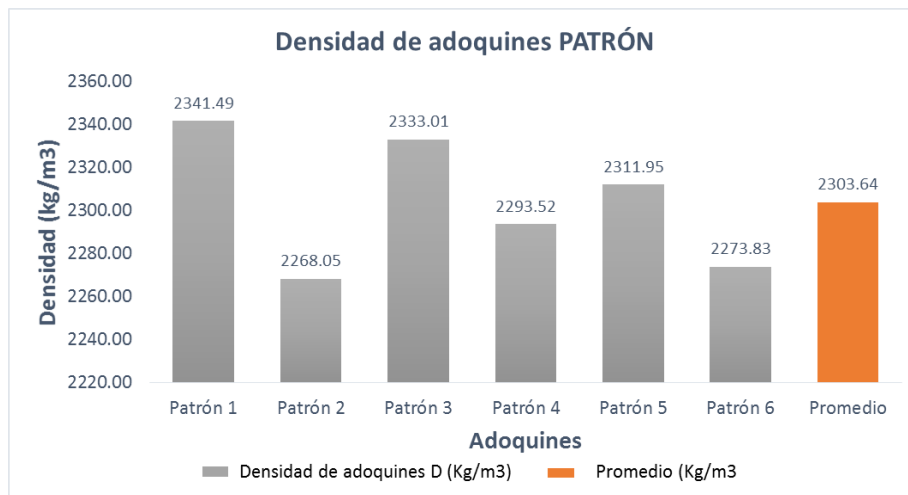


Figura 99: Densidad de adoquines patrón

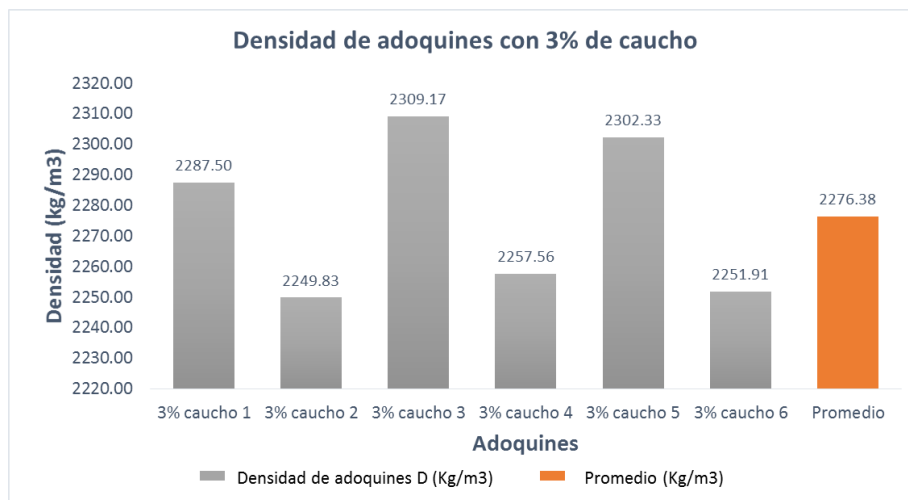


Figura 100: Densidad de adoquines con 3% de caucho

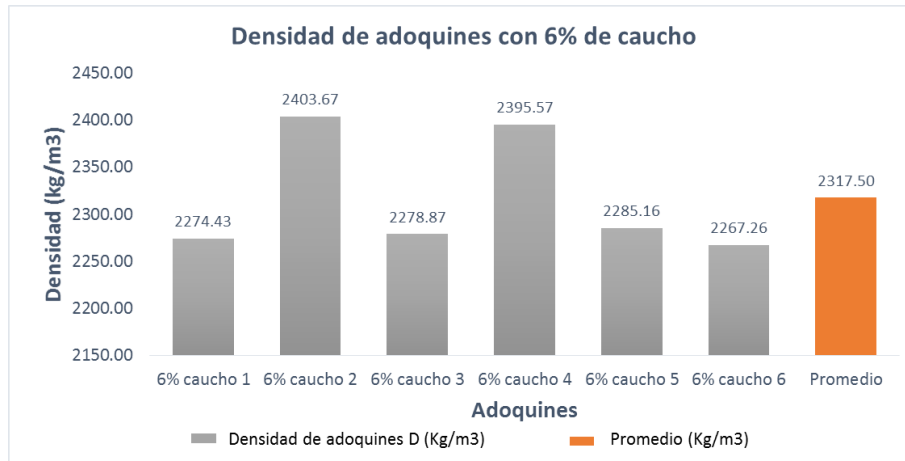


Figura 101: Densidad de adoquines con 6% de caucho

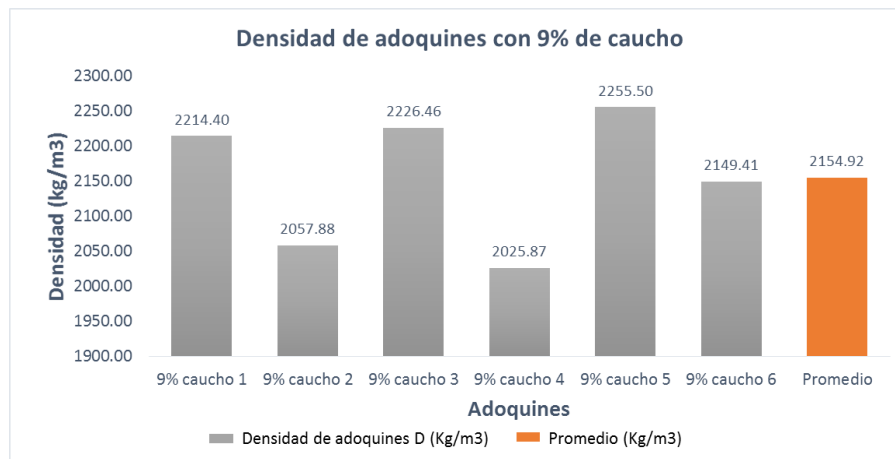


Figura 102: Densidad de adoquines con 9% de caucho

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de Densidad de Adoquines, se observó mayor densidad en el grupo de adoquines Patrón y en el grupo de adoquines con 6% de reemplazo de caucho, a diferencia de los grupos de adoquines con 3% y 9%.





### 3.6.11 Absorción NTP 399.604 (2002)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Absorción:**

Absorción en (kg/m<sup>3</sup>):

$$Ab = [(Ws - Wd)/(Ws - Wi)] \times 1000$$

Absorción en (%):

$$Ab = [(Ws - Wd)/Wd] \times 100$$

Dónde:

Ws = Peso saturado del adoquín en (kg)

Wi = Peso sumergido del adoquín en (kg)

Wd = Peso seco del adoquín en (kg)



Tabla 98: Absorción de adoquines patrón

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m3)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
Patrón 1	3.11	1.80	3.08	24.62	1.05	1.10	1.13	7.5	6.0
Patrón 2	2.88	1.62	2.85	25.75	1.14			7.5	6.0
Patrón 3	2.96	1.70	2.92	26.16	1.12			7.5	6.0
Patrón 4	2.89	1.64	2.85	27.35	1.19	1.15		7.5	6.0
Patrón 5	3.07	1.76	3.04	25.34	1.10			7.5	6.0
Patrón 6	2.94	1.66	2.91	26.33	1.16			7.5	6.0

Tabla 99: Absorción de adoquines con 3% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m3)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
3% caucho 1	2.94	1.67	2.89	36.12	1.58	1.54	1.57	7.5	6.0
3% caucho 2	3.02	1.70	2.97	33.92	1.51			7.5	6.0
3% caucho 3	3.01	1.73	2.97	35.11	1.52			7.5	6.0
3% caucho 4	3.02	1.70	2.97	35.50	1.57	1.61		7.5	6.0
3% caucho 5	3.02	1.73	2.97	37.33	1.62			7.5	6.0
3% caucho 6	2.94	1.65	2.89	36.68	1.63			7.5	6.0



Tabla 100: Absorción de adoquines con 6% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m3)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
6% caucho 1	3.00	1.69	2.96	25.33	1.11	1.20	1.19	7.5	6.0
6% caucho 2	2.80	1.65	2.76	32.81	1.36			7.5	6.0
6% caucho 3	2.88	1.63	2.85	25.34	1.11			7.5	6.0
6% caucho 4	2.82	1.65	2.78	29.37	1.23	1.19		7.5	6.0
6% caucho 5	3.06	1.74	3.03	28.54	1.25			7.5	6.0
6% caucho 6	2.90	1.63	2.87	24.52	1.08			7.5	6.0

Tabla 101: Absorción de adoquines con 9% de caucho

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m3)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
9% caucho 1	2.89	1.61	2.84	41.47	1.87	1.79	1.75	7.5	6.0
9% caucho 2	2.95	1.54	2.90	35.57	1.73			7.5	6.0
9% caucho 3	2.87	1.60	2.82	39.70	1.78			7.5	6.0
9% caucho 4	2.98	1.53	2.93	34.86	1.72	1.71		7.5	6.0
9% caucho 5	2.99	1.69	2.94	36.96	1.64			7.5	6.0
9% caucho 6	2.92	1.59	2.87	38.33	1.78			7.5	6.0



b) Diagramas

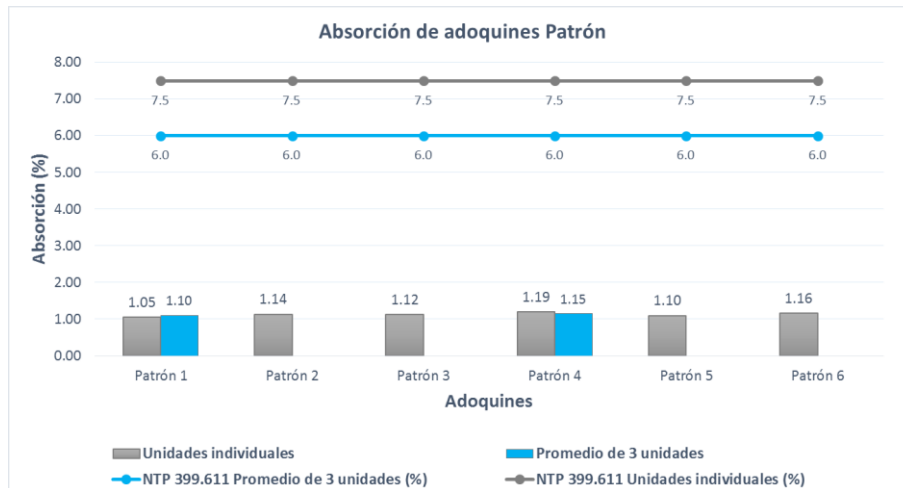


Figura 103: Absorción de adoquines patrón

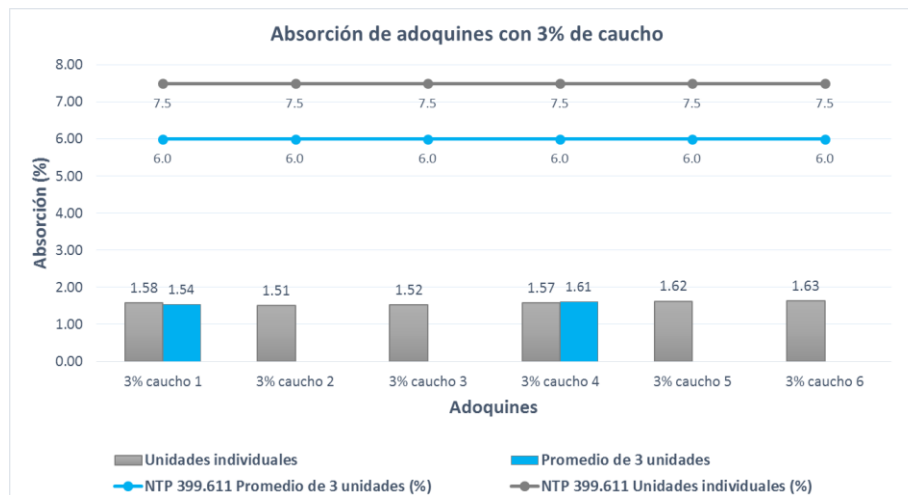


Figura 104: Absorción de adoquines con 3% de caucho

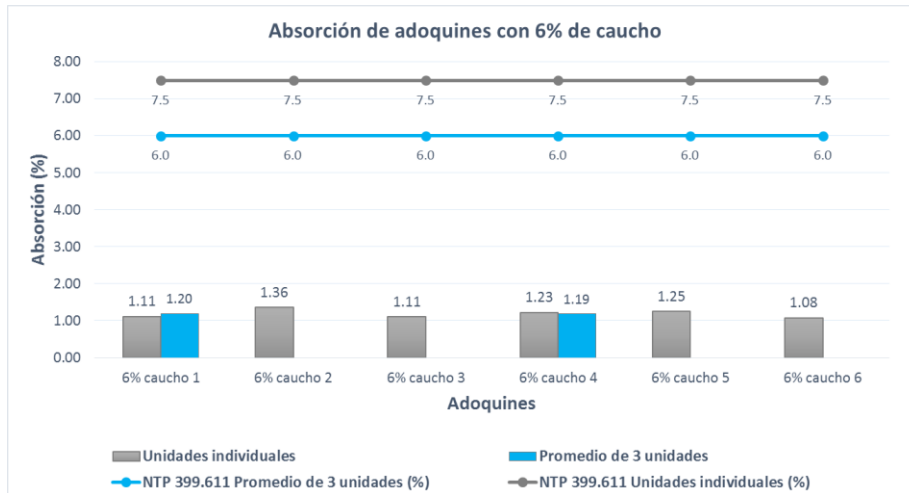


Figura 105: Absorción de adoquines con 6% de caucho

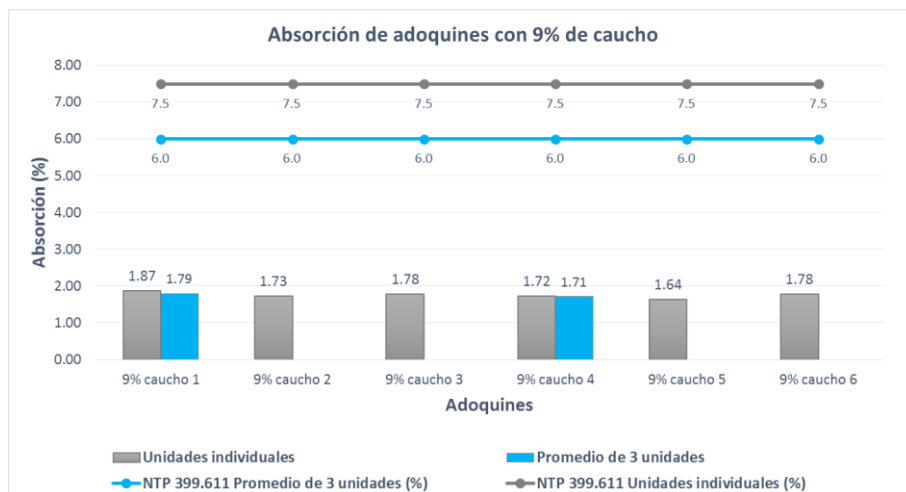


Figura 106: Absorción de adoquines con 9% de caucho

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de Absorción de Adoquines, se observó un porcentaje mayor de Absorción en el grupo de adoquines con 9% de reemplazo de caucho.



### 3.6.12 Resistencia a la compresión NTP 399.604 (2002)

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Área bruta en (cm<sup>2</sup>):** Para la presente investigación el área bruta se calculó en centímetros:

$$Ag = L \times W$$

Dónde:

L = Longitud promedio del adoquín (cm)

W = Ancho promedio del adoquín (cm)

- **Resistencia a Compresión del área bruta en (kg/cm<sup>2</sup>):** Para la presente investigación la resistencia a compresión se calculó en (kg/cm<sup>2</sup>):

$$Rc = \frac{P_{max}}{Ag}$$

Dónde:

P<sub>max</sub> = Carga de compresión máxima (kg)

Ag = Área bruta del adoquín (cm<sup>2</sup>)

- **Porcentaje (%):**

$$P = \frac{Rc}{F'c} \times 100$$

Dónde:

Rc = Resistencia a Compresión del área bruta en (kg/cm<sup>2</sup>)

F'c = Resistencia a la compresión de diseño (kg/cm<sup>2</sup>)



Tabla 102: Resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	420.00	99728.41	20.00	10.00	200.00	498.64	458.80	458.13	109%	380.00	420.00
Patrón 2	420.00	88380.76	19.90	9.95	198.01	446.36				380.00	
Patrón 3	420.00	85202.30	19.95	9.90	197.51	431.39				380.00	
Patrón 4	420.00	91997.61	20.00	10.00	200.00	459.99	457.46			380.00	420.00
Patrón 5	420.00	86270.66	19.95	9.90	197.51	436.80				380.00	
Patrón 6	420.00	95591.41	20.00	10.05	201.00	475.58				380.00	

Tabla 103: Resistencia a compresión de adoquines patrón a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho A (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	420.00	104975.38	19.95	10.10	201.50	520.98	546.99	552.41	132%	380.00	420.00
Patrón 2	420.00	105821.04	19.90	9.90	197.01	537.14				380.00	
Patrón 3	420.00	116571.94	20.00	10.00	200.00	582.86				380.00	
Patrón 4	420.00	113080.12	20.00	10.00	200.00	565.40	557.82			380.00	420.00
Patrón 5	420.00	111698.50	20.00	9.95	199.00	561.30				380.00	
Patrón 6	420.00	109354.36	20.00	10.00	200.00	546.77				380.00	



Tabla 104: Resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
3% caucho 1	420.00	80076.47	20.00	10.00	200.00	400.38	413.62	430.47	102%	380.00	420.00
3% caucho 2	420.00	82590.28	20.00	9.95	199.00	415.03				380.00	
3% caucho 3	420.00	84876.39	19.95	10.00	199.50	425.45				380.00	
3% caucho 4	420.00	92782.69	20.00	10.10	202.00	459.32	447.33	430.47	102%	380.00	420.00
3% caucho 5	420.00	86718.21	19.90	9.90	197.01	440.17				380.00	
3% caucho 6	420.00	88498.34	20.00	10.00	200.00	442.49				380.00	

Tabla 105: Resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho A (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
3% caucho 1	420.00	106176.00	20.10	9.95	200.00	530.89	534.77	529.27	126%	380.00	420.00
3% caucho 2	420.00	108803.21	19.95	10.00	199.50	545.38				380.00	
3% caucho 3	420.00	105605.98	20.00	10.00	200.00	528.03				380.00	
3% caucho 4	420.00	106760.91	19.90	10.00	199.00	536.49	523.77	529.27	126%	380.00	420.00
3% caucho 5	420.00	104284.72	20.00	9.90	198.00	526.69				380.00	
3% caucho 6	420.00	102133.01	20.00	10.05	201.00	508.12				380.00	





Tabla 106: Resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
6% caucho 1	420.00	87014.75	19.95	10.00	199.50	436.16	409.06	416.90	99%	380.00	420.00
6% caucho 2	420.00	69691.34	20.05	9.90	198.50	351.10				380.00	
6% caucho 3	420.00	87984.81	20.00	10.00	200.00	439.92				380.00	
6% caucho 4	420.00	89166.46	20.00	10.00	200.00	445.83	424.74			380.00	420.00
6% caucho 5	420.00	80774.57	19.95	9.95	198.50	406.92				380.00	
6% caucho 6	420.00	84717.73	20.00	10.05	201.00	421.48				380.00	

Tabla 107: Resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimesiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho A (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
6% caucho 1	420.00	96500.79	19.95	10.05	200.50	481.31	506.66	501.71	119%	380.00	420.00
6% caucho 2	420.00	104360.08	20.00	9.95	199.00	524.42				380.00	
6% caucho 3	420.00	103103.07	19.95	10.05	200.50	514.24				380.00	
6% caucho 4	420.00	92454.14	20.05	9.95	199.50	463.44	496.76			380.00	420.00
6% caucho 5	420.00	102778.39	19.95	9.95	198.50	517.77				380.00	
6% caucho 6	420.00	101815.78	20.00	10.00	200.00	509.08				380.00	



Tabla 108: Resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
9% caucho 1	420.00	66373.27	19.90	9.95	198.01	335.21	380.01	358.36	85%	380.00	420.00
9% caucho 2	420.00	83987.20	19.90	10.05	200.00	419.95				380.00	
9% caucho 3	420.00	76590.05	20.00	9.95	199.00	384.87				380.00	
9% caucho 4	420.00	62141.53	20.00	9.95	199.00	312.27	336.70			380.00	420.00
9% caucho 5	420.00	74455.67	19.95	10.00	199.50	373.21				380.00	
9% caucho 6	420.00	64924.14	20.00	10.00	200.00	324.62				380.00	

Tabla 109: Resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho A (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
9% caucho 1	420.00	81873.22	19.95	10.10	201.50	406.33	424.05	430.98	103%	380.00	420.00
9% caucho 2	420.00	86824.57	20.00	9.90	198.00	438.51				380.00	
9% caucho 3	420.00	85460.80	20.00	10.00	200.00	427.30				380.00	
9% caucho 4	420.00	86574.53	20.00	9.95	199.00	435.05	437.91			380.00	420.00
9% caucho 5	420.00	91878.10	19.90	9.95	198.01	464.02				380.00	
9% caucho 6	420.00	82726.82	19.95	10.00	199.50	414.67				380.00	



- **Desviación estándar:**

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

Ds = Desviación estándar

X<sub>prom</sub> = Resistencia promedio

X = Resistencia individual

N = Número de ensayos

- **Coefficiente de Variación:**

$$V = \frac{Ds}{X_{prom}} \times 100$$

Dónde:

Ds = Desviación estándar

X<sub>prom</sub> = Resistencia promedio

Tabla 110: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (X <sub>prom</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-X <sub>prom</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-X <sub>prom</sub> ) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo L <sub>max</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo L <sub>min</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	498.64	458.13	40.52	1641.48	25.52	5.57	483.65	432.60
Patrón 2	446.36	458.13	-11.77	138.55			483.65	432.60
Patrón 3	431.39	458.13	-26.73	714.69			483.65	432.60
Patrón 4	459.99	458.13	1.86	3.46			483.65	432.60
Patrón 5	436.80	458.13	-21.32	454.73			483.65	432.60
Patrón 6	475.58	458.13	17.45	304.58			483.65	432.60
			<b>Suma</b>	3257.50				

Tabla 111: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (X <sub>prom</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-X <sub>prom</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-X <sub>prom</sub> ) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo L <sub>max</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo L <sub>min</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	520.98	552.41	-31.43	987.57	22.04	3.99	574.44	530.37
Patrón 2	537.14	552.41	-15.27	233.26			574.44	530.37
Patrón 3	582.86	552.41	30.45	927.30			574.44	530.37
Patrón 4	565.40	552.41	12.99	168.80			574.44	530.37
Patrón 5	561.30	552.41	8.89	79.05			574.44	530.37
Patrón 6	546.77	552.41	-5.64	31.77			574.44	530.37
			<b>Suma</b>	2427.74				



Tabla 112: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
3% caucho 1	400.38	430.47	-30.09	905.45	21.17	4.92	451.64	409.31
3% caucho 2	415.03	430.47	-15.45	238.59			451.64	409.31
3% caucho 3	425.45	430.47	-5.03	25.28			451.64	409.31
3% caucho 4	459.32	430.47	28.85	832.16			451.64	409.31
3% caucho 5	440.17	430.47	9.70	94.06			451.64	409.31
3% caucho 6	442.49	430.47	12.02	144.45			451.64	409.31
<b>Suma</b>				2239.99				

Tabla 113: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
3% caucho 1	530.89	529.27	1.63	2.64	12.41	2.34	541.67	516.86
3% caucho 2	545.38	529.27	16.11	259.60			541.67	516.86
3% caucho 3	528.03	529.27	-1.24	1.53			541.67	516.86
3% caucho 4	536.49	529.27	7.22	52.12			541.67	516.86
3% caucho 5	526.69	529.27	-2.58	6.64			541.67	516.86
3% caucho 6	508.12	529.27	-21.14	447.03			541.67	516.86
<b>Suma</b>				769.56				

Tabla 114: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
6% caucho 1	436.16	416.90	19.26	370.98	35.18	8.44	452.08	381.72
6% caucho 2	351.10	416.90	-65.80	4330.25			452.08	381.72
6% caucho 3	439.92	416.90	23.02	529.95			452.08	381.72
6% caucho 4	445.83	416.90	28.93	836.88			452.08	381.72
6% caucho 5	406.92	416.90	-9.98	99.67			452.08	381.72
6% caucho 6	421.48	416.90	4.58	20.96			452.08	381.72
<b>Suma</b>				6188.70				



Tabla 115: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
6% caucho 1	481.31	501.71	-20.40	416.21	23.94	4.77	525.65	477.77
6% caucho 2	524.42	501.71	22.71	515.95			525.65	477.77
6% caucho 3	514.24	501.71	12.53	156.96			525.65	477.77
6% caucho 4	463.44	501.71	-38.27	1464.82			525.65	477.77
6% caucho 5	517.77	501.71	16.06	257.95			525.65	477.77
6% caucho 6	509.08	501.71	7.37	54.33			525.65	477.77
<b>Suma</b>				2866.21				

Tabla 116: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 7 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
9% caucho 1	335.21	358.36	-23.15	535.71	41.27	11.52	399.62	317.09
9% caucho 2	419.95	358.36	61.59	3793.46			399.62	317.09
9% caucho 3	384.87	358.36	26.52	703.27			399.62	317.09
9% caucho 4	312.27	358.36	-46.09	2123.95			399.62	317.09
9% caucho 5	373.21	358.36	14.86	220.70			399.62	317.09
9% caucho 6	324.62	358.36	-33.73	1138.03			399.62	317.09
<b>Suma</b>				8515.12				

Tabla 117: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a compresión (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a compresión (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
9% caucho 1	406.33	430.98	-24.65	607.67	20.26	4.70	451.24	410.72
9% caucho 2	438.51	430.98	7.53	56.67			451.24	410.72
9% caucho 3	427.30	430.98	-3.68	13.51			451.24	410.72
9% caucho 4	435.05	430.98	4.07	16.55			451.24	410.72
9% caucho 5	464.02	430.98	33.04	1091.60			451.24	410.72
9% caucho 6	414.67	430.98	-16.31	265.98			451.24	410.72
<b>Suma</b>				2051.98				



b) Diagramas

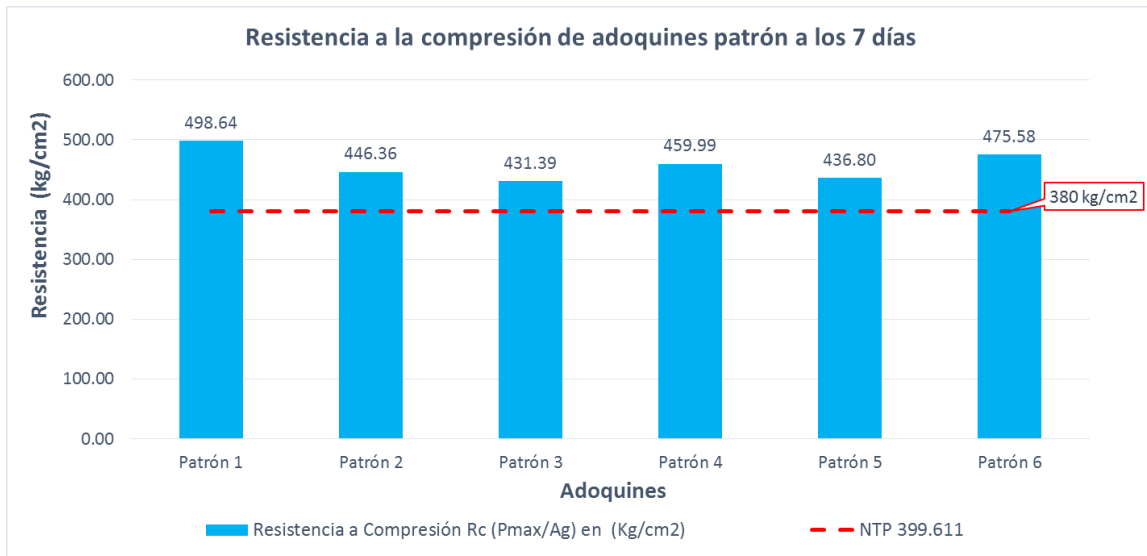


Figura 107: Resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7 días

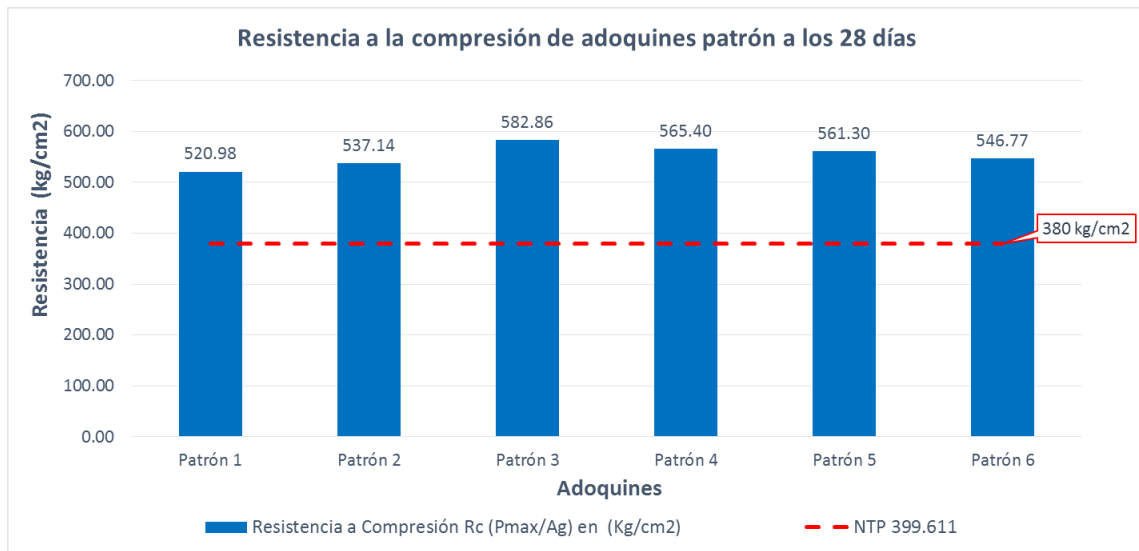


Figura 108: Resistencia a compresión de adoquines patrón a los 28 días

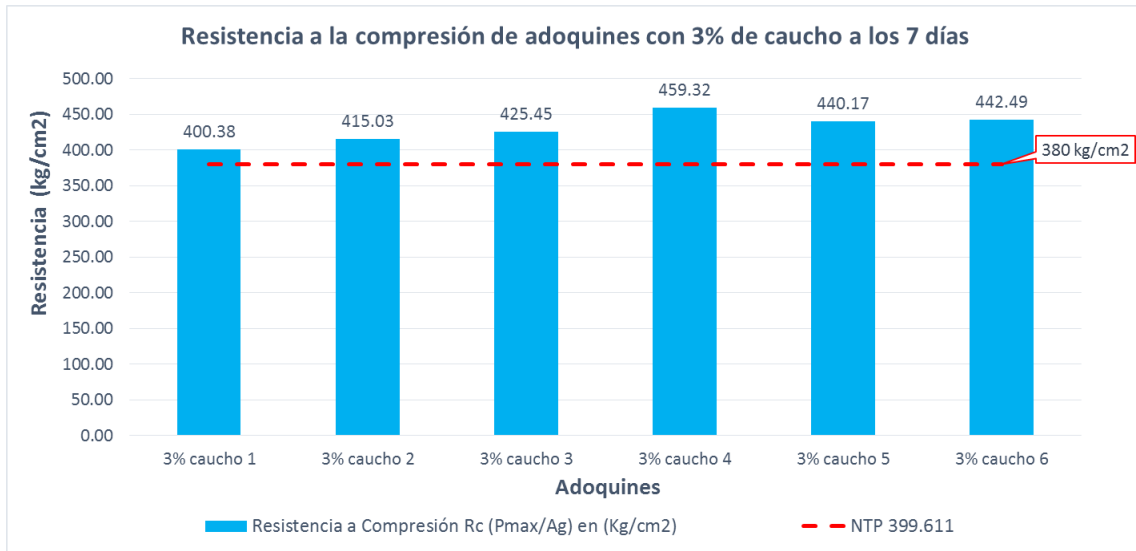


Figura 109: Resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 7 días

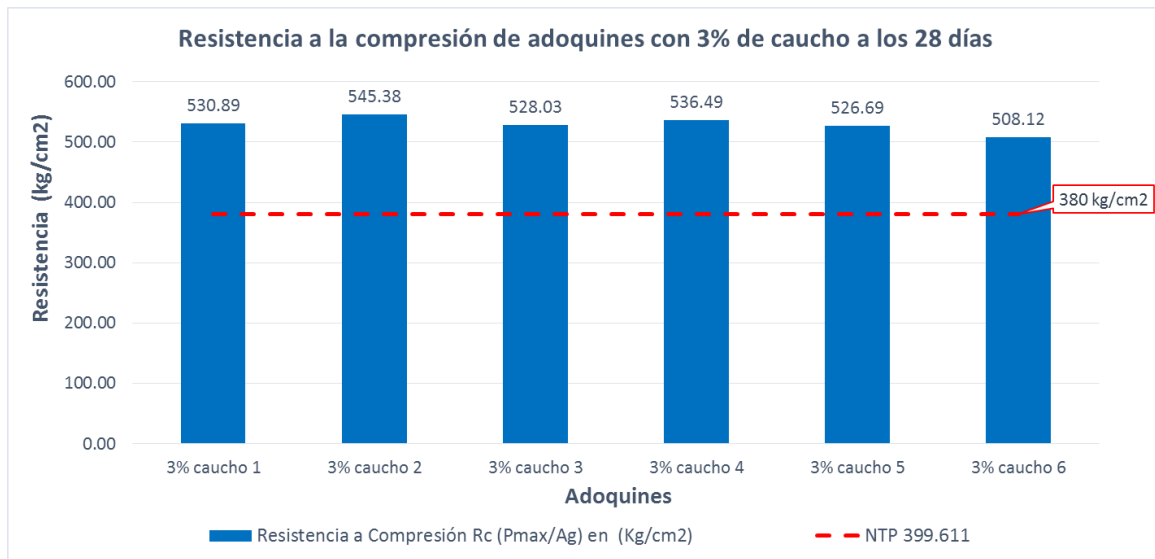


Figura 110: Resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

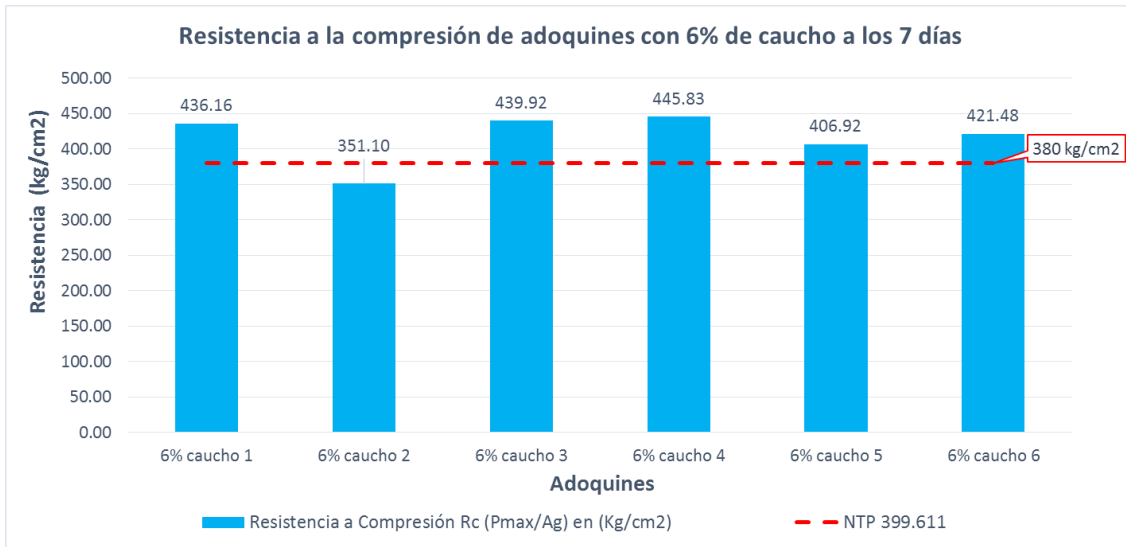


Figura 111: Resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 7 días

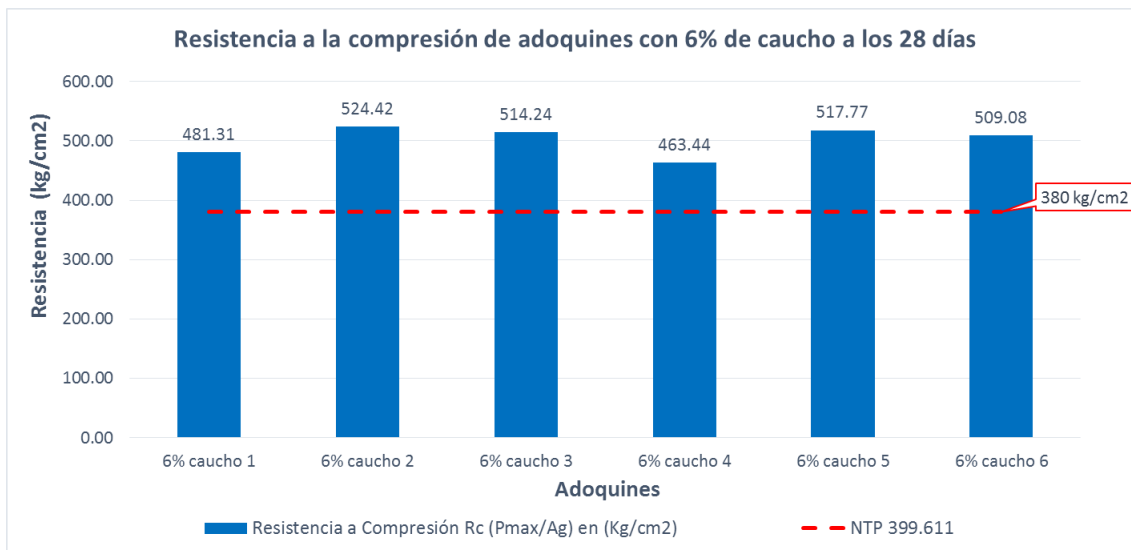


Figura 112: Resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días



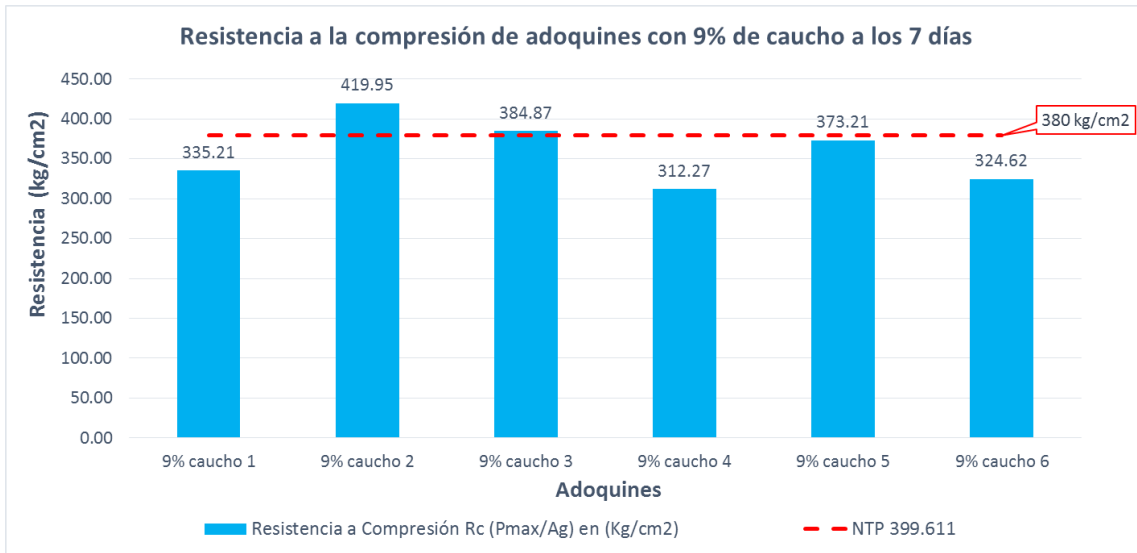


Figura 113: Resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 7 días

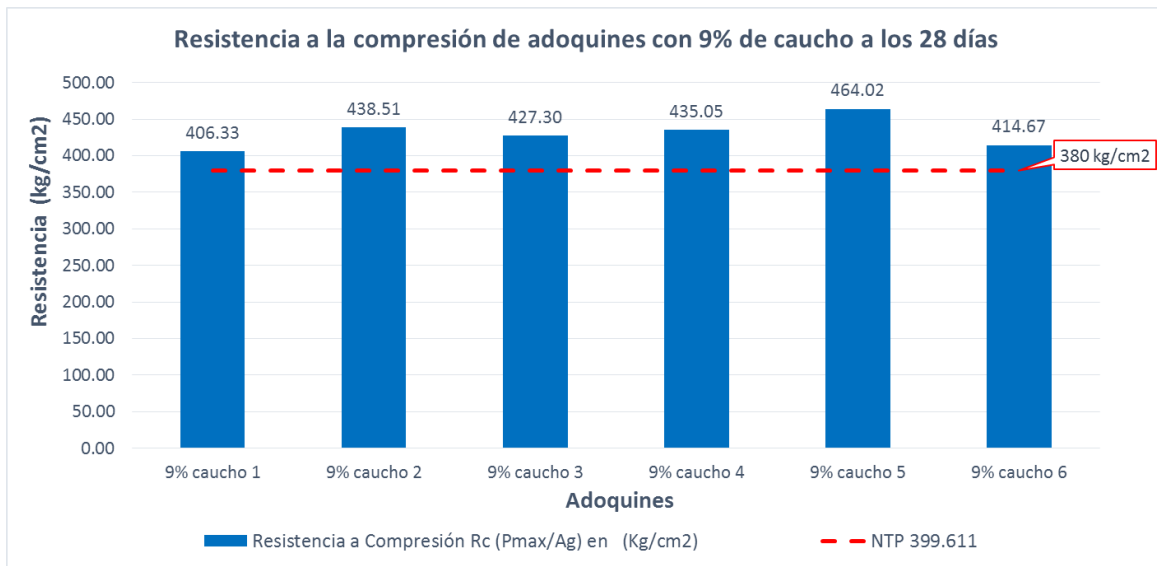


Figura 114: Resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días



- Representación de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7 y 28 días.

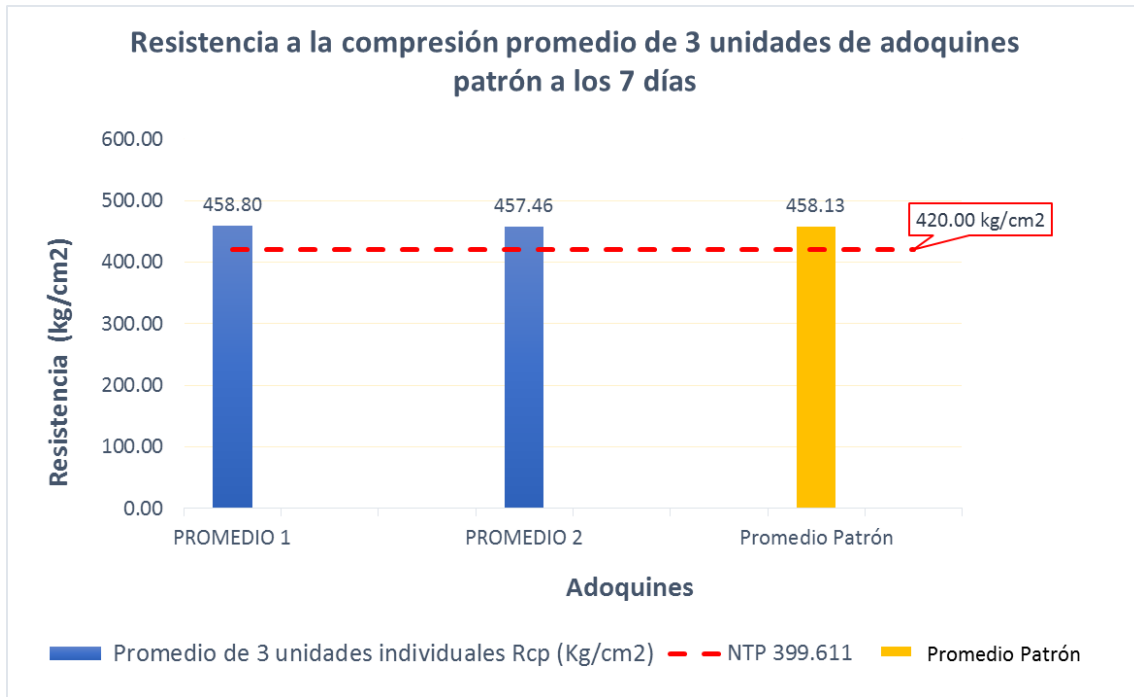


Figura 115: Resistencia a compresión promedio de adoquines patrón a los 7 días

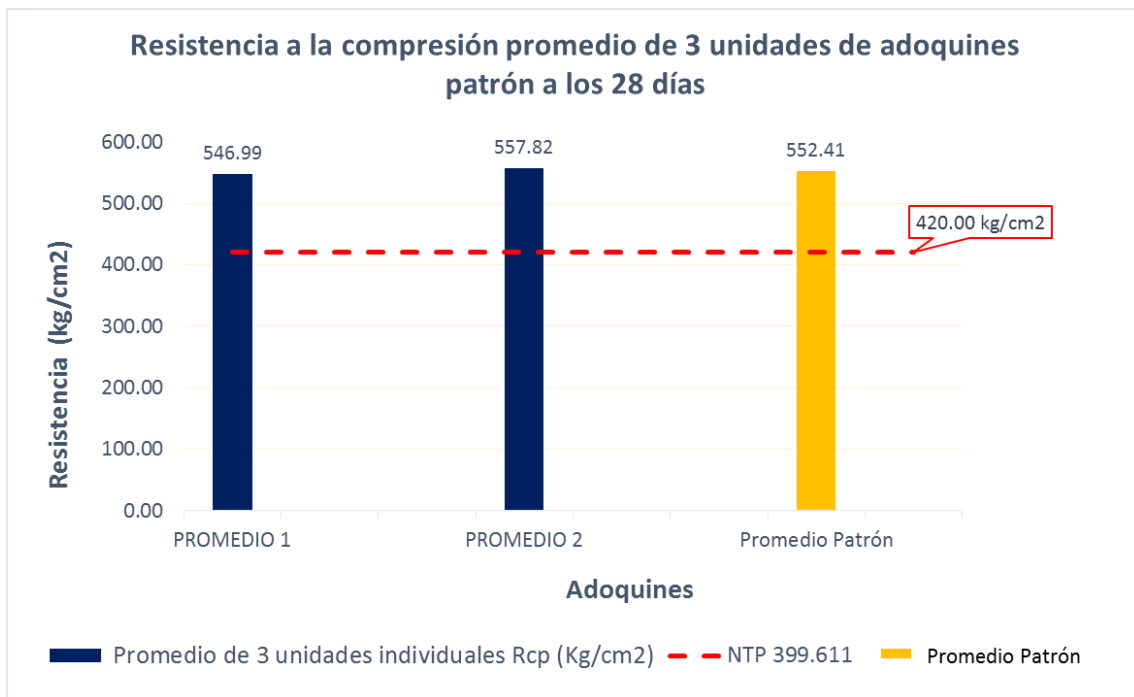


Figura 116: Resistencia a compresión promedio de adoquines patrón a los 28 días



- Representación de resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 7 y 28 días.

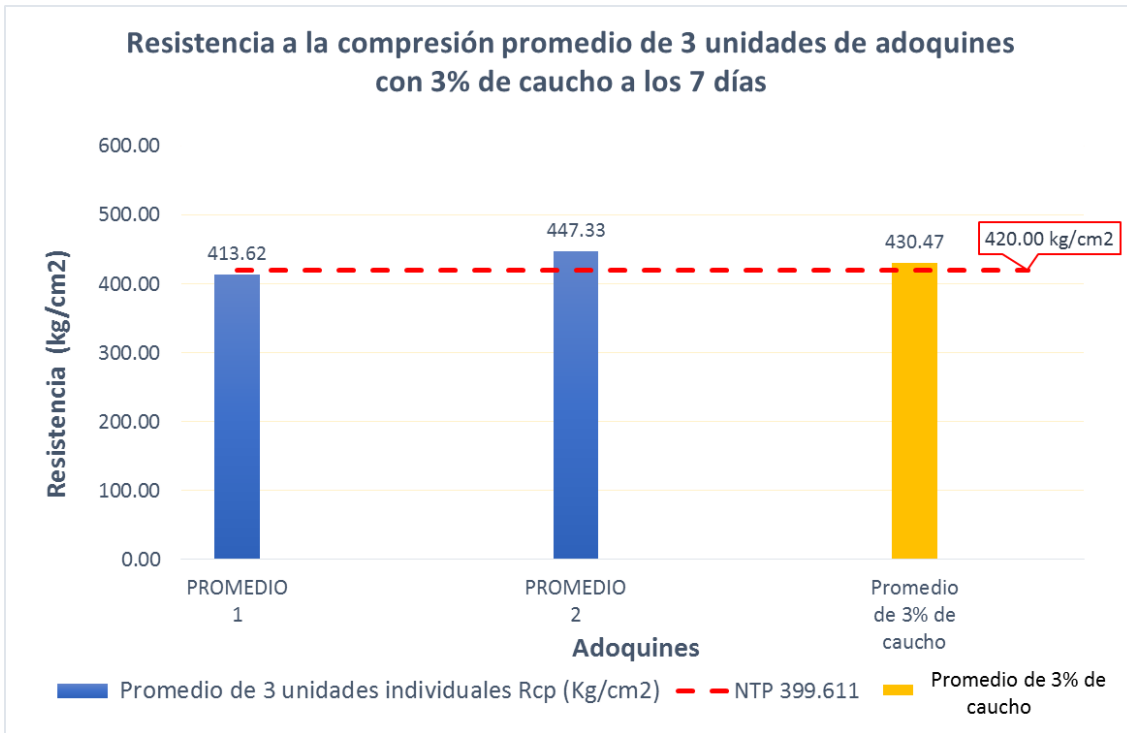


Figura 117: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 3% de caucho a los 7 días

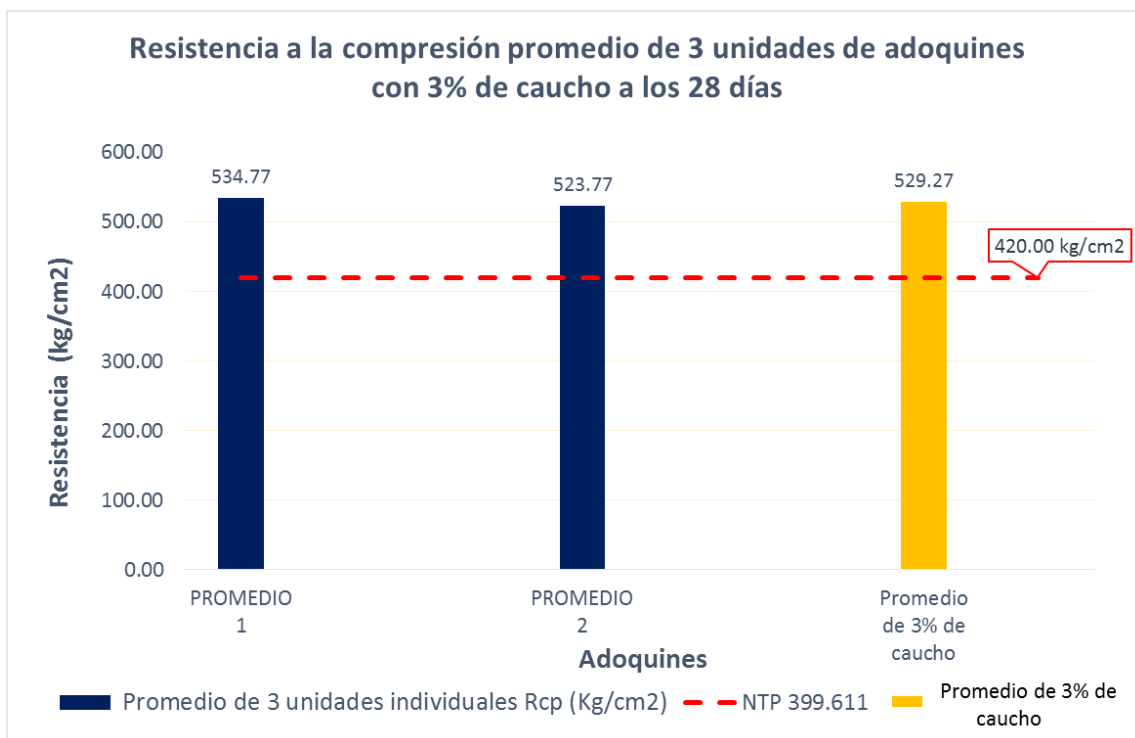


Figura 118: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 3% de caucho a los 28 días



- Representación de resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 7 y 28 días.

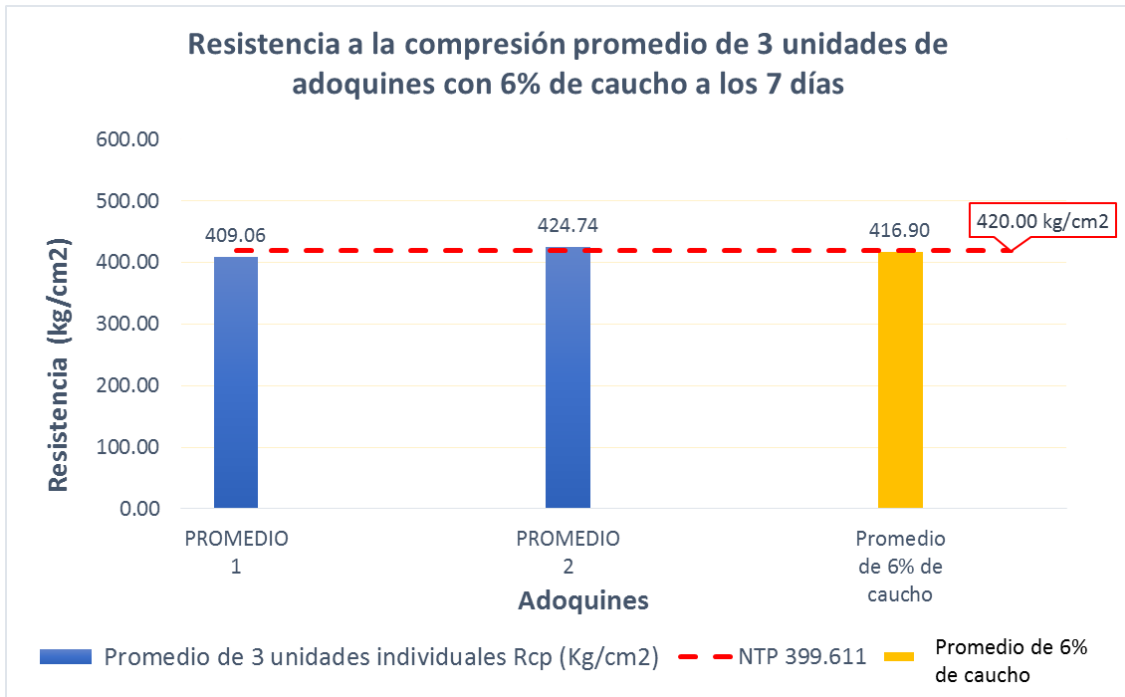


Figura 119: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 6% de caucho a los 7 días

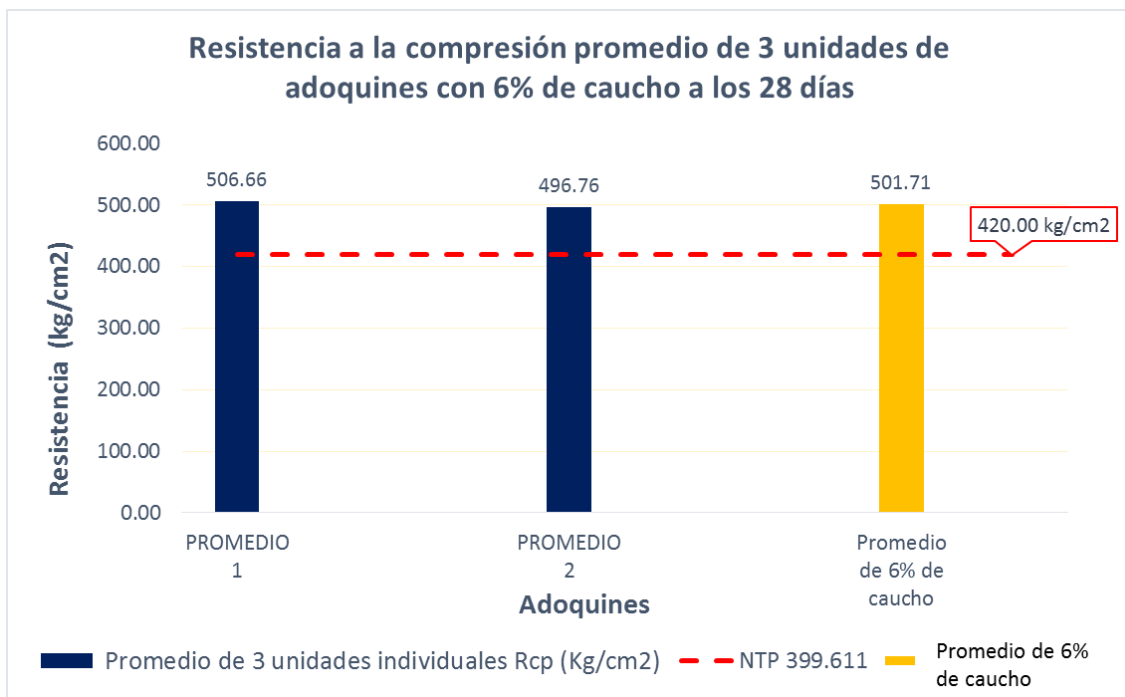


Figura 120: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 6% de caucho a los 28 días



- Representación de resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 7 y 28 días.

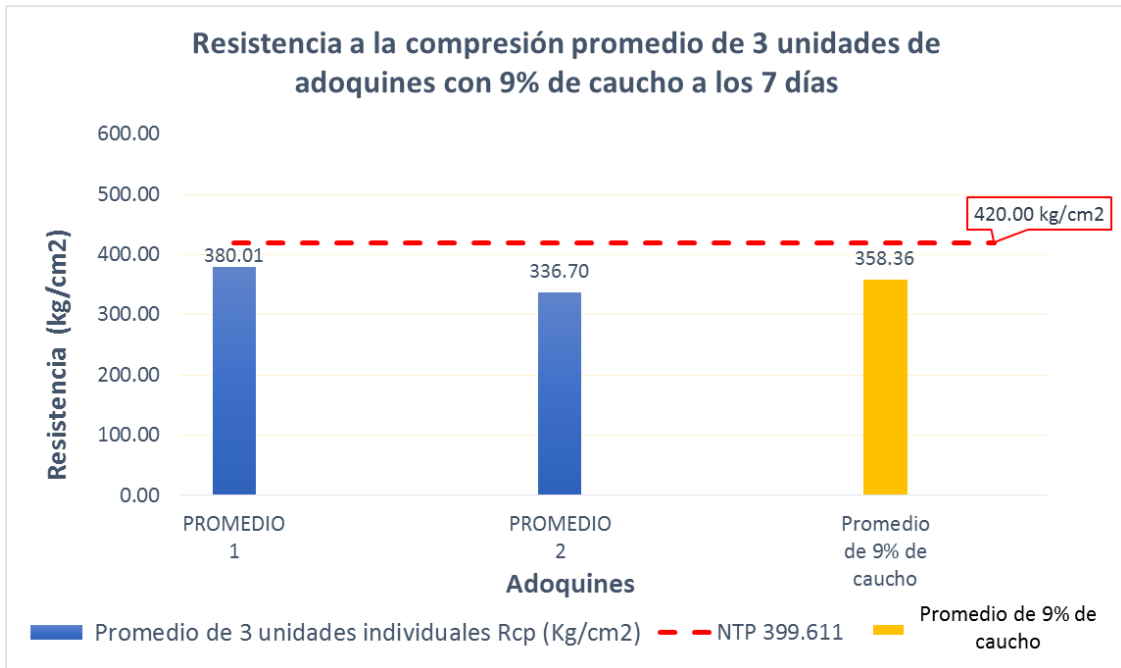


Figura 121: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 9% de caucho a los 7 días

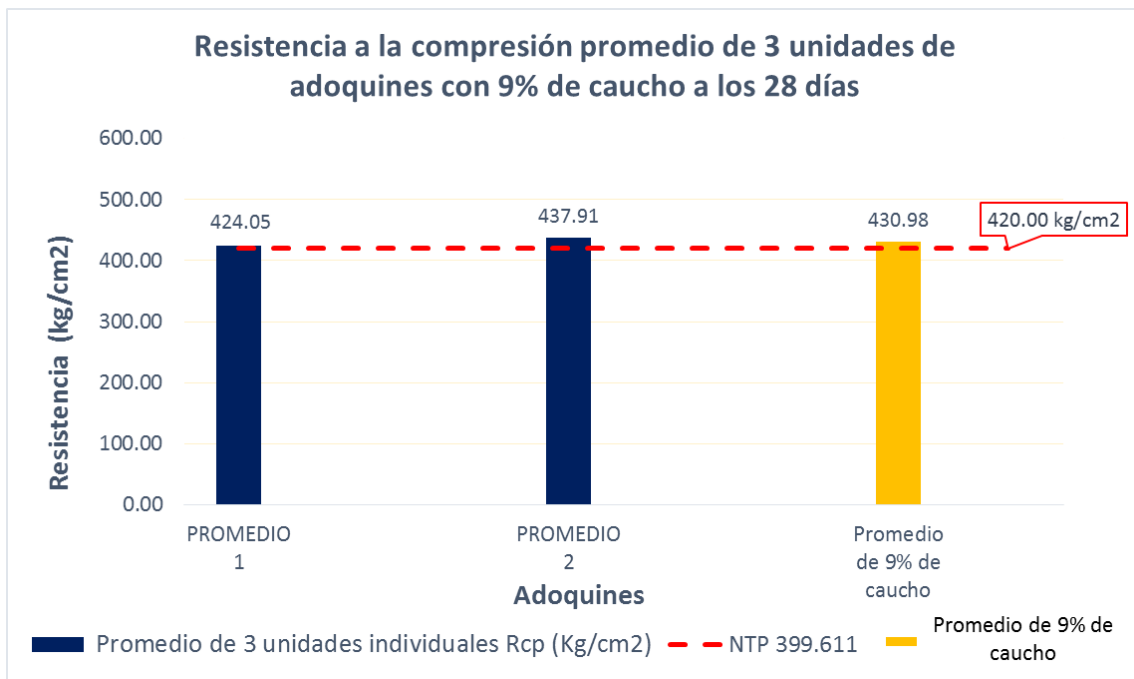


Figura 122: Resistencia a compresión promedio de adoquines con 9% de caucho a los 28 días



- Representación de la desviación estándar correspondiente a la resistencia a compresión de adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 7 y 28 días.

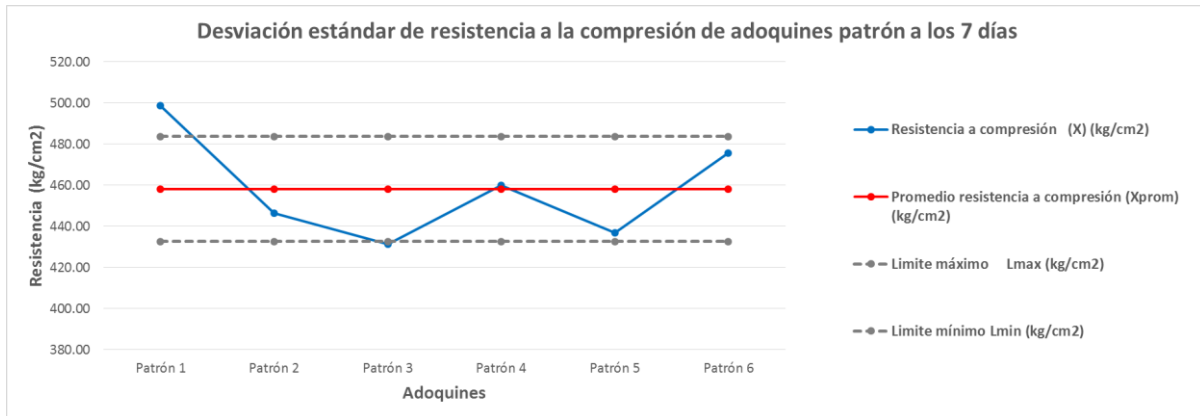


Figura 123: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7 días

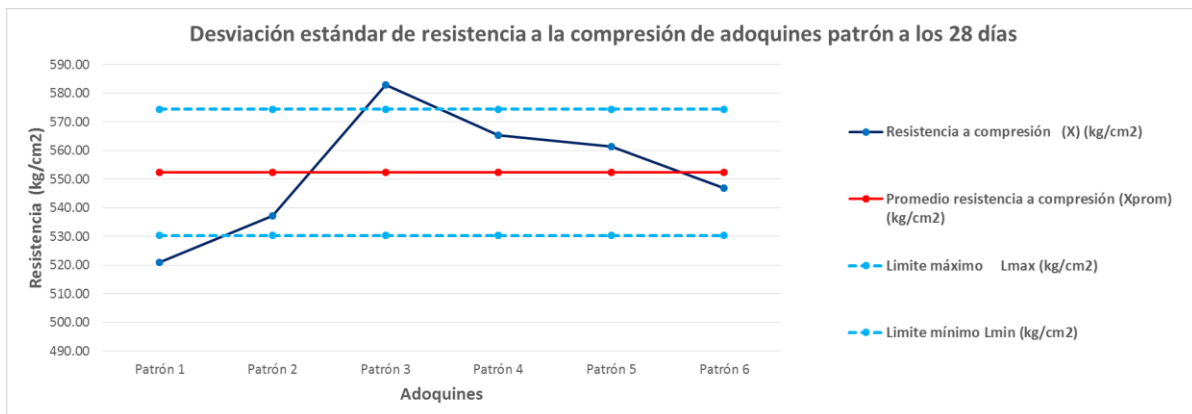


Figura 124: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 28 días

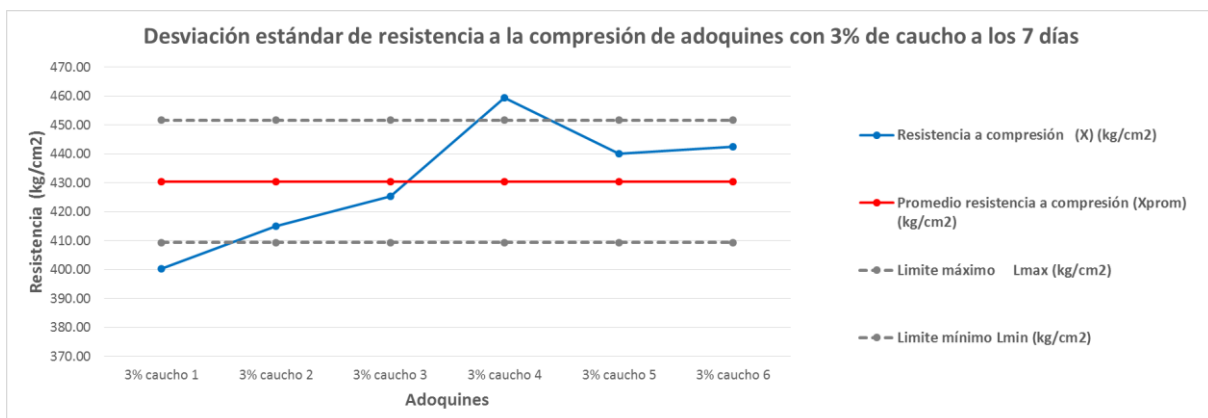


Figura 125: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 7 días

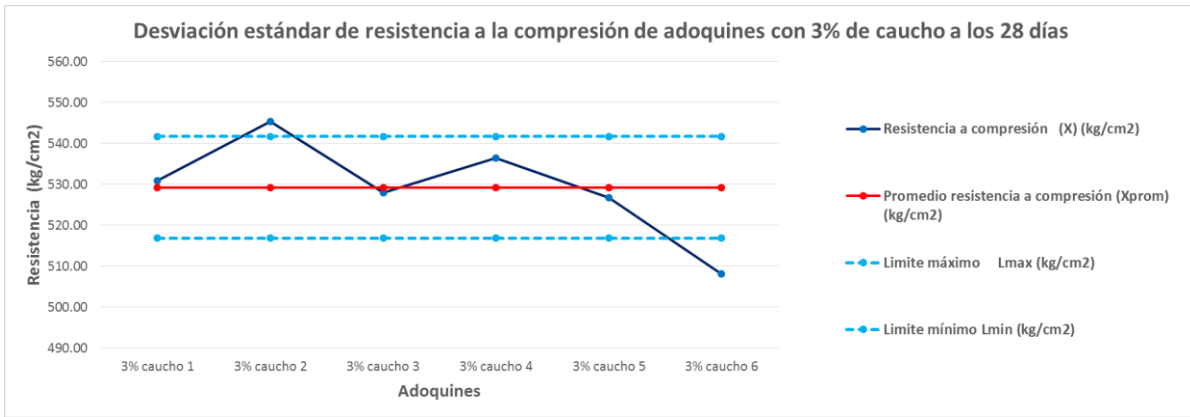


Figura 126: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

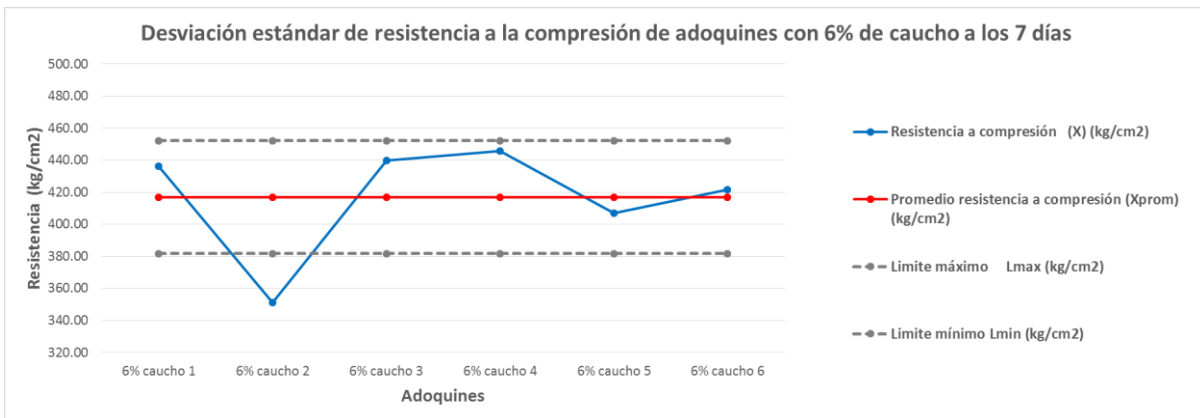


Figura 127: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 7 días

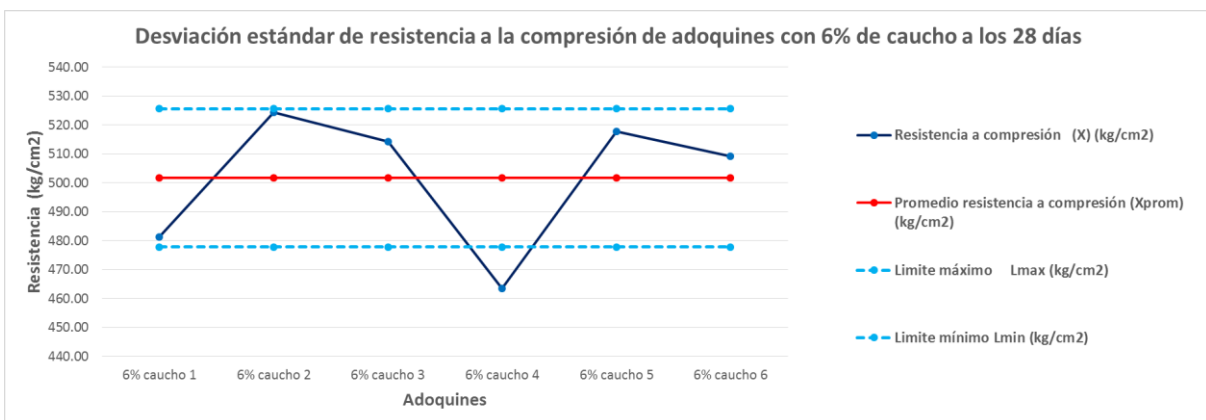


Figura 128: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

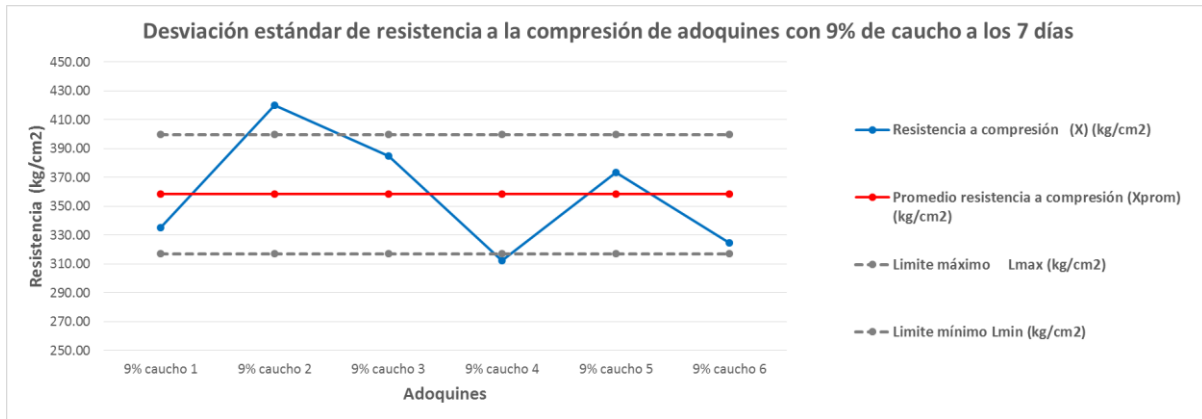


Figura 129: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 7 días

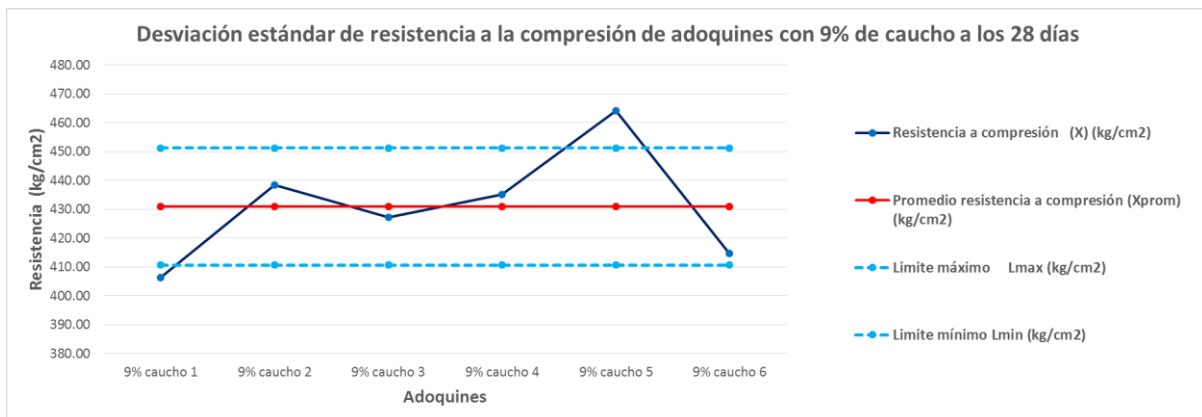


Figura 130: Desviación estándar de resistencia a compresión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de resistencia a compresión de adoquines, se realizó gráficos ilustrativos que permitan interpretar de mejor manera los resultados, tal es así que se consideró:

- Gráficos para interpretar los resultados de las resistencias individuales de los adoquines, correspondiente a los 7 y 28 días. Asimismo, para la desviación estándar.
- Gráficos para interpretar los resultados de las resistencias promedio de tres resistencias de adoquines, correspondiente a los 7 y 28 días. Asimismo, para la desviación estándar.





### 3.6.13 Resistencia a la flexión NTG 41087 h1

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

- **Módulo de ruptura (MPa):**

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Dónde:

MR = Módulo de ruptura en (MPa)

P = Carga máxima aplicada en (N)

L = Distancia entre los ejes de los apoyos en (mm)

B = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito en (mm)

H = Espesor del adoquín en (mm)

- **Factor de Conversión:**

1 MPa = 10.1972 kg/cm<sup>2</sup>

- **Distancia entre ejes de apoyos:**

$$L = A - 20$$

Dónde:

L = Distancia entre ejes de apoyos en (mm)

A = Longitud del largo del adoquín A (mm)

#### b) Tablas y diagramas

##### b.1) Tablas

- Resistencia a la flexión correspondiente a adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 28 días.



Tabla 118: Resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

Descripción de Adoquines	Distancia entre ejes de apoyo L (mm)	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito B (mm)	Espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada P (N)	Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura)				NTG 41086 (Kg/cm <sup>2</sup> )	NTG 41086 Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Resistencia a la flexión MR (MPa)	Resistencia a la flexión MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de tres unidades MRp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (Kg/cm <sup>2</sup> )		
Patrón 1	180.00	99.50	60.00	11097.00	8.36	85.30	83.83	85.59	35.70	42.00
Patrón 2	180.00	100.50	61.00	10695.00	7.72	78.74			35.70	
Patrón 3	179.50	99.00	60.50	11541.00	8.58	87.44			35.70	
Patrón 4	180.00	100.50	60.50	12118.00	8.89	90.70	87.34		35.70	42.00
Patrón 5	179.00	100.00	60.50	10842.00	7.95	81.10			35.70	
Patrón 6	180.00	99.50	61.00	12134.00	8.85	90.23			35.70	

Tabla 119: Resistencia a la flexión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Distancia entre ejes de apoyo L (mm)	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito B (mm)	Espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada P (N)	Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura)				NTG 41086 (Kg/cm <sup>2</sup> )	NTG 41086 Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Resistencia a la flexión MR (MPa)	Resistencia a la flexión MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de tres unidades MRp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (Kg/cm <sup>2</sup> )		
3% caucho 1	179.50	100.50	60.00	11362.00	8.46	86.22	79.41	79.32	35.70	42.00
3% caucho 2	180.00	99.00	61.50	10287.00	7.42	75.64			35.70	
3% caucho 3	180.00	100.00	60.00	9987.00	7.49	76.38			35.70	
3% caucho 4	180.00	100.50	60.50	11152.00	8.19	83.47	79.22		35.70	42.00
3% caucho 5	180.00	100.00	61.50	9951.00	7.10	72.44			35.70	
3% caucho 6	180.00	99.00	60.50	10762.00	8.02	81.77			35.70	



Tabla 120: Resistencia a la flexión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Distancia entre ejes de apoyo L (mm)	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito B (mm)	Espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada P (N)	Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura)				NTG 41086 (Kg/cm <sup>2</sup> )	NTG 41086 Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Resistencia a la flexión MR (MPa)	Resistencia a la flexión MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de tres unidades MRp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (Kg/cm <sup>2</sup> )		
6% caucho 1	179.50	100.00	61.50	11052.00	7.87	80.23	76.63	72.17	35.70	42.00
6% caucho 2	180.00	100.50	60.00	8747.00	6.53	66.56			35.70	
6% caucho 3	180.00	100.00	60.50	11047.00	8.15	83.10			35.70	
6% caucho 4	179.50	99.00	61.00	8319.00	6.08	62.00	67.71		35.70	42.00
6% caucho 5	179.00	100.00	60.50	10915.00	8.01	81.65			35.70	
6% caucho 6	179.50	100.50	60.00	7837.00	5.83	59.47			35.70	

Tabla 121: Resistencia a la flexión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Distancia entre ejes de apoyo L (mm)	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito B (mm)	Espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada P (N)	Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura)				NTG 41086 (Kg/cm <sup>2</sup> )	NTG 41086 Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Resistencia a la flexión MR (MPa)	Resistencia a la flexión MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de tres unidades MRp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (Kg/cm <sup>2</sup> )		
9% caucho 1	180.00	99.50	60.00	7963.00	6.00	61.21	58.90	60.35	35.70	42.00
9% caucho 2	180.00	100.00	62.00	8197.00	5.76	58.71			35.70	
9% caucho 3	180.50	99.50	60.50	7490.00	5.57	56.78			35.70	
9% caucho 4	179.50	99.50	62.00	8575.00	6.04	61.56	61.80		35.70	42.00
9% caucho 5	179.50	99.50	60.50	9694.00	7.17	73.08			35.70	
9% caucho 6	179.00	100.00	61.50	7014.00	4.98	50.77			35.70	



- **Desviación estándar:**

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

Ds = Desviación estándar

X<sub>prom</sub> = Resistencia promedio

X = Resistencia individual

N = Número de ensayos

- **Coefficiente de Variación:**

$$V = \frac{Ds}{X_{prom}} \times 100$$

Dónde:

Ds = Desviación estándar

X<sub>prom</sub> = Resistencia promedio

- Desviación estándar de la resistencia a la flexión correspondiente a adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 28 días.

Tabla 122: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a la flexión de unidades (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de unidades (X <sub>prom</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-X <sub>prom</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-X <sub>prom</sub> ) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo L <sub>max</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo L <sub>min</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	85.30	85.59	-0.29	0.08	4.86	5.68	90.45	80.72
Patrón 2	78.74	85.59	-6.84	46.85			90.45	80.72
Patrón 3	87.44	85.59	1.86	3.46			90.45	80.72
Patrón 4	90.70	85.59	5.11	26.14			90.45	80.72
Patrón 5	81.10	85.59	-4.48	20.11			90.45	80.72
Patrón 6	90.23	85.59	4.65	21.60			90.45	80.72
			<b>Suma</b>	118.25				



Tabla 123: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a la flexión de unidades (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de unidades (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
3% caucho 1	86.22	79.32	6.90	47.66	5.30	6.68	84.62	74.02
3% caucho 2	75.64	79.32	-3.68	13.54			84.62	74.02
3% caucho 3	76.38	79.32	-2.94	8.64			84.62	74.02
3% caucho 4	83.47	79.32	4.15	17.21			84.62	74.02
3% caucho 5	72.44	79.32	-6.88	47.37			84.62	74.02
3% caucho 6	81.77	79.32	2.45	6.00			84.62	74.02
<b>Suma</b>				140.43				

Tabla 124: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a la flexión de unidades (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de unidades (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
6% caucho 1	80.23	72.17	8.06	64.96	10.68	14.80	82.85	61.49
6% caucho 2	66.56	72.17	-5.60	31.42			82.85	61.49
6% caucho 3	83.10	72.17	10.93	119.41			82.85	61.49
6% caucho 4	62.00	72.17	-10.17	103.33			82.85	61.49
6% caucho 5	81.65	72.17	9.48	89.84			82.85	61.49
6% caucho 6	59.47	72.17	-12.70	161.18			82.85	61.49
<b>Suma</b>				570.13				

Tabla 125: Desviación estándar de resistencia a la flexión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

Descripción de Adoquines	Resistencia a la flexión de unidades (X) (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de unidades (Xprom) (kg/cm <sup>2</sup> )	X-Xprom (kg/cm <sup>2</sup> )	(X-Xprom) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estandar Ds (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación V (%)	Limite máximo Lmax (kg/cm <sup>2</sup> )	Limite mínimo Lmin (kg/cm <sup>2</sup> )
9% caucho 1	61.21	60.35	0.86	0.73	7.37	12.21	67.72	52.98
9% caucho 2	58.71	60.35	-1.64	2.69			67.72	52.98
9% caucho 3	56.78	60.35	-3.57	12.75			67.72	52.98
9% caucho 4	61.56	60.35	1.20	1.45			67.72	52.98
9% caucho 5	73.08	60.35	12.73	162.05			67.72	52.98
9% caucho 6	50.77	60.35	-9.58	91.72			67.72	52.98
<b>Suma</b>				271.40				



## b.2) Diagramas

- Representación de la resistencia a la flexión correspondiente a adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 28 días.

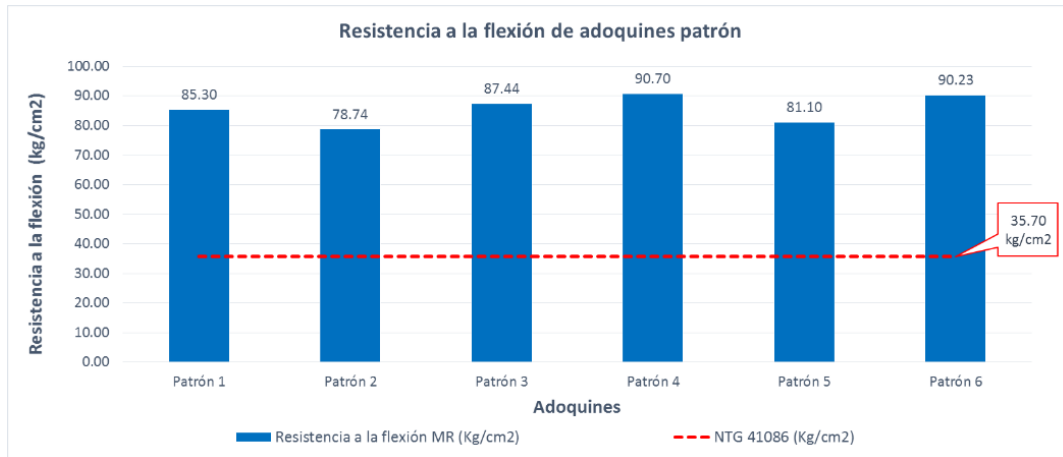


Figura 131: Resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

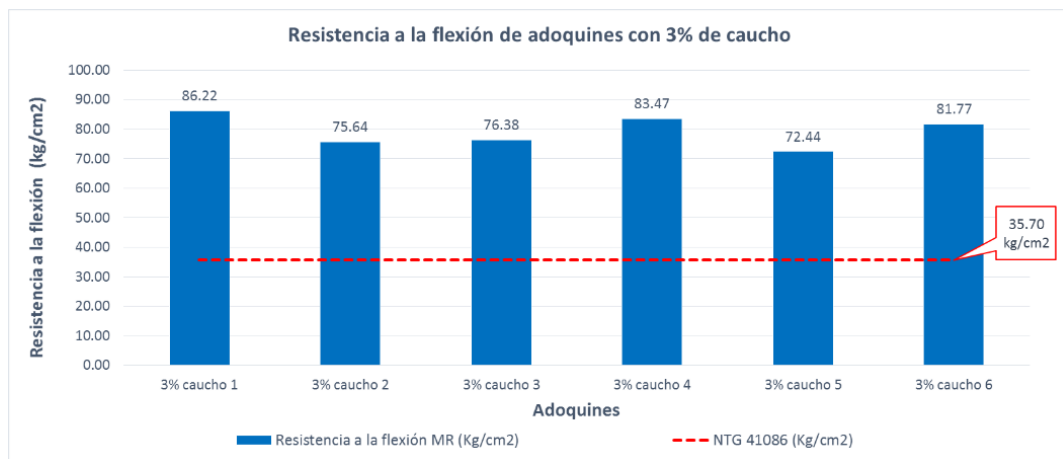


Figura 132: Resistencia a la flexión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

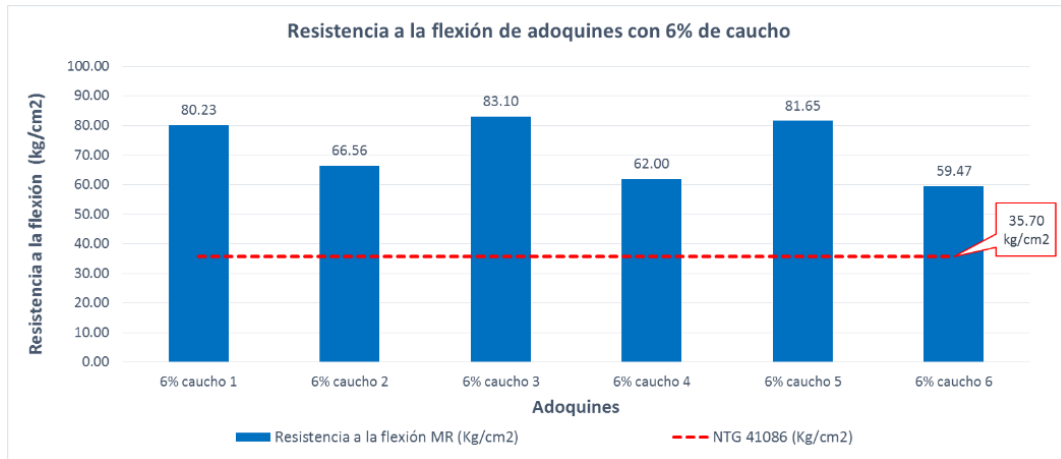


Figura 133: Resistencia a la flexión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

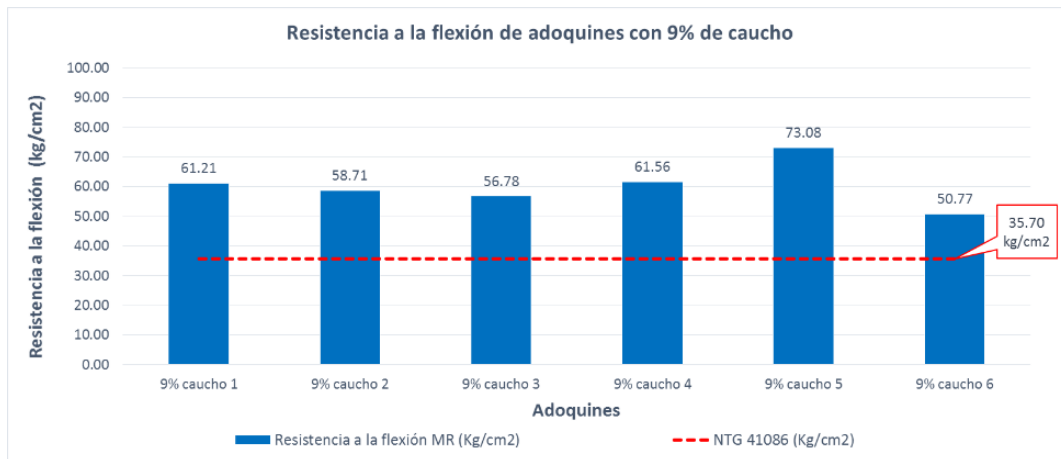


Figura 134: Resistencia a la flexión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

- Representación de la resistencia a la flexión promedio de tres unidades de adoquines correspondiente a adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 28 días.

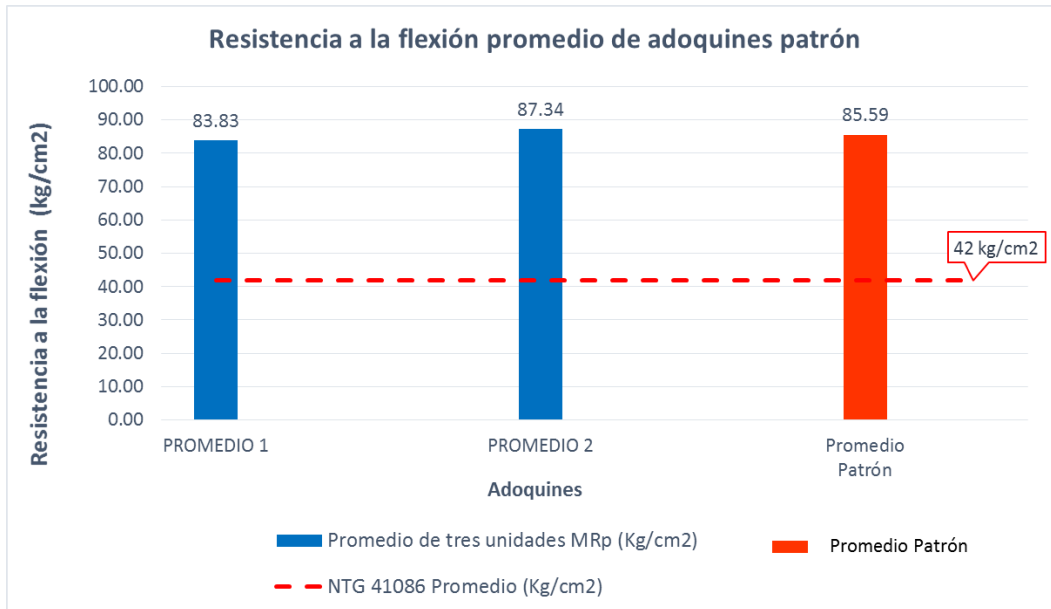


Figura 135: Resistencia a la flexión promedio de adoquines patrón a los 28 días

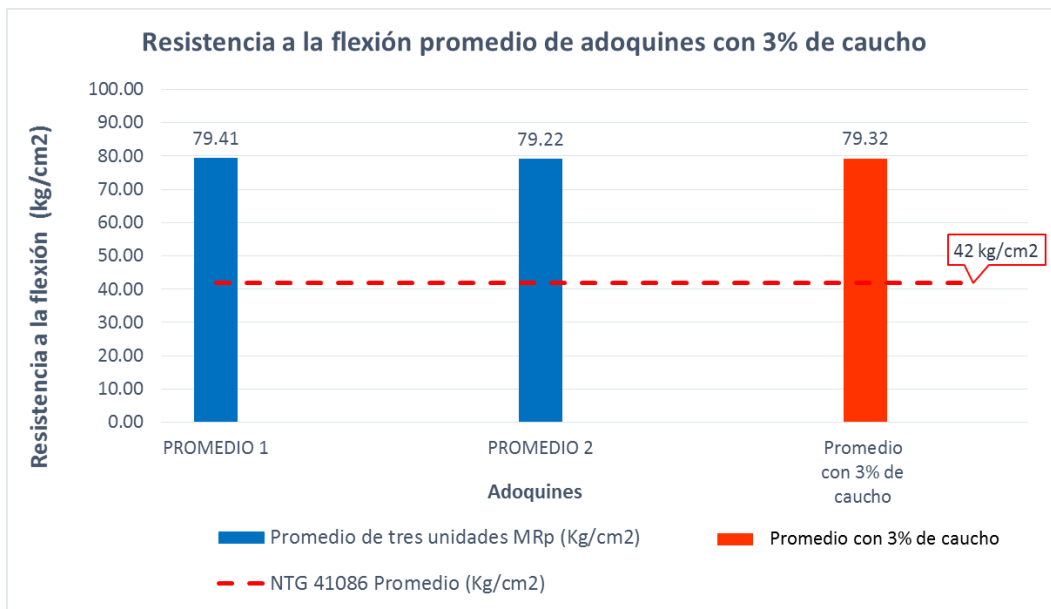


Figura 136: Resistencia a la flexión promedio de adoquines con 3% de caucho a los 28 días



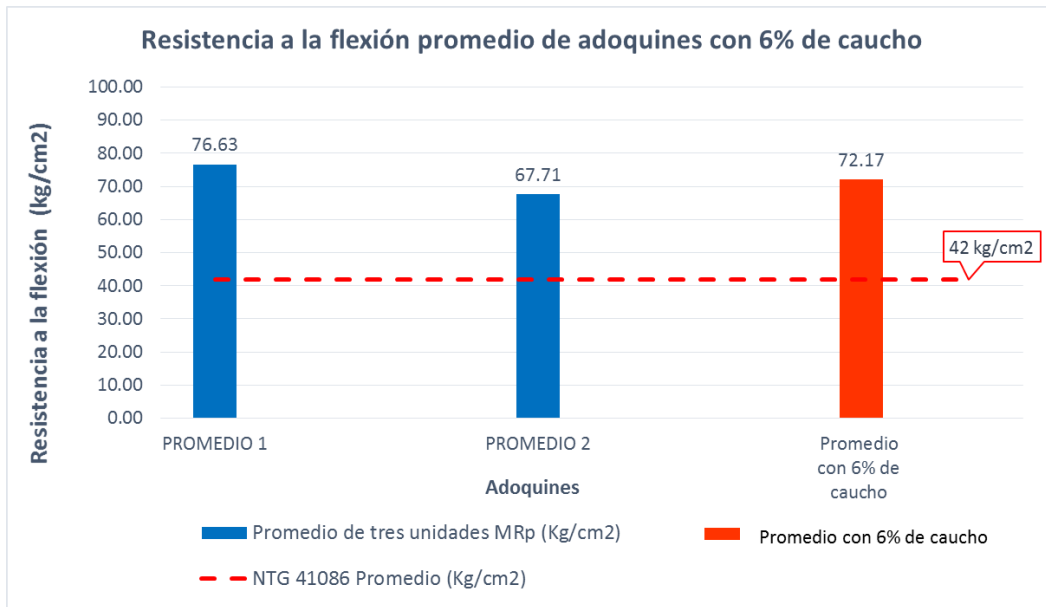


Figura 137: Resistencia a la flexión promedio de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

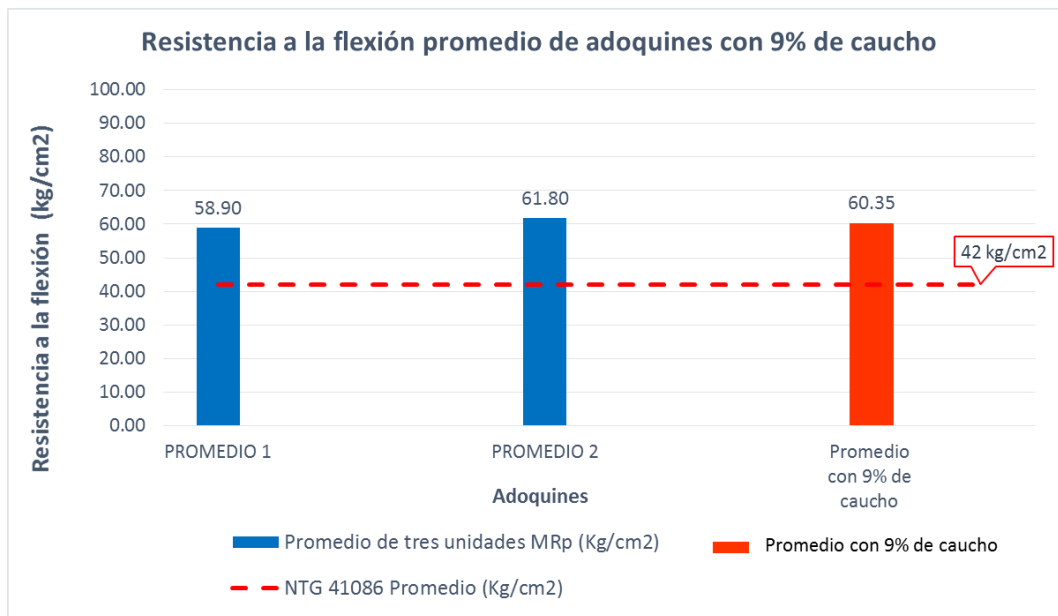


Figura 138: Resistencia a la flexión promedio de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

- Representación de la desviación estándar correspondiente a la resistencia a la flexión de adoquines patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho, a los 28 días.

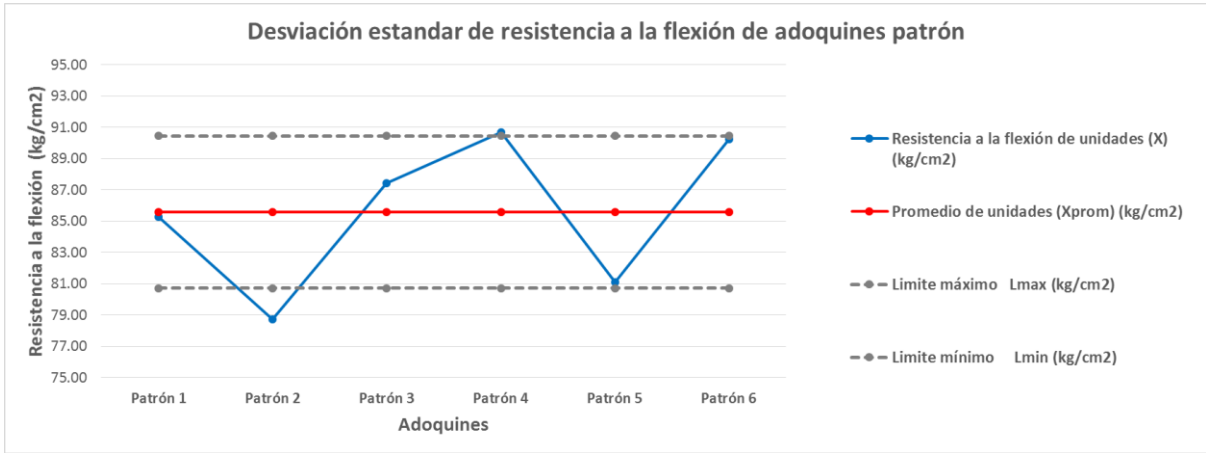


Figura 139: Resistencia a la flexión de adoquines patrón a los 28 días

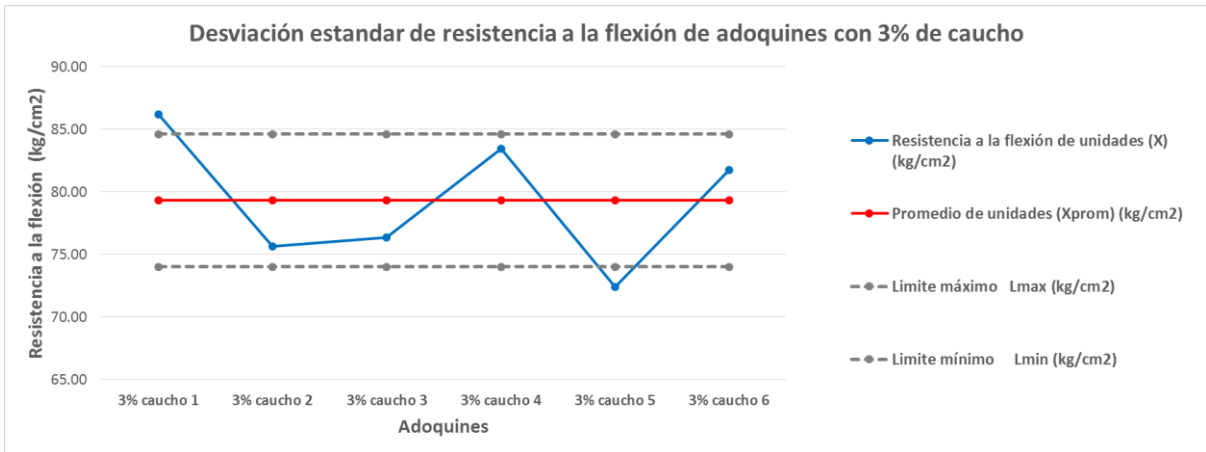


Figura 140: Resistencia a la flexión de adoquines con 3% de caucho a los 28 días

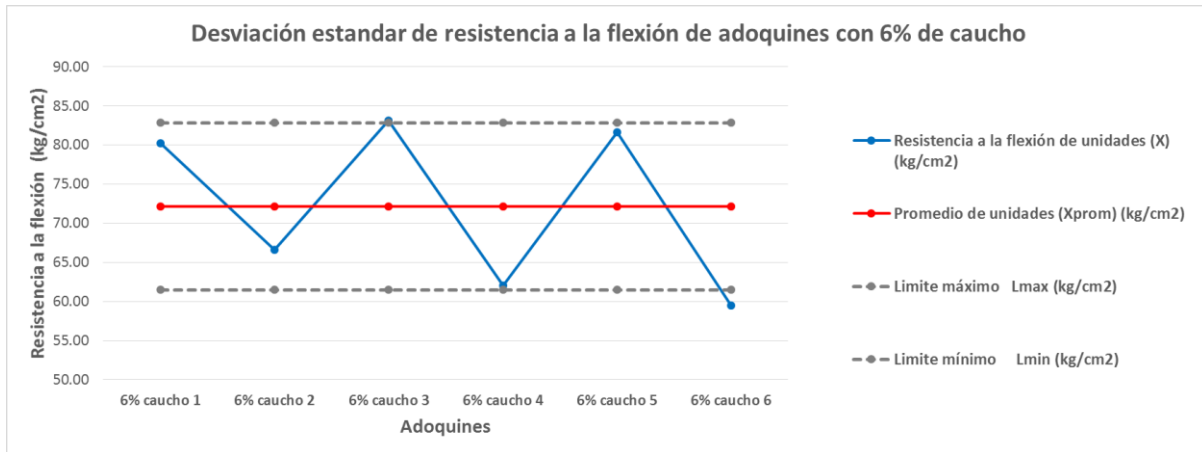


Figura 141: Resistencia a la flexión de adoquines con 6% de caucho a los 28 días

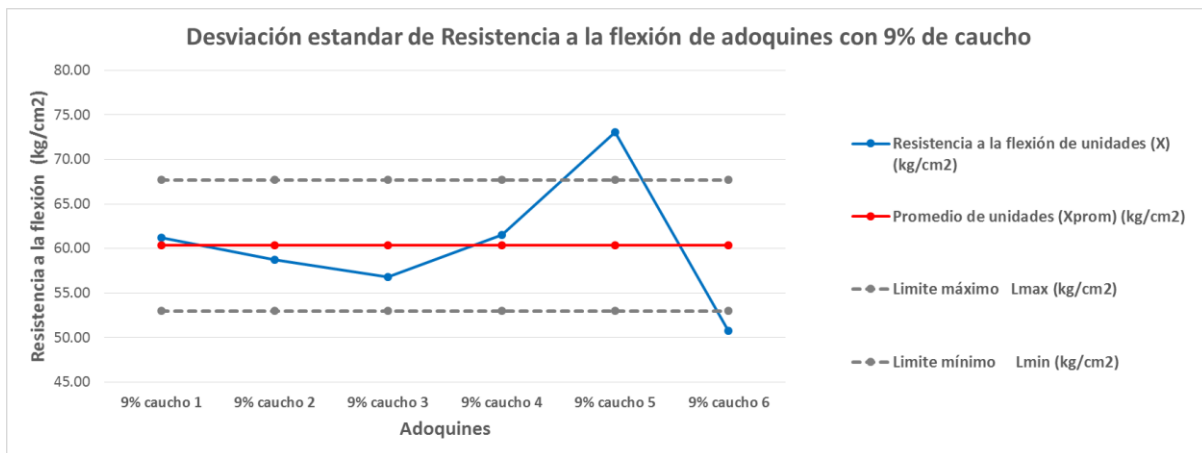


Figura 142: Resistencia a la flexión de adoquines con 9% de caucho a los 28 días

### c) Análisis de la prueba

Respecto al ensayo de resistencia a flexión de adoquines, se realizó gráficos ilustrativos que permitan interpretar de mejor manera los resultados, como son:

- Gráficos para interpretar los resultados de la resistencia a la flexión de los adoquines, correspondiente a los 28 días. Asimismo, para la desviación estándar.



### 3.6.14 Costo de adoquines de concreto por metro cúbico.

Tabla 126: Cantidad de materiales que componen 1m<sup>3</sup> de concreto

Materiales que componen el Adoquín de concreto	Adoquín Patrón	Adoquín con 3% de Caucho	Adoquín con 6% de Caucho	Adoquín con 9% de Caucho
Cemento (kg)	597.12	597.12	597.12	597.12
Agua (lt)	169.44	169.44	169.44	169.44
Aditivo (lt)	7.02	7.02	7.02	7.02
Agregado grueso mezclado (kg)	921.03	921.03	921.03	921.03
Agregado fino mezclado (kg)	633.64	614.63	595.62	576.61
Caucho (kg)	0.00	19.01	38.02	57.03

Tabla 127: Costo de 1m<sup>3</sup> de adoquines de concreto.

Costo de 1m <sup>3</sup> de adoquines de concreto					
Tipo de Adoquín	Material	Unidad	Cantidad	Costo S/.	Costo Total
Patrón	Cemento	kg	597.12	323.14	515.14
	Agua	lt	169.44	25.00	
	Aditivo	lt	7.02	42.00	
	Agregado grueso mezclado	kg	921.03	65.00	
	Agregado fino mezclado	kg	633.64	60.00	
	Caucho	kg	0.00	0.00	
Tipo de Adoquín	Material	Unidad	Cantidad	Costo S/.	Total
3% de caucho	Cemento	kg	597.12	323.14	530.14
	Agua	lt	169.44	25.00	
	Aditivo	lt	7.02	42.00	
	Agregado grueso mezclado	kg	921.03	65.00	
	Agregado fino mezclado	kg	614.63	55.00	
	Caucho	kg	19.01	20.00	
Tipo de Adoquín	Material	Unidad	Cantidad	Costo S/.	Total
6% de caucho	Cemento	kg	597.12	323.14	540.14
	Agua	lt	169.44	25.00	
	Aditivo	lt	7.02	42.00	
	Agregado grueso mezclado	kg	921.03	65.00	
	Agregado fino mezclado	kg	595.62	50.00	
	Caucho	kg	38.02	35.00	
Tipo de Adoquín	Material	Unidad	Cantidad	Costo S/.	Total
9% de caucho	Cemento	kg	597.12	323.14	555.14
	Agua	lt	169.44	25.00	
	Aditivo	lt	7.02	42.00	
	Agregado grueso mezclado	kg	921.03	65.00	
	Agregado fino mezclado	kg	576.61	45.00	
	Caucho	kg	57.03	55.00	



## Capítulo IV: Resultados

### 4.1 Tolerancia dimensional NTP 399.604 (2002)

Tabla 128: Resultados de tolerancia dimensional de adoquines en global

Descripción de Adoquines	Dimensiones previstas			Dimensiones reales			Variación dimensional			NTP 399.611 para largo y ancho (+/-1.6 mm)	NTP 399.611 para espesor (+/-3.2 mm)
	Longitud prevista (mm)	Ancho previsto (mm)	Espesor previsto (mm)	Longitud real L (mm)	Ancho real A (mm)	Espesor real E (mm)	Variación de longitud (mm)	Variación de ancho (mm)	Variación de espesor (mm)		
Patrón 1	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	60.50	0.00	-0.50	0.50	1.6	3.2
Patrón 2	200.00	100.00	60.00	199.00	99.00	60.00	-1.00	-1.00	0.00		
Patrón 3	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	60.50	-0.50	0.00	0.50		
Patrón 4	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	62.00	0.00	-0.50	2.00		
Patrón 5	200.00	100.00	60.00	199.50	99.50	60.50	-0.50	-0.50	0.50		
Patrón 6	200.00	100.00	60.00	200.00	100.00	60.50	0.00	0.00	0.50		
3% caucho 1	200.00	100.00	60.00	199.50	101.00	61.50	-0.50	1.00	1.50	1.6	3.2
3% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	60.00	0.00	-0.50	0.00		
3% caucho 3	200.00	100.00	60.00	200.50	100.50	61.50	0.50	0.50	1.50		
3% caucho 4	200.00	100.00	60.00	199.50	99.50	60.50	-0.50	-0.50	0.50		
3% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	62.00	-0.50	0.00	2.00		
3% caucho 6	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	60.50	0.00	0.50	0.50		
6% caucho 1	200.00	100.00	60.00	199.00	99.00	60.50	-1.00	-1.00	0.50	1.6	3.2
6% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	99.50	61.50	0.00	-0.50	1.50		
6% caucho 3	200.00	100.00	60.00	199.50	99.00	61.50	-0.50	-1.00	1.50		
6% caucho 4	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	60.00	0.00	0.50	0.00		
6% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	60.50	-0.50	0.00	0.50		
6% caucho 6	200.00	100.00	60.00	201.00	99.00	61.00	1.00	-1.00	1.00		
9% caucho 1	200.00	100.00	60.00	200.00	99.00	60.50	0.00	-1.00	0.50	1.6	3.2
9% caucho 2	200.00	100.00	60.00	200.00	100.50	61.50	0.00	0.50	1.50		
9% caucho 3	200.00	100.00	60.00	199.00	100.00	62.00	-1.00	0.00	2.00		
9% caucho 4	200.00	100.00	60.00	200.00	101.00	60.00	0.00	1.00	0.00		
9% caucho 5	200.00	100.00	60.00	199.50	100.00	61.00	-0.50	0.00	1.00		
9% caucho 6	200.00	100.00	60.00	200.00	99.00	61.50	0.00	-1.00	1.50		

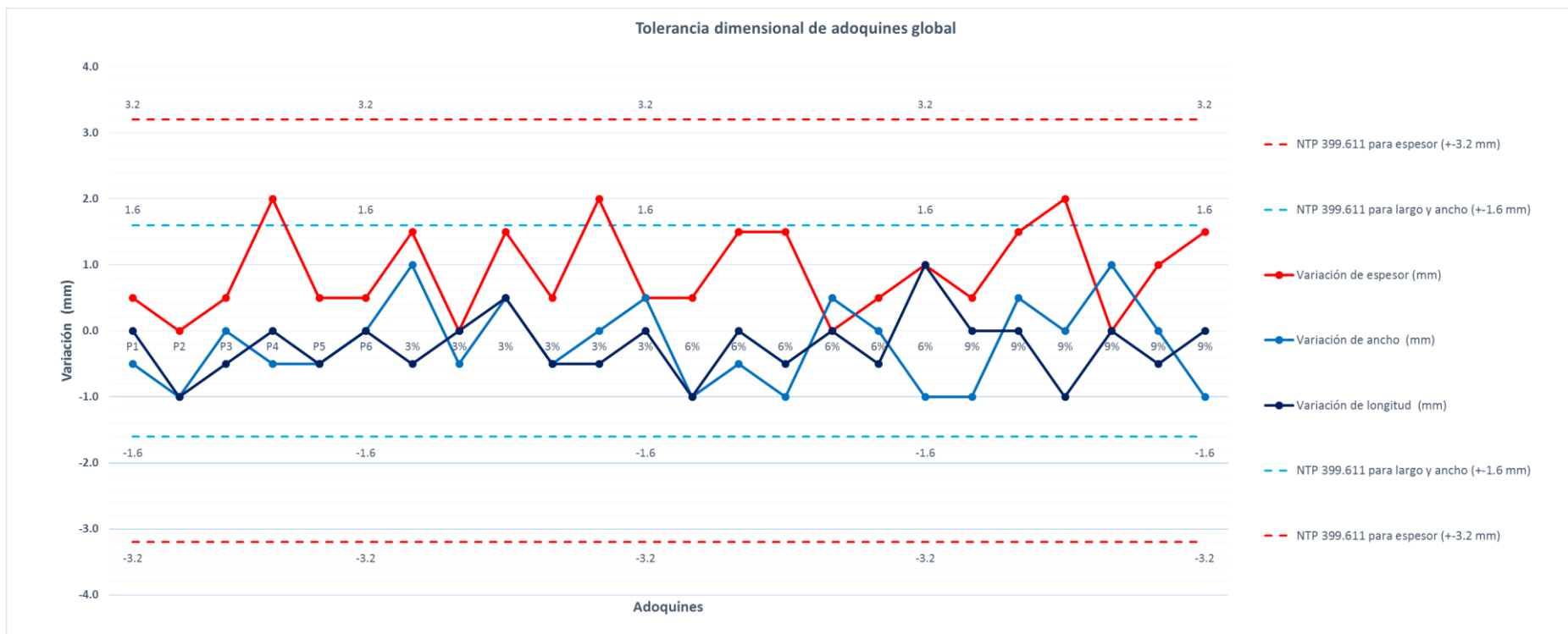


Figura 143: Tolerancia dimensional de adoquines Patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho

c) **Análisis de la prueba:** Observamos en el gráfico que todas las variaciones de las dimensiones están dentro de los rangos establecidos.



#### 4.2 Densidad NTP 399.604 (2002)

Tabla 129: Resultados de Densidad de adoquines en global

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Densidad de adoquines D (Kg/m3)		
				Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio
Patrón 1	3.11	1.80	3.08	2341.49	2314.19	2303.64
Patrón 2	2.88	1.62	2.85	2268.05		
Patrón 3	2.96	1.70	2.92	2333.01		
Patrón 4	2.89	1.64	2.85	2293.52	2293.10	
Patrón 5	3.07	1.76	3.04	2311.95		
Patrón 6	2.94	1.66	2.91	2273.83		
3% caucho 1	2.94	1.67	2.89	2287.50	2282.17	2276.38
3% caucho 2	3.02	1.70	2.97	2249.83		
3% caucho 3	3.01	1.73	2.97	2309.17		
3% caucho 4	3.02	1.70	2.97	2257.56	2270.60	
3% caucho 5	3.02	1.73	2.97	2302.33		
3% caucho 6	2.94	1.65	2.89	2251.91		
6% caucho 1	3.00	1.69	2.96	2274.43	2318.99	2317.50
6% caucho 2	2.80	1.65	2.76	2403.67		
6% caucho 3	2.88	1.63	2.85	2278.87		
6% caucho 4	2.82	1.65	2.78	2395.57	2316.00	
6% caucho 5	3.06	1.74	3.03	2285.16		
6% caucho 6	2.90	1.63	2.87	2267.26		
9% caucho 1	2.89	1.61	2.84	2214.40	2166.25	2154.92
9% caucho 2	2.95	1.54	2.90	2057.88		
9% caucho 3	2.87	1.60	2.82	2226.46		
9% caucho 4	2.98	1.53	2.93	2025.87	2143.59	
9% caucho 5	2.99	1.69	2.94	2255.50		
9% caucho 6	2.92	1.59	2.87	2149.41		

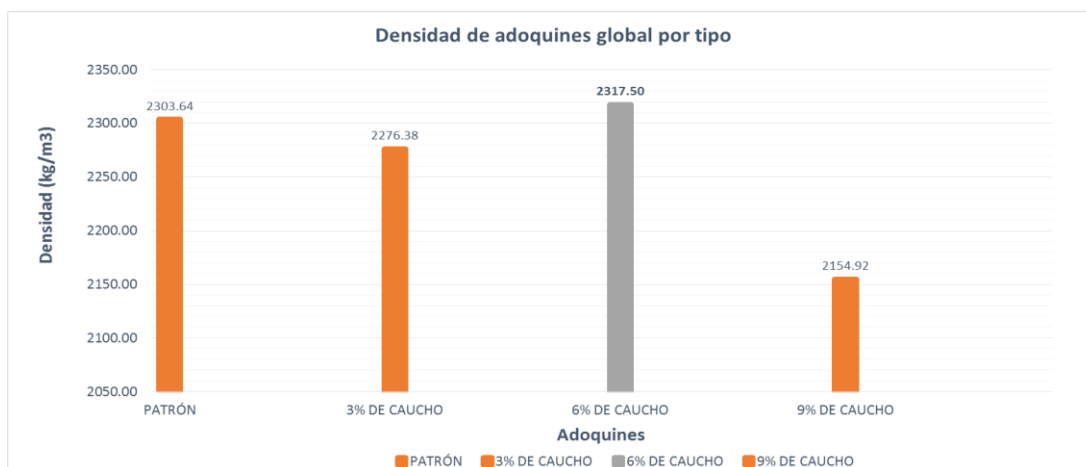


Figura 144: Densidad de adoquines Patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho

c) **Análisis de la prueba:** Observamos en el gráfico que el grupo de adoquines con mayor densidad, es el grupo de adoquines patrón y el grupo de adoquines con 6% de caucho.



### 4.3 Absorción NTP 399.604 (2002)

Tabla 130: Resultados de absorción de adoquines en global

Descripción de Adoquines	Peso Saturado Ws (Kg)	Peso Sumergido Wi (Kg)	Peso Seco Wd (Kg)	Absorción Ab (Kg/m3)	Absorción máxima de adoquines (%)			NTP 399.611 Unidades individuales (%)	NTP 399.611 Promedio de 3 unidades (%)
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades	Promedio General		
Patrón 1	3.11	1.80	3.08	24.62	1.05	1.10	1.13	7.5	6.0
Patrón 2	2.88	1.62	2.85	25.75	1.14				
Patrón 3	2.96	1.70	2.92	26.16	1.12				
Patrón 4	2.89	1.64	2.85	27.35	1.19	1.15		7.5	6.0
Patrón 5	3.07	1.76	3.04	25.34	1.10				
Patrón 6	2.94	1.66	2.91	26.33	1.16				
3% caucho 1	2.94	1.67	2.89	36.12	1.58	1.54	1.57	7.5	6.0
3% caucho 2	3.02	1.70	2.97	33.92	1.51				
3% caucho 3	3.01	1.73	2.97	35.11	1.52				
3% caucho 4	3.02	1.70	2.97	35.50	1.57	1.61		7.5	6.0
3% caucho 5	3.02	1.73	2.97	37.33	1.62				
3% caucho 6	2.94	1.65	2.89	36.68	1.63				
6% caucho 1	3.00	1.69	2.96	25.33	1.11	1.20	1.19	7.5	6.0
6% caucho 2	2.80	1.65	2.76	32.81	1.36				
6% caucho 3	2.88	1.63	2.85	25.34	1.11				
6% caucho 4	2.82	1.65	2.78	29.37	1.23	1.19		7.5	6.0
6% caucho 5	3.06	1.74	3.03	28.54	1.25				
6% caucho 6	2.90	1.63	2.87	24.52	1.08				
9% caucho 1	2.89	1.61	2.84	41.47	1.87	1.79	1.75	7.5	6.0
9% caucho 2	2.95	1.54	2.90	35.57	1.73				
9% caucho 3	2.87	1.60	2.82	39.70	1.78				
9% caucho 4	2.98	1.53	2.93	34.86	1.72	1.71		7.5	6.0
9% caucho 5	2.99	1.69	2.94	36.96	1.64				
9% caucho 6	2.92	1.59	2.87	38.33	1.78				

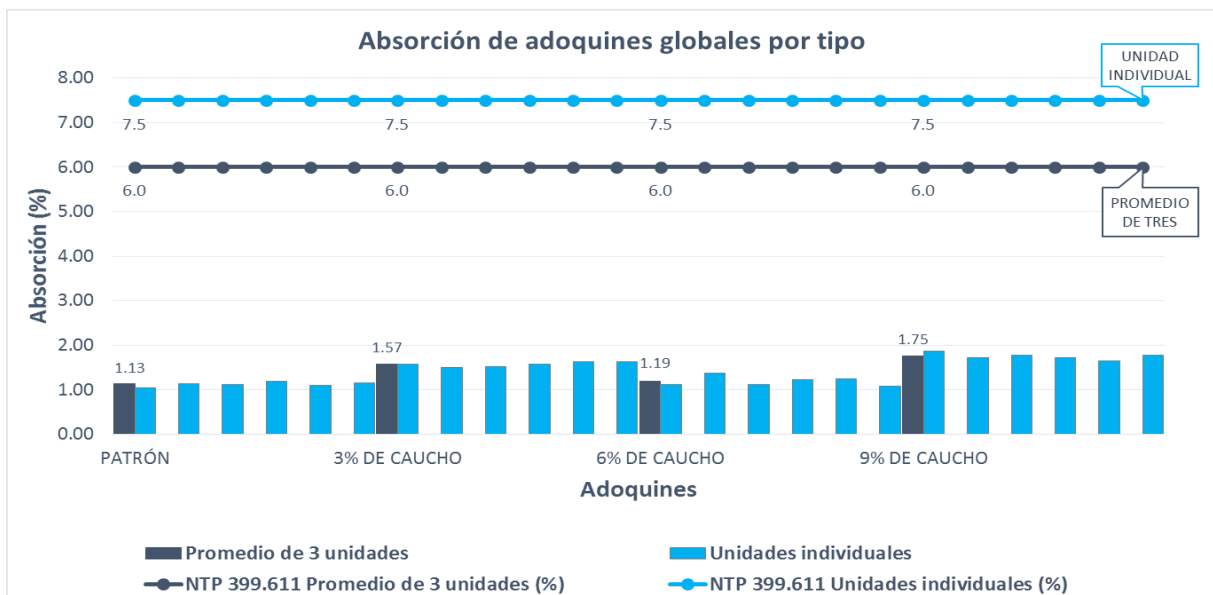


Figura 145: Absorción de adoquines Patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho



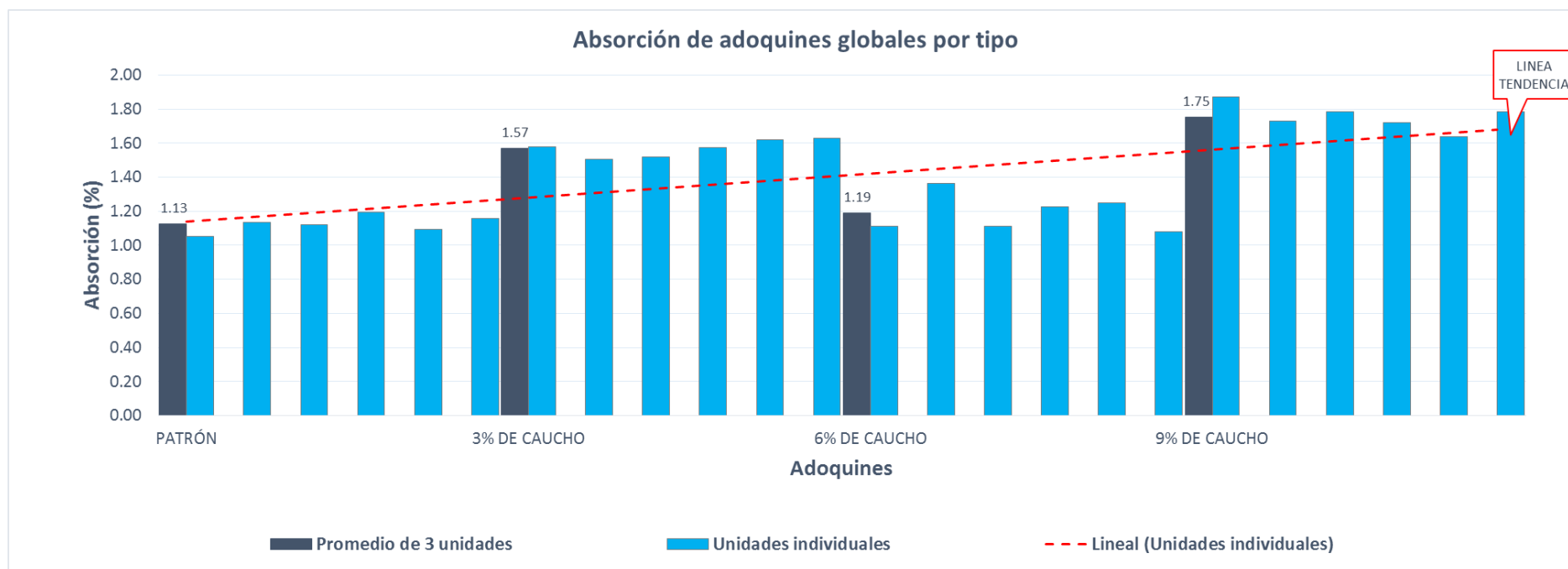


Figura 146: Tendencia de absorción de adoquines Patrón, con 3%, 6% y 9% de caucho

c) **Análisis de la prueba:** Observamos en el gráfico que a mayor sea el porcentaje de caucho, mayor será el porcentaje de absorción en los adoquines.



#### 4.4 Resistencia a la compresión NTP 399.604 (2002)

- Resistencia a la compresión a los 7 días de edad

Tabla 131: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines en global a los 7 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Pmax/Ag) en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rcp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	420.00	99728.41	20.00	10.00	200.00	498.64	458.80	458.13	109%	380.00	420.00
Patrón 2	420.00	88380.76	19.90	9.95	198.01	446.36					
Patrón 3	420.00	85202.30	19.95	9.90	197.51	431.39					
Patrón 4	420.00	91997.61	20.00	10.00	200.00	459.99	457.46				
Patrón 5	420.00	86270.66	19.95	9.90	197.51	436.80					
Patrón 6	420.00	95591.41	20.00	10.05	201.00	475.58					
3% caucho 1	420.00	80076.47	20.00	10.00	200.00	400.38	413.62	430.47	102%	380.00	420.00
3% caucho 2	420.00	82590.28	20.00	9.95	199.00	415.03					
3% caucho 3	420.00	84876.39	19.95	10.00	199.50	425.45					
3% caucho 4	420.00	92782.69	20.00	10.10	202.00	459.32	447.33				
3% caucho 5	420.00	86718.21	19.90	9.90	197.01	440.17					
3% caucho 6	420.00	88498.34	20.00	10.00	200.00	442.49					
6% caucho 1	420.00	87014.75	19.95	10.00	199.50	436.16	409.06	416.90	99%	380.00	420.00
6% caucho 2	420.00	69691.34	20.05	9.90	198.50	351.10					
6% caucho 3	420.00	87984.81	20.00	10.00	200.00	439.92					
6% caucho 4	420.00	89166.46	20.00	10.00	200.00	445.83	424.74				
6% caucho 5	420.00	80774.57	19.95	9.95	198.50	406.92					
6% caucho 6	420.00	84717.73	20.00	10.05	201.00	421.48					
9% caucho 1	420.00	66373.27	19.90	9.95	198.01	335.21	380.01	358.36	85%	380.00	420.00
9% caucho 2	420.00	83987.20	19.90	10.05	200.00	419.95					
9% caucho 3	420.00	76590.05	20.00	9.95	199.00	384.87					
9% caucho 4	420.00	62141.53	20.00	9.95	199.00	312.27	336.70				
9% caucho 5	420.00	74455.67	19.95	10.00	199.50	373.21					
9% caucho 6	420.00	64924.14	20.00	10.00	200.00	324.62					

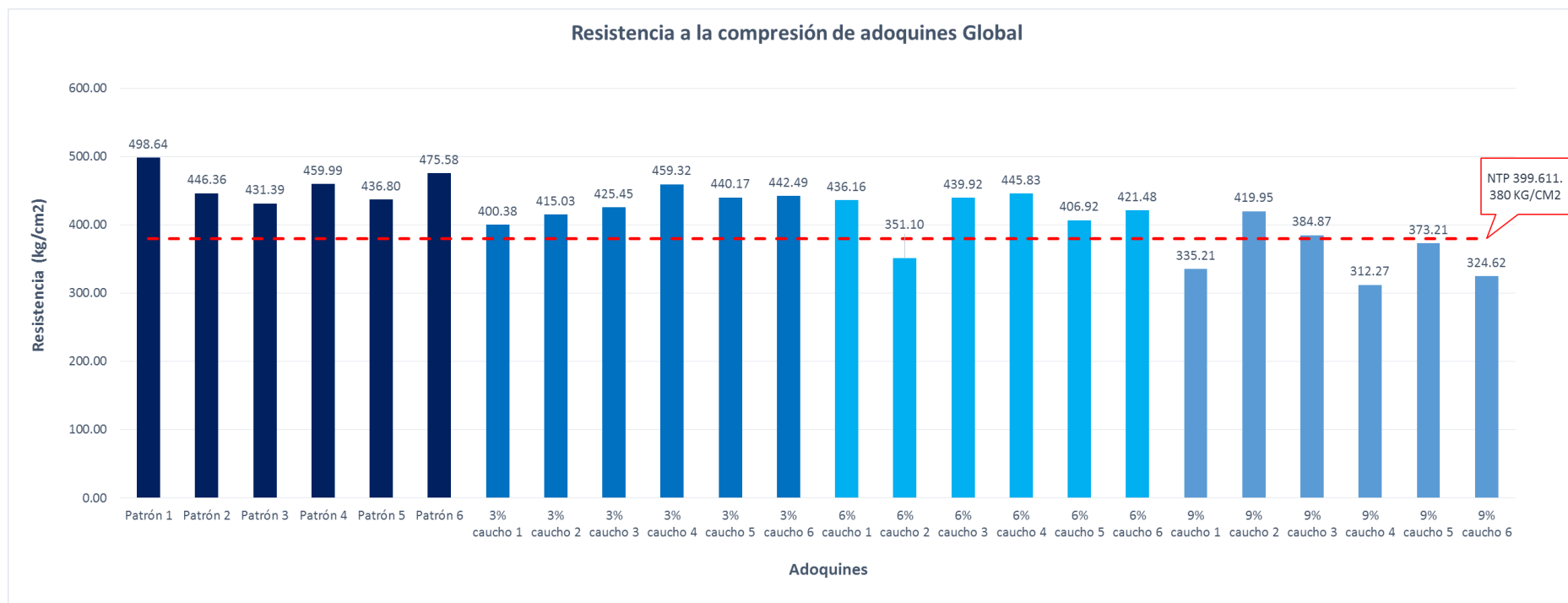


Figura 147: Resultado de resistencia a la compresión individual de adoquines global a los 7 días

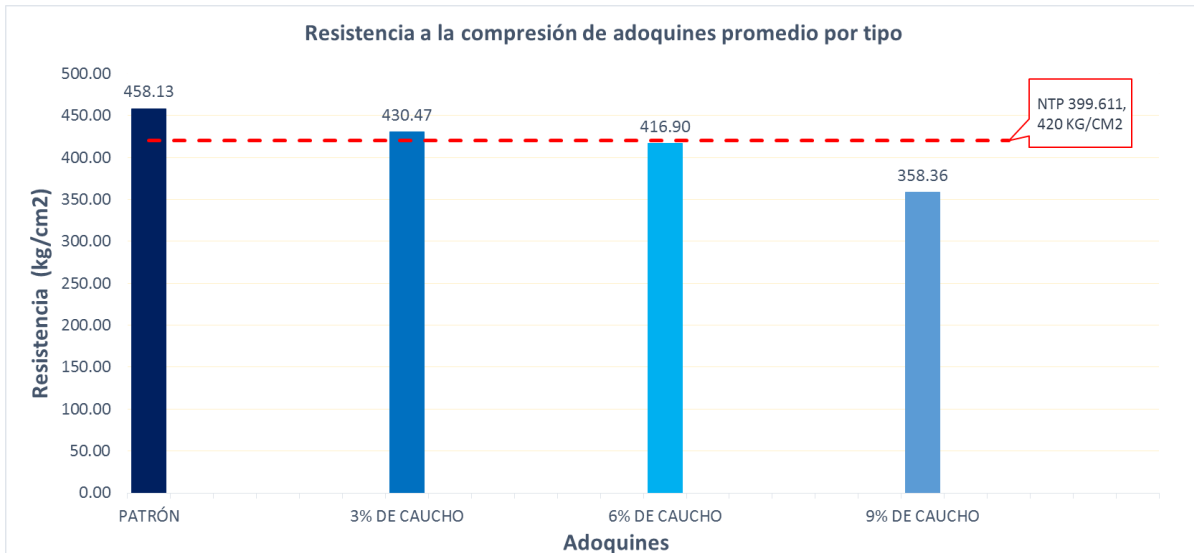


Figura 148: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio por tipo a los 7 días

### c) Análisis de la prueba:

**Respecto a los adoquines evaluados individualmente:** Observamos en el gráfico que, a los 7 días, 19 adoquines de 24 ya cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTP 399.611. El cual especifica una resistencia mínima de 380 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que los 28 días se obtendrán mayores resultados.

**Respecto a los adoquines evaluados en promedio:** Observamos en el gráfico que, a los 7 días, el grupo de los adoquines Patrón y con 3% de reemplazo ya cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTP 399.611. El cual especifica una resistencia mínima de 420 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que los 28 días se obtendrán mayores resultados.



• Resistencia a la compresión a los 28 días de edad

Tabla 132: Resultados de resistencia a la compresión de adoquines en global a los 28 días

Descripción de Adoquines	Diseño F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Pmax (Kg)	Dimensiones		Área bruta Ag (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Compresión Rc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales Rep (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje P (%)	NTP 399.611	
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)						Unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de 3 unidades individuales (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón 1	420.00	104975.38	19.95	10.10	201.50	520.98	546.99	552.41	132%	380.00	420.00
Patrón 2	420.00	105821.04	19.90	9.90	197.01	537.14					
Patrón 3	420.00	116571.94	20.00	10.00	200.00	582.86					
Patrón 4	420.00	113080.12	20.00	10.00	200.00	565.40	557.82	552.41	132%	380.00	420.00
Patrón 5	420.00	111698.50	20.00	9.95	199.00	561.30					
Patrón 6	420.00	109354.36	20.00	10.00	200.00	546.77					
3% caucho 1	420.00	106176.00	20.10	9.95	200.00	530.89	534.77	529.27	126%	380.00	420.00
3% caucho 2	420.00	108803.21	19.95	10.00	199.50	545.38					
3% caucho 3	420.00	105605.98	20.00	10.00	200.00	528.03					
3% caucho 4	420.00	106760.91	19.90	10.00	199.00	536.49	523.77	529.27	126%	380.00	420.00
3% caucho 5	420.00	104284.72	20.00	9.90	198.00	526.69					
3% caucho 6	420.00	102133.01	20.00	10.05	201.00	508.12					
6% caucho 1	420.00	96500.79	19.95	10.05	200.50	481.31	506.66	501.71	119%	380.00	420.00
6% caucho 2	420.00	104360.08	20.00	9.95	199.00	524.42					
6% caucho 3	420.00	103103.07	19.95	10.05	200.50	514.24					
6% caucho 4	420.00	92454.14	20.05	9.95	199.50	463.44	496.76	501.71	119%	380.00	420.00
6% caucho 5	420.00	102778.39	19.95	9.95	198.50	517.77					
6% caucho 6	420.00	101815.78	20.00	10.00	200.00	509.08					
9% caucho 1	420.00	81873.22	19.95	10.10	201.50	406.33	424.05	430.98	103%	380.00	420.00
9% caucho 2	420.00	86824.57	20.00	9.90	198.00	438.51					
9% caucho 3	420.00	85460.80	20.00	10.00	200.00	427.30					
9% caucho 4	420.00	86574.53	20.00	9.95	199.00	435.05	437.91	430.98	103%	380.00	420.00
9% caucho 5	420.00	91878.10	19.90	9.95	198.01	464.02					
9% caucho 6	420.00	82726.82	19.95	10.00	199.50	414.67					

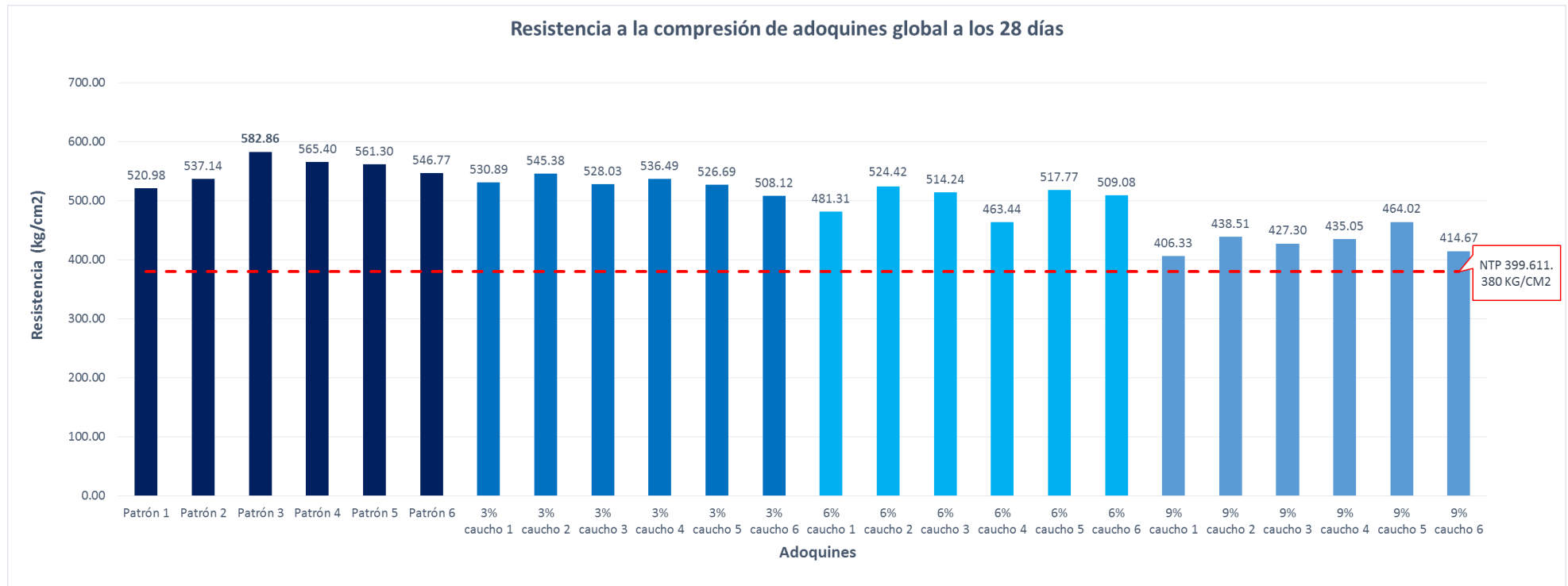


Figura 149: Resultado de resistencia a la compresión individual de adoquines global a los 28 días

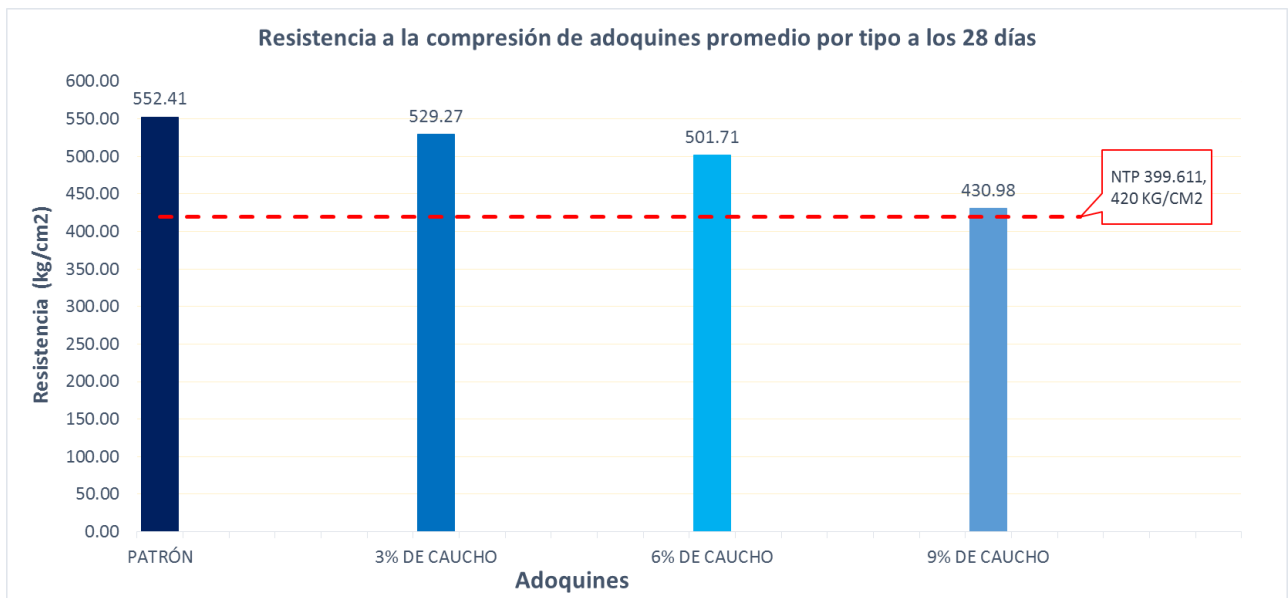


Figura 150: Resultado de resistencia a la compresión de adoquines promedio por tipo a los 28 días

### c) Análisis de la prueba:

**Respecto a los adoquines evaluados individualmente:** Observamos en el gráfico que, a los 28 días, 24 adoquines de 24 cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTP 399.611. El cual especifica una resistencia mínima de 380 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que todos los adoquines cumplen con la NTP 399.611.

**Respecto a los adoquines evaluados en promedio:** Observamos en el gráfico que, a los 28 días, todos los grupos de adoquines (Patrón, 3%, 6% y 9% de reemplazo) cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTP 399.611. El cual especifica una resistencia mínima de 420 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que todos los adoquines cumplen con la NTP 399.611. Tanto individualmente como en promedio.



#### 4.5 Resistencia a la flexión NTG 41087 h1

Tabla 133: Resultados de resistencia a la flexión de adoquines en global a los 28 días

Descripción de Adoquines	Distancia entre ejes de apoyo L (mm)	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito B (mm)	Espesor del adoquín H (mm)	Carga máxima aplicada P (N)	Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura)				NTG 41086 (Kg/cm <sup>2</sup> )	NTG 41086 Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Resistencia a la flexión MR (MPa)	Resistencia a la flexión MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de tres unidades MRp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio Pr (Kg/cm <sup>2</sup> )		
Patrón 1	180.00	99.50	60.00	11097.00	8.36	85.30	83.83	85.59	35.70	42.00
Patrón 2	180.00	100.50	61.00	10695.00	7.72	78.74			35.70	
Patrón 3	179.50	99.00	60.50	11541.00	8.58	87.44			35.70	
Patrón 4	180.00	100.50	60.50	12118.00	8.89	90.70	87.34	85.59	35.70	42.00
Patrón 5	179.00	100.00	60.50	10842.00	7.95	81.10			35.70	
Patrón 6	180.00	99.50	61.00	12134.00	8.85	90.23			35.70	
3% caucho 1	179.50	100.50	60.00	11362.00	8.46	86.22	79.41	79.32	35.70	42.00
3% caucho 2	180.00	99.00	61.50	10287.00	7.42	75.64			35.70	
3% caucho 3	180.00	100.00	60.00	9987.00	7.49	76.38			35.70	
3% caucho 4	180.00	100.50	60.50	11152.00	8.19	83.47	79.22	79.32	35.70	42.00
3% caucho 5	180.00	100.00	61.50	9951.00	7.10	72.44			35.70	
3% caucho 6	180.00	99.00	60.50	10762.00	8.02	81.77			35.70	
6% caucho 1	179.50	100.00	61.50	11052.00	7.87	80.23	76.63	72.17	35.70	42.00
6% caucho 2	180.00	100.50	60.00	8747.00	6.53	66.56			35.70	
6% caucho 3	180.00	100.00	60.50	11047.00	8.15	83.10			35.70	
6% caucho 4	179.50	99.00	61.00	8319.00	6.08	62.00	67.71	72.17	35.70	42.00
6% caucho 5	179.00	100.00	60.50	10915.00	8.01	81.65			35.70	
6% caucho 6	179.50	100.50	60.00	7837.00	5.83	59.47			35.70	
9% caucho 1	180.00	99.50	60.00	7963.00	6.00	61.21	58.90	60.35	35.70	42.00
9% caucho 2	180.00	100.00	62.00	8197.00	5.76	58.71			35.70	
9% caucho 3	180.50	99.50	60.50	7490.00	5.57	56.78			35.70	
9% caucho 4	179.50	99.50	62.00	8575.00	6.04	61.56	61.80	60.35	35.70	42.00
9% caucho 5	179.50	99.50	60.50	9694.00	7.17	73.08			35.70	
9% caucho 6	179.00	100.00	61.50	7014.00	4.98	50.77			35.70	



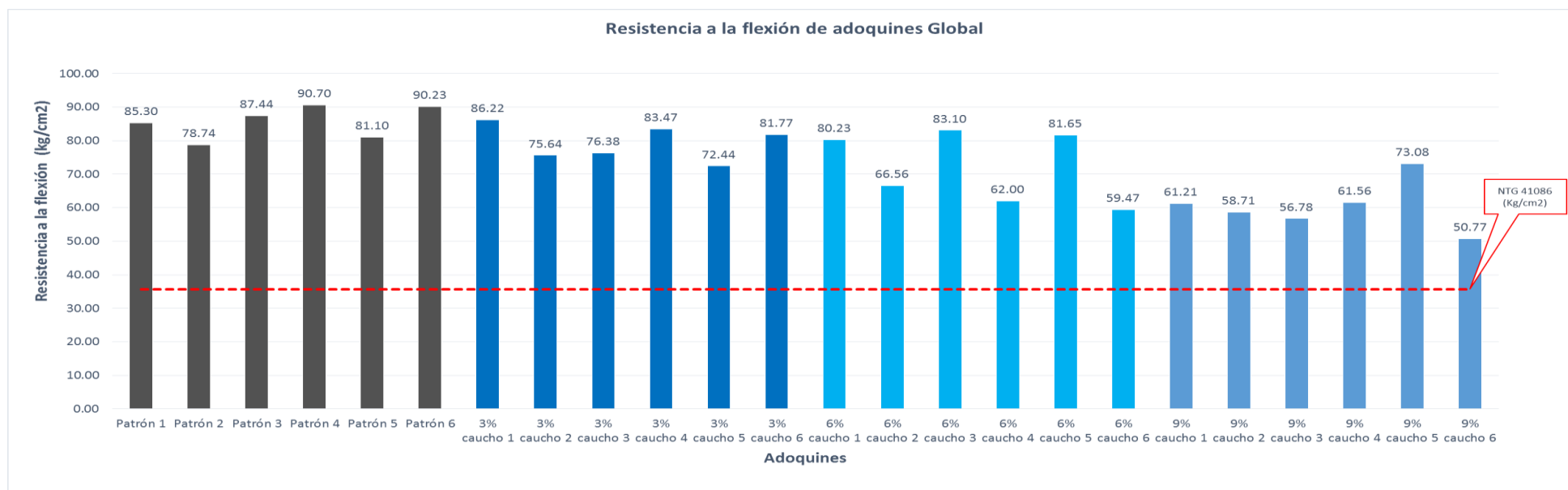


Figura 151: Resultado de resistencia individual a la flexión de adoquines global a los 28 días

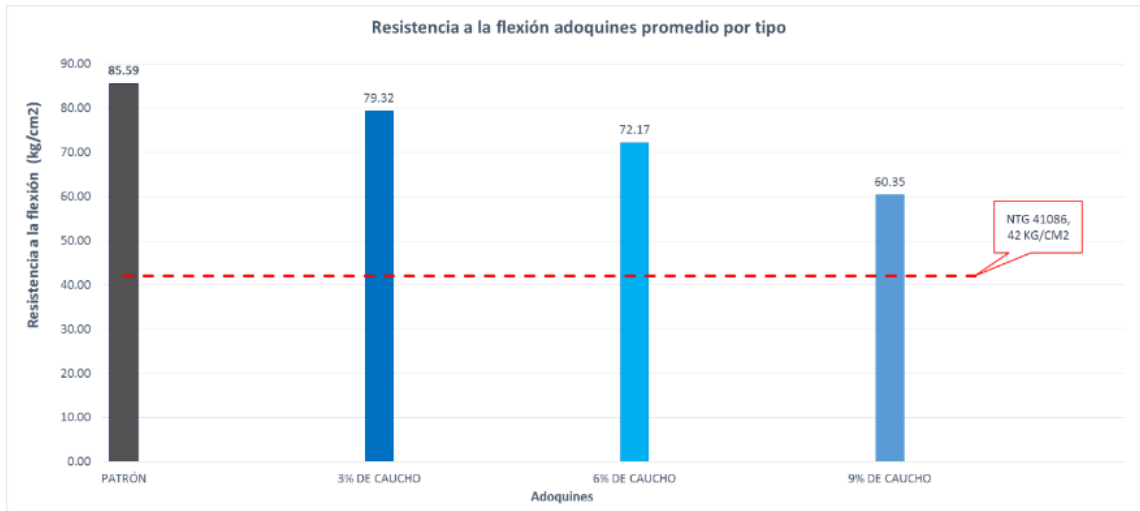


Figura 152: Resultado de resistencia a la flexión de adoquines promedio por tipo a los 28 días

### c) Análisis de la prueba:

#### **Respecto a la resistencia a la flexión los adoquines evaluados individualmente:**

Observamos en el gráfico que, a los 28 días, 24 adoquines de 24 cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTG 41086. Superando considerablemente a la resistencia mínima específica de 35.70 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que todos los adoquines cumplen con la NTG 41086.

**Respecto a la resistencia a la flexión los adoquines evaluados en promedio:** Observamos en el gráfico que, a los 28 días, todos los grupos de adoquines (Patrón, 3%, 6% y 9% de reemplazo) cumplen con la resistencia exigida por la norma técnica NTG 41086. El cual especifica una resistencia mínima de 42 kg/cm<sup>2</sup>. Esto nos indica que todos los adoquines cumplen con la NTG 41086. Tanto individualmente como en promedio.



## Capítulo V: Discusión

### a. Respecto a la interpretación de los resultados en la investigación.

#### **¿Cuál fue el comportamiento de los adoquines frente a las exigencias de la norma técnica NTP 399.611 respecto al ensayo de tolerancia dimensional?**

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento respecto a la variación de las dimensiones de los adoquines en función de las tolerancias dimensionales dadas en la NTP 399.611, en donde indica que las tolerancias dimensionales para adoquines no deben ser mayor a (+- 1.6) para la longitud, (+- 1.6) para el ancho y (+- 3.2) para el espesor. Entonces respecto a estos valores establecidos como límites tolerables para las dimensiones de los adoquines en los grupos establecidos en la investigación (adoquín patrón, adoquín con 3% de caucho, adoquín con 6% de caucho y adoquín con 9% de caucho), de los cuales ninguno de los adoquines sobrepasó los límites establecidos en la norma técnica.

#### **¿Cuál fue el comportamiento de los adoquines frente a la norma técnica NTP 399.611 respecto al ensayo de densidad de adoquines?**

Los resultados obtenidos mostraron un comportamiento que evidenció las características y diferencias de los adoquines de cada uno de los grupos (adoquín patrón, adoquín con 3% de caucho, adoquín con 6% de caucho y adoquín con 9% de caucho), en donde esta evaluación considero como referencia al promedio del grupo de adoquines patrón, esto debido a que no se cuenta con valores referenciados en las normas técnicas respecto a la densidad de adoquines. Sin embargo, se pudo observar que el grupo que mayor densidad presentó es de adoquines con 6% de caucho como reemplazo al agregado fino, esto muestra que respecto a la densidad de adoquines el porcentaje más recomendado corresponde a 6% de caucho.

#### **¿Cuál fue el comportamiento de los adoquines frente a las exigencias de la norma técnica NTP 399.611 respecto al ensayo de absorción de adoquines?**

Los resultados encontrados muestran una tendencia de crecimiento de la absorción en los adoquines, al ser reemplazado el agregado fino con caucho reciclado fino en los porcentajes de 3, 6 y 9%, con excepción del porcentaje de 6% de caucho en donde se observa una disminución en el porcentaje de absorción, este grupo de adoquines adopta un comportamiento bastante similar al porcentaje de absorción del grupo de adoquines patrón. Por consiguiente, el porcentaje de 6% de caucho nos indica que es un porcentaje más óptimo



de reemplazo de caucho reciclado fino en adoquines respecto a su absorción. Por tanto, se infiere que a mayor es el porcentaje de caucho presente en el adoquín, mayor es su porcentaje de absorción.

**¿Cuál fue el comportamiento de los adoquines frente a las exigencias de la norma técnica NTG 41086 respecto al ensayo de resistencia a la flexión?**

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran un comportamiento óptimo de los adoquines en todos los grupos (adoquines patrón, con 3% de caucho, con 6% de caucho y con 9% de caucho reciclado fino), en donde los resultados obtenidos se evaluaron con respecto a la norma técnica NTG 41086 la cual indica valores de resistencia a la flexión mínimos del adoquín para: Adoquines individuales 3.5 MPa (35.7 kg/cm<sup>2</sup>) y promedio de tres adoquines 4.1 MPa (42 kg/cm<sup>2</sup>), en donde se observó que el grupo de adoquines con mejor comportamiento a este ensayo es el grupo de adoquines patrón mostrando una óptima respuesta a las solicitaciones de este ensayo; asimismo el grupo de adoquines con reemplazo de caucho que mejor comportamiento presento es el porcentaje de 3% de caucho el cual es en recomendación el de mejor comportamiento respecto a los porcentajes estudiados en la presente investigación; sin embargo todos los grupos de adoquines estudiados en la presente investigación mostraron comportamientos excelentes a este ensayo. Se observó también que a medida que aumenta el porcentaje de caucho disminuye también la resistencia a la flexión.

**¿Cuál fue el comportamiento de los adoquines frente a las exigencias de la norma técnica NTP 399.611 respecto al ensayo de resistencia a compresión de los adoquines a los 7 y 28 días?**

Los resultados obtenidos en este ensayo mostraron óptimos comportamientos en todos los grupos de adoquines establecidos en la presente investigación, cumpliendo con las exigencias establecidas en la norma técnica NTP 399.611 “Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos”, en donde respecto a la resistencia a la compresión mínima que ha de cumplir los adoquines de concreto los valores de (380kg/cm<sup>2</sup> para adoquines individuales y 420 kg/cm<sup>2</sup> para el promedio de 3 unidades de adoquín). En donde el que mejor resultado presento a la edad de 28 días fue el grupo de adoquines patrón; asimismo respecto a los adoquines con porcentajes de caucho el que mejor resultado presento es el grupo de adoquines con 3% de reemplazo de caucho; sin embargo, todos los grupos cumplieron con las exigencias establecidas en la norma técnica. Respecto a los resultados obtenidos a la edad de 7 días se observó que un comportamiento óptimo de los



adoquines evaluados, en donde se observó que adoquines del grupo patrón, con 3 y 6% de reemplazo de caucho cumplieron con normalidad los valores establecidos en la norma técnica y el grupo de adoquines con 9% de caucho mínimamente también cumplió, es decir todos los grupos cumplieron la norma técnica a la edad de 7 días, este comportamiento es debido en gran medida a las propiedades del cemento utilizado el cual es el de tipo 3 “cemento Yura HE” en donde sus especificaciones técnicas indican altas resistencias iniciales, lo cual quedó evidenciado en la presente investigación.

**b. Respecto al aporte de la investigación.**

**¿Cuál es el aporte de la investigación con respecto al enfoque social?**

Investigación promueve el potencial de nuevas oportunidades laborales respecto a la utilización del caucho reciclado como agregado en el concreto, el cual se fomenta el uso de este material, puesto que está al alcance de la población el poder contar con este material.

**¿Cuál es el aporte de la investigación con respecto al enfoque ambiental?**

La utilización del caucho reciclado fino como agregado en el concreto es importante, debido a que el caucho utilizado en la presente investigación proviene de los neumáticos fuera de uso, los cuales cada vez va en aumento, entonces con el uso de este material se reduce en gran medida este impacto generado por los neumáticos fuera de uso.

**¿Cuál es el aporte de la investigación con respecto al enfoque de la ingeniería Civil?**

La evaluación del caucho reciclado en porcentajes de 3, 6 y 9% como agregado fino en los adoquines de concreto muestran el comportamiento de los adoquines con distintos porcentajes de caucho, el cual permitió conocer las proporciones óptimas de utilización de caucho reciclado fino para cada solicitud específica. Donde respecto a la resistencia a compresión se observó que los adoquines con 3% de caucho presento mayor resistencia respecto a los otros porcentajes, asimismo cumplió con la norma técnica.



## Glosario

**Adoquín:** Elemento componente de un pavimento, el cual puede ser prefabricado.

**Agregado:** Material seleccionado, debidamente graduado para ser utilizado en la construcción.

**Adoquín de concreto:** Elemento componente de un pavimento, el cual está compuesto de concreto.

**Agregado fino:** Material pétreo que pasa el tamiz 3/8" y que a su vez es retenido en el tamiz N° 200.

**Agregado grueso:** Material pétreo graduado que es retenido en el tamiz N° 4.

**Absorción:** Propiedad de retener un elemento como el agua en un cuerpo que es capaz de contener dicha sustancia.

**Caucho reciclado:** Material granular procedente de los neumáticos usados.

**Densidad:** Relación existente entre la masa y el volumen de un cuerpo u objeto.

**Mezcla:** Materiales combinados que componen una masa de concreto.

**Resistencia a la compresión:** Esfuerzo que puede llegar a soportar un elemento o material al cual se le ha aplicado dicho esfuerzo.

**Resistencia a la flexión:** Fuerza de tracción a la cual está sometida un cuerpo o elemento de concreto.

**Tolerancia dimensional:** Rango de variabilidad de la dimensión de un elemento u objeto a ser medido.

**Vaceado:** Acción de llenar con concreto un espacio previamente moldeado.



## Conclusiones

### Conclusión N° 01

Se demostró el cumplimiento de la hipótesis general: “La evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019, cumplen con las normas que evalúan sus propiedades”. Los adoquines evaluados si cumplen con las propiedades físico - mecánicas evaluadas, donde:

- Respecto a la tolerancia dimensional especificado en la tabla N° 128, se obtuvo valores que están dentro de las especificaciones en la norma técnica NTP 399.611.
- Respecto a la densidad los valores obtenidos especificados en la tabla N° 129, se obtuvieron valores similares al adoquín patrón, de donde los porcentajes de caucho en adoquines con mayor densidad son de 3 y 6% de caucho en adoquines. Cabe mencionar que para la densidad no se cuenta con una norma técnica para su contraste, debido a ello se consideró como referencia al adoquín patrón, el cual tiene 0% de caucho.
- Respecto a la absorción se obtuvieron resultados que están dentro de las especificaciones técnicas establecidas en la NTP 399.611, establecidas en la tabla N° 130.
- Respecto a la resistencia a compresión se obtuvieron resultados que, si cumplen con la NTP 399.611, valores especificados en la tabla N° 132.
- Respecto a la resistencia a la flexión si cumplen con la norma técnica NTG 41086, valores que están especificados en la tabla N° 133.

### Conclusión N° 02

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 01: La tolerancia dimensional del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, varía dentro de (+- 1.6 de Longitud), (+- 1.6 de Ancho) y (+- 3.2 de Espesor).

- Respecto a los valores obtenidos para los grupos de (adoquines patrón, con 3% de caucho, con 6% de caucho y 9% de caucho), todos los grupos presentaron una variación que está dentro de los límites establecidos en la NTP 399.611, en donde la variación dimensional de longitud y ancho fueron mínimas mientras que el espesor presento una variación de hasta 2 mm. Sin embargo, se encuentra dentro de las tolerancias dimensionales establecidas por la norma técnica la cual es 3.2 mm para el espesor.



### **Conclusión N° 03**

No se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 02: La densidad del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor respecto al adoquín sin reemplazo.

- Respecto a la densidad de adoquines no se demostró la sub hipótesis N° 02. Sin embargo, el adoquín con 6% de caucho es el que mayor densidad presentó 2317.50 kg/m<sup>3</sup> siendo similar al adoquín patrón con 2276.38 kg/cm<sup>3</sup>. Para la densidad en adoquines se infirió que los adoquines con porcentajes de caucho generarían menores densidades y que el adoquín patrón tendría la mayor densidad de entre todos los grupos. Sin embargo, se demostró que con 6% de caucho reemplazo en el agregado fino muestra una densidad óptima lo cual superó las expectativas del caucho en este porcentaje. Por tanto, es recomendable en esta investigación.

### **Conclusión N° 04**

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 03: La absorción de las unidades individuales del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor de 7.5%.

- Respecto a la absorción de los adoquines se demostró sustancialmente la sub hipótesis N° 03, debido a que la mayor absorción presentada de todos los adoquines evaluados en la presente investigación fue de 1.87% de absorción individual perteneciente al grupo de adoquines con 9% de caucho. Teniendo como menor absorción al adoquín que pertenece al grupo patrón con 1.05% de absorción individual.

### **Conclusión N° 05**

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 04: La absorción promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor de 6%.

- Respecto a la absorción de los adoquines se demostró la sub hipótesis N° 04, debido a que la mayor absorción presentada de todos los grupos de adoquines evaluados en la presente investigación fue de 1.75 en promedio perteneciente al grupo de adoquines con 9% de caucho. Teniendo como menor absorción al grupo de adoquines patrón con 1.13% en promedio y 1.19% en promedio del grupo de adoquines con 6% de caucho, esto con respecto a los adoquines con porcentaje de caucho.





### **Conclusión N° 06**

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 05: La resistencia a la compresión de las unidades individuales del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 380kg/cm<sup>2</sup>.

- Respecto a la resistencia a compresión individual de los adoquines se demostró la sub hipótesis N°05, se observa en la Tabla N° 132 que la mayor resistencia a compresión es la que presentó el adoquín “patrón 3” con 582.86 kg/cm<sup>2</sup> y la menor resistencia a compresión es 406.33 presentada por el adoquín “9% caucho 1”, ambos adoquines cumplen los requerimientos especificados por la norma técnica NTP 399.611 (380 kg/cm<sup>2</sup>) respecto a los adoquines evaluados individualmente, a la edad de 28 días.

### **Conclusión N° 07**

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 06: La resistencia a la compresión promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 420kg/cm<sup>2</sup>.

- Respecto a la resistencia a compresión promedio de cada 3 adoquines se demostró la sub hipótesis N° 06, debido a que la mayor resistencia a compresión promedio es 552.41 kg/cm<sup>2</sup> presentada por el grupo de adoquín patrón y la menor resistencia a compresión promedio es 430.98 kg/cm<sup>2</sup> presentada por el grupo de adoquines con 9% caucho, ambos valores cumplen los requerimientos especificados por la norma técnica NTP 399.611 (420 kg/cm<sup>2</sup>) respecto a los adoquines evaluados en promedio, a la edad de 28 días, datos observables en la Tabla N° 132.

### **Conclusión N° 08**

Se demostró el cumplimiento de la sub hipótesis N° 07: La resistencia a la flexión del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 35.7kg/cm<sup>2</sup>.

- Respecto a la resistencia a flexión de adoquines se demostró la sub hipótesis N° 07, debido a que la mayor resistencia a la flexión es 90.70 kg/cm<sup>2</sup> presentada por el adoquín “patrón 4”, en promedio 85.59 kg/cm<sup>2</sup> del grupo patrón para flexión. Asimismo, la menor resistencia a la flexión es 50.77 kg/cm<sup>2</sup> presentada por el adoquín con “9% caucho 6”, y en promedio 60.35 kg/cm<sup>2</sup> perteneciente al grupo con “9% de caucho”. Sin embargo, todos los grupos de adoquines cumplen los requerimientos especificados por la norma técnica NTG 41086 (35.7 kg/cm<sup>2</sup> mínimo individual y 42 kg/cm<sup>2</sup> promedio de tres unidades), a la edad de 28 días.



## **Conclusión N° 09**

Como resultado final se ha demostrado que se ha logrado elaborar adoquines con reemplazos de caucho en 3%, 6% y 9%, los cuales cumplen con las normas técnicas tanto la NTP 399.611 como la NTG 41086 respectivamente. Asimismo, se ha obtenido adoquines más livianos lo cual es a considerar ya que cuenta con las mismas propiedades que un adoquín convencional, pero más ligero.

## **Recomendaciones**

### **Recomendación N° 01**

Se recomienda el uso de agregados finos y gruesos que cumplan con los requerimientos técnicos para la elaboración de la mezcla de concreto para los adoquines.

### **Recomendación N° 02**

Se recomienda que, en el procedimiento de mezcla de concreto para adoquines, se realice primero la mezcla de los agregados fino y grueso, seguidamente el cemento con una adición proporcional de agua en dos partes: La primera adición de 30% del agua diseñada después de los agregados y 70% después de haber agregado el cemento. Esto porque la mezcla tiene una consistencia seca y el presente orden proporciona una adecuada mezcla de los componentes del concreto.

### **Recomendación N° 03**

Se recomienda la utilización de aditivo plastificante y/o superplastificante, para la fabricación de concreto en adoquines, debido a que la relación agua/cemento es baja para la presente investigación, esta consistencia de la mezcla es seca lo que disminuye considerablemente la trabajabilidad de la mezcla del concreto.

### **Recomendación N° 04**

Se recomienda la utilización de caucho reciclado fino como reemplazo en peso del agregado fino en porcentajes menores como del 3,6 y 9 %, en la elaboración de adoquines de concreto, ya que tienen un comportamiento favorable al ser sometidos a los ensayos como absorción, resistencia a la compresión y flexión.

### **Recomendación N° 05**

Se recomienda ampliar la presente investigación con el uso de algún aditivo que permita mejorar la adherencia del caucho a la mezcla del concreto para determinar su influencia en los adoquines de concreto con caucho reciclado.



### **Recomendación N° 06**

Se recomienda ampliar la investigación con la adición de pigmentos que aporten color a los adoquines de concreto con caucho reciclado, para determinar la influencia respecto a las propiedades físico - mecánicas del adoquín.

### **Recomendación N° 07**

Se recomienda ampliar la investigación con un análisis comparativo entre el adoquín convencional presente en el mercado con el adoquín elaborado con caucho reciclado fino.

### **Recomendación N° 08**

Se recomienda ampliar la investigación con un análisis comparativo entre los adoquines elaborados con el cemento industrial Yura HE, con los adoquines elaborados con el cemento IP, para determinar el costo/beneficio en el uso de cada uno de los cementos mencionados.

### **Recomendación N° 09**

Se recomienda ampliar la presente investigación realizando ensayos de resistencia a la abrasión, resistencia al congelamiento y deshielo de los adoquines de concreto reemplazando al agregado fino con caucho reciclado fino.



## Referencias

- Abanto C., F. (2009). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO (Teoría y Problemas)*. Lima: Editorial San Marcos.
- Borja S., M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cano Serrano, E., Cerezo García, L., & Urbina Fraile, M. (2007). valorización material y energética de neumáticos fuera de uso. *Informe de vigilancia tecnológica*. Elecé Industria Gráfica.
- CASTRO, G. (2008). *MATERIALES Y COMPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL NEUMATICO*. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA F.I.U.B.A.
- CHAVEZ MORE, F. B. (2018). Comparación en laboratorio de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con caucho producidas mediante el proceso húmedo, seco y semihúmedo. *Master Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- IECA, I. (2014). *Pavimentos con adoquines de hormigón*.
- Luna Morocho, P. M. (SETIEMBRE de 2013). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN POTENCIAL DE COMPUESTOS OBTENIDOS CON RESIDUOS DE CAUCHO RECICLADO PROVENIENTES DE CONTINENTAL TIRE ANDINA COMO MATERIALES ESTRUCTURALES*. CUENCA .
- Martín G., Á. (2015). *Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica*.
- MTC E 206, M. (Mayo de 2016). PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS. Perú.
- MTC E 207. (2016). *ABRASIÓN LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")*.
- NTC 2017, N. (25 de 02 de 2004). ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTO. *ICONTEC*. Bogotá.
- NTG 41085, N. (2015). *Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto*.
- NTG 41086, N. (2012). *Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones*.
- NTG 41087 h1, N. (2012). *Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto*.
- NTP 334.009, N. (2016). *CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos*. Lima.
- NTP 339.088, N. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland, Requisitos*. Lima.



- NTP 399.604. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.* Lima.
- NTP 399.611, N. T. (2015). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto.*
- NTP 400.021, N. (16 de 05 de 2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Perú.
- NTP 400.022, N. (26 de 12 de 2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima, Perú.
- NTP 400.037, N. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.* Lima-Perú.
- PASQUEL, E. (1998). *TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO EN EL PERÚ.* Lima Perú.
- Pérez Aparicio, R., & Sainz Rodríguez, L. (2018). Reciclado de neumáticos: Transformación de un residuo en un recurso. *REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS*, Vol. 115 Número 730.
- Sika, H. (2019). *SikaCem Plastificante.*
- TORRE C., A. (2004). *CURSO BASICO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.*
- Yura, F. T. (2019). *HE CEMENTO INDUSTRIAL Ultra Resistencia Inicial.*



Anexos

Tabla 134: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL ADOQUÍN 6 TIPO II, REEMPLAZANDO EL AGREGADO FINO POR CAUCHO RECICLADO, CUSCO 2019.					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN O NIVEL	INDICADORES
¿Cuál será la evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 Tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019?	Evaluar las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 Tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019.	La evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019, cumplen con las normas que evalúan sus propiedades.	<b>X1:</b> Adoquín 6 tipo II con caucho reciclado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Cemento</li> <li>• Agregados</li> <li>• Caucho reciclado</li> <li>• Aditivo</li> <li>• Diseño de mezcla</li> <li>• Dimensiones del adoquín</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de agua (Lt)</li> <li>• Cantidad de cemento industrial HE (kg)</li> <li>• Cantidad de agregado fino y grueso (kg)</li> <li>• Cantidad de caucho reciclado fino (kg)</li> <li>• Cantidad de aditivo (mLt)</li> <li>• Tipo de Diseño</li> <li>• Dimensiones (L (cm), A (cm), H (cm)).</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	SUB HIPÓTESIS	VARIABLES DEPENDIENTES	DIMENSIÓN O NIVEL	INDICADORES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 01</b> ¿Cuál será la tolerancia dimensional del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 01</b> Determinar la tolerancia dimensional del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 01</b> La tolerancia dimensional del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, varía dentro de (+- 1.6 de Longitud), (+-1.6 de Ancho) y (+-3.2 de Espesor).</li> </ul>	<b>Y1:</b> Propiedades físicas del adoquín 6 tipo II	<u>Dimensión de la variable dependiente Y1:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia dimensional</li> <li>• Densidad</li> <li>• Absorción promedio e individual</li> </ul>	<u>Indicadores de la variable dependiente Y1:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud, ancho y espesor de adoquines (mm)</li> <li>• Densidad de adoquines (kg/m3)</li> <li>• Porcentaje de absorción de adoquines (%)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 02</b> ¿Cuál será la densidad del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 02</b> Determinar la densidad del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 02</b> La densidad del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor respecto al adoquín sin reemplazo.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 03</b> ¿Cuál será la absorción de las unidades individuales del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 03</b> Determinar la absorción de las unidades individuales del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 03</b> La absorción de las unidades individuales del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor de 7.5%.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 04</b> ¿Cuál será la absorción promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 04</b> Determinar la absorción promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 04</b> La absorción promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es menor de 6%.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 05</b> ¿Cuál será la resistencia a la compresión de las unidades individuales del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 05</b> Determinar la resistencia a la compresión de las unidades individuales del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 05</b> La resistencia a la compresión de las unidades individuales del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 380kg/cm2.</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 06</b> ¿Cuál será la resistencia a la compresión promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 06</b> Determinar la resistencia a la compresión promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 06</b> La resistencia a la compresión promedio de cada 3 unidades del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 420kg/cm2.</li> </ul>	<b>Y2:</b> Propiedades mecánicas del adoquín 6 tipo II	<u>Dimensión de la variable dependiente Y2:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión (promedio e Individual)</li> <li>• Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)</li> </ul>	<u>Indicadores de la variable dependiente Y2:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión promedio e individual de adoquines (Mpa) (Kg/cm2)</li> <li>• Resistencia a la flexión (módulo de ruptura) de adoquines (Mpa) (kg/cm2)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Problema específico N° 07</b> ¿Cuál será la resistencia a la flexión del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Objetivo específico N° 07</b> Determinar la resistencia a la flexión del adoquín 6 Tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sub hipótesis N° 07</b> La resistencia a la flexión del adoquín 6 tipo II reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, es mayor a 35.7kg/cm2.</li> </ul>			