

#### **4.- Resultados y Discusión.**

En este documento se resumen los resultados, media de tres probetas para cada serie, obtenidos en los ensayos realizados sobre los diferentes materiales simples y compuestos fabricados a fin de determinar cuales son los sistemas más adecuados para aligerar el yeso moreno aditivado, al objeto de realizar elementos tanto prefabricados como material para su puesta directamente en obra.

##### **4.1.- Determinación de los ensayos llevados a cabo para la presente Tesis Doctoral.**

En primer lugar se va a proceder a confeccionar este documento ordenando, y enumerando los diferentes ensayos diseñados para obtener los productos prefabricados en base a una matriz de yeso moreno y el aligerante a estudio: Vermiculita en diferentes granulometrías; aditivando el conjunto mediante el nuevo aditivo para yesos ADIFOC.

##### **4.1.1.- Ensayo de pH. <sup>(47)</sup>UNE 102032; 1999**

En primer lugar, se quiere saber las características del aditivo ADIFOC. El pH del producto era un dato que no se conocía de manera fiable, pero que se creía de gran importancia poder caracterizarlo. Ateniéndonos a la norma <sup>(47)</sup>UNE 102032; 1999, en la que se detalla como realizar el ensayo de pH, nosotros, introducimos una pequeña variación en el procedimiento: y planteamos la modificación de la siguiente manera: añadiendo el aditivo en las concentraciones utilizadas en nuestros ensayos, obtendríamos los resultados más adecuados a nuestros intereses.

La norma propone mezclar una proporción 2 a 1 en peso, de agua y yeso, en continua agitación durante 3 minutos y dejando reposar 2 minutos para después, medir el pH sobre el líquido sobrenadante. Obteniéndose 3 mediciones y de estas 3 una sola, mediante el cálculo de la media aritmética.

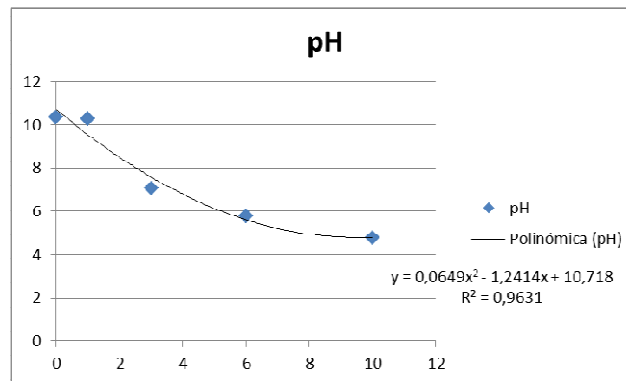
Las dosificaciones de aditivo ADIFOC para el ensayado han sido de 0, 1, 3, 6 y 10 ‰ respecto a la proporción de agua añadida para el amasado del yeso

En la Tabla 67 se detallan los datos y resultados de que ha constado el ensayo de pH.

Agua (gr)	Yeso (gr)	Aditivo		Mediciones			
		‰	gr	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	Media
200	100	0	-	10,37	10,31	10,40	<b>10,4</b>
200	100	1	0,2	10,36	10,27	10,20	<b>10,3</b>
200	100	3	0,6	6,92	7,03	7,02	<b>7,0</b>
200	100	6	1,2	5,70	5,77	5,81	<b>5,8</b>
200	100	10	2,0	4,73	4,81	4,76	<b>4,8</b>
ADIFOC puro				1,42	1,57	1,44	<b>1,5</b>

Tabla 67: Tabla resumen del ensayo, modificado, de pH según la norma UNE 102032; 1999. (Fuente: Elaboración propia, 2009)

Como se puede apreciar en los datos obtenidos en el ensayo, se produce una disminución de las unidades de pH a medida que aumenta el porcentaje de aditivo adicionado a la solución (Gráfica 1).



Gráfica 1: Valores de pH del aditivo ADIFOC obtenidos en el ensayo. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

#### 4.1.2.- Ensayo de Fluidéz de la pasta. <sup>(48)</sup>UNE – EN 13279-2.

Este ensayo sólo se ha realizado para las mezclas con las tres vermiculitas, ya que para los morteros aditivados sin vermiculita la relación A/Y es de 0,5, que es la relación que es objeto del estudio.

El objeto de este ensayo es saber la cantidad de agua añadida que se necesita para que se produzca el amasado en condiciones de ensayado. La A/Y de 0,5 es la relación objeto de ensayo ya que se ha constatado in situ, que relaciones superiores (A/Y=1 y hasta 2,5) son utilizadas por profesionales del ramo del yeso en sus trabajos, conociendo de antemano su buen resultado.

Para esto se ha probado con 3 relaciones A/Y distintas, que son:

$$A/Y = 1,5$$

A/Y= 2,0

A/Y= 2,5

Y observamos su comportamiento mediante el método de Fluidéz de la pasta de la norma <sup>(48)</sup>UNE EN 13279-2. En nuestro caso hacemos una pequeña modificación, que consiste en que sabiendo la relación A/Y que queremos ensayar, variamos la cantidad de agua y aditivo a añadir al amasado, al objeto de observar si existen diferencias.

Según la norma <sup>(48)</sup>UNE EN 13279-2 nos dice que hemos de hacer dos medidas perpendiculares sobre la galleta resultante después de levantar el cono, calculando la media de estas dos medidas y que esté comprendida entre 150 y 210 mm.

**Relación A/Y = 1,5**

Relación A/Y de 1,5			
Medida 1	x	x	x
Medida 2	x	x	x
Media	x	x	x

x= Se conservan las mismas medidas del molde tronco-cónico, no habiendo deformación apreciable de las galletas de mortero ensayadas.

*Tabla 68: Datos obtenido en la relación A/Y de 1,5 según el Método de fluidez de la pasta de la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2011)*

A esta proporción de A/Y de 1,5, tras levantar el cono, no se produce ninguna deformación de la galleta de mortero obtenida, con lo que las medidas obtenidas son las dimensiones propias del molde con que se ha realizado el ensayo.

**Relación A/Y = 2,0**

Relación A/Y de 2,0			
Medida 1	158	147	153
Medida 2	152	167	174
Media	155	157	163

*Tabla 69: Datos obtenido en la relación A/Y de 2,0 según el Método de fluidez de la pasta de la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia)*

A esta proporción de A/Y de 2,0 se produce una deformación de la galleta de mortero, sin apreciarse líquido sobrenadante sobre la superficie de control. La media aritmética de las medidas obtenidas está dentro de los límites que proporciona la norma <sup>(48)</sup>UNE EN 13279-2.

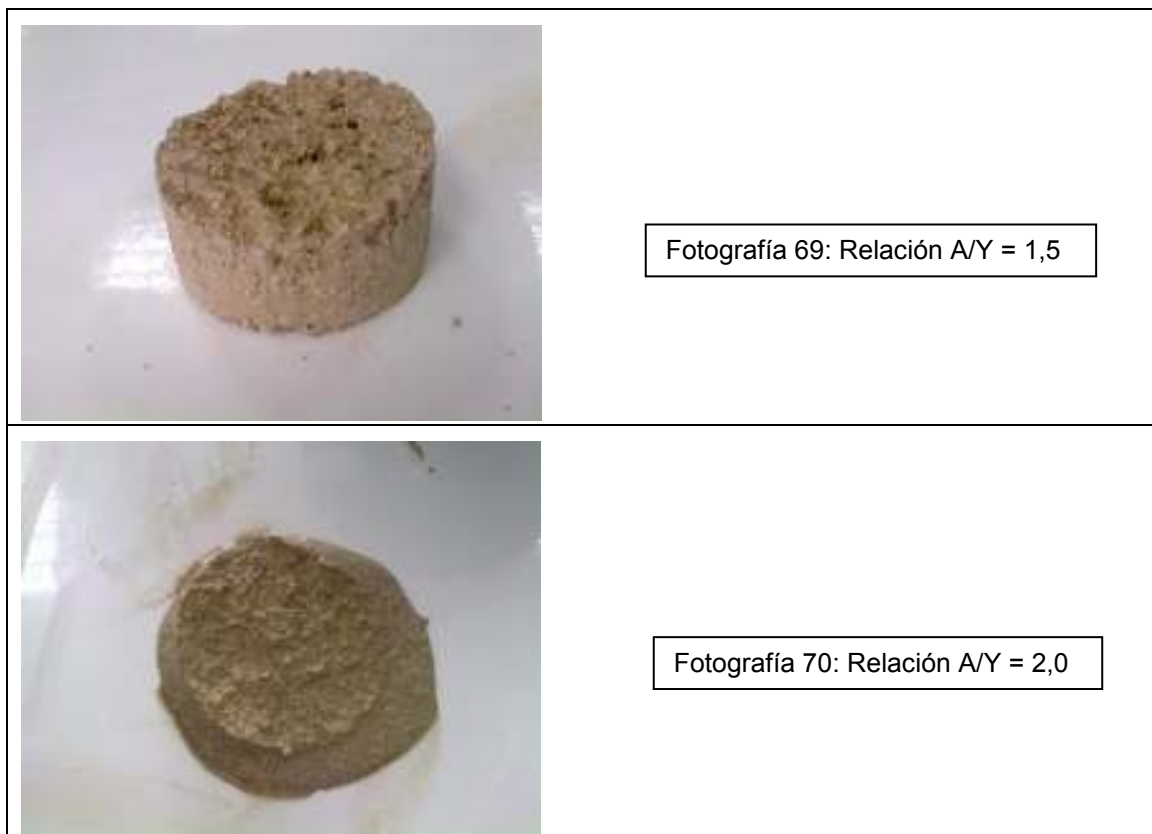
**Relación A/Y = 2,5**

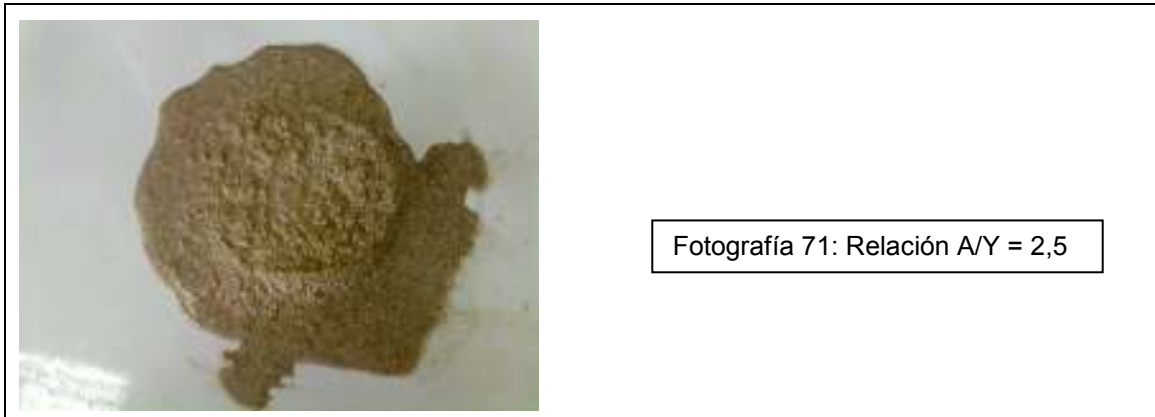
Relación A/Y de 2,5			
Medida 1	161	160	163
Medida 2	182	179	175
Media	171	169	169

Tabla 70: Datos obtenido en la relación A/Y de 2,5 según el Método de fluidez de la pasta de la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia)

A esta proporción de A/Y de 2,5 se produce una ligera deformación de la galleta de mortero obtenida, en cambio se observa gran derrame de líquido sobrenadante.

En las siguientes fotografías (Fotografías 53. 54 y 55) se pueden observar el resultado de las deformaciones producidas en las galletas de pasta, con las diferentes relaciones A/Y ensayadas.





Fotografías 69, 70 y 71: Deformaciones de la galleta de pasta con las A/Y estudiadas (Fuente: elaboración Propia)

#### 4.1.3.- Tiempo de Inicio de fraguado (TF). <sup>(48)</sup>UNE – EN 13279-2

Con este ensayo se pretende observar cual es el tiempo durante el cual la pasta de mortero está disponible para su manejo en condiciones de laboratorio.

El manejo del ensayo se ha llevado a cabo según dicta la norma <sup>(48)</sup>UNE EN 13279-2 en su apartado Tiempo de Inicio del Fraguado, pero con la variación de que las relaciones A/Y ya las conocemos y son las que queremos usar.

Debido a la falta de suficientes datos, sobre el presente ensayo, con yeso moreno, nos hemos planteado una línea de trabajo para ver el comportamiento tanto de yeso blanco, como el yeso moreno a diferentes relaciones A/Y y con diferente dosificación de aditivo.

Con yeso moreno se ha visto el comportamiento partiendo de una relación A/Y constante y una dosificación de aditivo ADIFOC variable y ascendente, al objeto de asegurar si existe una relación directa entre la dosificación y el tiempo de inicio de fraguado.

Datos: <b>Yeso Moreno</b> <b>A/Y = 0,5</b>					
<b>1 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	19	TR2	15	TR3	18
TF1	<b>19</b>	TF2	<b>15</b>	TF3	<b>18</b>
	TF(medio)	<b>17,33</b>			
<b>3 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0

TR1	29	TR2	32	TR3	28
TF1	<b>29</b>	TF2	<b>32</b>	TF3	<b>28</b>
	TF(medio)	<b>29,67</b>			
<b>10 ‰ Aditivo</b>	Añadir TF para 6=35, 42 y 41 min				
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	47	TR2	40	TR3	47
TF1	<b>47</b>	TF2	<b>40</b>	TF3	<b>47</b>
	TF(medio)	<b>44,67</b>			

Tabla: 71: Comportamiento del mortero yeso moreno en función de la dosificación de aditivo, según la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2009)

Se desprende de los resultados que a medida que incrementamos el porcentaje de aditivo ADIFOC, va aumentando también el tiempo que tarda en fraguar el mortero de yeso, pasando de los 3 minutos en el mortero de yeso sin aditar y con una A/Y de 0,5 (Tabla 72), a los 44,67 minutos del mortero de yeso aditivado con un 10‰ de aditivo (Tabla 71).

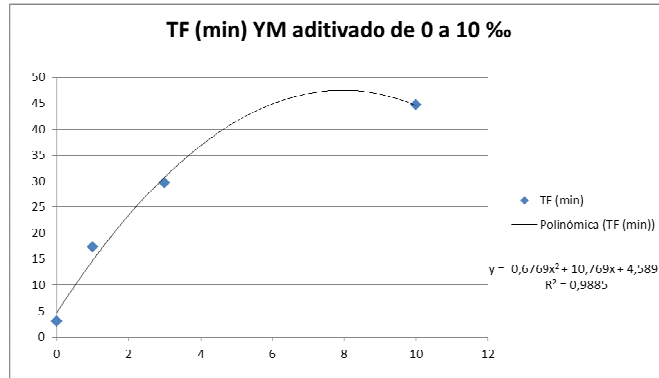
Datos: <b>Yeso Moreno</b> <b>A/Y = 0,5</b>					
<b>Sin Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	3	TR2	3	TR3	3
TF1	<b>2,7</b>	TF2	<b>3,4</b>	TF3	<b>2,9</b>
	TF(medio)	<b>3</b>			

Tabla: 72: Comportamiento del mortero yeso moreno sin aditar y con una relación A/Y de 0,5, según la norma UNE EN 13279-2, para el parámetro de Tiempo de inicio de Fraguado. (Fuente: Elaboración propia, 2009)

Para completar la sesión de datos se ha ensayado, el Tiempo de Inicio de fraguado en el mortero de yeso moreno sin aditar y con la misma relación A/Y del ensayo anterior, es decir 0,5, dando como resultado el de unos 3 minutos (Tabla de 72).

En la Gráfica 2 se puede observar el comportamiento del mortero de yeso moreno con una A/Y básica de 0,5 y una dosificación ascendente de aditivo desde 1 hasta 10‰ (1, 3, 10), con respecto a Tiempo de inicio de fraguado. El tiempo de fraguado tiene una respuesta positiva al aumento del porcentaje de aditivo ADIFOC.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,988, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal entre El Tiempo de Inicio de fraguado y el aditivo aplicado.



Gráfica 2: Evolución del Tiempo de Inicio de Fraguado para el mortero de yeso moreno con aditivación ascendente y una relación A/Y básica de 0,5, según la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Otro de los comportamientos que se ha ensayado con el yeso moreno y el Tiempo de Inicio de Fraguado ha sido la de la relación A/Y ascendente, y sin aditivo, desde 0,5 hasta 1,2 (0,5, 0,6, 0,9 y 1,2), observando como evoluciona el tiempo que pasa desde que se pone en contacto el yeso con el agua hasta que dicta el momento de observación, según el Método del cuchillo (Tabla 73).

Datos: Yeso Moreno Sin aditivo					
<b>A/Y = 0,5</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	2,7	TR2	3,4	TR3	2,9
TF1	<b>2,7</b>	TF2	<b>3,4</b>	TF3	<b>2,9</b>
	TF(medio)	<b>3,00</b>			
<b>A/Y = 0,6</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	8,5	TR2	7,8	TR3	7,3
TF1	<b>8,5</b>	TF2	<b>7,8</b>	TF3	<b>7,3</b>
	TF(medio)	<b>7,87</b>			
<b>A/Y = 0,9</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	8,5	TR2	8,9	TR3	8,3

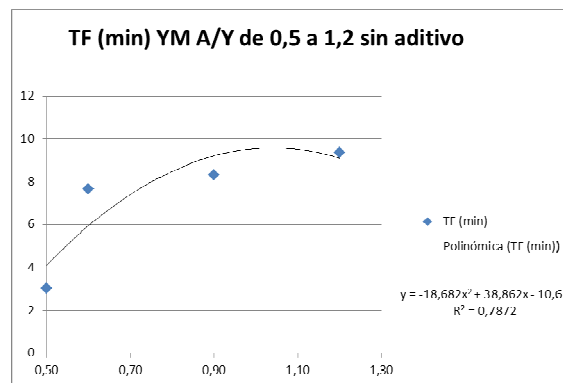
TF1	<b>8,5</b>	TF2	<b>8,9</b>	TF3	<b>8,3</b>
	TF(medio)		<b>8,57</b>		
<b>A/Y = 1,2</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	8,1	TR2	10,59	TR3	9
TF1	<b>8,1</b>	TF2	<b>10,59</b>	TF3	<b>9</b>
	TF(medio)		<b>9,23</b>		

Tabla 73: Comportamiento del mortero yeso moreno en función de la relación A/Y, según la norma UNE EN 13279-2, para el parámetro de Tiempo de inicio de Fraguado. (Fuente: Elaboración propia, 2009)

En la Gráfica 3 se aprecia la evolución del Tiempo de inicio de fraguado en función de la relación A/Y que se utiliza para la fabricación del mortero.

Se ha de tener en cuenta que la fabricación de mortero de yeso con una relación A/Y de 0,5, es difícil de amasar por el corto periodo de tiempo que queda para el manejo de la pasta desde que se empieza a mezclar el yeso con el agua.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,787, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal entre el Tiempo de Inicio de Fraguado y la A/Y aplicada.



Gráfica 3: Evolución del Tiempo de Inicio de Fraguado para el mortero de yeso moreno sin aditivación y una relación A/Y ascendente desde 0,5 hasta 1,2, según la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Además del yeso moreno, también ensayamos el comportamiento a Tiempo de inicio de fraguado del yeso blanco aditivado en una escala ascendente de adición de aditivo (Tabla 74) para los primeros tanteos y observar el comportamiento que nos podríamos encontrar..

El aditivo se adicionaba desde el 1‰ hasta el 10‰ (1, 3, 6 y 10‰) y la relación A/Y se mantiene constante a 0,5 (Tabla 74).



Datos: <b>Yeso Blanco</b> <b>A/Y = 0,5</b>					
<b>1 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	26	TR2	25	TR3	29
TF1	<b>26</b>	TF2	<b>25</b>	TF3	<b>29</b>
	TF(medio)	<b>26,67</b>			
<b>3 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	41	TR2	47	TR3	38
TF1	<b>41</b>	TF2	<b>47</b>	TF3	<b>38</b>
	TF(medio)	<b>42,00</b>			
<b>6 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	55	TR2	55	TR3	66
TF1	<b>55</b>	TF2	<b>55</b>	TF3	<b>66</b>
	TF(medio)	<b>58,67</b>			
<b>10 % Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	87	TR2	80	TR3	86
TF1	<b>87</b>	TF2	<b>80</b>	TF3	<b>86</b>
	TF(medio)	<b>84,33</b>			

Tabla 74: Comportamiento del mortero yeso blanco en función de la dosis de aditivo en escala ascendente, según la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2009)

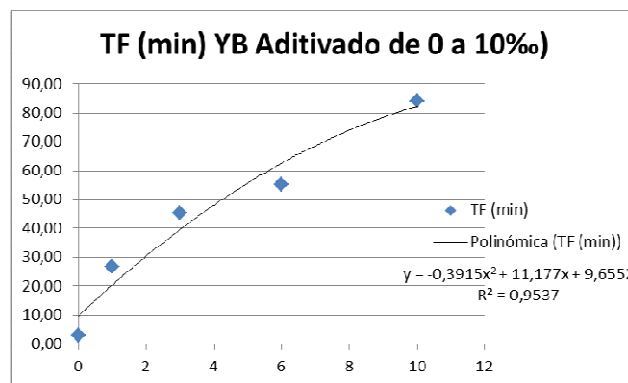
Para completar los datos de la gráfica se ensayó también el mortero de yeso blanco sin aditivar, observándose el valor de Tiempo de Inicio de fraguado resultante (Tabla 75).

Datos: <b>Yeso Blanco</b> <b>A/Y = 0,5</b>					
<b>Sin Aditivo</b>					
	Tiempo (min)		Tiempo (min)		Tiempo (min)
TR0	0	TR0	0	TR0	0
TR1	3	TR2	3	TR3	3
	TF1		TF2		TF3
		<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>
	TF(medio)		<b>3</b>		

Tabla 75: Comportamiento del mortero yeso blanco sin aditivar y con una relación A/Y de 0,5, según la norma UNE EN 13279-2 (Fuente: Elaboración propia, 2009)

En la Gráfica 4 se observa la evolución del Tiempo de Inicio de fraguado en el mortero de yeso blanco aditivado.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,938, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal entre el Tiempo de Inicio de Fraguado y el aditivo aplicado.



Gráfica 4: Evolución del Tiempo de Inicio de Fraguado para el mortero de yeso blanco aditivado de forma ascendente (0, 1, 3, 6, 10%) y una relación A/Y de 0,5, según la norma UNE EN 13279-2. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se observa que el yeso moreno si tiene un tiempo de fraguado suficiente y no es necesario usar yeso de mayor pureza para la realización de ensayos posteriores con vermiculita.

#### 4.1.4.- Determinación de las propiedades mecánicas del yeso moreno sin aditivar y con relaciones A/Y de 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 y 0,9.

Durante el desarrollo de este experimento con yeso moreno se pretendía conocer el comportamiento de su mortero respecto a las propiedades físicas a estudiar, para obtener unos resultados con los que poder empezar a trabajar y tomarlo como material de control para poder contrastar con los morteros de yeso moreno en los que se basa este experimento.

Con este ensayo se pretende observar el comportamiento del material de yeso moreno sin aditivar a diferentes relaciones de A/Y, con respecto a unas propiedades mecánicas. Las propiedades a ensayar han sido:

- Dureza Shore C
- Flexión.
- Compresión.
- Tracción indirecta.
- Modulo de elasticidad.
- Densidad.

#### **4.1.4.1.- Datos obtenidos en el ensayo a Dureza Shore C.**

Los datos expuestos en la Tabla 76 son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada punto corresponde a la media de seis medidas por probeta.

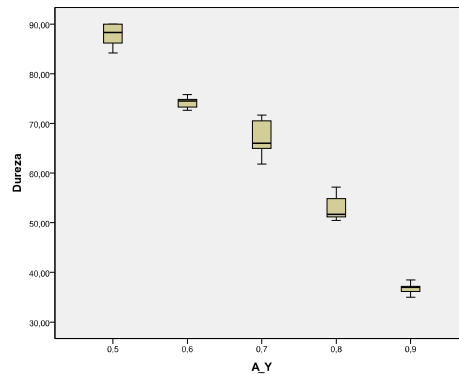
<b>DUREZA</b>					
Probeta (1)	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
1	84,17	72,67	64,17	55,83	35,83
2	86,17	75,00	61,83	51,67	38,50
3	85,83	73,00	65,00	51,67	35,00
4	89,17	74,50	66,00	50,50	37,00
5	90,00	75,83	67,67	51,17	36,17
6	90,00	73,33	65,67	51,00	37,17
7	90,00	74,17	70,50	53,17	37,67
8	88,33	74,67	71,67	54,83	37,00
9	86,67	74,83	70,67	57,17	37,17
Media	87,82	74,22	67,02	53,00	36,83
Desv Stand	2,17	1,03	3,34	2,40	1,03
Coef Variac	0,02	0,01	0,05	0,05	0,03

(1) El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas.

*Tabla 76: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones agua/yeso de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que prácticamente no existe dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las cinco A/Y.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 5 donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Dureza de las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 5: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de este ensayo las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 77):

1: A/Y = 0,5      2: A/Y = 0,6      3: A/Y = 0,7      4: A/Y = 0,8      5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	9	87,8156	2,16989	0,7233	86,1476	89,4835	84,17	90,00
2	9	74,2222	1,03314	0,3444	73,4281	75,0164	72,67	75,83
3	9	67,0200	3,34439	1,1148	64,4493	69,5907	61,83	71,67
4	9	53,0011	2,39563	0,7985	51,1597	54,8426	50,50	57,17
5	9	36,8344	1,03488	0,3450	36,0390	37,6299	35,00	38,50
Total	45	63,7786	1,99558	0,6652	62,2447	65,3126	60,83	66,634

Tabla 77: Descriptores de las A/Y. (Dureza Shore C para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente: Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,040	4	40	0,001

Tabla 78: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 78), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 80), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 79).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1760,705	4	19,203	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 79: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	13855,436	4	3463,859	728,597	0,000
Intra-grupos	190,166	40	4,754		
Total	14045,603	44			

Tabla 80: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch, como en la tabla de ANOVA (Tabla 79), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 81.

(I) A/Y	(J) A/Y	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)*	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	13,59333*	1,02785	0,000	10,6577	16,5290
	3	20,79556*	1,02785	0,000	17,8599	23,7312
	4	34,81444*	1,02785	0,000	31,8788	37,7501
	5	50,98111*	1,02785	0,000	48,0455	53,9167
2	1	-13,59333*	1,02785	0,000	-16,5290	-10,6577
	3	7,20222*	1,02785	0,000	4,2666	10,1379
	4	21,22111*	1,02785	0,000	18,2855	24,1567
	5	37,38778*	1,02785	0,000	34,4521	40,3234
3	1	-20,79556*	1,02785	0,000	-23,7312	-17,8599
	2	-7,20222*	1,02785	0,000	-10,1379	-4,2666

	4	14,01889*	1,02785	0,000	11,0833	16,9545
	5	30,18556*	1,02785	0,000	27,2499	33,1212
4	1	-34,81444*	1,02785	0,000	-37,7501	-31,8788
	2	-21,22111*	1,02785	0,000	-24,1567	-18,2855
	3	-14,01889*	1,02785	0,000	-16,9545	-11,0833
	5	16,16667*	1,02785	0,000	13,2310	19,1023
5	1	-50,98111*	1,02785	0,000	-53,9167	-48,0455
	2	-37,38778*	1,02785	0,000	-40,3234	-34,4521
	3	-30,18556*	1,02785	0,000	-33,1212	-27,2499
	4	-16,16667*	1,02785	0,000	-19,1023	-13,2310

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 81: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración Propia, 2012)

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre los diferentes grupos. Es decir, el hecho de llevar diferente A/Y provoca diferentes respuesta en el parámetro de Dureza Shore C. Esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Dureza Shore C a medida que aumenta la proporción de agua respecto a la de yeso moreno.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 82.

	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	36,8344				
	4	9		53,0011			
	3	9			67,0200		
	2	9				74,2222	
	1	9					87,8156
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	36,8344				
	4	9		53,0011			
	3	9			67,0200		
	2	9				74,2222	
	1	9					87,8156
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

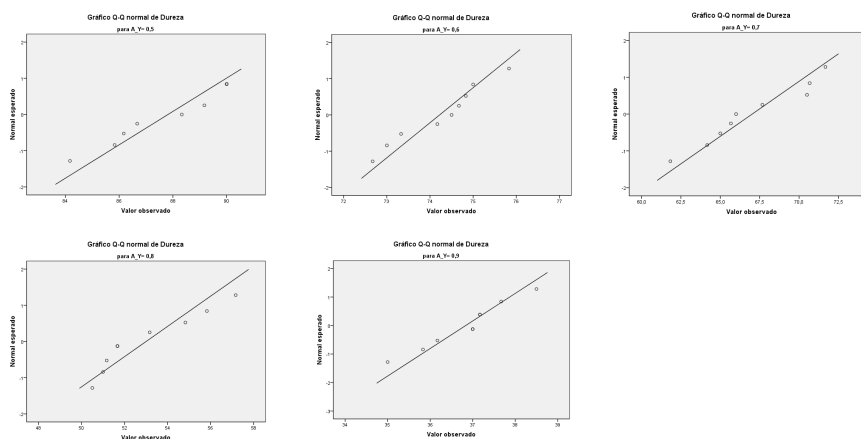
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 82: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

Como se puede apreciar en la anterior Tabla 82, tanto con el método HSD de Tukey como por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y.

Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las cinco A/Y pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 5: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 6 y en la Tabla 83 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 6: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y (Fuente: Elaboración propia, 2012)

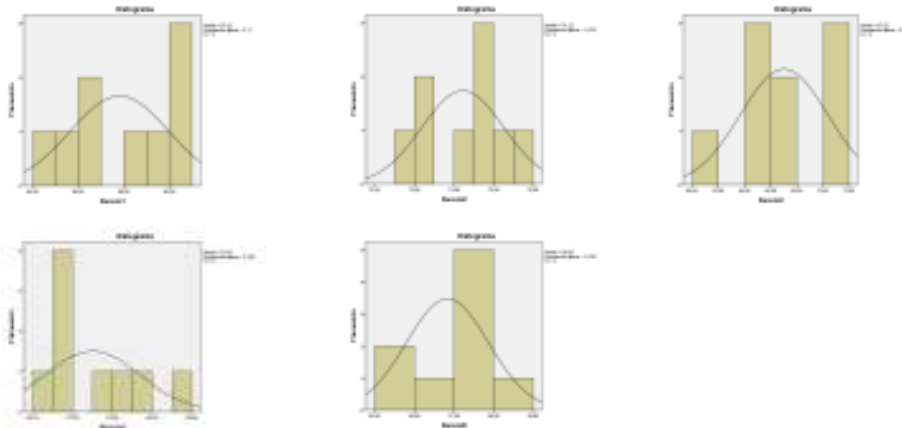
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	1	0,178	9	0,200*
	2	0,162	9	0,200*
	3	0,184	9	0,200*
	4	0,266	9	0,065
	5	0,230	9	0,185

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 83: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

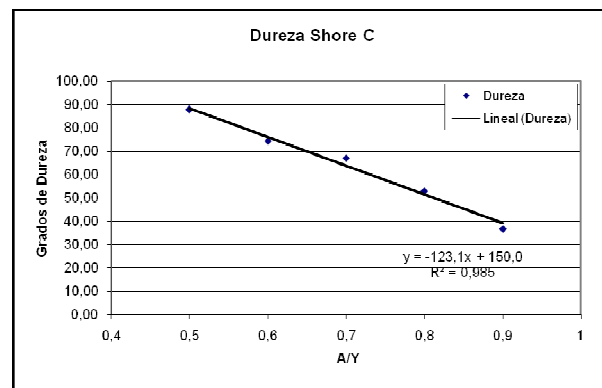
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 7):



Gráfica 7: Histogramas de frecuencias de las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 76 y en la Gráfica 8 el parámetro de Dureza Superficial Shore C va decreciendo a medida que aumenta la relación A/Y en la composición de la mezcla para amasado. Este es un comportamiento obvio, pero cabe destacar el dato de que con una A/Y de 0,5 el dato de dureza está muy próximo a 90, teniendo en cuenta que se está utilizando yeso moreno.

Se aprecia un  $R^2$  de 0.985, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 8: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de la relación agua/yeso (A/Y). (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.2.- Datos obtenidos en el ensayo a Flexión.

Los datos expuestos en la Tabla 84 son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

En el ensayo se ha utilizado mortero de yeso moreno sin aditivar con relaciones A/Y ascendentes desde 0,5 hasta 0,9.



**FLEXION**

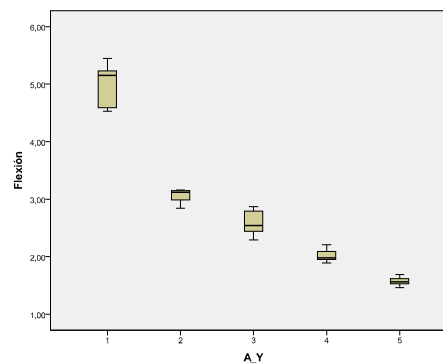
Probeta (1)	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
Media	4,97	3,07	2,59	2,02	1,57
Desv Stand	0,37	0,11	0,20	0,10	0,08
Coef Variac	0,07	0,04	0,08	0,05	0,05

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 84: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones agua/yeso de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 84, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que prácticamente no existe dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las cinco A/Y.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 9, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 9: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Flexión). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 85):

- 1: A/Y = 0,5      2: A/Y = 0,6      3: A/Y = 0,7      4: A/Y = 0,8      5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	4,9700	0,3696	0,1232	4,6903	5,2586	4,53	5,45
2	9	3,0700	0,1123	0,0374	2,9792	3,1519	2,84	3,16
3	9	2,5900	0,2024	0,0674	2,4388	2,75	2,29	2,87
4	9	2,0200	0,1014	0,0338	1,942	2,098	1,89	2,21
5	9	1,5700	0,7399	0,0253	1,5116	1,6284	1,46	1,69
Total	45	2,844	0,3051	0,0574	2,7123	2,9773	2,60	3,07

*Tabla 85: Descriptores de las A/Y 1, 2, 3, 4, 5 (Flexión para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
18,248	4	40	0,000

*Tabla 86: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 86), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 88), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 87).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	385,813	4	19,283	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 87: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno, con respecto al parámetro de Flexión. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	62,570	4	15,642	379,058	0,000
Intra-grupos	1,651	40	0,041		
Total	64,221	44			

*Tabla 88: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 87), como en la tabla de ANOVA, existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 89.

(I) A/Y	(J) A/Y	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)*	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	1,90889*	0,9576	0,000	1,6354	2,1824
	3	2,3800*	0,9576	0,000	2,1065	2,6535
	4	2,95444*	0,9576	0,000	2,6809	3,2279
	5	3,40444*	0,9576	0,000	3,1309	3,6779
2	1	-1,90889*	0,9576	0,000	-2,1824	-1,6354
	3	0,47111*	0,9576	0,000	0,1976	0,7446
	4	1,04556*	0,9576	0,000	0,7721	1,3191
	5	1,49556*	0,9576	0,000	1,2221	1,7691
3	1	-2,3800*	0,9576	0,000	-2,6535	-2,1065
	2	-0,47111*	0,9576	0,000	-0,7446	-0,1976
	4	0,57444*	0,9576	0,000	-0,3009	0,8479
	5	1,02444*	0,9576	0,000	0,7509	1,2979
4	1	-2,95444*	0,9576	0,000	-3,2279	-2,6809
	2	-1,04556*	0,9576	0,000	-1,3191	-0,7721
	3	-0,57444*	0,9576	0,000	-0,8479	-0,3009
	5	0,4500*	0,9576	0,000	0,1765	0,7235
5	1	-3,40444*	0,9576	0,000	-3,6779	-3,1309
	2	-1,49556*	0,9576	0,000	-1,7691	-1,2221
	3	-1,02444*	0,9576	0,000	-1,2979	-0,7509
	4	-0,4500*	0,9576	0,000	-0,7235	-0,1765

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 89: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración Propia, 2012)*

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre los diferentes grupos. Es decir, el hecho de llevar diferente A/Y provoca diferentes respuesta en el parámetro de Flexión, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Flexión a medida que aumenta la proporción de agua respecto a la de yeso moreno.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 90.

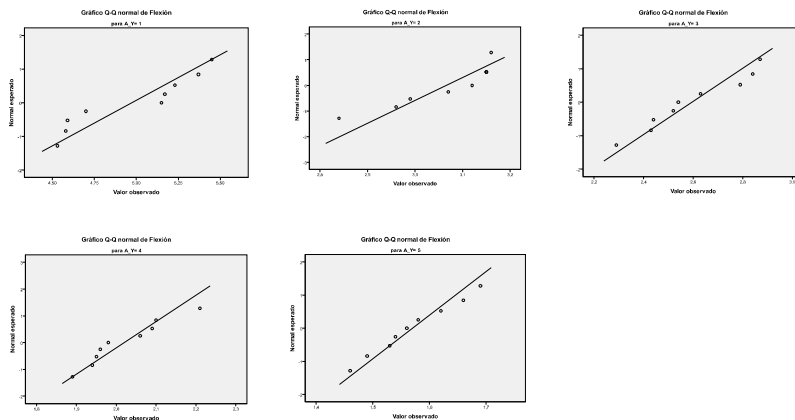
	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	1,5700				
	4	9		2,0200			
	3	9			2,5944		
	2	9				3,0656	
	1	9					4,9744
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	1,5700				
	4	9		2,0200			
	3	9			2,5944		
	2	9				3,0656	
	1	9					4,9744
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 90: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración Propia. 2012)

En la Tabla 90, tanto con el método HSD de Tukey como con el de Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y. Los distintos niveles de Flexión alcanzados pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 9. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Flexión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 10 y en la Tabla 91, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 10: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

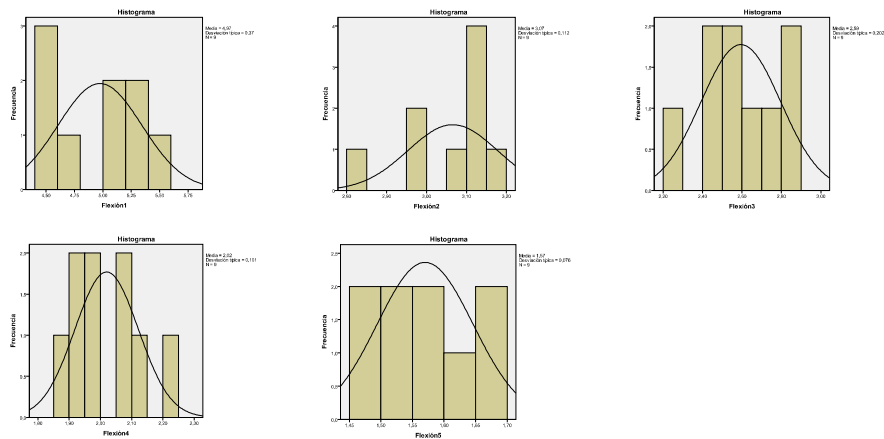
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	1	0,238	9	0,150
	2	0,242	9	0,138
	3	0,166	9	0,200*
	4	0,209	9	0,200*
	5	0,114	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 91: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno. (Fuente: Elaboración Propia. 2012)

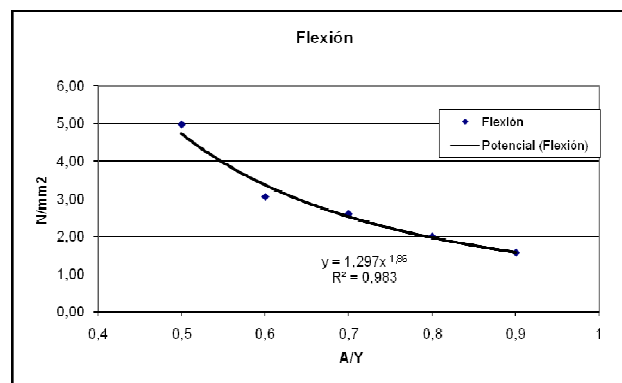
Se acompañan los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados (Gráfica 11):



Gráfica 11: Histogramas de frecuencias de las A/Y con yeso moreno respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la tabla () y en la Gráfica () el parámetro de Flexión va disminuyendo a medida que aumenta la relación A/Y en la composición de la mezcla para amasado. Observando el valor próximo a 5 N/mm<sup>2</sup> para la A/Y de 0,5.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,983, se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 12: Curva de Flexión obtenida para ensayos de yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.3.- Datos obtenidos en el ensayo a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

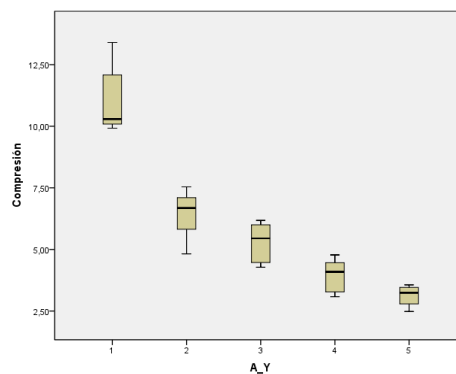
COMPRESION					
Probeta (1)	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
Media	11,07	6,44	5,30	3,96	3,12
Desv Stand	1,32	0,92	0,79	0,63	0,41
Coef Variac	0,12	0,14	0,15	0,16	0,13

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 92: Valores de Compresión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones A/Y de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista (Tabla 92) a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco A/Y, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 13, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 13: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza

(ANOVA), para una,  $vi$ , variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Compresión). Los cinco niveles de  $vi$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 93):

1: A/Y = 0,5                      2: A/Y = 0,6                      3: A/Y = 0,7                      4: A/Y = 0,8                      5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	11,0689	1,31569	0,43856	10,0576	12,0802	9,92	13,40
2	9	6,4399	0,92234	0,30745	5,7299	7,1479	4,82	7,54
3	9	5,3044	0,79277	0,26426	4,6951	5,9138	4,28	6,18
4	9	3,9567	0,62811	0,20937	3,4739	4,4395	3,08	4,78
5	9	3,1189	0,40723	0,13574	2,8059	3,4319	2,48	3,56
Total	45	5,9777	0,81322	0,27107	5,3524	6,6026	4,91	7,09

*Tabla 93: Descriptores de las A/Y 1, 2, 3, 4, 5 (Compresión para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,209	4	40	0,006

*Tabla 94: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno y la propiedad de Compresión. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 94), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 96), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 95).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	85,920	4	18,210	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 95: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	349,592	4	87,398	115,894	0,000
Intra-grupos	30,165	40	0,754		
Total	379,757	44			

*Tabla 96: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 95), como en la tabla de ANOVA (Tabla 96), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogidos en la siguiente Tabla 97.

(I) Aditivación	(J) Aditivación	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	4,63000*	0,40937	0,000	3,4808	5,7992
	3	5,76444*	0,40937	0,000	4,5953	6,9336
	4	7,11222*	0,40937	0,000	5,943	8,2814
	5	7,95000*	0,40937	0,000	6,7808	9,1192
2	1	-4,63000*	0,40937	0,000	-5,7992	-3,4608
	3	1,13444	0,40937	0,061	-0,0347	2,3036
	4	2,48222*	0,40937	0,000	1,313	3,6514
	5	3,32000*	0,40937	0,000	2,1508	4,4892
3	1	-5,76444*	0,40937	0,000	-6,9336	-4,5953
	2	-1,13444	0,40937	0,061	-2,3036	0,0347
	4	1,34778*	0,40937	0,017	0,1786	2,5170
	5	2,18556*	0,40937	0,000	1,0164	3,3547
4	1	-7,11222*	0,40937	0,000	-8,2814	-5,9430
	2	-2,48222*	0,40937	0,000	-3,6514	-1,3120
	3	-1,34778*	0,40937	0,017	-2,517	-0,1786
	5	0,83778	0,40937	0,263	-0,3314	2,0070
5	1	-7,9500	0,40937	0,000	-9,1192	-6,7808
	2	-3,3200	0,40937	0,000	-4,4892	-2,1508
	3	-2,18556	0,40937	0,000	-3,3547	-1,0164
	4	-0,83778	0,40937	0,263	-2,007	0,3314

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 97: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las A/Y: 1 y 2, 3, 4, 5; 2 y 1, 4, 5; 3 y 1, 4, 5; 4 y 1, 2, 3; 5 y 1, 2, 3, es decir, que el hecho de que la matriz de Agua/yeso lleva más o menos proporción de agua tiene un efecto significativo en la propiedad de Compresión. Cuando la proporción de agua esta en torno a 0,8 o mayor las diferencias no aparecen.



Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 98.

	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	3,1189				
	4	9	3,9567				
	3	9		5,3044			
	2	9		6,4389			
	1	9			11,0689		
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	
Duncan <sup>a</sup>	5	9	3,1189				
	4	9		3,9567			
	3	9			5,3044		
	2	9				6,4389	
	1	9					11,0689
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

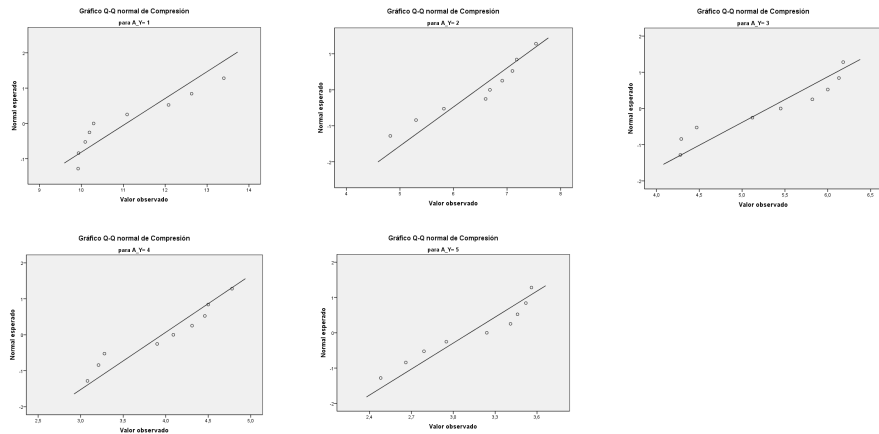
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 98: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como se puede apreciar en la Tabla 98, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y. Un primer comportamiento correspondiente a las A/Y 4 y 5 (A/Y 0,8 y 0,9); un segundo comportamiento correspondiente a las A/Y 2 y 3 (A/Y 0,6 y 0,7); y un tercer comportamiento correspondiente a la A/Y 1. Por su parte, el método Duncan identifica cinco comportamientos diferenciados, uno para cada una de las A/Y, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de A/Y no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente. Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las cinco A/Y pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 13.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 14 y en la Tabla 99 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 14: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

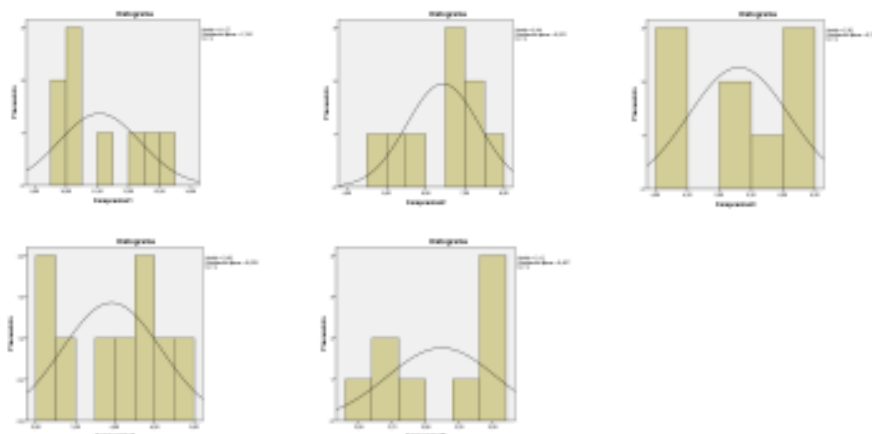
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	1	0,279	9	0,052
	2	0,236	9	0,159
	3	0,187	9	0,200*
	4	0,193	9	0,200*
	5	0,207	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 99: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 15).

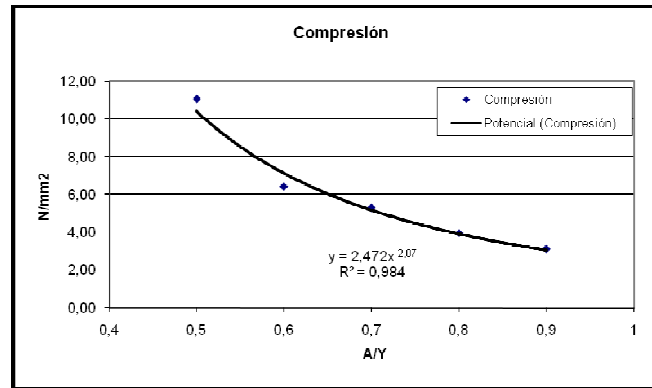


Gráfica 15: Histogramas de frecuencias de las A/Y con yeso moreno respecto al parámetro de Compresión (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 99 y en la Gráfica 16 el parámetro de Compresión va disminuyendo a medida que aumenta la relación A/Y en la

composición de la mezcla para amasado. Podemos observar que con una relación A/Y de 0,5 se obtiene un valor en torno a 11 N/mm<sup>2</sup>, muy por encima de los requerimientos mínimos.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,984, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 16: Curva de Compresión en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla con el yeso. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.4.- Datos obtenidos en el ensayo a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

Tracción Indirecta					
Probeta (1)	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
Media	1,23	0,76	0,65	0,51	0,39
Desv Stand	0,08	0,03	0,05	0,03	0,02
Coef Variac	0,07	0,04	0,08	0,05	0,05

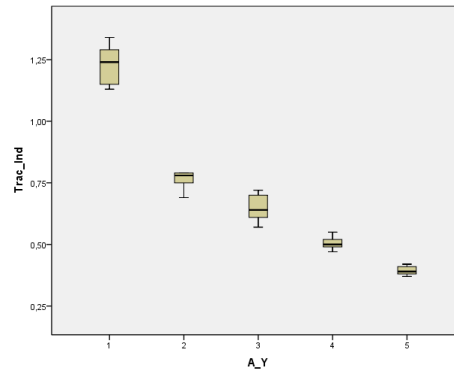
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 100: Valores de Tracción Indirecta obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones A/Y de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista (Tabla 100) a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco A/Y, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 17, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las cinco A/Y, en las

que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 17: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la Varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Compresión). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 101):

1: A/Y = 0,5    2: A/Y = 0,6    3: A/Y = 0,7    4: A/Y = 0,8    5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1,2289	0,08207	0,02736	1,1658	1,2920	1,13	1,34
2	9	0,7656	0,03395	0,01132	0,7395	0,7917	0,69	0,79
3	9	0,6500	0,05148	0,01716	0,6104	0,6896	0,57	0,72
4	9	0,5044	0,02555	0,00852	0,4848	0,5241	0,47	0,55
5	9	0,3944	0,01944	0,00648	0,3795	0,4094	0,37	0,42
Total	45	0,7086	0,04249	0,01416	0,6760	0,7413	0,64	0,76

Tabla 101: Descriptores de las A/Y 1, 2, 3, 4, 5 (Tracción Indirecta para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,940	4	40	0,000

Tabla 102: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 102), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 104), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 103).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	357,368	4	19,215	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 103: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3,760	4	0,940	406,217	0,000
Intra-grupos	0,093	40	0,002		
Total	3,852	44			

Tabla 104: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 103), como en la tabla de ANOVA (Tabla104), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 105.

(I) A/Y	(J) A/Y	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,46333	0,02268	0,000	0,3986	0,5281
	3	0,57889	0,02268	0,000	0,5141	0,6437
	4	0,72444	0,02268	0,000	0,6597	0,7892
	5	0,83444	0,02268	0,000	0,7697	0,8992
2	1	-0,46333	0,02268	0,000	-0,5281	-0,3986
	3	0,11556	0,02268	0,000	0,0508	0,1803
	4	0,26111	0,02268	0,000	0,1963	0,3259
	5	0,37111	0,02268	0,000	0,3063	0,4359
3	1	-0,57889	0,02268	0,000	-0,6437	-0,5141
	2	-0,11556	0,02268	0,000	-0,1803	-0,0508
	4	0,14556	0,02268	0,000	0,0808	0,2103
	5	0,25556	0,02268	0,000	0,1908	0,3203
4	1	-0,72444	0,02268	0,000	-0,7892	-0,6597
	2	-0,26111	0,02268	0,000	-0,3259	-0,1963

	3	-0,14556	0,02268	0,000	-0,2103	-0,0808
	5	0,11000	0,02268	0,000	0,0452	0,1748
5	1	-0,83444	0,02268	0,000	-0,8992	-0,7697
	2	-0,37111	0,02268	0,000	-0,4359	-0,3063
	3	-0,25556	0,02268	0,000	-0,3203	-0,1908
	4	-0,11000	0,02268	0,000	-0,1748	-0,0452

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 105: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno con respecto a la Tracción Indirecta. (Fuente Elaboración propia, 2012).

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las A/Y: 1 y 2, 3, 4, 5; 2 y 1, 3, 4, 5; 3 y 1, 2, 4, 5; 4 y 1, 2, 3, 5; 5 y 1, 2, 3, 4, es decir, que el hecho de que la matriz de Agua/yeso lleva más o menos proporción de agua tiene un efecto significativo en la propiedad de Tracción Indirecta.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 106.

	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	0,3944				
	4	9		0,5044			
	3	9			0,6500		
	2	9				0,7656	
	1	9					1,2289
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	0,3944				
	4	9		0,5044			
	3	9			0,6500		
	2	9				0,7656	
	1	9					1,2289
	Sig			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

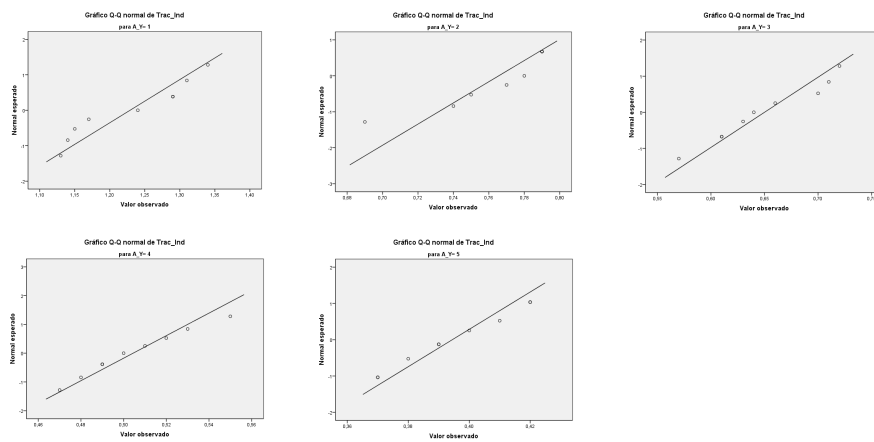
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 106: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 106, tanto con el método HSD de Tukey como por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las cinco A/Y pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 17: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 18 y en la Tabla 107 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 18: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

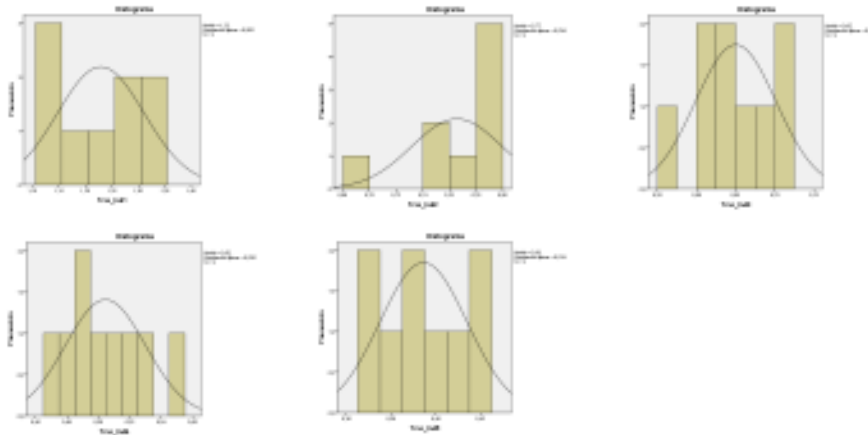
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Trac Indirecta	1	0,216	9	0,200*
	2	0,236	9	0,160
	3	0,168	9	0,200*
	4	0,159	9	0,200*
	5	0,146	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 107: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

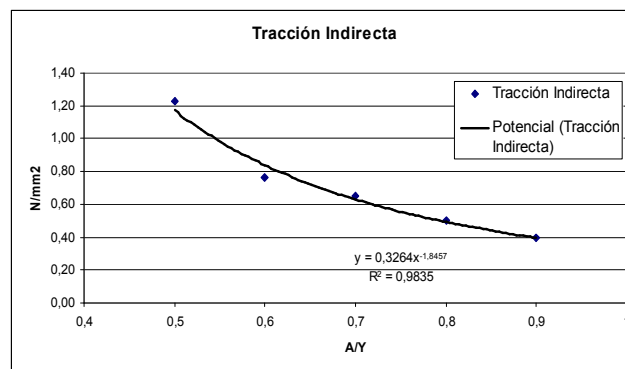
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 19).



Gráfica 19: Histogramas de frecuencias de las A/Y con yeso moreno respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 100 y en la Gráfica 20, el parámetro de Tracción Indirecta va disminuyendo a medida que aumenta la relación A/Y en la composición de la mezcla para amasado. Partiendo de un valor por encima de 1,20 N/mm<sup>2</sup> para una A/Y de 0,5, y para una relación A/Y de 0,9 un valor de 0,4 N/mm<sup>2</sup>.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,983, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal entre la Tracción Indirecta y la A/Y.



Gráfica 20: Curva de Tracción Indirecta en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla con el yeso. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.5.- Datos obtenidos Módulo de Elasticidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.



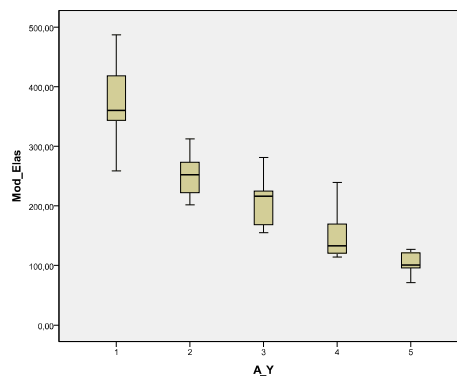
<b>Módulo de Elasticidad</b>					
Probeta (1)	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
Media	378,34	250,55	203,86	151,00	103,30
Desv Stand	63,60	35,44	35,49	24,01	15,50
Coef Variac	0,16	0,14	0,17	0,16	0,15

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

*Tabla 108: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones agua/yeso de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se aprecia a primera vista (Tabla 108) a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco A/Y, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 21, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



*Gráfica 21: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 109):

1: A/Y = 0,5    2: A/Y = 0,6    3: A/Y = 0,7    4: A/Y = 0,8    5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	378,3422	73,60338	24,53446	321,7657	434,9188	258,56	487,19
2	9	250,5467	35,44494	11,81498	171,9737	235,7529	201,74	312,34
3	9	203,8633	41,48682	13,82894	171,9737	235,7529	154,80	281,51
4	9	151,0000	40,00871	13,33624	120,2466	181,7534	114,01	239,63
5	9	103,3011	18,49335	6,16445	89,0859	117,5164	71,19	127,22
Total	45	217,4106	41,80744	13,93581	175,0091	241,1388	160,06	289,58

Tabla 109: Descriptores de las A/Y 1, 2, 3, 4, 5 (Módulo de Elasticidad para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,060	4	40	0,027

Tabla 110: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno y la propiedad de Módulo de Elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 110), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 112), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 111).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	52,246	4	18,930	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 111: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	401506,719	4	100376,680	48,549	0,000
Intra-grupos	82701,262	40	2067,532		
Total	484207,981	44			

Tabla 112: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 111), como en la tabla de ANOVA (Tabla 112), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y. Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 113.

(I) A/Y	(J) A/Y	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	127,79556*	21,43482	0,000	66,5758	189,0154
	3	174,47889*	21,43482	0,000	113,2591	235,6987
	4	227,34222*	21,43482	0,000	166,1224	288,5620
	5	275,04111*	21,43482	0,000	213,8213	336,2609
2	1	-127,79556*	21,43482	0,000	-189,0154	-66,5758
	3	46,68333	21,43482	0,209	-14,5365	107,9031
	4	99,54667*	21,43482	0,000	38,3269	160,7665
	5	147,24556*	21,43482	0,000	86,0258	208,4654
3	1	-174,47889*	21,43482	0,000	-235,6987	-113,2591
	2	-46,68333	21,43482	0,209	-107,9031	14,5365
	4	52,86333	21,43482	0,119	-8,3565	114,0831
	5	100,56222*	21,43482	0,000	39,3424	161,7820
4	1	-227,34222*	21,43482	0,000	-288,5620	-166,1224
	2	-99,54667*	21,43482	0,000	-160,7665	-38,3269
	3	-52,86333	21,43482	0,119	-114,0831	8,3565
	5	47,69889	21,43482	0,191	-13,5209	108,9187
5	1	-275,04111*	21,43482	0,000	-336,2609	-213,8213
	2	-147,24556*	21,43482	0,000	-208,4654	-86,0258
	3	-100,56222*	21,43482	0,000	-161,7820	-39,3424
	4	-47,69889	21,43482	0,191	-108,9187	13,5209

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 113: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno con respecto a el Módulo de elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las A/Y: 1 y 2, 3, 4, 5; 2 y 1, 4, 5; 3 y 1, 5; 4 y 1, 2; 5 y 1, 2, 3, es decir, que el hecho de que la matriz de Agua/yeso lleva más o menos proporción de agua tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 114.

	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	103,3011				
	4	9	151,0000	151,0000			
	3	9		203,8633	203,8633		
	2	9			250,5467		
	1	9				378,3422	
	Sig			0,191	0,119	0,209	1,000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	103,3011				
	4	9		151,0000			
	3	9			203,8633		
	2	9				250,5467	
	1	9					378,3422
	Sig			1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

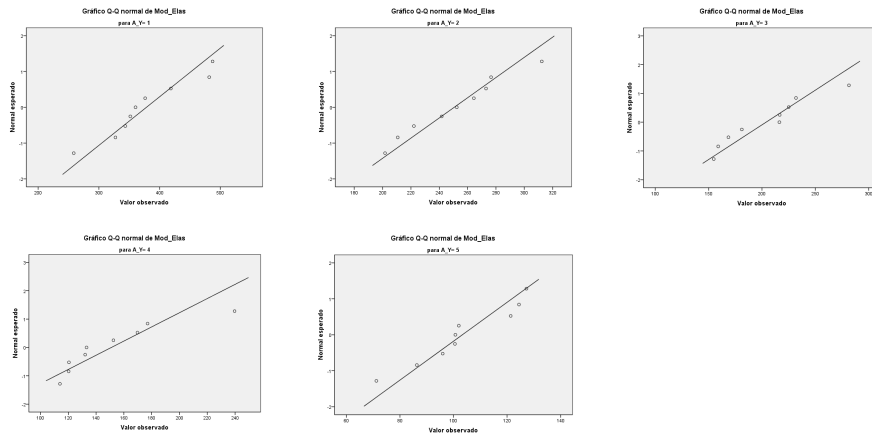
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 114: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 114, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y. Un primer comportamiento correspondiente a las A/Y 4 y 5 (A/Y 0,8 y 0,9); un segundo comportamiento correspondiente a las A/Y 3 y 4 (A/Y 0,7 y 0,8); un tercer comportamiento correspondiente a las A/Y 2 y 3 (A/Y 0,6 y 0,7) y un cuarto comportamiento correspondiente a la A/Y 1. Por su parte, el método Duncan identifica cinco comportamientos diferenciados, uno para cada una de las A/Y, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de A/Y no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente.

Los distintos niveles de Módulo de Elasticidad alcanzados por las cinco A/Y pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 21: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 22 y en la Tabla 115 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 22: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y y la propiedad del Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

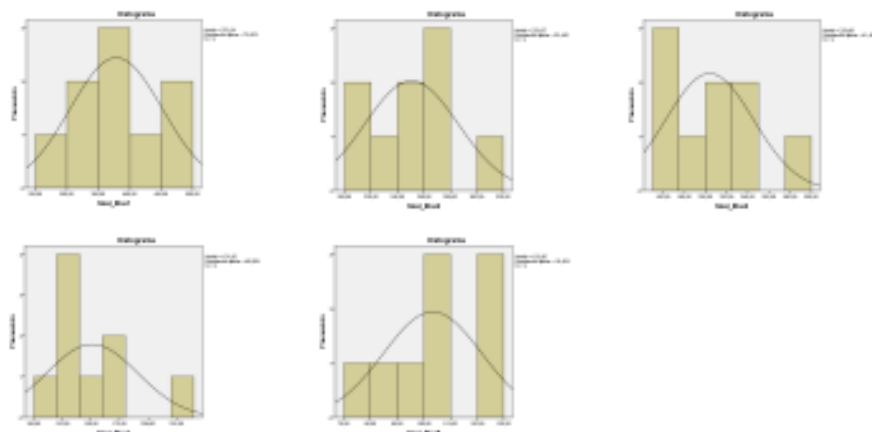
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	1	0,178	9	0,200*
	2	0,122	9	0,200*
	3	0,173	9	0,200*
	4	0,228	9	0,196
	5	0,195	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 115: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

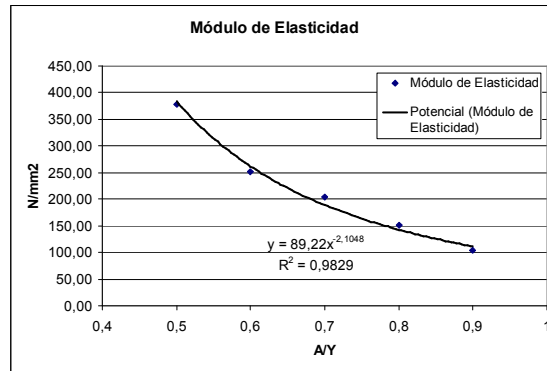
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (gráfica 23).



Gráfica 23: Histogramas de frecuencias de las A/Y con yeso moreno respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 108 y en la Gráfica 24 el parámetro de Módulo de Elasticidad va disminuyendo a medida que aumenta la relación A/Y en la

composición de la mezcla para amasado. El valor máximo lo da para una A/Y de 0,5, siendo el intervalo de disminución acusado entre las A/Y de 0,5 y 0,6. El valor mínimo lo da para la A/Y de 0,9. Se aprecia un  $R^2$  de 0,983, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 24: Curva del Módulo de elasticidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de agua. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.6.- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas (Tabla 116).

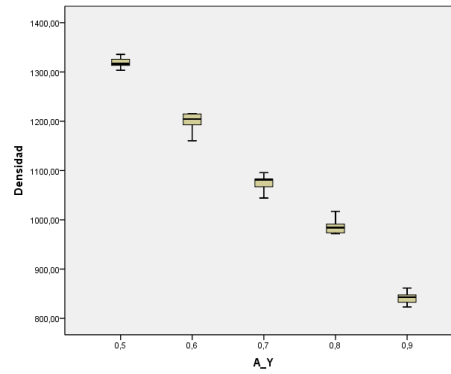
DENSIDAD					
Probeta	YM05	YM06	YM07	YM08	YM09
Media	1318,77	1197,11	1073,73	986,32	841,41
Desv Stand	10,20	20,59	17,00	15,19	12,19
Coef Variac	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 116: Valores de Densidad obtenidos para ensayo de yeso moreno sin aditivar a relaciones agua/yeso de 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco A/Y, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 25 donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Densidad en las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables (Tabla 117).



Gráfica 25: Gráfica de cajas para las diferentes A/Y con yeso moreno y sin aditivar respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos de las cinco A/Y (al 0,5, al 0,6, al 0,7, al 0,8 y al 0,9) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (A/Y) y una variable dependiente (Densidad). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados:

1: A/Y = 0,5    2: A/Y = 0,6    3: A/Y = 0,7    4: A/Y = 0,8    5: A/Y = 0,9

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1318,7700	10,19552	3,39851	1310,9330	1326,6070	1303,36	1335,64
2	9	1197,1122	20,58692	6,86231	1181,2877	1212,9367	1160,46	1215,41
3	9	1073,7267	16,99713	5,66571	1060,6615	1086,7918	1044,17	1095,77
4	9	986,3222	15,19469	5,06490	974,6425	998,0019	971,57	1017,05
5	9	841,4122	12,18678	4,06226	832,0446	850,7798	823,11	861,51
Total	45	1083,4686	15,032208	5,010738	1071,91386	1095,02344	1060,534	1105,076

Tabla 117: Descriptores de las A/Y 1, 2, 3, 4, 5 (Densidad para diferentes A/Y en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,109	4	40	0,366

Tabla 118: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes A/Y con yeso moreno y la propiedad de Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que no hay diferencias significativas de varianzas ( $p=0,05$ ) según el anterior estadístico de Levene (Tabla 118), por lo que analizamos,

además de ANOVA (Tabla 120), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 119).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	2024,831	4	19,705	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 119: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1227647,121	4	306911,780	1283,002	0,000
Intra-grupos	9568,552	40	239,214		
Total	1237215,673	44			

Tabla 120: ANOVA de las series para las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 119), como en la tabla de ANOVA (Tabla 120), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada A/Y.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recoges en la siguiente Tabla 121.

(I) A/Y	(J) A/Y	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	121,65778 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	100,8340	142,4815
	3	245,04333 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	224,2196	265,8671
	4	332,44778 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	311,6240	353,2715
	5	477,35778 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	456,5340	498,1815
2	1	-121,65778 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	-142,4815	-100,8340
	3	123,38556 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	102,5618	144,2093
	4	210,79000 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	189,9663	231,6137
	5	355,70000 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	334,8763	376,5237
3	1	-245,04333 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	-265,8671	-224,2196
	2	-123,38556 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	-144,2093	-102,5618
	4	87,40444 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	66,5807	108,2282
	5	232,31444 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	211,4907	253,1382
4	1	-332,44778 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	-353,2715	-311,6240
	2	-210,79000 <sup>*</sup>	7,29100	0,000	-231,6137	-189,9663



	3	-87,40444*	7,29100	0,000	-108,2282	-66,5807
	5	144,91000*	7,29100	0,000	124,0863	165,7337
5	1	-477,35778*	7,29100	0,000	-498,1815	-456,5340
	2	-355,70000*	7,29100	0,000	-376,5237	-334,8763
	3	-232,31444*	7,29100	0,000	-253,1382	-211,4907
	4	-144,91000*	7,29100	0,000	-165,7337	-124,0863

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 121: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno con respecto a la Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las A/Y: 1 y 2, 3, 4, 5; 2 y 1, 3, 4, 5; 3 y 1, 2, 4, 5; 4 y 1, 2, 3, 5; 5 y 1, 2, 3, 4, es decir, que el hecho de que la matriz de Agua/yeso lleva más o menos proporción de agua tiene un efecto significativo en la propiedad de Densidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 122.

	A/Y	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	841,4122				
	4	9		986,3222			
	3	9			1073,7267		
	2	9				1197,1122	
	1	9					1318,7700
	Sig			1,000	1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	841,4122				
	4	9		986,3222			
	3	9			1073,7267		
	2	9				1197,1122	
	1	9					1318,7700
	Sig			1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

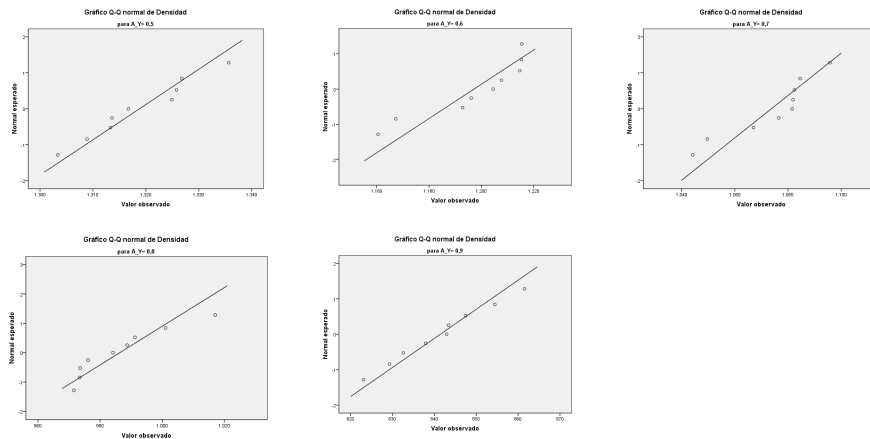
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 122: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes A/Y con yeso moreno. . (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como se puede apreciar en la Tabla 122, tanto con el método HSD de Tukey como por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las cinco A/Y.

Los distintos niveles de Densidad alcanzados por las cinco A/Y pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 25: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 26y en la Tabla 123 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 26: Gráficas Q-Q de ajuste a normalidad de las A/Y y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

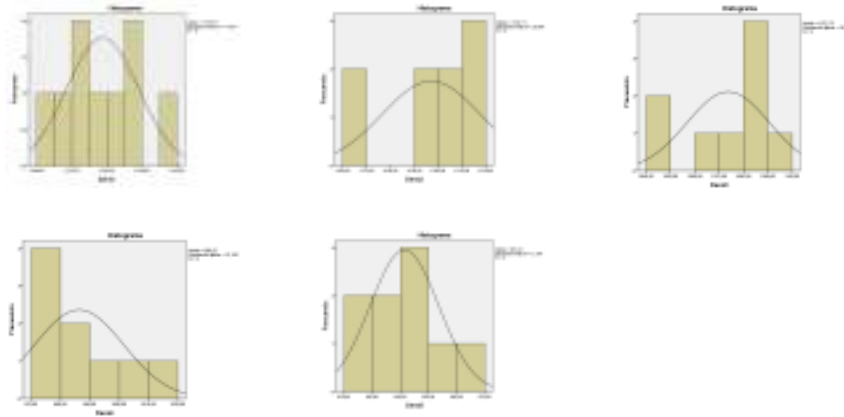
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	1	0,171	9	0,200*
	2	0,195	9	0,200*
	3	0,233	9	0,174
	4	0,194	9	0,200*
	5	0,106	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 123: Prueba de K-S de normalidad de las A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

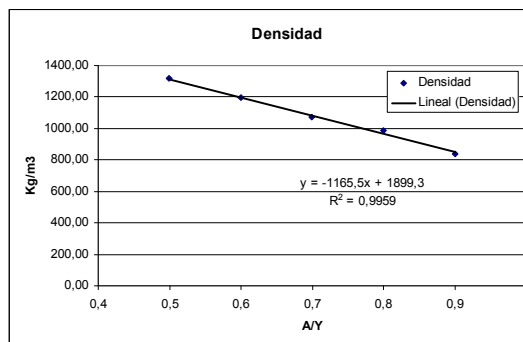
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias (Gráfica 27) con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados.



Gráfica 27: Histogramas de frecuencias de las A/Y con yeso moreno respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 116 y en la Gráfica 28 el parámetro de Densidad va disminuyendo a medida que aumenta la relación A/Y en la composición de la mezcla para amasado. El valor de máxima densidad se obtiene con la cantidad mínima de agua. Con A/Y de 0,9 la densidad cae a su valor más bajo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,997, se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 28: Curva de Densidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla con el yeso. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.4.7- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes A/Y de yeso moreno sin aditivar.

A la vista de los resultados obtenidos en las diferentes propiedades mecánicas practicadas, se observa una disminución de la resistencia mecánica a medida que aumenta la relación A/Y. Esta tendencia se cumple en todas las propiedades analizadas, dando valores siempre de máxima resistencia la A/Y de 0,5 por lo que nos inclinaremos por esta A/Y a la hora de seguir con nuestra investigación. No descartándose otras A/Y para otras futuras utilizaciones.

#### 4.1.5.- Determinación del porcentaje de aditivo (ADIFOC) que mejor se comporta adicionado al yeso moreno.

La finalidad de este ensayo es la de obtener la dosificación óptima de aditivo que mejor comportamiento tiene en el mortero con yeso moreno. El aditivo se dosifica en cuatro concentraciones, partiendo del 1‰ de Adifoc respecto al agua de amasado aportada, hasta el 10‰, teniendo dos dosis intermedias de al 3‰ y al 6‰ de aditivo, existiendo otra concentración de referencia en la que no utilizaremos aditivo y que denominaremos 0‰. Las propiedades mecánicas a analizar han sido las siguientes:

- Dureza Shore C
- Flexión
- Compresión
- Tracción Indirecta
- Módulo de elasticidad.
- Densidad

La relación A/Y de partida para este ensayo es de 0,5.

#### **4.1.5.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.**

Los datos que se exponen a continuación, son los obtenidos tras la realización del ensayo. Los resultados corresponden a la media de seis medidas por probeta

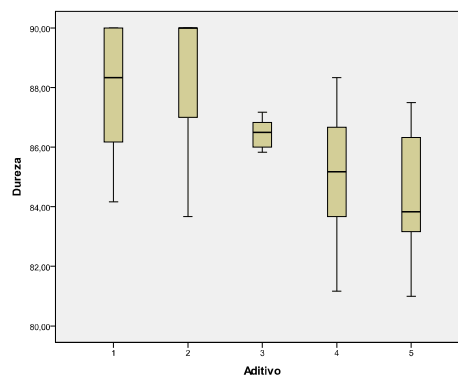
<b>DUREZA</b>					
Probeta (1)	YM0‰	YM1‰	YM3‰	YM6‰	YM10‰
1	84,17	83,67	86,00	83,67	87,50
2	86,17	87,00	85,83	81,17	82,00
3	85,83	85,33	86,00	83,67	86,33
4	89,17	90,00	86,83	87,00	86,50
5	90,00	90,00	86,33	88,33	86,33
6	90,00	90,00	86,50	86,50	83,83
7	90,00	88,93	87,17	84,67	81,00
8	88,33	90,00	86,67	86,67	83,83
9	86,67	90,00	86,83	85,17	83,17
Media	87,82	88,33	86,46	85,20	84,50
Desv Stand	2,17	2,42	0,45	2,18	2,26
Coef Variac	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03

(1) El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas

*Tabla 124: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado a 0, 1, 3, 6, 10‰ de aditivo (ADIFOC). (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 124, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que prácticamente no existe dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las cinco aditivaciones.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 29, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de las cinco A/Y, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 29: Gráfica de cajas para los diferentes aditivados con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10‰) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 124):

1: 0‰

2: 1‰

3: 3‰

4: 6‰

5: 10‰

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	87,8156	2,16989	0,72330	84,1476	89,4835	84,17	90,00
2	9	88,3256	2,41839	0,80613	86,4666	90,1845	83,67	90,00
3	9	86,4622	0,45560	0,15187	86,1120	86,8124	85,83	87,17
4	9	85,2056	2,18209	0,72736	83,5283	86,8829	81,17	88,33
5	9	84,4989	2,26010	0,75337	82,7616	86,2362	81,00	87,50
Total	45	86,4615	1,89721	0,63240	84,6032	87,9199	83,16	88,60

Tabla 125: Descriptores de las Aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5 (Dureza Shore C para diferentes aditivaciones en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,496	4	40	0,004

Tabla 126: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 126), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 128), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 127).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1,167	4	17,097	0,016

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 127: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	96,637	4	24,159	5,854	0,001
Intra-grupos	165,073	40	4,127		
Total	261,710	44			

Tabla 128: ANOVA de las series para las diferentes Aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 127), como en la tabla de ANOVA (Tabla 128), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivación.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 129.

(I) Aditivación	(J) Aditivación	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)*	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-0,51000	0,95764	0,983	-3,2451	2,2251
	3	1,35333	0,95764	0,623	-1,3818	4,0884
	4	2,61000	0,95764	0,068	-0,1251	5,3451
	5	3,31667*	0,95764	0,011	0,5816	6,0518
2	1	0,51000	0,95764	0,983	-2,2251	3,2451
	3	1,86333	0,95764	0,311	-0,8718	4,5984
	4	3,12000*	0,95764	0,018	0,3849	5,8551
	5	3,82667*	0,95764	0,002	1,0916	6,5618
3	1	-1,35333	0,95764	0,623	-4,0884	1,3818
	2	-1,86333	0,95764	0,311	-4,5984	0,8718
	4	1,25667	0,95764	0,685	-1,4784	3,9918
	5	1,96333	0,95764	0,262	-0,7718	4,6984
4	1	-2,61000	0,95764	0,068	-5,3451	0,1251
	2	-3,12000*	0,95764	0,018	-5,8551	-0,3849
	3	-1,25667	0,95764	0,685	-3,9918	1,4784
	5	0,70667	0,95764	0,946	-2,0284	3,4418
5	1	-3,31667*	0,95764	0,011	-6,0518	-0,5816
	2	-3,82667*	0,95764	0,002	-6,5618	-1,0916
	3	-1,96333	0,95764	0,262	-4,6984	0,7718
	4	-0,70667	0,95764	0,946	-3,4418	2,0284

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 129: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes A/Y con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las aditivaciones 1 y 5; 2 y 4, 5; 4 y 2; 5 y 1, 2 Es decir, el hecho de llevar diferente dosis de aditivo provoca diferente respuesta en el parámetro de Dureza Shore C, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro a medida que aumenta la proporción de aditivo.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 30.

	Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	84,4989		
	4	9	85,2056	85,2056	
	3	9	86,4622	86,4622	86,4622
	1	9		87,8156	87,8156
	2	9			88,3256
	Sig			0,262	0,068
Duncan <sup>a</sup>	5	9	84,4989		
	4	9	85,2056		
	3	9	86,4622	86,4622	
	1	9		87,8156	
	2	9		88,3256	
	Sig			0,058	0,072

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

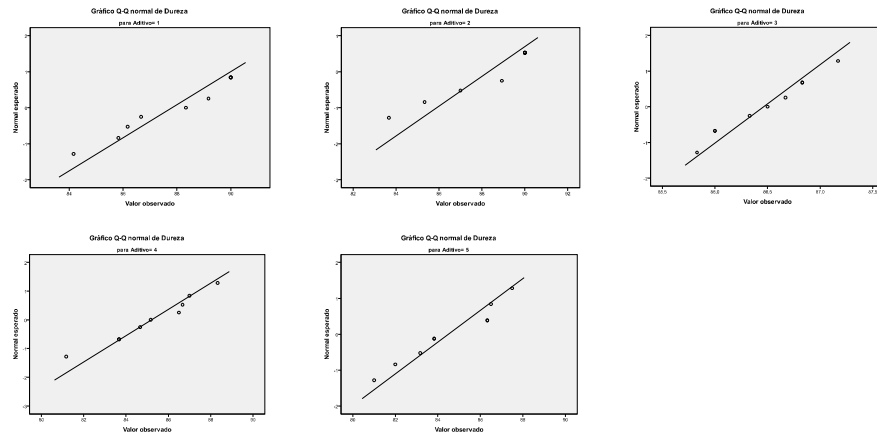
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 130: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes proporciones de aditivo. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 130, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones. Un primer comportamiento corresponde a las aditivaciones 5, 4 y 3 (10‰, 6‰ y 3‰); un segundo comportamiento correspondiente a las aditivaciones 4, 3 y 2 (6‰, 3‰ y 1‰) y un tercer comportamiento a las aditivaciones 3, 2 y 1 (3‰, 1‰ y 0‰). Por Duncan se localizan dos comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones. Un primer comportamiento correspondiente a las aditivaciones 5, 4 y 3 y un segundo comportamiento correspondiente a las aditivaciones 3, 2 y 1.

Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las cinco aditivaciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 29. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 30 y en la Tabla 131 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las aditivaciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .





Gráfica 30: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes aditivaciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

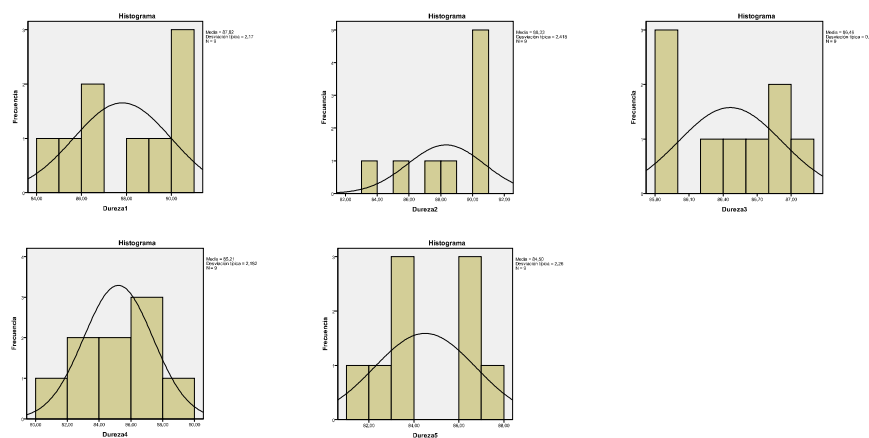
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Aditivo	Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	1	0,178	9	0,200*
	2	0,311	9	0,012
	3	0,178	9	0,200*
	4	0,168	9	0,200*
	5	0,236	9	0,161

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 131: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

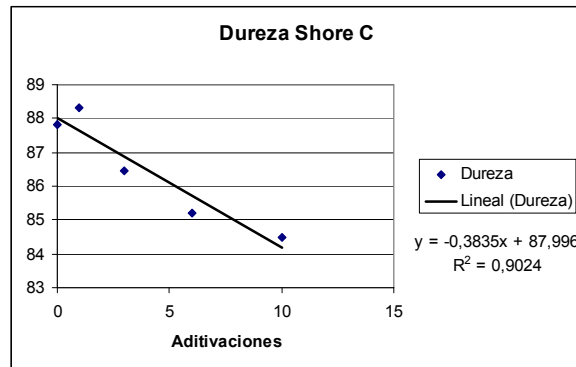
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 31):



Gráfica 31: Histogramas de frecuencias de las aditivaciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 124 y en la Gráfica 32 el parámetro de Dureza Superficial Shore C va decreciendo a medida que aumenta la concentración de ADIFOC, si bien se aprecia un aumento de la propiedad de Dureza con la aditivación al 1‰.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,902, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 32: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de las aditivaciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.2.- Datos obtenidos a Flexión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

En el ensayo se ha utilizado mortero de yeso moreno aditivaciones con aditivo ADIFOC a proporciones entre 0‰ y 10‰.

#### FLEXION

Probeta (1)	YM0‰	YM1‰	YM3‰	YM6‰	YM10‰
Media	4,97	5,32	5,23	4,03	3,19
Desv Stand	0,37	0,30	0,37	0,14	0,24
Coef Variac	0,07	0,06	0,07	0,03	0,08

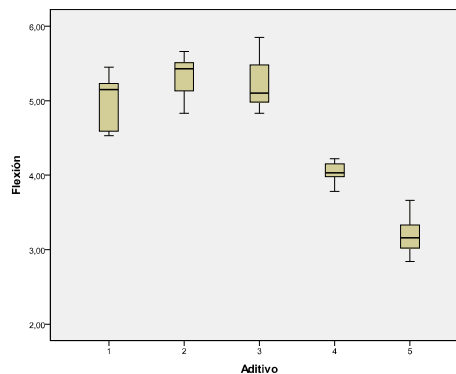
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 132: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado a diferentes proporciones de ADIFOC. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 132, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que prácticamente no existe dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las cinco aditivaciones.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de

frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 33, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las cinco aditivaciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 33: Gráfica de cajas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10‰) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Flexión). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 133):

1: 0‰                                      2: 1‰                                      3: 3‰                                      4: 6‰                                      5: 10‰

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	4,9744	0,36967	0,12322	4,6903	5,2586	4,53	5,45
2	9	5,3233	0,29967	0,09989	5,0930	5,5537	4,83	5,66
3	9	5,2300	0,37383	0,12461	4,9426	5,5174	4,83	5,85
4	9	4,0322	0,13609	0,04536	3,9276	4,1368	3,78	4,22
5	9	3,1944	0,24424	0,08141	3,0067	3,3822	2,84	3,66
Total	45	4,5508	0,28470	0,09489	4,3320	4,7697	4,16	4,96

Tabla 133: Descriptores de las Aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5 (Flexión para diferentes aditivaciones en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,315	4	40	0,005

Tabla 134: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 134), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 136), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 135).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	90.591	4	18,998	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 135: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones con yeso moreno, con respecto al parámetro de Flexión. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30.116	4	7,529	84,714	0,000
Intra-grupos	3,555	40	0,089		
Total	33,671	44			

Tabla 136: ANOVA de las series para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch, como en la tabla de ANOVA, existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivación.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 137.

(I) Aditivación	(J) Aditivación	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)*	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-0,34889	0,14053	0,115	-0,7503	0,0525
	3	-0,25556	0,14053	0,378	-0,6569	0,1458
	4	0,94222*	0,14053	0,000	0,5408	1,3436
	5	1,78000*	0,14053	0,000	1,3786	2,1814
2	1	0,34889	0,14053	0,115	-0,0525	0,7503
	3	0,09333	0,14053	0,963	-0,3080	0,4947
	4	1,29111*	0,14053	0,000	0,8897	1,6925
	5	2,12889*	0,14053	0,000	1,7275	2,5303
3	1	0,25556	0,14053	0,378	-0,1458	0,6569
	2	-0,09333	0,14053	0,963	-0,4947	0,3080
	4	1,19778*	0,14053	0,000	0,7964	1,5992
	5	2,03556*	0,14053	0,000	1,6342	2,4369
4	1	-0,94222*	0,14053	0,000	-1,3436	-0,5408
	2	-1,29111*	0,14053	0,000	-1,6925	-0,8897

	3	-1,19778*	0,14053	0,000	-1,5992	-0,7964
	5	0,83778*	0,14053	0,000	0,4364	1,2392
5	1	-1,78000*	0,14053	0,000	-2,1814	-1,3786
	2	-2,12889*	0,14053	0,000	-2,5303	-1,7275
	3	-2,03556*	0,14053	0,000	-2,4369	-1,6342
	4	-0,83778*	0,14053	0,000	-1,2392	-0,4364

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 137: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones 1 y 4, 5; 2 y 4, 5; 3 y 4, 5. Es decir, el hecho de llevar diferente proporción de aditivo provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Flexión a medida que aumenta la proporción de aditivo.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 138.

	Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	3,1944			
	4	9		4,0322		
	1	9			4,9744	
	3	9			5,2300	
	2	9			5,3233	
	Sig			1,000	1,000	0,115
Duncan <sup>a</sup>	5	9	3,1944			
	4	9		4,0322		
	1	9			4,9744	
	3	9			5,2300	5,2300
	2	9				5,3233
	Sig			1,000	1,000	0,076

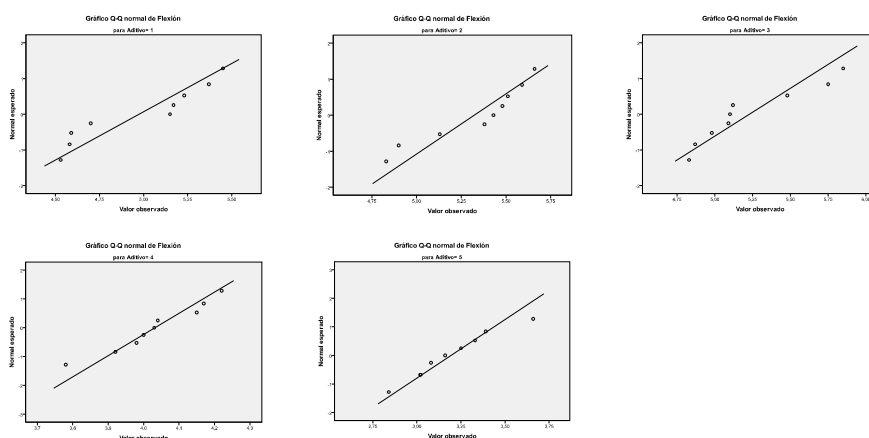
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 138: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 138, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos entre las cinco aditivaciones. Un primer comportamiento correspondiente a la aditivación 5 (10‰), un segundo comportamiento

correspondiente a la aditivación 4 (6‰) y un tercer comportamiento correspondiente a las aditivaciones 1, 3 y 2 (0‰, 3‰ y 1‰). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones, Un primer comportamiento correspondiente a la aditivación 5, otro correspondiente a la aditivación 4, otro correspondiente a las aditivaciones 1 y 3, y otro correspondiente a las aditivaciones 3 y 2, interpretación que nos parece más acorde con los ensayos realizados. Los distintos niveles de Flexión alcanzados por las cinco aditivaciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 33. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (Estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 34 y en la Tabla 139, poniéndose de manifiesto para todas las aditivaciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



**Gráfica 34: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes aditivaciones y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)**

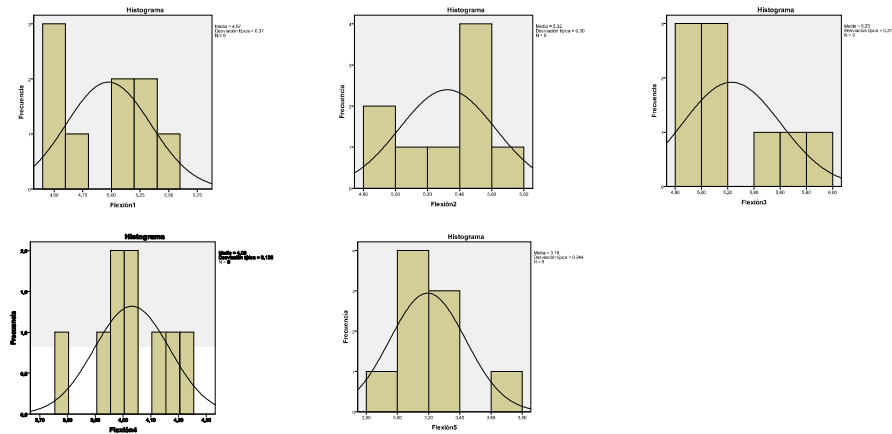
	A/Y	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	1	0,238	9	0,150
	2	0,242	9	0,138
	3	0,282	9	0,037
	4	0,144	9	0,200*
	5	0,126	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

**Tabla 139: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).**

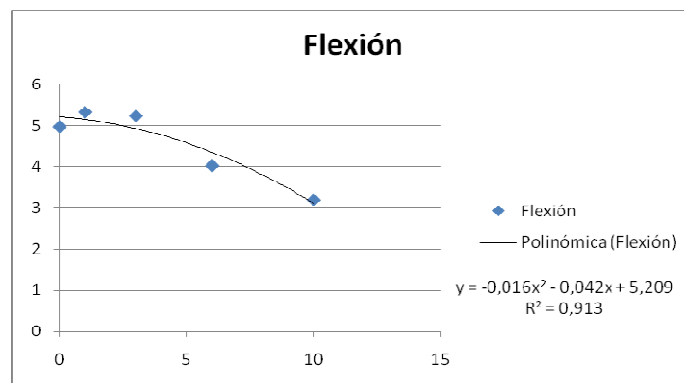
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Tabla 35):



Grafica 35: Histogramas de frecuencias de las diferentes aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 132 y en la Gráfica 36 el parámetro de Flexión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de aditivo. Se produce un pequeño aumento del parámetro de Flexión con la aditivación al 1‰, para después ir disminuyendo a medida que aumenta la concentración de aditivo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,913, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 36: Curva de Flexión obtenida para ensayos de yeso moreno, en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de aditivo (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.3.- Datos obtenidos a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

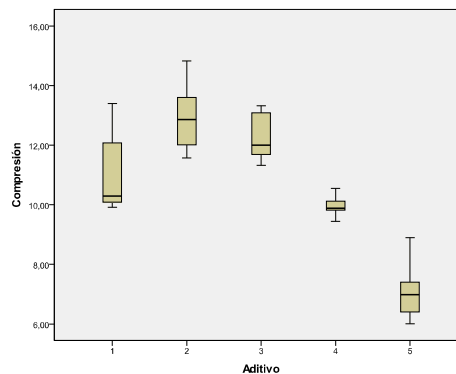
<b>COMPRESION</b>					
Probeta	YM0‰	YM1‰	YM3‰	YM6‰	YM10‰
Media	11,07	12,92	12,25	10,03	7,30
Desv Stand	1,32	1,12	0,74	0,42	1,30
Coef Variac	0,12	0,09	0,06	0,04	0,18

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 140: Valores de Compresión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos está reflejados en la Tabla 140, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que prácticamente no existe dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las cinco aditivaciones.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 37, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las cinco adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 37: Gráfica de cajas para las diferentes aditivaciones con respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10‰) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $vi$ , variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Compresión). Los cinco niveles de  $vi$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes aditivaciones, con los siguientes significados (Tabla 141):



	1: 0‰	2: 1‰	3: 3‰	4: 6‰	5: 10‰			
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	11,0689	1,31569	0,43856	10,0576	12,0802	9,92	13,40
2	9	12,9178	1,11904	0,37301	12,0576	13,7779	11,57	14,83
3	9	12,2456	0,74012	0,24671	11,6766	12,8145	11,33	13,32
4	9	10,0022	0,36400	0,12133	9,7224	10,2820	9,44	10,55
5	9	7,1444	1,06634	0,35545	6,3248	7,9641	6,01	8,90
Total	45	10,6757	0,92103	0,30701	9,9678	11,3837	9,65	12,20

*Tabla 141: Descriptores de las Aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,221	4	40	0,022

*Tabla 142: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 142), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 144), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 143).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	44,779	4	18,504	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 143: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	185,124	4	46,281	48,203	0,000
Intra-grupos	30,165	40	0,960		
Total	222,529	44			

*Tabla 144: ANOVA de las series para las diferentes aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 143), como en la tabla de ANOVA (Tabla 144), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivación.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recoges en la siguiente Tabla 145

(I) Aditivación	(J) Aditivación	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-1,84889*	0,46191	0,002	-3,1681	-0,5296
	3	-1,17667	0,46191	0,100	-2,4959	0,1426
	4	1,06667	0,46191	0,163	-0,2526	2,3859
	5	3,92444*	0,46191	0,000	2,6052	5,2437
2	1	1,84889*	0,46191	0,002	0,5296	3,1681
	3	0,67222	0,46191	0,597	-0,6470	1,9915
	4	2,91556*	0,46191	0,000	1,5963	4,2348
	5	5,77333*	0,46191	0,000	4,4541	7,0926
3	1	1,17667	0,46191	0,100	-0,1426	2,4959
	2	-0,67222	0,46191	0,597	-1,9915	0,6470
	4	2,24333*	0,46191	0,000	0,9241	3,5626
	5	5,10111*	0,46191	0,000	3,7819	6,4204
4	1	-1,06667	0,46191	0,163	-2,3859	0,2526
	2	-2,91556*	0,46191	0,000	-4,2348	-1,5963
	3	-2,24333*	0,46191	0,000	-3,5626	-0,9241
	5	2,85778*	0,46191	0,000	1,5385	4,1770
5	1	-3,92444*	0,46191	0,000	-5,2437	-2,6052
	2	-5,77333*	0,46191	0,000	-7,0926	-4,4541
	3	-5,10111*	0,46191	0,000	-6,4204	-3,7819
	4	-2,85778*	0,46191	0,000	-4,1770	-1,5385

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 145: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las aditivaciones: 1 y 2, 5; 2 y 1, 4, 5; 3 y 4, 5; 4 y 2, 3, 5; 5 y 1, 2, 3, 4, es decir, que el hecho de que lleve más o menos proporción de aditivo tiene un efecto significativo en la propiedad de Compresión.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 146.

	Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	7,1444			
	4	9		10,0022		
	1	9		11,0689	11,0689	
	3	9			12,2456	12,2456
	2	9				12,9178
	Sig			1,000	,163	,100
Duncan <sup>a</sup>	5	9	7,1444			
	4	9		10,0022		
	1	9			11,0689	
	3	9				12,2456
	2	9				12,9178
	Sig			1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

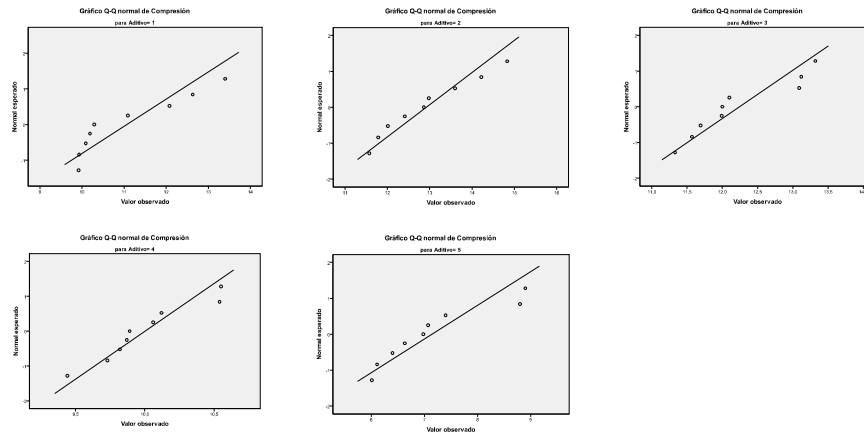
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 146: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la anterior Tabla 146, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones. Un primer comportamiento correspondiente a la aditivación 5 (10‰); un segundo comportamiento correspondiente a las aditivaciones 4 y 1 (6‰ y 0‰); y un tercer comportamiento correspondiente a las aditivaciones 1 y 3 (1‰ y 0‰) y un cuarto comportamiento correspondiente a las aditivaciones 3 y 2 (3‰ y 1‰). Por Duncan identifica cuatro comportamientos diferenciados, uno para la aditivación 5, otro para la aditivación 4, otro para la aditivación 1, y otro para las aditivaciones 3 y 2, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de A/Y no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente.

Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las cinco adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 37: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 38 y en la Tabla 147 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 38: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las aditivaciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

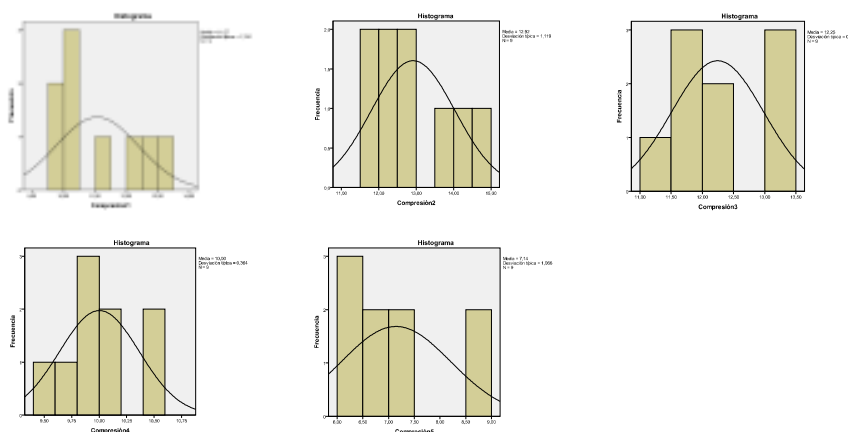
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Aditivo	Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	1	0,279	9	0,042
	2	0,144	9	0,200*
	3	0,245	9	0,128
	4	0,177	9	0,200*
	5	0,194	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 147: Prueba de K-S de normalidad de las aditivaciones. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 39).

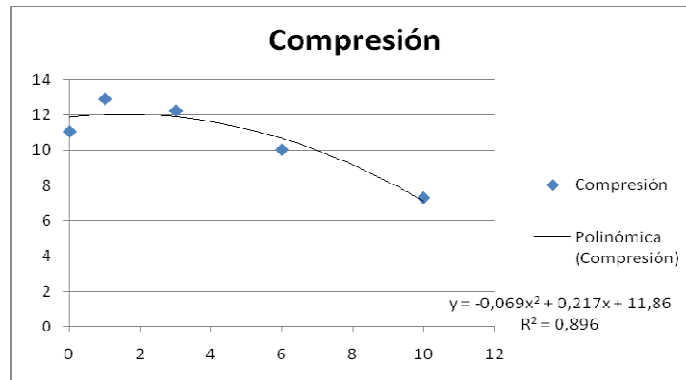


Gráfica 39: Histogramas de frecuencias de las aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 140 y en la Gráfica 40 el parámetro de Compresión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de aditivo,

produciéndose un aumento del parámetro de Compresión para las adiciones al 1 y al 3% con respecto a la adición de 0%.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,896, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 40: Curva de Compresión en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de aditivo. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

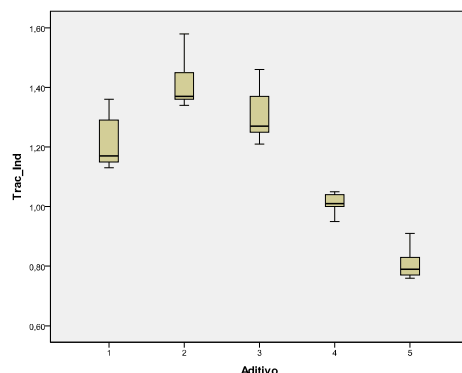
Tracc Indirecta					
Probeta (1)	YM0%	YM1%	YM3%	YM6%	YM10%
Media	1,23	1,42	1,31	1,01	0,81
Desv Stand	0,08	0,08	0,09	0,03	0,05
Coef Variac	0,07	0,06	0,07	0,03	0,07

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 148: Valores de Tracción Indirecta obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco adiciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 148).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 41, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las cinco adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 41: Gráfica de cajas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Compresión). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes aditivaciones, con los siguientes significados (Tabla 149):

1: 0‰                      2: 1‰                      3: 3‰                      4: 6‰                      5: 0‰

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1,2289	0,08207	0,02736	1,1658	1,2920	1,13	1,34
2	9	1,4178	0,08482	0,02827	1,3526	1,4830	1,34	1,58
3	9	1,3078	0,09271	0,03090	1,2365	1,3790	1,21	1,46
4	9	1,0089	0,03180	0,01060	0,9844	1,0333	0,95	1,05
5	9	0,8056	0,05053	0,01684	0,7667	0,8444	0,76	0,91
Total	45	1,1538	0,06838	0,02279	1,1012	1,2063	1,07	1,26

Tabla 149: Descriptores de las Aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
5,113	4	40	0,002

Tabla 150: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 150), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 152), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 151).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	111,106	4	19,931	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 151: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,162	4	0,540	98,656	0,000
Intra-grupos	0,219	40	0,005		
Total	2,381	44			

*Tabla 152: ANOVA de las series para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 151), como en la tabla de ANOVA (Tabla 152), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivaciones.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 153.

(I) Aditivo	(J) Aditivo	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-0,19667*	,03489	0,000	-0,2963	-0,0970
	3	-0,08667	,03489	0,115	-0,1863	0,0130
	4	0,21222*	,03489	0,000	0,1126	0,3119
	5	0,41556*	,03489	0,000	0,3159	0,5152
2	1	0,19667*	,03489	0,000	0,0970	0,2963
	3	0,11000*	,03489	0,024	0,0104	0,2096
	4	0,40889*	,03489	0,000	0,3092	0,5085
	5	0,61222*	,03489	0,000	0,5126	0,7119
3	1	0,08667*	,03489	0,115	-0,0130	0,1863
	2	-0,11000*	,03489	0,024	-0,2096	-0,0104
	4	0,29889*	,03489	0,000	0,1992	0,3985
	5	0,50222*	,03489	0,000	0,4026	0,6019
4	1	-0,21222*	,03489	0,000	-0,3119	-0,1126
	2	-0,40889*	,03489	0,000	-0,5085	-0,3092
	3	-0,29889*	,03489	0,000	-0,3985	-0,1992
	5	0,20333*	,03489	0,000	0,1037	0,3030
5	1	-0,41556*	,03489	0,000	-0,5152	-0,3159

2	-0,61222*	,03489	0,000	-0,7119	-0,5126
3	-0,50222*	,03489	0,000	-0,6019	-0,4026
4	-0,20333*	,03489	0,000	-0,3030	-0,1037

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 153: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con yeso moreno con respecto a la Tracción Indirecta. (Fuente Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las aditivaciones: 1 y 2, 4, 5; 2 y 1,2, 4, 5; 3 y 2, 4, 5; 4 y 1, 2, 3, 5; 5 y 1, 2, 3, 4, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de aditivo tiene un efecto significativo en la propiedad de Tracción Indirecta.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 154.

	Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	5	9	0,8056				
	4	9		1,0089			
	1	9			1,2211		
	3	9			1,3078		
	2	9				1,4178	
	Sig			1,000	1,000	,115	1,000
Duncan <sup>a</sup>	5	9	0,8056				
	4	9		1,0089			
	1	9			1,2211		
	3	9				1,3078	
	2	9					1,4178
	Sig			1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

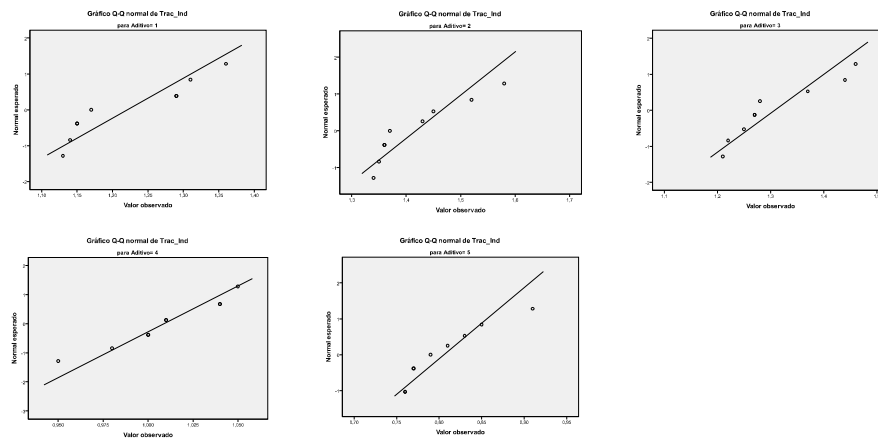
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 154: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 154, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones. Uno primer comportamiento para la aditivación 5 (10‰), un segundo comportamiento para la aditivación 4 (6‰), un tercer comportamiento para las aditivaciones 1 y 3 (0‰ y 3‰) y un cuarto comportamiento para la aditivación 2 (1‰). Por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones.



Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las cinco aditivaciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 41. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 42 y en la Tabla 155 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 42: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Aditivaciones y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

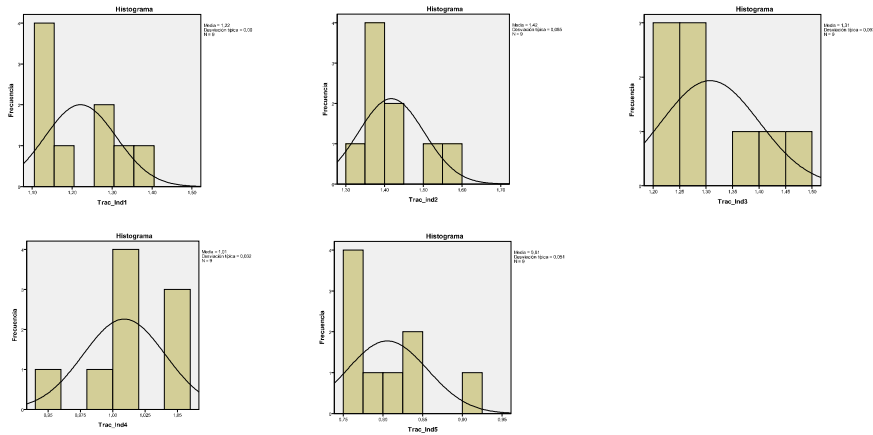
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Trac Indirecta	1	0,271	9	0,055
	2	0,269	9	0,060
	3	0,284	9	0,034
	4	0,169	9	0,200*
	5	0,204	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 155: Prueba de K-S de normalidad de las aditivaciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

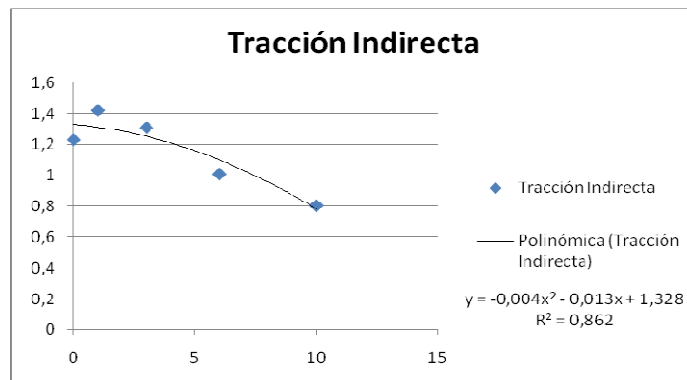
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 43).



Gráfica 43: Histogramas de frecuencias de las aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 140 y en la Gráfica 44 el parámetro de Tracción Indirecta va disminuyendo a medida que aumenta la concentración de aditivo. Produciéndose un aumento de este parámetro, respecto de la adición 0, de las adiciones de 1 y 3%.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,862, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 44: Curva de Tracción Indirecta en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la concentración de aditivo. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.5.- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

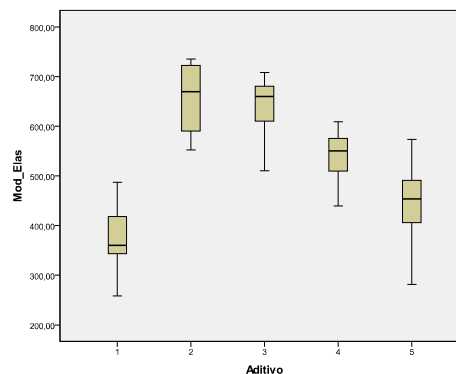
<b>Modulo Elasticidad</b>					
Probeta	YM0‰	YM1‰	YM3‰	YM6‰	YM10‰
Media	378,34	654,05	642,52	534,66	447,64
Desv Stand	70,60	68,82	61,93	57,48	83,24
Coef Variac	0,18	0,11	0,10	0,11	0,18

(1) El valor único obtenido en cada probeta

Tabla 156: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco aditivaciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 156).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 45, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las cinco aditivaciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 45: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con yeso moreno aditivado respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10‰) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes aditivaciones, con los siguientes significados (Tabla 157):

	1: 0‰	2: 1‰	3: 3‰	4: 6‰	5: 10‰			
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	378,3422	73,60338	24,53446	321,7657	434,9188	258,56	487,19
2	9	654,0456	68,82134	22,94045	601,1448	706,9463	552,10	735,46
3	9	642,5156	61,93184	20,64395	594,9105	690,1206	510,32	708,68
4	9	534,6567	57,48283	19,16094	490,4715	578,8419	439,64	608,91
5	9	447,6400	86,23788	28,74596	381,3517	513,9283	281,55	573,93
Total	45	531,4400	69,61545	23,20515	477,9288	584,9511	408,43	622,83

Tabla 157: Descriptores de las aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,315	4	40	0,886

Tabla 158: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno y la propiedad de Módulo de Elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 158), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 160), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 159).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	23,353	4	19,911	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 159: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	520574,560	4	130143,640	28,312	0,000
Intra-grupos	197845,089	40	4946,127		
Total	718419,650	44			

Tabla 160: ANOVA de las series para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 159), como en la tabla de ANOVA (Tabla 160), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivación.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 161.

(I) Aditivo	(J) Aditivo	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-275,70333*	33,15327	0,000	-370,3921	-181,0146
	3	-264,17333*	33,15327	0,000	-358,8621	-169,4846
	4	-156,31444*	33,15327	0,000	-251,0032	-61,6257
	5	-69,29778	33,15327	0,244	-163,9865	25,3910
2	1	275,70333*	33,15327	0,000	181,0146	370,3921
	3	11,53000	33,15327	0,997	-83,1588	106,2188
	4	119,38889*	33,15327	0,007	24,7001	214,0777
	5	206,40556*	33,15327	0,000	111,7168	301,0943
3	1	264,17333*	33,15327	0,000	169,4846	358,8621
	2	-11,53000	33,15327	0,997	-106,2188	83,1588
	4	107,85889*	33,15327	0,019	13,1701	202,5477
	5	194,87556*	33,15327	0,000	100,1868	289,5643
4	1	156,31444*	33,15327	0,000	61,6257	251,0032
	2	-119,38889*	33,15327	0,007	-214,0777	-24,7001
	3	-107,85889*	33,15327	0,019	-202,5477	-13,1701
	5	87,01667	33,15327	0,085	-7,6721	181,7054
5	1	69,29778	33,15327	0,244	-25,3910	163,9865
	2	-206,40556*	33,15327	0,000	-301,0943	-111,7168
	3	-194,87556*	33,15327	0,000	-289,5643	-100,1868
	4	-87,01667*	33,15327	0,085	-181,7054	7,6721

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 161: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes aditivaciones con yeso moreno con respecto al Módulo de elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las aditivaciones: 1 y 2, 3, 4; 2 y 1, 4, 5; 3 y 1, 4, 5; 4 y 1, 2, 3; 5 y 2, 3, es decir, que el hecho de que llev más o menos proporción de aditivo tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 162.

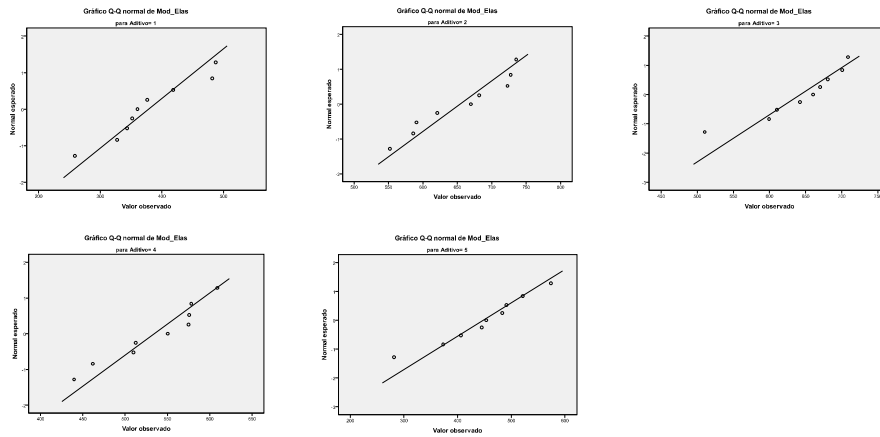
		Aditivo		Subconjunto para alfa = 0,05			
			N	1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	1	9	378,3422				
	5	9	447,6400	447,6400			
	4	9		534,6567			
	3	9			642,5156		
	2	9				654,0456	
	Sig.			0,244	0,085	0,997	
Duncan <sup>a</sup>	1	9	378,3422				
	5	9		447,6400			
	4	9			534,6567		
	3	9				642,5156	
	2	9					654,0456
	Sig.			1,000	1,000	1,000	0,730

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 162: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como se puede apreciar en la Tabla 162, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones. Un primer comportamiento correspondiente a las aditivaciones 1 y 5 (0‰ y 10‰); un segundo comportamiento correspondiente a las aditivaciones 5 y 4 (10‰ y 6‰); un tercer comportamiento correspondiente a las aditivaciones 3 y 2 (3‰ y 1‰). Por su parte, el método Duncan identifica cuatro comportamientos diferenciados. Un primer comportamiento correspondiente a la aditivación 1 (0‰). Un segundo comportamiento correspondiente a la aditivación 5 (10‰). Un tercer comportamiento correspondiente a la aditivación 4 (6‰). Y un cuarto comportamiento correspondiente a las aditivaciones 3 y 2 (3‰ y 1‰), interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de A/Y no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente. Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las cinco aditivaciones pueden verse en la anterior Gráfica 45: El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 46 y en la Tabla 163 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 46: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las aditivaciones y la propiedad del Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

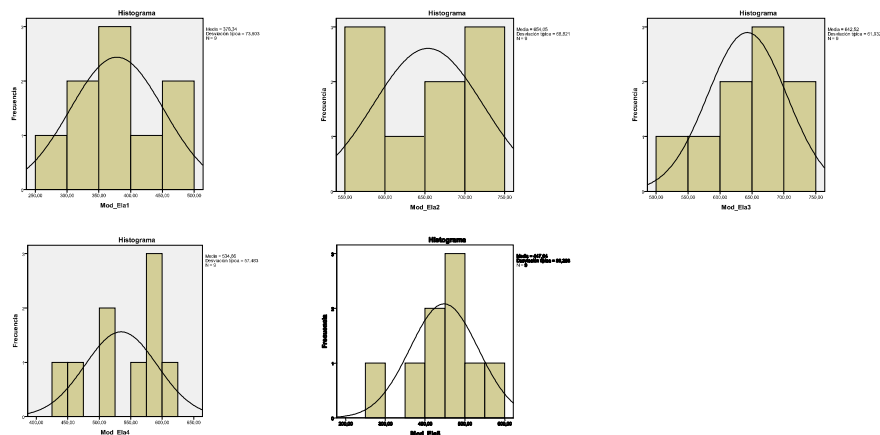
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	1	0,178	9	0,200*
	2	0,174	9	0,200*
	3	0,169	9	0,200*
	4	0,203	9	0,200*
	5	0,154	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 163: Prueba de K-S de normalidad de las aditivaciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

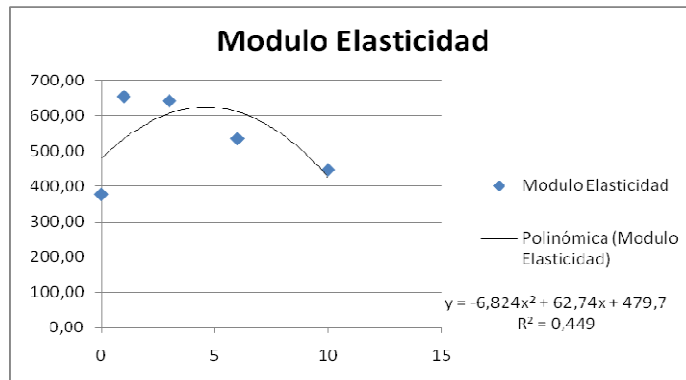
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 47).



Gráfica 47: Histogramas de frecuencias de las aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 156 y en la Gráfica 48 el parámetro de Módulo de elasticidad va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de aditivo. Cuando no se usa aditivo, el valor que da es el inferior de todos.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,449, con lo que se rechaza la influencia lineal de la variable Módulo de Elasticidad. No existe relación directa entre el Módulo de Elasticidad y la dosificación



Gráfica 48: Curva del Módulo de elasticidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de aditivo. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.6- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

DENSIDAD					
Probeta	YM0‰	YM1‰	YM3‰	YM6‰	YM10‰
Media	1318,77	1321,04	1342,03	1373,40	1339,22
Desv Stand	10,19	7,42	9,79	4,87	9,82
Coef Variac	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01

(1) El valor único obtenido en cada probeta

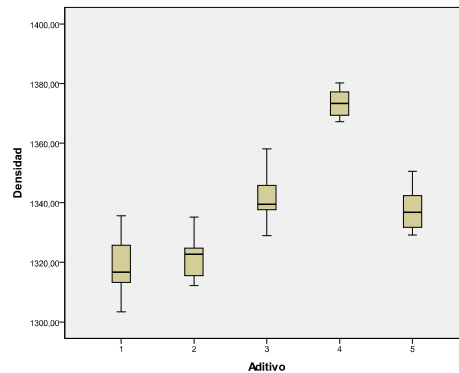
Tabla 164: Valores de Densidad obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las cinco aditivaciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 164).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 49, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Densidad en las cinco aditivaciones, en las



que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 49: Gráfica de cajas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las cinco aditivaciones (al 0, al 1, al 3, al 6 y al 10‰) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Densidad). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes aditivaciones, con los siguientes significados:

1: 0‰

2: 1‰

3: 3‰

4: 6‰

5: 10‰

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1318,7700	10,19552	3,39851	1310,9330	1326,6070	1303,36	1335,64
2	9	1321,0422	7,42102	2,47367	1315,3379	1326,7465	1312,22	1335,25
3	9	1342,0356	9,78998	3,26333	1334,5103	1349,5608	1329,01	1358,11
4	9	1373,4011	4,87208	1,62403	1369,6561	1377,1461	1367,26	1380,22
5	9	1337,9978	6,95742	2,31914	1332,6498	1343,3457	1329,16	1350,60
Total	45	1338,6493	7,84720	2,61573	1332,6174	1344,6812	1328,20	1351,96

Tabla 165: Descriptores de las Aditivaciones 1, 2, 3, 4, 5 (Densidad para diferentes aditivaciones en yeso moreno). (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,512	4	40	0,217

Tabla 166: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes aditivaciones con yeso moreno y la propiedad de Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 166), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 168), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 167).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	104,170	4	19,705	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 167: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	17322,978	4	4330,745	66,218	0,000
Intra-grupos	2616,054	40	85,401		
Total	19939,032	44			

Tabla 168: ANOVA de las series para las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 167), como en la tabla de ANOVA (Tabla 168), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada aditivación.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 169.

(I) Aditivo	(J) Aditivo	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-2,27222	3,81230	0,975	-13,1605	8,6161
	3	-23,26556*	3,81230	0,000	-34,1538	-12,3773
	4	-54,63111*	3,81230	0,000	-65,5194	-43,7428
	5	-19,22778*	3,81230	0,000	-30,1161	-8,3395
2	1	2,27222	3,81230	0,975	-8,6161	13,1605
	3	-20,99333*	3,81230	0,000	-31,8816	-10,1051
	4	-52,35889*	3,81230	0,000	-63,2472	-41,4706
	5	-16,95556*	3,81230	0,001	-27,8438	-6,0673
3	1	23,26556*	3,81230	0,000	12,3773	34,1538
	2	20,99333*	3,81230	0,000	10,1051	31,8816
	4	-31,36556*	3,81230	0,000	-42,2538	-20,4773
	5	4,03778*	3,81230	0,826	-6,8505	14,9261
4	1	54,63111*	3,81230	0,000	43,7428	65,5194

	2	52,35889*	3,81230	0,000	41,4706	63,2472
	3	31,36556*	3,81230	0,000	20,4773	42,2538
	5	35,40333*	3,81230	0,000	24,5151	46,2916
5	1	19,22778*	3,81230	0,000	8,3395	30,1161
	2	16,95556*	3,81230	0,001	6,0673	27,8438
	3	-4,03778	3,81230	0,826	-14,9261	6,8505
	4	-35,40333*	3,81230	0,000	-46,2916	-24,5151

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 169: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes aditivaciones con yeso moreno con respecto a Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las aditivaciones: 1 y 3, 4, 5; 2 y 3, 4, 5; 3 y 1, 2, 3; 4 y 1, 2, 3; 5 y 1, 2, 4, es decir, que el hecho de que lleve más o menos aditivo tiene un efecto significativo en la propiedad de Densidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 170.

	Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
Tukey <sup>a</sup>	1	9	1318,7700		
	2	9	1321,0422		
	5	9		1337,9978	
	3	9		1342,0356	
	4	9			1373,4011
	Sig.		0,975	0,826	1,000
Duncan <sup>a</sup>	1	9	1318,7700		
	2	9	1321,0422		
	5	9		1337,9978	
	3	9		1342,0356	
	4	9			1373,4011
	Sig.		0,555	0,296	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

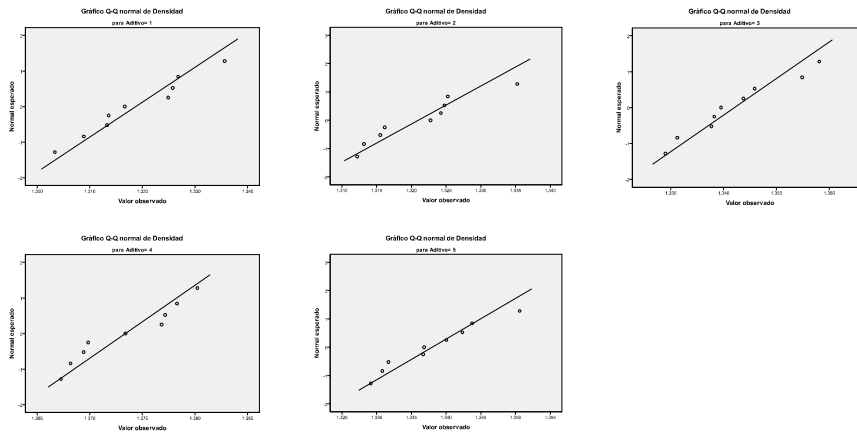
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 170: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes aditivaciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 170, con el método HSD de Tukey se observan tres comportamientos diferenciados. Un primer comportamiento para las aditivaciones 1 y 2 (0‰ y 1‰). Un segundo comportamiento para las aditivaciones 5 y

3 (10‰ y 3‰) y un tercer comportamiento para la aditivación 4 (6‰). Por Duncan se localizan tres comportamientos diferenciados entre las cinco aditivaciones, con igual conformación que por Tukey. Los distintos niveles de Densidad alcanzados por las cinco aditivaciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 49: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 50 y en la Tabla 171 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las aditivaciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 50: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

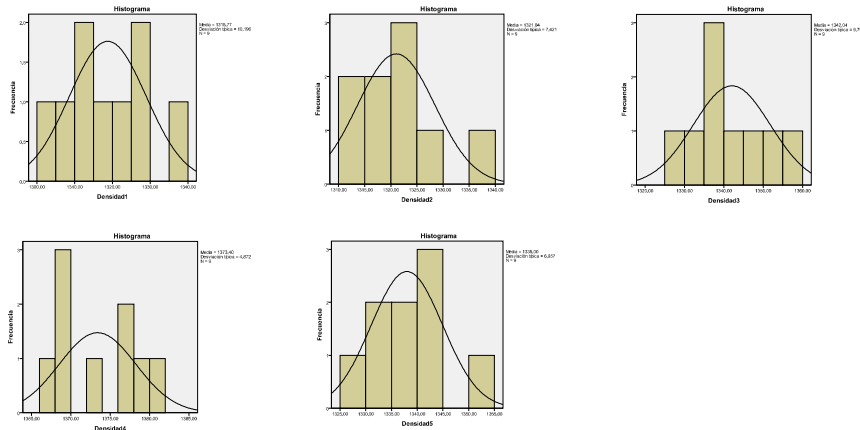
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	1	0,171	9	0,200*
	2	0,188	9	0,200*
	3	0,157	9	0,200*
	4	0,211	9	0,200*
	5	0,150	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 171: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

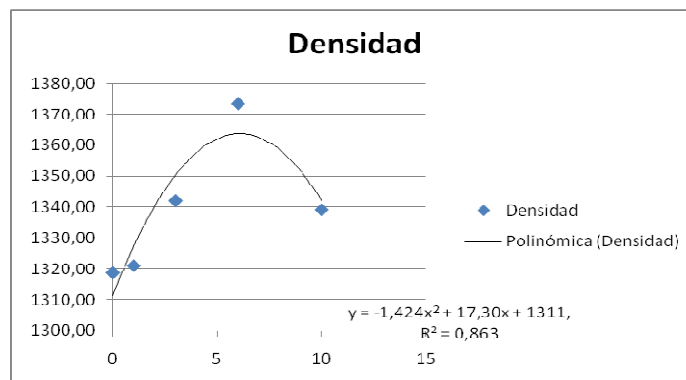
Se acompañan los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados (Tabla 51).



Gráfica 51: Histogramas de frecuencias de las aditivaciones con yeso moreno respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la tabla () y en la Gráfica () el parámetro de Densidad va aumentando a medida que aumenta la proporción de aditivo hasta llegar a un máximo, el 6‰, que empieza a disminuir.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,863, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 52: Curva de Densidad en la que se aprecia el aumento de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de aditivo. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.1.5.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes aditivaciones con yeso moreno.

Como se puede apreciar de los datos obtenidos (nos referimos a los datos de Flexión ya que es el parámetro que más significancia tiene en nuestros ensayos), a medida que aumenta la proporción de aditivo disminuye el valor de Flexión, si bien no se encuentran diferencias significativas entre las aditivaciones 1, 2, y 3 (0‰, 1‰ y 3‰). Si se encuentran diferencias significativas entre las aditivaciones 1, 4 y 5 (0‰, 6‰ y 10‰).

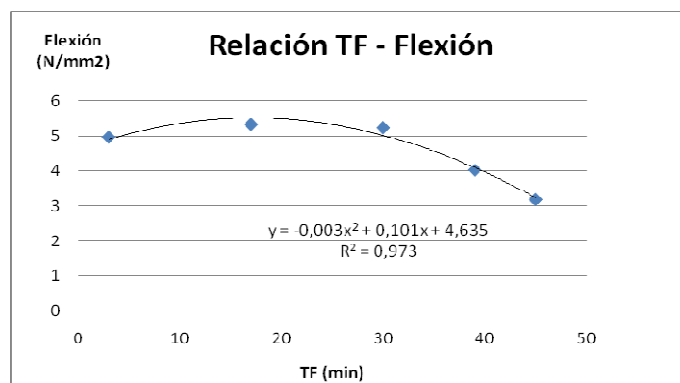
Entre las aditivaciones 2 y 3 (5,32 y 5,23 N/mm<sup>2</sup>) no se aprecian diferencias significativas, en cambio entre las aditivaciones 3 y 4 (5,23 y 4,03 N/mm<sup>2</sup>), si existen

diferencias significativas entre sus medias, resultados que tienden a disminuir a la vez que aumentamos la proporción de aditivo.

En el ensayo de Tiempo de Inicio de Fraguado (Tif) se observa que a medida que aumenta la proporción de aditivo, aumenta el parámetro de Tif, pasando de 30 minutos para la adición 3 (3‰) a unos 39 minutos para la aditivación 4 (6‰).

Estimándose un tiempo de trabajo de la pasta de yeso amasado de unos 20 minutos desde que se empieza a mezclar el agua con el yeso hasta que se aplica y fragua la aplicación, se admite que con la aditivación 3 (3‰) se ajustaría a estos requerimientos de tiempo de fraguado necesarios para trabajar la pasta de yeso. Con menos tiempo de fraguado, la pasta fraguaría antes o durante la aplicación; más tiempo de fraguado para la aplicación normal sobre muro de ladrillo, sería excesivo y podría llegar a desmoronarse, con lo que las precauciones a tener en cuenta serían mayores.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,973, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 53: Relación entre el Tiempo de inicio de fraguado y los valores obtenidos a Flexión. (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

#### 4.2.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita a diferentes porcentajes.

Con este experimento se pretende observar el efecto, en las propiedades mecánicas, de la adición de vermiculita laminada a diferentes proporciones sobre el mortero de yeso aditivado al 3‰ y con una A/Y de 0,5.

##### 4.2.1.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita laminada a diferentes porcentajes.

Las propiedades mecánicas a analizar en este estudio han sido las siguientes:

- Dureza Shore C

- Flexión
- Compresión
- Tracción Indirecta
- Módulo de elasticidad.
- Densidad

La relación A/Y de partida para este ensayo es de 0,5 y la dosis de aditivo (Adifoc) de 3‰

#### **4.2.1.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.**

Los datos que se exponen a continuación, son los obtenidos tras la realización del ensayo. Los resultados corresponden a la media de seis medidas por probeta.

<b>DUREZA</b>						
Probeta (1)	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
1	84,17	83,00	78,17	66,33	37,00	9,83
2	86,17	82,00	76,00	70,00	36,83	10,00
3	85,83	81,17	76,67	71,67	42,67	11,00
4	89,17	68,50	64,50	73,50	31,00	8,33
5	90,00	68,83	62,67	72,17	42,17	8,00
6	90,00	74,67	63,33	73,00	33,50	7,83
7	90,00	63,33	63,83	60,83	53,00	6,33
8	88,33	65,00	70,50	62,00	53,50	6,50
9	86,67	70,00	68,00	60,17	53,17	6,33
Media	87,82	72,94	69,30	67,74	42,54	8,24
Desv Stand	2,17	7,54	6,26	5,49	5,81	1,27
Coef Variac	0,02	0,10	0,09	0,08	0,13	0,15

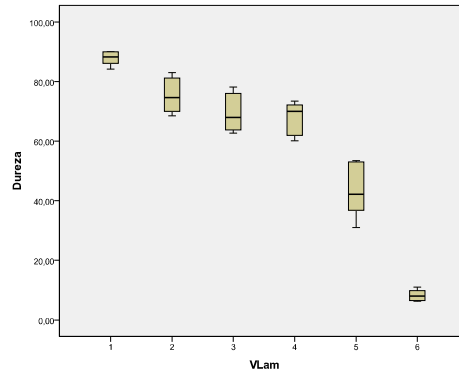
(1)El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas

*Tabla 172: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo de yeso moreno aditivado a 3‰ y con adiciones de VL al 0, 10, 20, 30, 50 y 70%. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos, están reflejados en la Tabla 172, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que existe poca dispersión en los resultados obtenidos, aunque para las adiciones de 50 y 70% existe algo más.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 54, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de las seis adiciones, en las que se aprecia

cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 54: Gráfica de cajas para los diferentes adicionados con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los seis niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 173):

1: 0%      2: 10%      3: 20%      4: 30%      5: 50%      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	87,8156	2,16989	0,72330	84,1476	89,4835	84,17	90,00
2	9	75,1300	5,70485	1,90155	70,7450	79,5150	68,50	83,00
3	9	69,2967	6,26071	2,08690	64,4843	74,1091	62,67	78,17
4	9	67,7411	5,48875	1,82958	63,5221	71,9601	60,17	73,50
5	9	42,5378	8,80960	2,93653	35,7661	49,3094	31,00	53,50
6	9	8,2389	1,72485	0,57495	6,9131	9,5647	6,33	11,00
Total	45	58,4600	5,0264	1,67546	54,2630	62,3236	50,53	64,86

Tabla 173: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,306	5	48	0,000

Tabla 174: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).



Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 174), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 176), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 175).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1443,420	5	21,309	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 175: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	37069,984	5	7413,997	237,681	0,000
Intra-grupos	1497,269	48	31,193		
Total	38567,253	53			

*Tabla 176: ANOVA de las series para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch, como en la tabla de ANOVA, existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 177.

*Variable dependiente: Dureza*

(I) VL	(J) VL	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	12,68556*	2,63283	0,000	4,8716	20,4995
	3	18,51889*	2,63283	0,000	10,7049	26,3329
	4	20,07444*	2,63283	0,000	12,2605	27,8884
	5	45,27778*	2,63283	0,000	37,4638	53,0917
	6	79,57667*	2,63283	0,000	71,7627	87,3906
2	1	-12,68556*	2,63283	0,000	-20,4995	-4,8716
	3	5,83333	2,63283	0,250	-1,9806	13,6473
	4	7,38889	2,63283	0,074	-0,4251	15,2029
	5	32,59222*	2,63283	0,000	24,7783	40,4062
3	6	66,89111*	2,63283	0,000	59,0771	74,7051
	1	-18,51889*	2,63283	0,000	-26,3329	-10,7049
	2	-5,83333	2,63283	0,250	-13,6473	1,9806
	4	1,55556	2,63283	0,991	-6,2584	9,3695
	5	26,75889	2,63283	0,000	18,9449	34,5729
	6	61,05778*	2,63283	0,000	53,2438	68,8717

4	1	-20,07444*	2,63283	0,000	-27,8884	-12,2605
	2	-7,38889	2,63283	0,074	-15,2029	0,4251
	3	-1,55556	2,63283	0,991	-9,3695	6,2584
	5	25,20333*	2,63283	0,000	17,3894	33,0173
	6	59,50222*	2,63283	0,000	51,6883	67,3162
5	1	-45,27778*	2,63283	0,000	-53,0917	-37,4638
	2	-32,59222*	2,63283	0,000	-40,4062	-24,7783
	3	-26,75889*	2,63283	0,000	-34,5729	-18,9449
	4	-25,20333*	2,63283	0,000	-33,0173	-17,3894
	6	34,29889*	2,63283	0,000	26,4849	42,1129
6	1	-79,57667*	2,63283	0,000	-87,3906	-71,7627
	2	-66,89111*	2,63283	0,000	-74,7051	-59,0771
	3	-61,05778*	2,63283	0,000	-68,8717	-53,2438
	4	-59,50222*	2,63283	0,000	-67,3162	-51,6883
	5	-34,29889*	2,63283	0,000	-42,1129	-26,4849

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 177: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las proporciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 5, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5. Es decir, el hecho de llevar diferente proporción de VL provoca diferente respuesta en el parámetro de Dureza Shore C, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro a medida que aumenta la proporción de VL.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 178.

	VL	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de	6	9	8,2389				
Tukey	5	9		42,5378			
	4	9			67,7411		
	3	9			69,2967		
	2	9			75,1300		
	1	9				87,8156	
Sig.			1,000	1,000	0,074	1,000	

Duncan <sup>a</sup>	6	9	8,2389				
	5	9		42,5378			
	4	9			67,7411		
	3	9			69,2967		
	2	9				75,1300	
	1	9					87,8156
Sig.			1,000	1,000	0,557	1,000	1,000

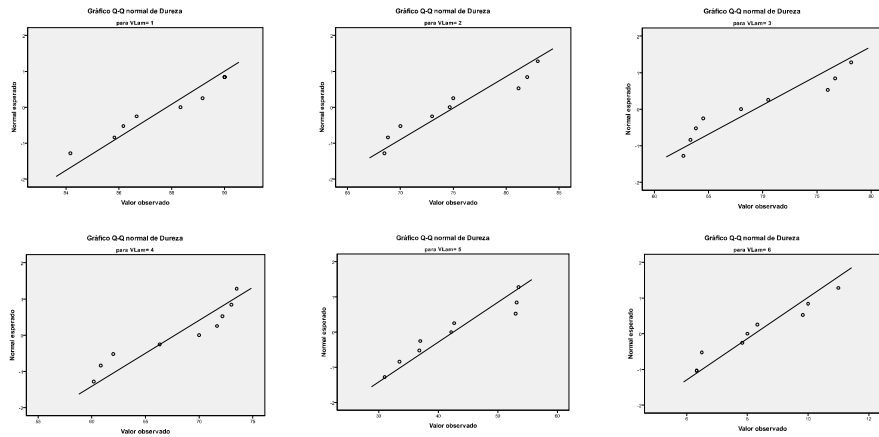
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 178: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones a Dureza Shore C. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como se puede apreciar en la Tabla 178, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis proporciones. Un primer comportamiento corresponde a la proporción 6 (70% VL); un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5 (50% VL); un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento correspondiente a la proporción 1 (0% VL). Por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis proporciones. Un primer comportamiento correspondiente a la proporción 6; un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5; un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4 y 3; un cuarto comportamiento correspondiente a la proporción 2 y un quinto comportamiento correspondiente a la proporción 1, interpretación que nos parece más acorde con los ensayos realizados. Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las seis proporciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 54.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 55 y en la Tabla 179 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las aditivaciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 55: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

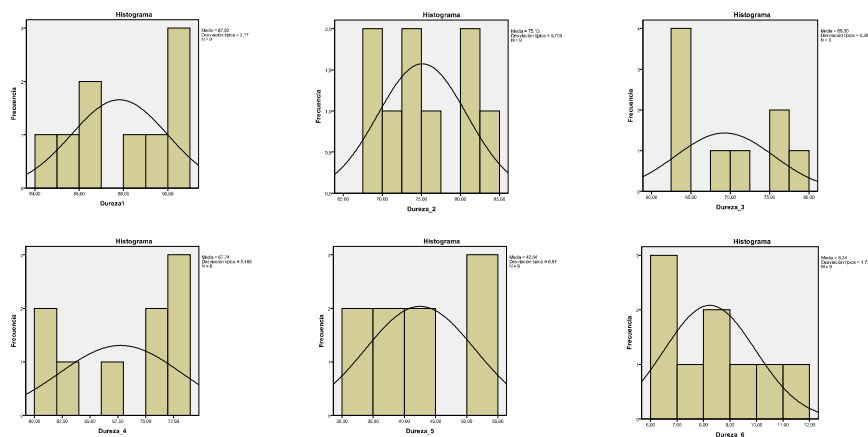
	VL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	1	0,178	9	0,200*
	2	0,188	9	0,200*
	3	0,223	9	0,200*
	4	0,215	9	0,200*
	5	0,216	9	0,200*
	6	0,177	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 179: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

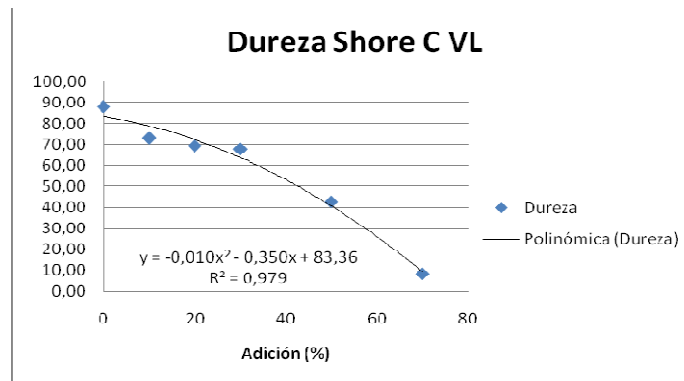
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 56):



Gráfica 56: Histogramas de frecuencias de las adiciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 172 y en la Gráfica 57 el parámetro de Dureza Superficial Shore C va decreciendo a medida que aumenta el porcentaje de VL. Se puede apreciar un primer descenso acusado entre la primera y segunda adición, para luego estabilizarse entre la segunda y cuarta adición, a partir de la cuarta adición el descenso vuelve a ser acusado hasta llegar a la sexta adición, con el valor más bajo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0.979, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 57: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de las adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.2.- Datos obtenidos a Flexión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

En el ensayo se ha utilizado mortero de yeso moreno aditivado con ADIFOC al 3% y adicionado con VL a proporciones entre 0, 10, 20, 30, 50 y 70%.

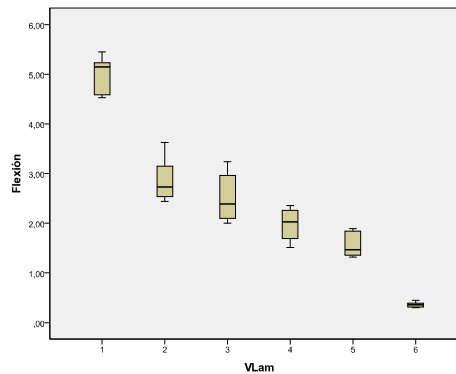
FLEXION						
Probeta	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
Media	4,97	2,84	2,52	1,98	1,56	0,36
Desv Stand	0,37	0,40	0,49	0,32	0,24	0,05
Coef Variac	0,07	0,14	0,19	0,16	0,15	0,14

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 180: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$ . (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 180, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos, que la dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las seis adiciones es baja.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 58, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



*Gráfica 58: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones de VL para el parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Flexión). Los seis niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 180):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	4,9744	0,36967	0,12322	4,6903	5,2586	4,53	5,45
2	9	2,8422	0,40407	0,13469	2,5316	3,1528	2,44	3,63
3	9	2,5244	0,49176	0,16392	2,1464	2,9024	2,00	3,24
4	9	1,9767	0,31769	0,10590	1,7325	2,2209	1,51	2,36
5	9	1,5611	0,23914	0,07971	1,3773	1,7449	1,32	1,89
6	9	0,3611	0,05011	0,01670	0,3226	0,3996	0,30	0,45
Total	54	2,3733	0,31207	0,10402	2,1334	2,6132	2,016	2,83

*Tabla 181: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
8,715	5	48	0,000

Tabla 182: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 182), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 184), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 183).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	385,383	5	19,404	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 183: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con yeso moreno, con respecto al parámetro de Flexión. (Fuente Elaboración propia, 2012)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	106,871	5	21,374	182,589	0,000
Intra-grupos	5,619	48	0,117		
Total	112,490	53			

Tabla 184: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 183), como en la tabla de ANOVA (Tabla 184), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 185.

Variable dependiente: Flexión

(I) VL	(J) VL	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	2,13222*	0,16129	0,000	1,6535	2,6109
	3	2,45000*	0,16129	0,000	1,9713	2,9287
	4	2,99778*	0,16129	0,000	2,5191	3,4765
	5	3,41333*	0,16129	0,000	2,9346	3,8920
	6	4,61333*	0,16129	0,000	4,1346	5,0920
2	1	-2,13222*	0,16129	0,000	-2,6109	-1,6535
	3	0,31778	0,16129	0,374	-0,1609	0,7965
	4	0,86556*	0,16129	0,000	0,3869	1,3442
	5	1,28111*	0,16129	0,000	0,8024	1,7598
	6	2,48111*	0,16129	0,000	2,0024	2,9598

3	1	-2,45000*	0,16129	0,000	-2,9287	-1,9713
	2	-0,31778	0,16129	0,374	-0,7965	0,1609
	4	0,54778*	0,16129	0,016	0,0691	1,0265
	5	0,96333*	0,16129	0,000	0,4846	1,4420
	6	2,16333*	0,16129	0,000	1,6846	2,6420
4	1	-2,99778*	0,16129	0,000	-3,4765	-2,5191
	2	-0,86556*	0,16129	0,000	-1,3442	-0,3869
	3	-0,54778*	0,16129	0,016	-1,0265	-0,0691
	5	0,41556	0,16129	0,123	-0,0631	0,8942
	6	1,61556*	0,16129	0,000	1,1369	2,0942
5	1	-3,41333*	0,16129	0,000	-3,8920	-2,9346
	2	-1,28111*	0,16129	0,000	-1,7598	-0,8024
	3	-0,96333*	0,16129	0,000	-1,4420	-0,4846
	4	-0,41556	0,16129	0,123	-0,8942	0,0631
	6	1,20000*	0,16129	0,000	0,7213	1,6787
6	1	-4,61333*	0,16129	0,000	-5,0920	-4,1346
	2	-2,48111*	0,16129	0,000	-2,9598	-2,0024
	3	-2,16333*	0,16129	0,000	-2,6420	-1,6846
	4	-1,61556*	0,16129	0,000	-2,0942	-1,1369
	5	-1,20000*	0,16129	0,000	-1,6787	-0,7213

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 185: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 4, 5, 6; 3 y 1, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 6; 5 y 1, 2, 3, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, 6. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de VL provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Flexión a medida que aumenta la proporción de VL. Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 186.

VL		Subconjunto para alfa = 0,05				
	N	1	2	3	4	5
HSD de	6	9	0,3611			
Tukey	5	9		1,5611		
	4	9		1,9767		
	3	9			2,5244	
	2	9			2,8422	
	1	9				4,9744
Sig.			1,000	0,123	0,374	1,000



Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,3611				
	5	9		1,5611			
	4	9			1,9767		
	3	9				2,5244	
	2	9				2,8422	
	1	9					4,9744
Sig.			1,000	1,000	0,557	0,055	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

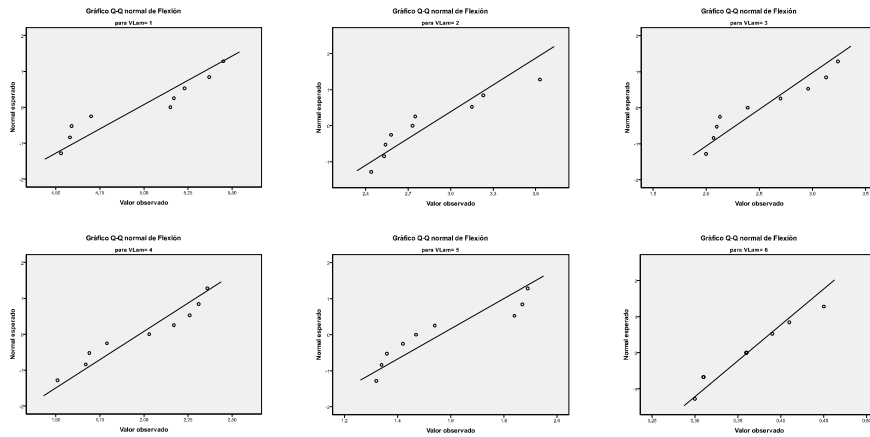
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 186: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VL. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 186, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%), un segundo comportamiento correspondiente a las adiciones 5 y 4 (50 y 30%), un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 3 y 2 (20 y 10%) y cuarto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6, otro correspondiente a la adición 5, otro correspondiente a las adición 4, otro correspondiente a las adiciones 3 y 2, y otro correspondiente a la adición 1, interpretación que nos parece más acorde con los ensayos realizados.

Los distintos niveles de Flexión alcanzados por las seis aditivaciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 58: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 59 y en la Tabla 187 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 59: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

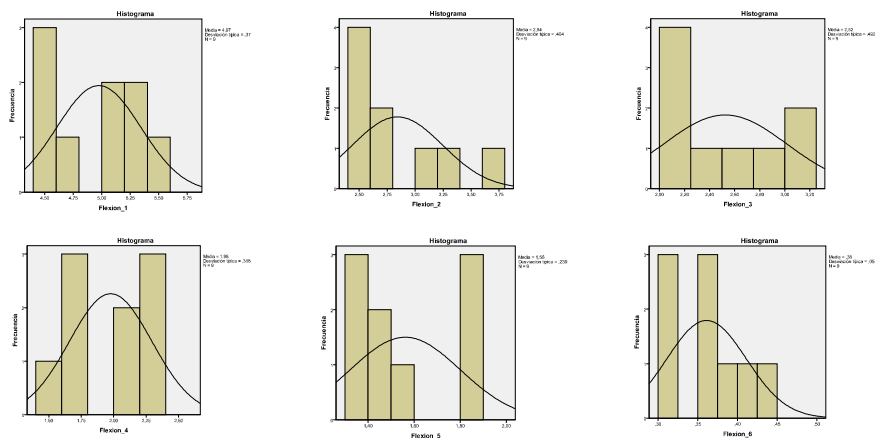
Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>				
	VL	Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	1	0,238	9	0,150
	2	0,257	9	0,089
	3	0,233	9	0,172
	4	0,173	9	0,200*
	5	0,212	9	0,200*
	6	0,179	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 187: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con yeso moreno. . (Fuente: Elaboración propia, 2012)

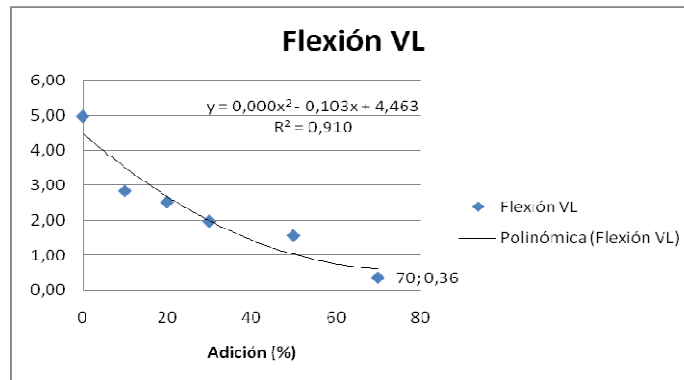
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 60):



Gráfica 60: Histogramas de frecuencias de las diferentes adiciones VL respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 180 y en la Gráfica 61 el parámetro de Flexión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de aditivo, encontrándose la mayor disminución entre las adiciones 1 y 2, a partir de este punto la disminución se suaviza, llegando a la adición 6 con un valor de 0,36 N/mm<sup>2</sup>.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,910, con lo que se acepta de existencia de una relación lineal.



Gráfica 61: Curva de Flexión obtenida para ensayos de yeso moreno con VL a diferentes proporciones, (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.3.- Datos obtenidos a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

##### COMPRESION

Probeta	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
Media	11,07	7,26	6,43	6,02	2,27	0,46
Desv Stand	1,32	1,32	1,17	0,54	0,35	0,07
Coef Variac	0,12	0,18	0,18	0,09	0,15	0,15

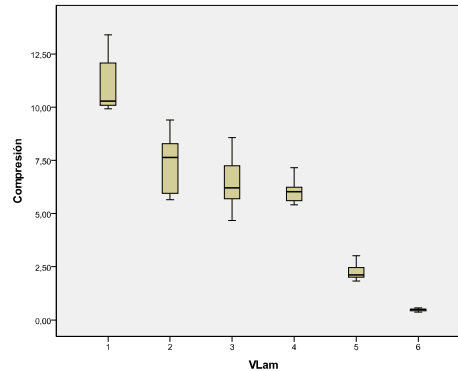
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 188: Valores de Compresión, en N/mm<sup>2</sup>, obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que la dispersión es baja en algunos de los resultados obtenidos (Tabla 188).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 62, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las seis adiciones, en las que

se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 62: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Aditivaciones) y una variable dependiente (Compresión). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 189):

1: 0%      2: 10%      3: 20%      4: 30%      5: 50%      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0%	9	11,0689	1,31569	0,43856	10,0576	12,0802	9,92	13,40
10%	9	7,2633	1,35264	0,45088	6,2236	8,3031	5,65	9,39
20%	9	6,4333	1,21631	0,40544	5,4984	7,3683	4,67	8,57
30%	9	6,0244	0,53963	0,17988	5,6096	6,4392	5,41	7,15
50%	9	2,2500	0,40234	0,13411	1,9407	2,5593	1,83	3,01
70%	9	0,4656	0,06673	0,02224	0,4143	0,5168	0,37	0,57
Total	54	5,5842	0,81555	0,27185	4,95736	6,2111	4,64	7,02

Tabla 189: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
8,675	5	48	0,000

Tabla 190: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 190), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 192), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 191).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	366,047	5	19,022	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 191: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	640,202	5	128,040	139,742	0,000
Intra-grupos	43,981	48	0,916		
Total	684,183	53			

*Tabla 192: ANOVA de las series para las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 191), como en la tabla de ANOVA (Tabla 192), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 193.

Variable dependiente: Compresión

(I) VLam	(J) VLam	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	3,80556*	0,45124	0,000	2,4663	5,1448
	3	4,63556*	0,45124	0,000	3,2963	5,9748
	4	5,04444*	0,45124	0,000	3,7052	6,3837
	5	8,81889*	0,45124	0,000	7,4797	10,1581
	6	10,60333*	0,45124	0,000	9,2641	11,9426
2	1	-3,80556*	0,45124	0,000	-5,1448	-2,4663
	3	0,83000	0,45124	0,000	-0,5092	2,1692
	4	1,23889	0,45124	0,000	-0,1003	2,5781
	5	5,01333*	0,45124	0,000	3,6741	6,3526
	6	6,79778*	0,45124	0,000	5,4586	8,1370
3	1	-4,63556*	0,45124	0,000	-5,9748	-3,2963
	2	-0,83000	0,45124	0,000	-2,1692	0,5092
	4	0,40889	0,45124	0,000	-0,9303	1,7481
	5	4,18333*	0,45124	0,000	2,8441	5,5226
	6	5,96778*	0,45124	0,000	4,6286	7,3070
4	1	-5,04444*	0,45124	0,000	-6,3837	-3,7052

	2	-1,23889	0,45124	0,000	-2,5781	0,1003
	3	-0,40889	0,45124	0,000	-1,7481	0,9303
	5	3,77444*	0,45124	0,000	2,4352	5,1137
	6	5,55889*	0,45124	0,000	4,2197	6,8981
5	1	-8,81889*	0,45124	0,000	-10,1581	-7,4797
	2	-5,01333*	0,45124	0,000	-6,3526	-3,6741
	3	-4,18333*	0,45124	0,000	-5,5226	-2,8441
	4	-3,77444*	0,45124	0,000	-5,1137	-2,4352
	6	1,78444*	0,45124	0,000	0,4452	3,1237
6	1	-10,60333*	0,45124	0,000	-11,9426	-9,2641
	2	-6,79778*	0,45124	0,000	-8,1370	-5,4586
	3	-5,96778*	0,45124	0,000	-7,3070	-4,6286
	4	-5,55889*	0,45124	0,000	-6,8981	-4,2197
	5	-1,78444*	0,45124	0,000	-3,1237	-0,4452

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 193: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de que lleve más o menos proporción de VL tiene un efecto significativo en la propiedad de Compresión.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 194.

VL		Subconjunto para alfa = 0,05				
	N	1	2	3	4	5
HSD de	6	9	0,4656			
Tukey	5	9		2,2500		
	4	9			6,0244	
	3	9				6,4333
	2	9				
	1	9				
						11,0689
Sig.			1,000	1,000	0,085	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,4656				
	5	9		2,2500			
	4	9			6,0244		
	3	9			6,4333	6,4333	
	2	9				7,2633	
	1	9					11,0689
Sig.			1,000	1,000	0,369	0,072	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

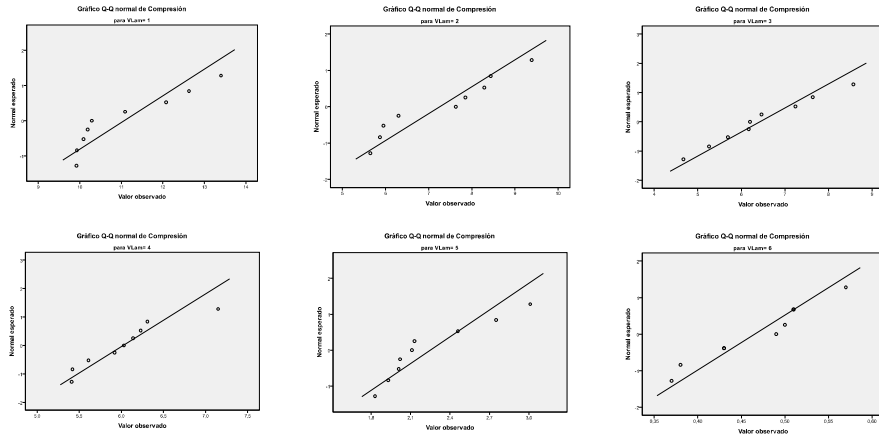
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 194: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 194, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 4, 3, y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan identifica cinco comportamientos diferenciados, uno para la adición 6, otro para la adición 5, otro para las adiciones 4 y 3, otro para las adiciones 3 y 2 y otro para la adición 1, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de adiciones no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente.

Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las cinco adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 62: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 63 y en la Tabla 195 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las A/Y el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 63: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las adiciones de VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

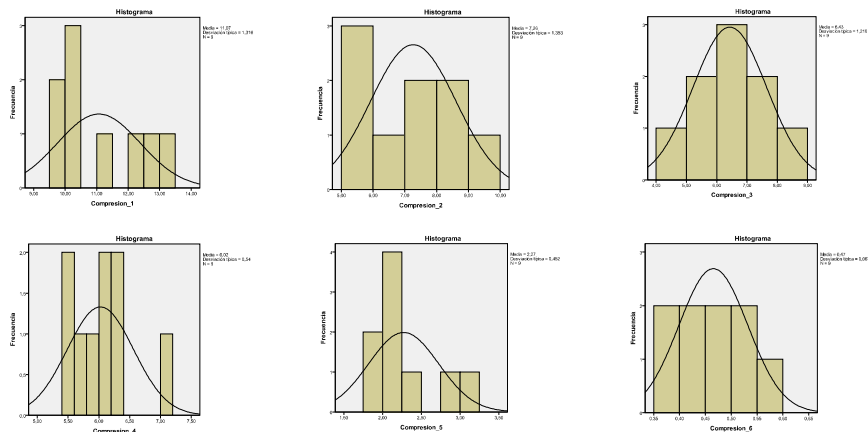
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	VL	Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	1	0,279	9	0,042
	2	0,206	9	0,200
	3	0,158	9	0,200
	4	0,187	9	0,200
	5	0,284	9	0,035
	6	0,198	9	0,200

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 195: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 64).

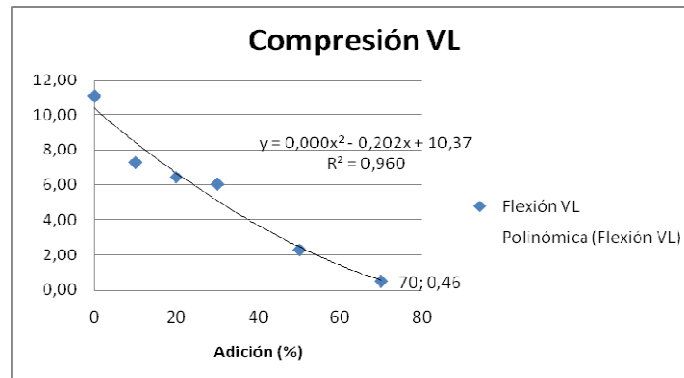


Gráfica 64: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VL respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)



Como se puede apreciar en la Tabla 188 y en la Gráfica 64 el parámetro de Compresión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VL. Se puede apreciar un primer descenso acusado entre la primera y segunda adición, para luego estabilizarse entre la segunda y cuarta adición, a partir de la cuarta adición el descenso vuelve a ser acusado hasta llegar a la sexta adición, con el valor más bajo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,960, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 65: Curva de Compresión en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

TRAC_IND						
Probeta	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
Media	1,23	0,65	0,62	0,60	0,39	0,09
Desv Stand	0,08	0,10	0,09	0,05	0,06	0,01
Coef Variac	0,07	0,15	0,14	0,08	0,15	0,13

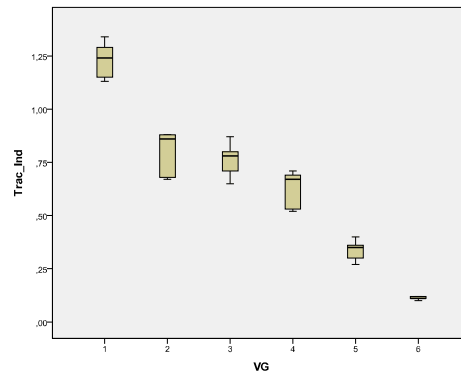
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 196: Valores de Tracción Indirecta obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe dispersión de los resultados obtenidos en algunos de las seis adiciones (Tabla 196).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 66, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las seis adiciones, en

las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 66: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con yeso moreno respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Tracción Indirecta). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1,2289	0,08207	0,02736	1,1658	1,2920	1,13	1,34
2	9	0,6533	0,15780	0,05260	0,5320	0,7746	0,43	0,91
3	9	0,6200	0,12460	0,04153	0,5242	0,7158	0,50	0,81
4	9	0,6033	0,04555	0,01518	0,5683	0,6383	0,53	0,68
5	9	0,3922	0,06037	0,02012	0,3458	0,4386	0,33	0,47
6	9	0,0922	0,01202	0,00401	0,0830	0,1015	0,08	0,11
Total	54	0,5983	0,08040	0,02680	0,5365	0,6601	0,50	0,72

Tabla 197: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,088	5	48	0,000

Tabla 198: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VL y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 198), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 200), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 199).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	529,612	5	19,579	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 199: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6,298	5	1,260	142,523	0,000
Intra-grupos	0,424	48	0,009		
Total	6,722	53			

Tabla 200: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 199), como en la tabla de ANOVA (Tabla 200), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adiciones.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 201.

Variable dependiente: Tracción Indirecta

(I) VL	(J) VL	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)*	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,57556	0,04432	0,000	0,4440	0,7071
	3	0,60889	0,04432	0,000	0,4774	0,7404
	4	0,62556	0,04432	0,000	0,4940	0,7571
	5	0,83667	0,04432	0,000	0,7051	0,9682
	6	1,13667	0,04432	0,000	1,0051	1,2682
2	1	-0,57556	0,04432	0,000	-0,7071	-0,4440
	3	0,03333	0,04432	0,974	-0,0982	0,1649
	4	0,05000	0,04432	0,867	-0,0815	0,1815
	5	0,26111	0,04432	0,000	0,1296	0,3926
	6	0,56111	0,04432	0,000	0,4296	0,6926
3	1	-0,60889	0,04432	0,000	-0,7404	-0,4774
	2	-0,03333	0,04432	0,974	-0,1649	0,0982
	4	0,01667	0,04432	0,999	-0,1149	0,1482
	5	0,22778	0,04432	0,000	0,0963	0,3593
	6	0,52778	0,04432	0,000	0,3963	0,6593
4	1	-0,62556	0,04432	0,000	-0,7571	-0,4940

	2	-0,05000	0,04432	0,867	-0,1815	0,0815
	3	-0,01667	0,04432	0,999	-0,1482	0,1149
	5	0,21111	0,04432	0,000	0,0796	0,3426
	6	0,51111	0,04432	0,000	0,3796	0,6426
5	1	-0,83667	0,04432	0,000	-0,9682	-0,7051
	2	-0,26111	0,04432	0,000	-0,3926	-0,1296
	3	-0,22778	0,04432	0,000	-0,3593	-0,0963
	4	-0,21111	0,04432	0,000	-0,3426	-0,0796
	6	0,30000	0,04432	0,000	0,1685	0,4315
6	1	-1,13667	0,04432	0,000	-1,2682	-1,0051
	2	-0,56111	0,04432	0,000	-0,6926	-0,4296
	3	-0,52778	0,04432	0,000	-0,6593	-0,3963
	4	-0,51111	0,04432	0,000	-0,6426	-0,3796
	5	-0,30000	0,04432	0,000	-0,4315	-0,1685

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 201: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones de VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VL tiene un efecto significativo en la propiedad de Tracción Indirecta.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 202.

		Subconjunto para alfa = 0,05				
	VL	N	1	2	3	4
HSD de	6	9	0,0922			
Tukey	5	9		0,3922		
	4	9			0,6033	
	3	9			0,6200	
	2	9			0,6533	
	1	9				1,2289
	Sig.		1,000	1,000	0,867	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,0922		
	5	9		0,3922	
	4	9			0,6033
	3	9			0,6200
	2	9			0,6533
	1	9			1,2289
Sig.			1,000	1,000	0,294
					1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

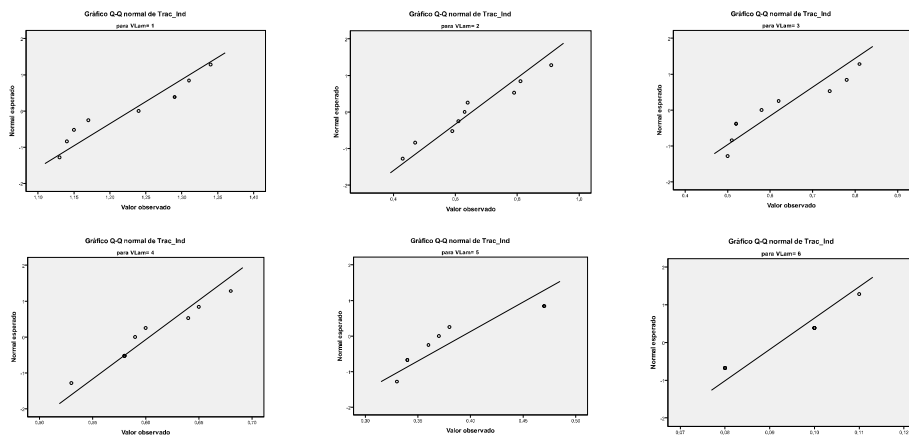
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 202: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 202, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento para la adición 6 (70%), un segundo comportamiento para la adición 5 (50%), un tercer comportamiento para las adiciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento para la adición 1 (0%). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, igual que con Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 66: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 67 y en la Tabla 67 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 67: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Adiciones y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

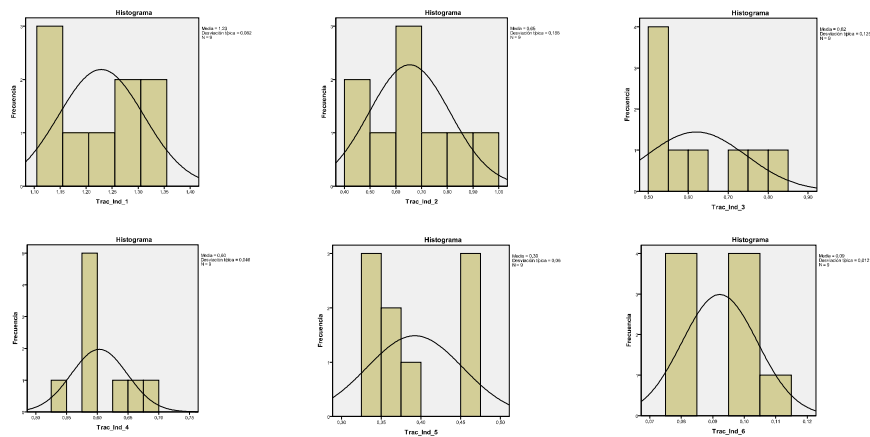
	VL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Trac Indirecta	1	0,216	9	0,200*
	2	0,200	9	0,200*
	3	0,233	9	0,171
	4	0,196	9	0,200*
	5	0,247	9	0,121
	6	0,297	9	0,022

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 203: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

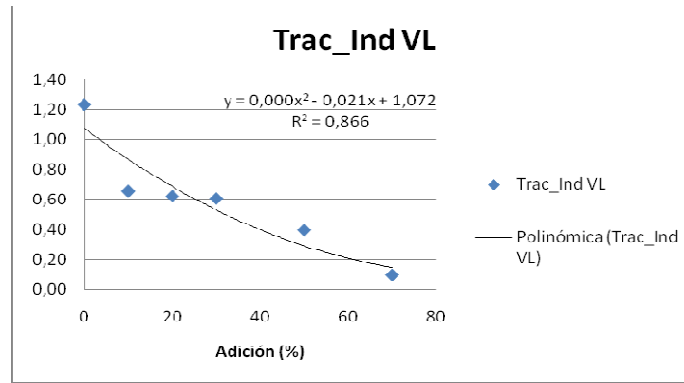
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 68).



Grafica 68: Histogramas de frecuencias de las adiciones de VL respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 196 y en la Gráfica 69 el parámetro de Tracción Indirecta va disminuyendo a medida que aumenta la concentración de aditivo, encontrándose la mayor disminución entre las adiciones 1 y 2, a partir de este punto la disminución se suaviza, llegando a la adición 6 con el valor más bajo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,866, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 69: Curva de Tracción Indirecta en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.5- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

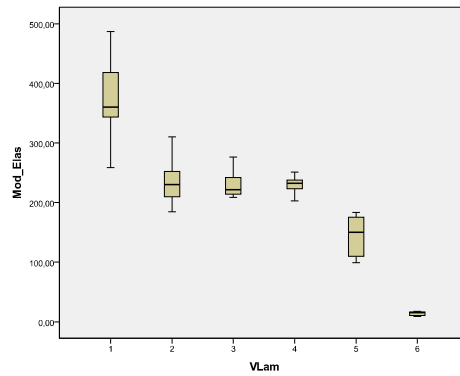
MOD ELASTICIDAD						
Probeta	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
Media	378,34	239,46	231,04	228,56	145,67	13,69
Desv Stand	73,60	40,28	22,98	16,81	28,16	2,18
Coef Variac	0,19	0,16	0,10	0,07	0,19	0,16

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 204: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para algunas de las seis adiciones (Tabla 204).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 70, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las cinco adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 70: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VL respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los cinco niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 205):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	378,3422	73,60338	24,53446	321,7657	434,9188	258,56	487,19
2	9	239,4633	44,28187	14,76062	205,4253	273,5014	184,70	310,42
3	9	231,0411	22,98304	7,66101	213,3748	248,7074	208,95	276,55
4	9	228,5633	16,80662	5,60221	215,6446	241,4820	202,70	251,42
5	9	145,6711	32,16036	10,72012	120,9505	170,3918	99,27	183,32
6	9	13,6944	3,17705	1,05902	11,2523	16,1365	9,03	17,25
Total	54	206,1292	32,16872	10,72290	181,4022	230,8563	160,53	254,35

Tabla 205: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,117	5	48	0,000

Tabla 206: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VL y la propiedad de Módulo de Elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).



Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 206), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 208), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 207).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	473,330	5	19,156	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 207: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	653208,289	5	130641,658	84,893	0,000
Intra-grupos	73867,250	48	1538,901		
Total	727075,539	53			

*Tabla 208: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 207), como en la tabla de ANOVA (Tabla 208), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 209.

*Variable dependiente: Módulo de Elasticidad*

(I) VL	(J) VL	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%		
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
1	2	138,87889*	18,49265	0,000	83,9947	193,7631	
	3	147,30111*	18,49265	0,000	92,4169	202,1853	
	4	149,77889*	18,49265	0,000	94,8947	204,6631	
	5	232,67111*	18,49265	0,000	177,7869	287,5553	
	6	364,64778*	18,49265	0,000	309,7635	419,5320	
	2	1	-138,87889*	18,49265	0,000	-193,7631	-83,9947
2	3	8,42222	18,49265	0,997	-46,4620	63,3065	
	4	10,90000	18,49265	0,991	-43,9842	65,7842	
	5	93,79222*	18,49265	0,000	38,9080	148,6765	
	6	225,76889*	18,49265	0,000	170,8847	280,6531	
	3	1	-147,30111*	18,49265	0,000	-202,1853	-92,4169
	2	-8,42222	18,49265	0,997	-63,3065	46,4620	
3	4	2,47778	18,49265	1,000	-52,4065	57,3620	
	5	85,37000*	18,49265	0,000	30,4858	140,2542	
	6	217,34667*	18,49265	0,000	162,4624	272,2309	

4	1	-149,77889*	18,49265	0,000	-204,6631	-94,8947
	2	-10,90000	18,49265	0,991	-65,7842	43,9842
	3	-2,47778	18,49265	1,000	-57,3620	52,4065
	5	82,89222*	18,49265	0,001	28,0080	137,7765
	6	214,86889*	18,49265	0,000	159,9847	269,7531
	5	1	-232,67111*	18,49265	0,000	-287,5553
2		-93,79222*	18,49265	0,000	-148,6765	-38,9080
3		-85,37000*	18,49265	0,000	-140,2542	-30,4858
4		-82,89222*	18,49265	0,001	-137,7765	-28,0080
6		131,97667*	18,49265	0,000	77,0924	186,8609
6		1	-364,64778*	18,49265	0,000	-419,5320
	2	-225,76889*	18,49265	0,000	-280,6531	-170,8847
	3	-217,34667*	18,49265	0,000	-272,2309	-162,4624
	4	-214,86889*	18,49265	0,000	-269,7531	-159,9847
	5	-131,97667*	18,49265	0,000	-186,8609	-77,0924

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 209: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VL con respecto al Módulo de elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VL tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 210.

	VL		Subconjunto para alfa = 0,05			
		N	1	2	3	4
HSD de	6	9	13,6944			
Tukey	5	9		145,6711		
	4	9			228,5633	
	3	9			231,0411	
	2	9			239,4633	
	1	9				378,3422
Sig.			1,000	1,000	0,991	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	13,6944		
	5	9		145,6711	
	4	9			228,5633
	3	9			231,0411
	2	9			239,4633
	1	9			378,3422
	Sig.		1,000	1,000	0,583
					1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

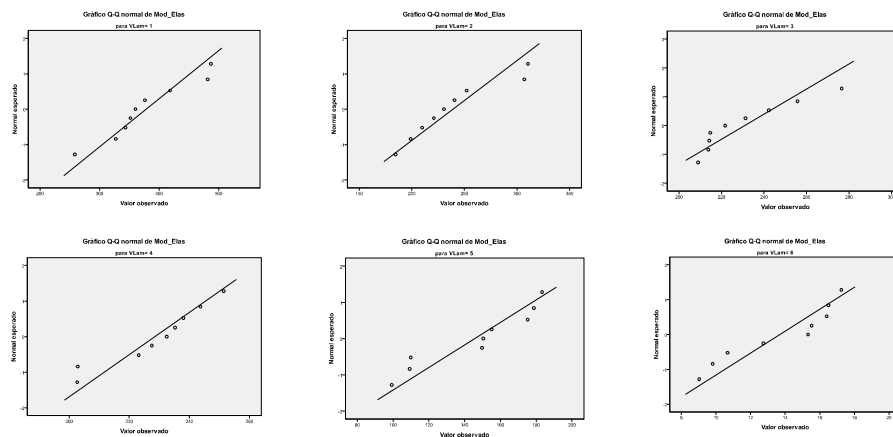
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 210: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 210, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Uno primer comportamiento para la adición 6 (70%), un segundo comportamiento para la adición 5 (50%), un tercer comportamiento para las adiciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento para la adición 1 (0%). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, igual que con Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 70: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 71 y en la Tabla 211 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 71: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones y la propiedad del Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

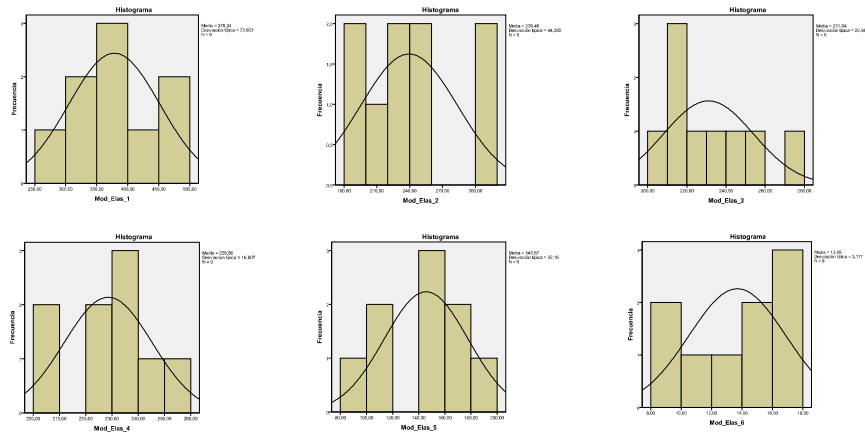
	VL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	1	0,178	9	0,200*
	2	0,165	9	0,200*
	3	0,213	9	0,200*
	4	0,159	9	0,200*
	5	0,217	9	0,200*
	6	0,251	9	0,107

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 211: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

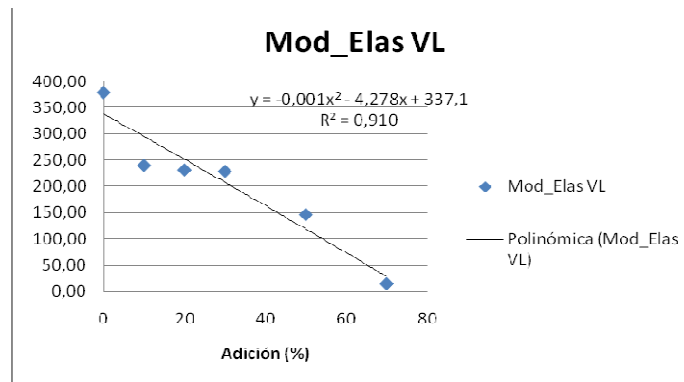
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 72).



Gráfica 72: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VL respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 204 y en la Gráfica 73 el parámetro de Módulo de elasticidad va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de aditivo, encontrándose la mayor disminución entre las adiciones 1 y 2, a partir de este punto la disminución se suaviza, llegando a la adición 6 con el valor más bajo.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,910, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 73: Curva del Módulo de elasticidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.6- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

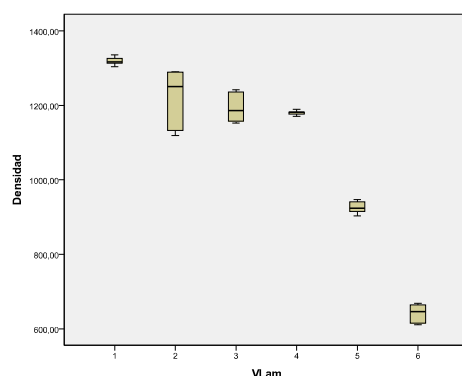
DENSIDAD						
Probeta	VL 0	VL10	VL20	VL30	VL50	VL70
Media	1318,77	1221,76	1192,62	1179,91	925,74	641,75
Desv Stand	10,20	74,81	36,72	5,34	14,63	23,18
Coef Variac	0,01	0,06	0,03	0,00	0,02	0,04

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 212: Valores de Densidad obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las seis adiciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 212).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 74, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Densidad en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 74: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VL respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Densidad). Los seis niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5 y 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1318,7700	10,19552	3,39851	1310,9330	1326,6070	1303,36	1335,64
2	9	1221,7556	74,80706	24,93569	1164,2538	1279,2574	1118,48	1289,60
3	9	1192,6189	36,72026	12,24009	1164,3932	1220,8446	1152,75	1241,54
4	9	1179,9122	5,34441	1,78147	1175,8041	1184,0203	1170,05	1189,53
5	9	925,7367	14,62542	4,87514	914,4946	936,9788	903,49	946,99
6	9	641,7489	23,18124	7,72708	623,9302	659,5676	611,22	668,22
Total	54	1080,0903	27,47898	9,15966	1058,9681	1101,2126	1043,22	1111,92

Tabla 213: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
19,149	5	48	0,000

Tabla 214: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VL y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 214), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 216), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 215).

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1616,592	5	20,762	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 215: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2840691,421	5	568138,284	435,452	0,000
Intra-grupos	62626,066	48	1304,710		
Total	2903317,487	53			

*Tabla 216: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 215), como en la tabla de ANOVA (Tabla 216), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 217.

*Variable dependiente: Densidad*

(I) VLam	(J) VLam	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	97,01444*	17,02749	0,000	46,4786	147,5502
	3	126,15111*	17,02749	0,000	75,6153	176,6869
	4	138,85778*	17,02749	0,000	88,3220	189,3936
	5	393,03333*	17,02749	0,000	342,4975	443,5691
	6	677,02111*	17,02749	0,000	626,4853	727,5569
2	1	-97,01444*	17,02749	0,000	-147,5502	-46,4786
	3	29,13667	17,02749	0,531	-21,3991	79,6725
	4	41,84333	17,02749	0,158	-8,6925	92,3791
	5	296,01889*	17,02749	0,000	245,4831	346,5547
	6	580,00667*	17,02749	0,000	529,4709	630,5425
3	1	-126,15111*	17,02749	0,000	-176,6869	-75,6153
	2	-29,13667	17,02749	0,531	-79,6725	21,3991
	4	12,70667	17,02749	0,975	-37,8291	63,2425
	5	266,88222*	17,02749	0,000	216,3464	317,4180

	6	550,87000*	17,02749	0,000	500,3342	601,4058
4	1	-138,85778*	17,02749	0,000	-189,3936	-88,3220
	2	-41,84333	17,02749	0,158	-92,3791	8,6925
	3	-12,70667	17,02749	0,975	-63,2425	37,8291
	5	254,17556*	17,02749	0,000	203,6398	304,7114
	6	538,16333*	17,02749	0,000	487,6275	588,6991
5	1	-393,03333*	17,02749	0,000	-443,5691	-342,4975
	2	-296,01889*	17,02749	0,000	-346,5547	-245,4831
	3	-266,88222*	17,02749	0,000	-317,4180	-216,3464
	4	-254,17556*	17,02749	0,000	-304,7114	-203,6398
	6	283,98778*	17,02749	0,000	233,4520	334,5236
6	1	-677,02111*	17,02749	0,000	-727,5569	-626,4853
	2	-580,00667*	17,02749	0,000	-630,5425	-529,4709
	3	-550,87000*	17,02749	0,000	-601,4058	-500,3342
	4	-538,16333*	17,02749	0,000	-588,6991	-487,6275
	5	-283,98778*	17,02749	0,000	-334,5236	-233,4520

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 217: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VL con respecto a Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VL tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 218.

VL		Subconjunto para alfa = 0,05				
	N	1	2	3	4	5
HSD de	6	9	641,7489			
Tukey	5	9		925,7367		
	4	9			1179,9122	
	3	9				1192,6189
	2	9				
	1	9				
Sig.			1,000	1,000	0,158	1,000



Duncan <sup>a</sup>	6	9	641,7489				
	5	9		925,7367			
	4	9			1179,9122		
	3	9			1192,6189	1192,6189	
	2	9				1221,7556	
	1	9					1318,7700
Sig.			1,000	1,000	0,459	0,094	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

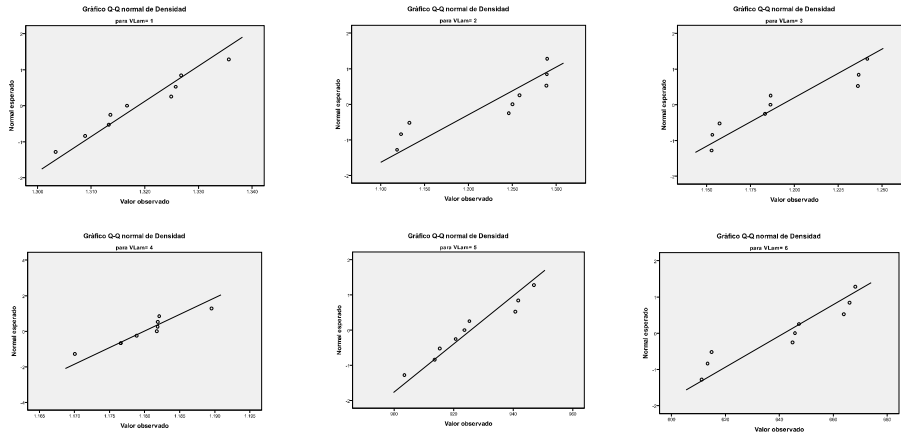
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 218: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 218, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 4, 3, y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan identifica cinco comportamientos diferenciados, uno para la adición 6, otro para la adición 5, otro para las adiciones 4 y 3, otro para las adiciones 3 y 2 y otro para la adición 1, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de adiciones no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente.

Los distintos niveles de Densidad alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 74: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 75 y en la Tabla 219 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 75: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

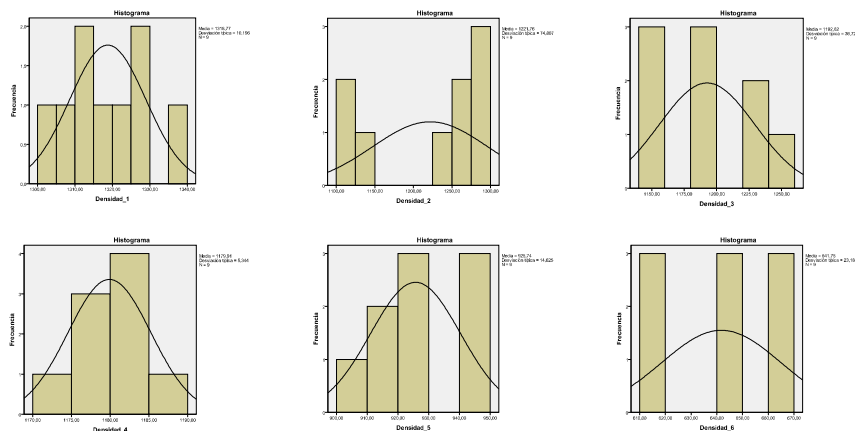
	VL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	1	0,171	9	0,200*
	2	0,293	9	0,025
	3	0,234	9	0,170
	4	0,231	9	0,180
	5	0,181	9	0,200*
	6	0,221	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 219: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

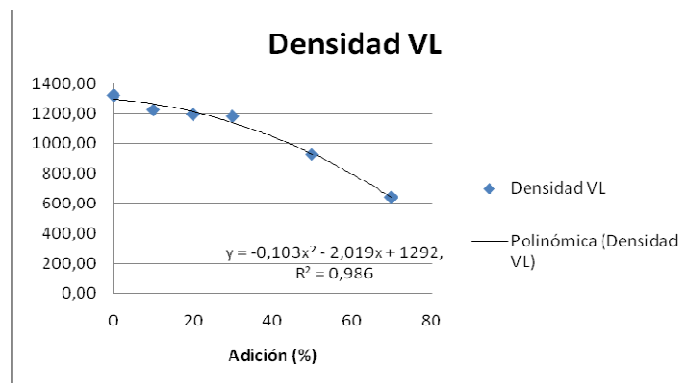
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 76).



Gráfica 76: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VL respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 212 y en la Gráfica 77 el parámetro de Densidad va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VL. Podemos observar que con la adición 2 se produce una disminución apreciable. Entre la adición 2 y la 4, si bien se produce una disminución progresiva de la Densidad, la disminución es menos acusada. A partir de adición 4 es cuando se produce una disminución considerable del parámetro de Densidad.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,986, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 77: Curva de Densidad en la que se aprecia el aumento de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de VL. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.1.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de Vermiculita Laminada.

-Dureza: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2 (VL2), 3(VL3) y 4 (VL4), por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VL sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Por encima del 50% de adición de VL obtenemos un resultado inferior al mínimo requerido por la norma

-Flexión: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2 y 3, por lo que podemos aportar entre 10 y 20% de VL sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado, e incluso por encima del 50% de adición.

-Compresión: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VL sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado, e incluso por encima del 50%.

-Tracción Indirecta: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VL sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Cuanto más % de VL, menor será la resistencia del mortero obtenido.

-**Módulo de Elasticidad:** No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VL sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Cuanto más % de VL, más flexible será el mortero obtenido.

-**Densidad:** Se necesitaría más del 50% de VL para conseguir el objetivo que marca la norma, pero otras propiedades se verían afectadas a la baja. Se puede observar que a un 70% de VL se produce una disminución del 48,66% ( $1= 1318,77 \text{ kg/m}^3$ ,  $6= 641,75 \text{ kg/m}^3$ ) con respecto al yeso sin adicionar

Por lo que, y para un compuesto aligerado en base a VL, nos inclinaríamos hacia la utilización de un porcentaje del 10% de VL

Dependiendo de la utilización del mortero final, siempre se podrá añadir más o menos porcentaje de VL

Se puede decir que existe una relación directa entre el aumento de las adiciones de VL y la disminución de cada uno de los parámetros.

#### **4.2.2.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita exfoliada de grano medio (VG) a diferentes porcentajes.**

##### **4.2.2.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.**

Los datos que se exponen a continuación, son los obtenidos tras la realización del ensayo. Los resultados corresponden a la media de seis medidas por probeta.

<b>DUREZA</b>							
Probeta (1)	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70	
Media	87,82	80,39	77,61	76,66	34,02	8,06	
Desv Stand	2,17	4,95	5,05	3,40	5,92	0,62	
Coef Variac	0,02	0,06	0,07	0,04	0,17	0,08	

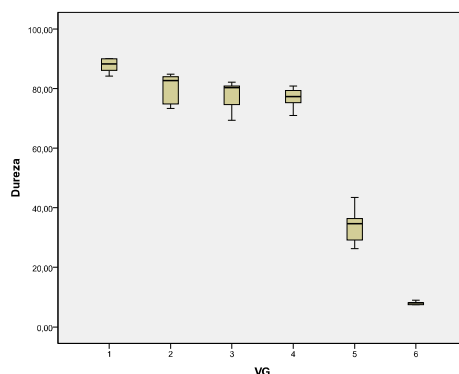
(1) El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas

Tabla 220: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo con adiciones de VG al 0, 10, 20, 30, 50 y 70%. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos, están reflejados en la misma Tabla 220, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que existe poca dispersión en los resultados obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 78, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de las seis adiciones, en las que se aprecia

cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 78: Gráfica de cajas para los diferentes adicionados con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 221):

	1: 0%	2: 10%	3: 20%	4: 30%	5: 50%	6: 70%		
					Intervalo de confianza para la media al 95%			
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	9	87,8156	2,16989	0,72330	84,1476	89,4835	84,17	90,00
2	9	80,3878	4,95049	1,65016	76,5825	84,1931	73,33	84,83
3	9	77,6111	5,05074	1,68358	73,7288	81,4935	69,33	82,17
4	9	76,6644	3,39927	1,13309	74,0515	79,2774	71,00	80,83
5	9	34,0189	5,92051	1,97350	29,4680	38,5698	26,33	43,50
6	9	8,0567	0,61824	0,20608	7,5814	8,5319	7,50	9,00
Total	54	60,7590	3,68485	1,22828	57,5933	63,5915	55,27	65,05

Tabla 221: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

**Dureza**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
5,687	5	48	0,000

Tabla 222: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con yeso moreno. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 222), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 224), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 223).

**Dureza**

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	3006,143	5	19,629	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 223: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

**Dureza**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	46322,032	5	9264,406	546,490	0,000
Intra-grupos	813,723	48	16,953		
Total	47135,755	53			

Tabla 224: ANOVA de las series para las diferentes adiciones de VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 223), como en la tabla de ANOVA (Tabla 224), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 225.

Variable dependiente: Dureza

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	7,42778*	1,94094	0,005	1,6673	13,1883
	3	10,20444*	1,94094	0,000	4,4439	15,9649
	4	11,15111*	1,94094	0,000	5,3906	16,9116
	5	53,79667*	1,94094	0,000	48,0362	59,5572
	6	79,75889*	1,94094	0,000	73,9984	85,5194
2	1	-7,42778*	1,94094	0,005	-13,1883	-1,6673
	3	2,77667	1,94094	0,709	-2,9838	8,5372
	4	3,72333	1,94094	0,404	-2,0372	9,4838
	5	46,36889*	1,94094	0,000	40,6084	52,1294
	6	72,33111*	1,94094	0,000	66,5706	78,0916
3	1	-10,20444*	1,94094	0,000	-15,9649	-4,4439
	2	-2,77667	1,94094	0,709	-8,5372	2,9838
	4	0,94667	1,94094	0,996	-4,8138	6,7072
	5	43,59222*	1,94094	0,000	37,8317	49,3527

	6	69,55444*	1,94094	0,000	63,7939	75,3149
4	1	-11,15111*	1,94094	0,000	-16,9116	-5,3906
	2	-3,72333	1,94094	0,404	-9,4838	2,0372
	3	-0,94667	1,94094	0,996	-6,7072	4,8138
	5	42,64556*	1,94094	0,000	36,8851	48,4061
	6	68,60778*	1,94094	0,000	62,8473	74,3683
5	1	-53,79667*	1,94094	0,000	-59,5572	-48,0362
	2	-46,36889*	1,94094	0,000	-52,1294	-40,6084
	3	-43,59222*	1,94094	0,000	-49,3527	-37,8317
	4	-42,64556*	1,94094	0,000	-48,4061	-36,8851
	6	25,96222*	1,94094	0,000	20,2017	31,7227
6	1	-79,75889*	1,94094	0,000	-85,5194	-73,9984
	2	-72,33111*	1,94094	0,000	-78,0916	-66,5706
	3	-69,55444*	1,94094	0,000	-75,3149	-63,7939
	4	-68,60778*	1,94094	0,000	-74,3683	-62,8473
	5	-25,96222*	1,94094	0,000	-31,7227	-20,2017

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 225: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las proporciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5. Es decir, el hecho de llevar diferente proporción de VG provoca diferente respuesta en el parámetro de Dureza Shore C, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro a medida que aumenta la proporción de VG.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 226.

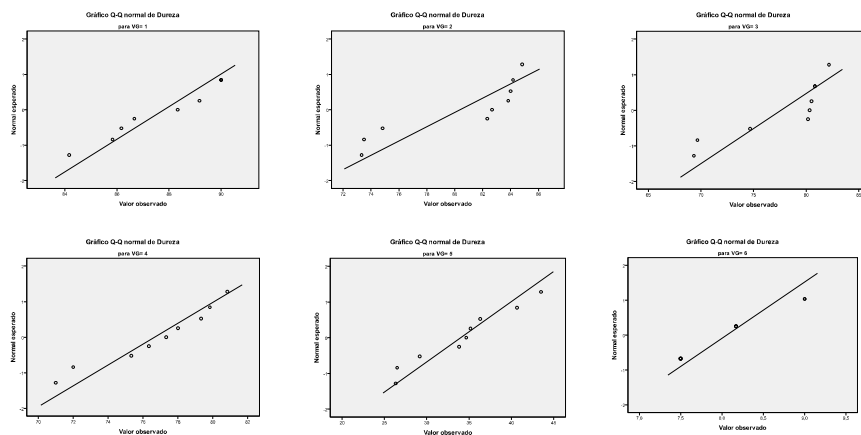
		VG	Subconjunto para alfa = 0,05			
		N	1	2	3	4
HSD de	6	9	8,0567			
Tukey <sup>a</sup>	5	9		34,0189		
	4	9			76,6644	
	3	9			77,6111	
	2	9			80,3878	
	1	9				87,8156
	Sig.		1,000	1,000	0,404	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	8,0567			
	5	9		34,0189		
	4	9			76,6644	
	3	9			77,6111	
	2	9			80,3878	
	1	9				87,8156
Sig.			1,000	1,000	0,075	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 226: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 226, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis proporciones. Un primer comportamiento corresponde a la proporción 6 (70% VG); un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5 (50% VG); un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10% VG) y un cuarto comportamiento correspondiente a la proporción 1 (0% VG). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis proporciones al igual que por Tukey. Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 78: Gráficas de caja. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 79 y en la Tabla 227 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 79: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)



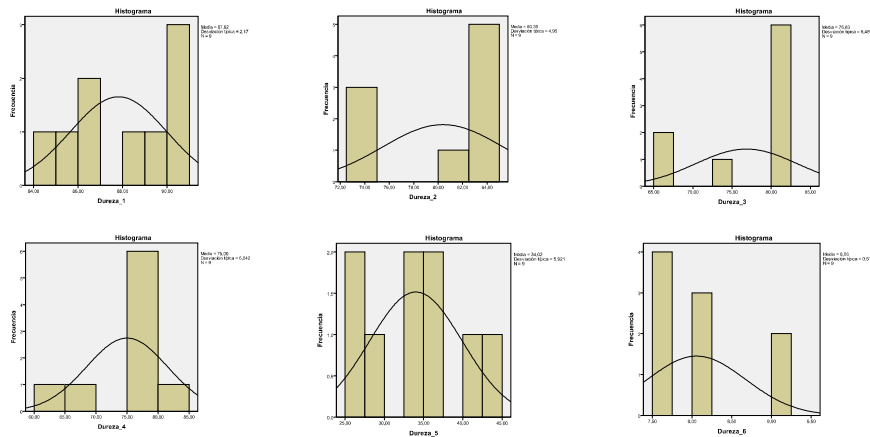
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	1	0,178	9	0,200*
	2	0,319	9	0,009
	3	0,360	9	0,001
	4	0,137	9	0,200*
	5	0,154	9	0,200*
	6	0,260	9	0,079

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 227: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

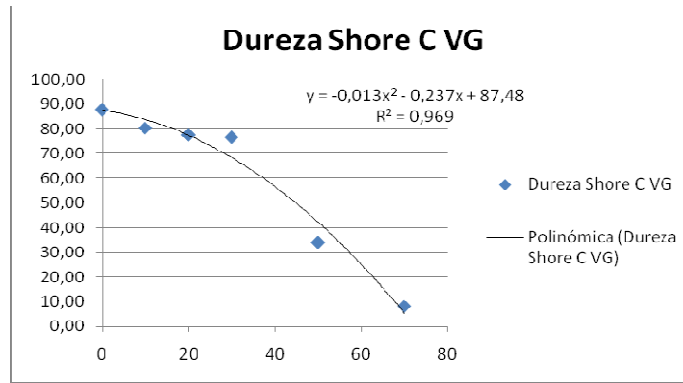
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 80):



Grafica 80: Histogramas de frecuencias de las adiciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 220 y en la Gráfica 81, el parámetro de Dureza Superficial Shore C va decreciendo a medida que aumenta el porcentaje de VG. Podemos ver que existe una disminución apreciable entre las adiciones 1 y 2 para luego encontrarnos con una parte más llana entre las adiciones 2, 3 y 4. A partir de la adición 4 es cuando se acusa la disminución del parámetro de Dureza, siendo máxima para la adición 6.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,969, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 81: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de las adiciones VG (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.2.- Datos obtenidos a Flexión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

En el ensayo se ha utilizado mortero de yeso moreno aditivado con Adifoc al 3‰ y adicionado con VG a proporciones entre 0, 10, 20, 30, 50 y 70%.

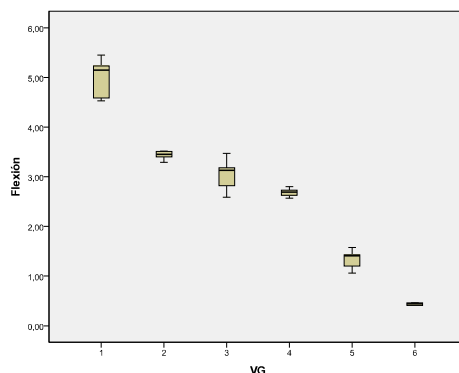
FLEXION						
Probeta (1)	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70
Media	4,97	3,43	3,05	2,68	1,35	0,44
Desv Stand	0,37	0,08	0,28	0,07	0,17	0,02
Coef Variac	0,07	0,02	0,09	0,03	0,12	0,05

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 228: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$  para VG (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos, que la dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las seis adiciones es baja (Tabla 228).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 82, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 82: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones de VG para el parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Flexión). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes A/Y, con los siguientes significados (Tabla 229):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0%	9	4,9744	0,36967	0,12322	4,6903	5,2586	4,53	5,45
10%	9	3,4344	0,08293	0,02764	3,3707	3,4982	3,29	3,52
20%	9	3,0489	0,28064	0,09355	2,8332	3,2646	2,59	3,47
30%	9	2,6833	0,07194	0,02398	2,6280	2,7386	2,57	2,80
50%	9	1,3511	0,16751	0,05584	1,2223	1,4799	1,06	1,58
70%	9	0,4389	0,02315	0,00772	0,4211	0,4567	0,41	0,46
Total	54	2,6551	0,16597	0,05532	2,5276	2,7827	2,40	2,88

Tabla 229: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Flexión*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
16,468	5	48	0,000

Tabla 230: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 230), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 232), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 231).

<i>Flexión</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	3380,743	5	19,887	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

*Tabla 231: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VG, con respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

<i>Flexión</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	114,791	5	22,958	537,950	0,000
Intra-grupos	2,049	48	0,043		
Total	116,840	53			

*Tabla 232: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 231), como en la tabla de ANOVA (Tabla 232), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 233.

*Variable dependiente: Flexión*

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	1,54000*	0,09739	0,000	1,2510	1,8290
	3	1,92556*	0,09739	0,000	1,6365	2,2146
	4	2,29111*	0,09739	0,000	2,0021	2,5801
	5	3,62333*	0,09739	0,000	3,3343	3,9124
	6	4,53556*	0,09739	0,000	4,2465	4,8246
2	1	-1,54000*	0,09739	0,000	-1,8290	-1,2510
	3	0,38556*	0,09739	0,003	0,0965	0,6746
	4	0,75111*	0,09739	0,000	0,4621	1,0401
	5	2,08333*	0,09739	0,000	1,7943	2,3724
	6	2,99556*	0,09739	0,000	2,7065	3,2846
3	1	-1,92556*	0,09739	0,000	-2,2146	-1,6365
	2	-0,38556*	0,09739	0,003	-0,6746	-0,0965
	4	0,36556*	0,09739	0,006	0,0765	0,6546
	5	1,69778*	0,09739	0,000	1,4087	1,9868
	6	2,61000*	0,09739	0,000	2,3210	2,8990
4	1	-2,29111*	0,09739	0,000	-2,5801	-2,0021
	2	-0,75111*	0,09739	0,000	-1,0401	-0,4621
	3	-0,36556*	0,09739	0,006	-0,6546	-0,0765

	5	1,33222*	0,09739	0,000	1,0432	1,6213
	6	2,24444*	0,09739	0,000	1,9554	2,5335
5	1	-3,62333*	0,09739	0,000	-3,9124	-3,3343
	2	-2,08333*	0,09739	0,000	-2,3724	-1,7943
	3	-1,69778*	0,09739	0,000	-1,9868	-1,4087
	4	-1,33222*	0,09739	0,000	-1,6213	-1,0432
	6	0,91222*	0,09739	0,000	0,6232	1,2013
6	1	-4,53556*	0,09739	0,000	-4,8246	-4,2465
	2	-2,99556*	0,09739	0,000	-3,2846	-2,7065
	3	-2,61000*	0,09739	0,000	-2,8990	-2,3210
	4	-2,24444*	0,09739	0,000	-2,5335	-1,9554
	5	-0,91222*	0,09739	0,000	-1,2013	-0,6232

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 233: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones de VG (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas en los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5. El hecho de llevar diferente porcentaje de VG provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Flexión a medida que aumenta la proporción de VG.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 234.

VG		Subconjunto para alfa = 0,05					
	N	1	2	3	4	5	6
HSD de Tukey <sup>a</sup>	6	9	0,4389				
	5	9		1,3511			
	4	9			2,6833		
	3	9				3,0489	
	2	9					3,4344
	1	9					
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
							4,9744

Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,4389				
	5	9		1,3511			
	4	9			2,6833		
	3	9				3,0489	
	2	9					3,4344
	1	9					4,9744
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

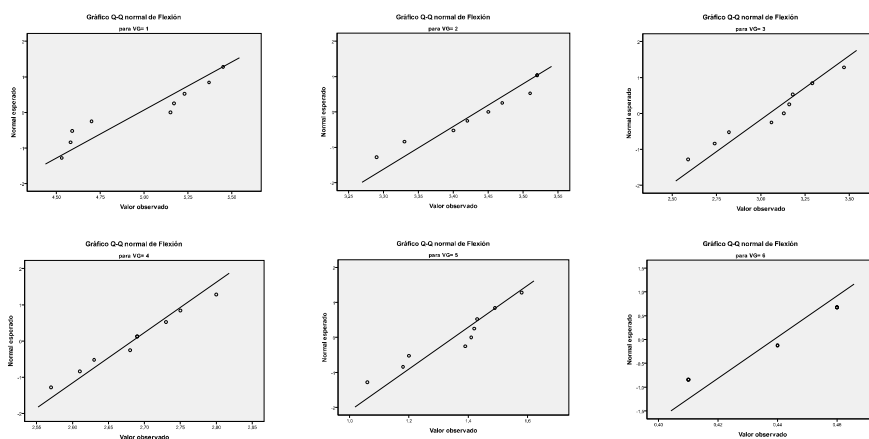
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 234: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 234, con el método HSD de Tukey, como por el método de Duncan, se localizan seis comportamientos diferenciados entre las seis adiciones: uno para cada una de las adiciones.

Los distintos niveles de Flexión alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 82: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Flexión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 83 y en la Tabla 235 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 83: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones de VG y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

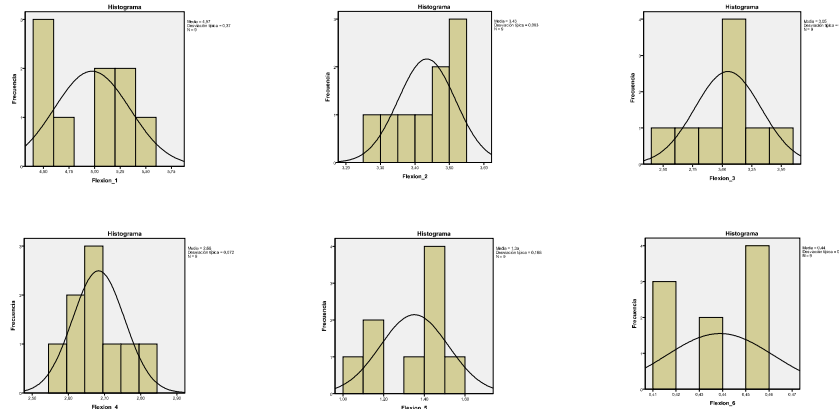
	VG	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	1	0,238	9	0,150
	2	0,152	9	0,200*
	3	0,182	9	0,200*
	4	0,148	9	0,200*
	5	0,258	9	0,084
	6	0,263	9	0,072

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

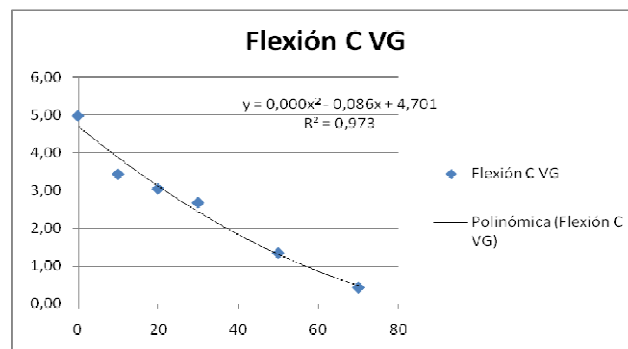
Tabla 235: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se acompañan los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 84):



Gráfica 84: Histogramas de frecuencias de las diferentes adiciones VG respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 138 y en la Gráfica 85 el parámetro de Flexión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VG, pasando de 4,97 N/mm<sup>2</sup> en la adición 1 (yeso moreno sin adicionar) a 0,44 N/mm<sup>2</sup> con la adición 6. Se aprecia R<sup>2</sup> de 0,973, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 85: Curva de Flexión obtenida para ensayos de yeso moreno con VG a diferentes proporciones, (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.3.- Datos obtenidos a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

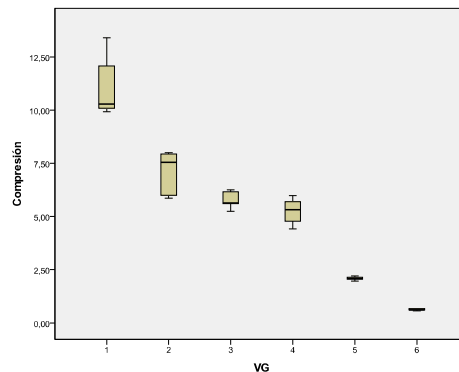
<b>COMPRESION</b>						
Probeta (1)	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70
Media	11,07	7,15	5,77	5,22	2,09	0,62
Desv Stand	1,32	0,95	0,39	0,59	0,07	0,04
Coef Variac	0,12	0,13	0,07	0,11	0,03	0,06

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 236: Valores de Compresión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para ensayo de VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 236, con lo que se puede ver, la dispersión es baja en alguno de los resultados obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 86, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 86: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $vi$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Compresión). Los seis niveles de  $vi$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a



cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

	1: 0%	2: 10%	3: 20%	4: 30%	5: 50%	6: 70%		
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	11,0689	1,31569	0,43856	10,0576	12,0802	9,92	13,40
2	9	7,1511	0,95499	0,31833	6,4120	7,8852	5,86	8,00
3	9	5,7689	0,38731	0,12910	5,4712	6,0666	5,24	6,25
4	9	5,2244	0,58703	0,19568	4,7732	5,6757	4,42	5,98
5	9	2,0944	0,07020	0,02340	2,0405	2,1484	1,97	2,21
6	9	0,6233	0,03841	0,01280	0,5938	0,6529	0,56	0,67
Total	54	5,3218	0,73071	0,24357	4,7601	5,8835	4,41	6,28

Tabla 237: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Compresión*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
15,329	5	48	0,000

Tabla 238: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 238), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 240), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 239).

*Compresión*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1020,760	5	20,161	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 239: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Compresión*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	621,686	5	124,337	237,280	0,000
Intra-grupos	25,153	48	0,524		
Total	646,838	53			

Tabla 240: ANOVA de las series para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 239), como en la tabla de ANOVA (Tabla 240), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogidos en la siguiente Tabla 241

Variable dependiente: Flexión

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	3,91778*	0,34124	0,000	2,9050	4,9306
	3	5,30000*	0,34124	0,000	4,2872	6,3128
	4	5,84444*	0,34124	0,000	4,8317	6,8572
	5	8,97444*	0,34124	0,000	7,9617	9,9872
	6	10,44556*	0,34124	0,000	9,4328	11,4583
2	1	-3,91778*	0,34124	0,000	-4,9306	-2,9050
	3	1,38222*	0,34124	0,002	0,3694	2,3950
	4	1,92667*	0,34124	0,000	0,9139	2,9394
	5	5,05667*	0,34124	0,000	4,0439	6,0694
	6	6,52778*	0,34124	0,000	5,5150	7,5406
3	1	-5,30000*	0,34124	0,000	-6,3128	-4,2872
	2	-1,38222*	0,34124	0,002	-2,3950	-0,3694
	4	0,54444	0,34124	0,605	-0,4683	1,5572
	5	3,67444*	0,34124	0,000	2,6617	4,6872
	6	5,14556*	0,34124	0,000	4,1328	6,1583
4	1	-5,84444*	0,34124	0,000	-6,8572	-4,8317
	2	-1,92667*	0,34124	0,000	-2,9394	-0,9139
	3	-0,54444	0,34124	0,605	-1,5572	0,4683
	5	3,13000*	0,34124	0,000	2,1172	4,1428
	6	4,60111*	0,34124	0,000	3,5883	5,6139
5	1	-8,97444*	0,34124	0,000	-9,9872	-7,9617
	2	-5,05667*	0,34124	0,000	-6,0694	-4,0439
	3	-3,67444*	0,34124	0,000	-4,6872	-2,6617
	4	-3,13000*	0,34124	0,000	-4,1428	-2,1172
	6	1,47111*	0,34124	0,001	0,4583	2,4839
6	1	-10,44556*	0,34124	0,000	-11,4583	-9,4328
	2	-6,52778*	0,34124	0,000	-7,5406	-5,5150
	3	-5,14556*	0,34124	0,000	-6,1583	-4,1328
	4	-4,60111*	0,34124	0,000	-5,6139	-3,5883
	5	-1,47111*	0,34124	0,001	-2,4839	-0,4583

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 241: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 5, 6; 4 y 1, 2, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de que lleve más o menos proporción de VG tiene un efecto significativo en la propiedad de Compresión.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 242.

	VG		Subconjunto para alfa = 0,05				
		N	1	2	3	4	5
HSD de <sup>a</sup>	6	9	0,6233				
Tukey <sup>a</sup>	5	9		2,0944			
	4	9			5,2244		
	3	9			5,7689		
	2	9				7,1511	
	1	9					11,0689
	Sig.		1,000	1,000	0,827	1,000	1,000
Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,6233				
	5	9		2,0944			
	4	9			5,2244		
	3	9			5,7689		
	2	9				7,1511	
	1	9					11,0689
	Sig.		1,000	1,000	0,230	1,000	1,000

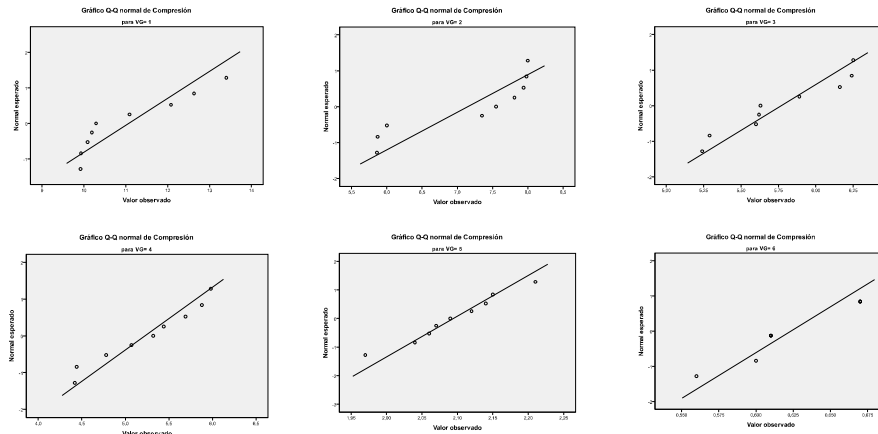
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 242: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).*

Como se puede apreciar en la Tabla 242, con el método HSD de Tukey se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 4, y 3 (30, y 20%); un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 2 (10%) y un quinto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan, identifica cinco comportamientos diferenciados, igual que por Tukey, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de adiciones no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente. Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 86.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 87 y en la Tabla 243 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 87: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

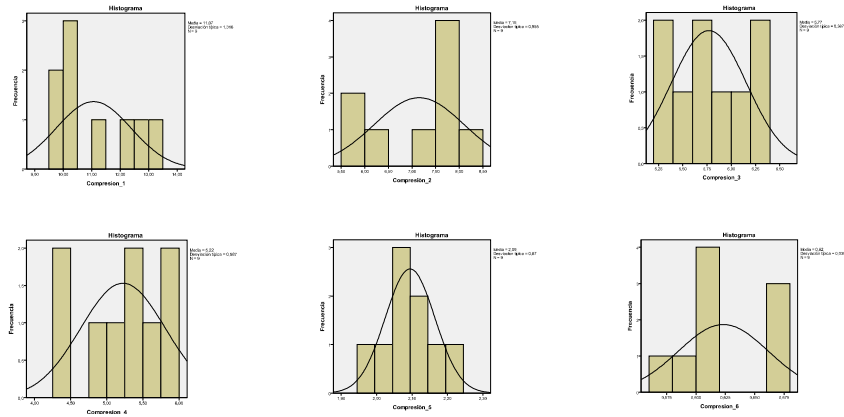
	VG	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	1	0,279	9	0,042
	2	0,249	9	0,113
	3	0,196	9	0,200*
	4	0,131	9	0,200*
	5	0,108	9	0,200*
	6	0,302	9	0,017

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 243: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

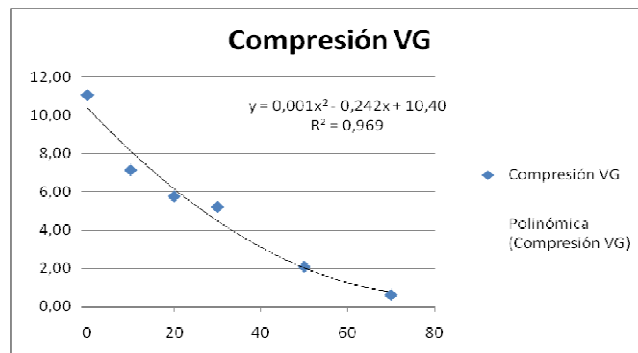
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 88).



Grafica 88: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VG respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 236 y en la Gráfica 89 el parámetro de Compresión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VG. Se aprecia una primera disminución entre las adiciones 1 y 2, pasa de 11,07 a 7,15 N/mm<sup>2</sup>, y una segunda disminución apreciable entre las adiciones 4 y 5, pasa de 5,22 a 2,09 N/mm<sup>2</sup>.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,969, con lo que se acepta la existencia de relación lineal.



Gráfica 89: Curva de Compresión en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

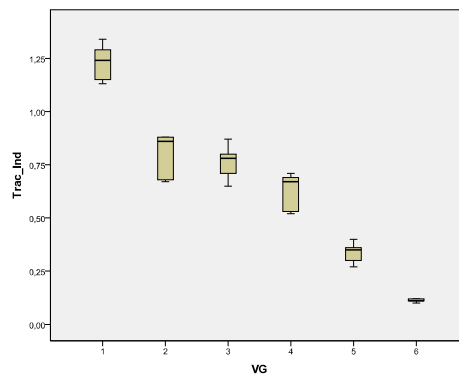
TRAC_IND							
Probeta	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70	
Media	1,23	0,80	0,76	0,63	0,34	0,11	
Desv Stand	0,08	0,10	0,07	0,08	0,04	0,01	
Coef Variac	0,07	0,12	0,09	0,13	0,12	0,06	

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 244: Valores de Tracción Indirecta obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe dispersión de los resultados obtenidos en algunos de las seis adiciones (Tabla 244).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 90, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



*Gráfica 90: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VG respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Tracción Indirecta). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1,2289	0,08207	0,02736	1,1658	1,2920	1,13	1,34
2	9	0,8033	0,09811	0,03270	0,7279	0,8787	0,67	0,88
3	9	0,7633	0,07036	0,02345	0,7093	0,8174	0,65	0,87
4	9	0,6322	0,08059	0,02686	0,5703	0,6942	0,52	0,71
5	9	0,3378	0,04206	0,01402	0,3054	0,3701	0,27	0,40
6	9	0,1122	0,00667	0,00222	0,1071	0,1173	0,10	0,12
Total	54	0,6460	0,07200	0,02390	0,5910	0,7019	0,54	0,73

Tabla 245: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Trac_Ind			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
9.814	5	48	0,000

Tabla 246: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VG y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 246), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 248), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 247).

Trac_Ind				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	594,768	5	19,032	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 247: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Trac_ind					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6,826	5	1,365	276,528	0,000
Intra-grupos	0,237	48	0,005		
Total	7,062	53			

Tabla 248: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 247), como en la tabla de ANOVA (Tabla 248), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adiciones.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 249

Variable dependiente: Tracción Indirecta

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,42556*	0,03312	0,000	0,3273	0,5239
	3	0,46556*	0,03312	0,000	0,3673	0,5639
	4	0,59667*	0,03312	0,000	0,4984	0,6950
	5	0,89111*	0,03312	0,000	0,7928	0,9894
	6	1,11667*	0,03312	0,000	1,0184	1,2150
2	1	-0,42556*	0,03312	0,000	-0,5239	-0,3273
	3	0,04000	0,03312	0,831	-0,0583	0,1383
	4	0,17111*	0,03312	0,000	0,0728	0,2694
	5	0,46556*	0,03312	0,000	0,3673	0,5639
	6	0,69111*	0,03312	0,000	0,5928	0,7894
3	1	-0,46556*	0,03312	0,000	-0,5639	-0,3673
	2	-0,04000	0,03312	0,831	-0,1383	0,0583
	4	0,13111*	0,03312	0,003	0,0328	0,2294
	5	0,42556*	0,03312	0,000	0,3273	0,5239
	6	0,65111*	0,03312	0,000	0,5528	0,7494
4	1	-0,59667*	0,03312	0,000	-0,6950	-0,4984
	2	-0,17111*	0,03312	0,000	-0,2694	-0,0728
	3	-0,13111*	0,03312	0,003	-0,2294	-0,0328
	5	0,29444*	0,03312	0,000	0,1961	0,3927
	6	0,52000*	0,03312	0,000	0,4217	0,6183
5	1	-0,89111*	0,03312	0,000	-0,9894	-0,7928
	2	-0,46556*	0,03312	0,000	-0,5639	-0,3673
	3	-0,42556*	0,03312	0,000	-0,5239	-0,3273
	4	-0,29444*	0,03312	0,000	-0,3927	-0,1961
	6	0,22556*	0,03312	0,000	0,1273	0,3239
6	1	-1,11667*	0,03312	0,000	-1,2150	-1,0184
	2	-0,69111*	0,03312	0,000	-0,7894	-0,5928
	3	-0,65111*	0,03312	0,000	-0,7494	-0,5528
	4	-0,52000*	0,03312	0,000	-0,6183	-0,4217
	5	-0,22556*	0,03312	0,000	-0,3239	-0,1273

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 249: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones de VG. (Fuente Elaboración propia, 2012).

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 4, 5, 6; 3 y 1, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 5, 6;



5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4. 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VG tiene un efecto significativo en la propiedad de Tracción Indirecta.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 250.

	VG	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	6	9	0,1122				
	5	9		0,3378			
	4	9			0,6322		
	3	9				0,7633	
	2	9				0,8033	
	1	9					1,2289
	Sig.			1,000	1,000	1,000	0,906
Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,1122				
	5	9		0,3378			
	4	9			0,6322		
	3	9				0,7633	
	2	9				0,8033	
	1	9					1,2289
	Sig.			1,000	1,000	1,000	0,309

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

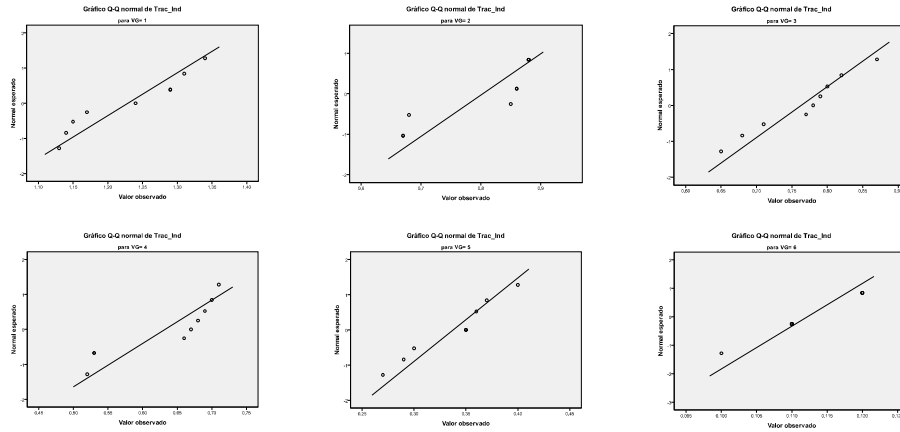
*Tabla 250: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 250, con el método HSD de Tukey se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Uno primer comportamiento para la adición 6 (70%), un segundo comportamiento para la adición 5 (50%), un tercer comportamiento para la adición 4 (30%); un cuarto comportamiento para las adiciones 3 y 2 (20 y 10%) y un quinto comportamiento para la adición 1 (0%). Por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, igual que con Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 90: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba

K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 91 y en la Tabla 251 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



**Gráfica 91: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Adiciones y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)**

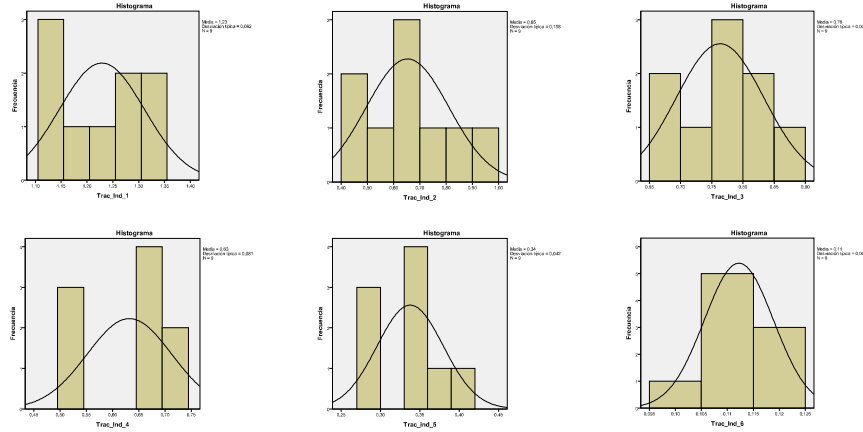
	VG	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Trac Indirecta	1	0,216	9	0,200*
	2	0,350	9	0,002
	3	0,204	9	0,200*
	4	0,249	9	0,018
	5	0,281	9	0,039
	6	0,297	9	0,021

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

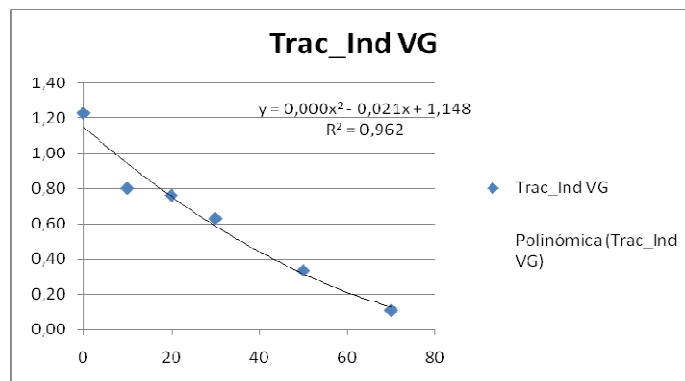
**Tabla 251: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)**

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 92).



Grafica 92: Histogramas de frecuencias de las adiciones de VG respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 244 y en la Gráfica 93 el parámetro de Tracción Indirecta va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VG. Se puede apreciar que la disminución más acentuada se produce entre las adiciones 1 y 2. Se aprecia un  $R^2$  de 0,962, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 93: Curva de Tracción Indirecta en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.5- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

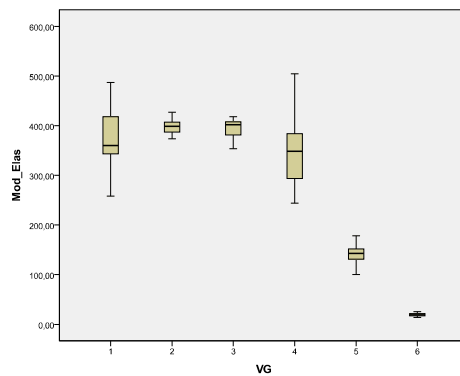
MOD_ELAST	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70
Probeta (1)						
Media	378,34	399,12	392,04	356,50	139,16	19,57
Desv Stand	63,60	18,83	22,50	62,61	24,14	3,01
Coef Variac	0,16	0,05	0,06	0,17	0,17	0,15

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 252: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para ensayo de VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión en algunos de los resultados obtenidos para las seis adiciones (Tabla 252).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica93, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



*Gráfica 93: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VG respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%

2: 10%

3: 20%

4: 30%

5: 50%

6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	378,3422	73,60338	24,53446	321,7657	434,9188	258,56	487,19
2	9	399,1244	18,82526	6,27509	384,6541	413,5948	373,49	427,20
3	9	392,0411	22,49605	7,49868	374,7491	409,3331	353,61	417,93
4	9	356,5022	78,60994	26,20331	296,0773	416,9272	244,29	504,48
5	9	139,1611	24,13527	8,04509	120,6091	157,7131	100,62	178,28
6	9	19,5678	3,91199	1,30400	16,5608	22,5748	13,98	25,33
Total	54	280,7898	36,930315	12,310105	252,402683	309,176967	224,091667	340,068333

Tabla 253: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Mod\_Elas*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,278	5	48	0,000

Tabla 254: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones y la propiedad de Módulo de Elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 254), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 256), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 255).

*Mod\_Elas*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1082,629	5	19,356	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 255: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)

*Mod\_Elas*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1169319,768	5	233863,954	107,480	0,000
Intra-grupos	104442,068	48	2175,876		
Total	1273761,836	53			

Tabla 256: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 255), como en la tabla de ANOVA (Tabla 256), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 257.

Variable dependiente: Módulo de Elasticidad

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-20,78222	21,98927	0,933	-86,0441	44,4796
	3	-13,69889	21,98927	0,989	-78,9607	51,5630
	4	21,84000	21,98927	0,918	-43,4218	87,1018
	5	239,18111*	21,98927	0,000	173,9193	304,4430
	6	358,77444*	21,98927	0,000	293,5126	424,0363
2	1	20,78222	21,98927	0,933	-44,4796	86,0441
	3	7,08333	21,98927	1,000	-58,1785	72,3452
	4	42,62222	21,98927	0,392	-22,6396	107,8841
	5	259,96333*	21,98927	0,000	194,7015	325,2252
	6	379,55667*	21,98927	0,000	314,2948	444,8185
3	1	13,69889	21,98927	0,989	-51,5630	78,9607
	2	-7,08333	21,98927	1,000	-72,3452	58,1785
	4	35,53889	21,98927	0,592	-29,7230	100,8007
	5	252,88000*	21,98927	0,000	187,6182	318,1418
	6	372,47333*	21,98927	0,000	307,2115	437,7352
4	1	-21,84000	21,98927	0,918	-87,1018	43,4218
	2	-42,62222	21,98927	0,392	-107,8841	22,6396
	3	-35,53889	21,98927	0,592	-100,8007	29,7230
	5	217,34111*	21,98927	0,000	152,0793	282,6030
	6	336,93444*	21,98927	0,000	271,6726	402,1963
5	1	-239,18111*	21,98927	0,000	-304,4430	-173,9193
	2	-259,96333*	21,98927	0,000	-325,2252	-194,7015
	3	-252,88000*	21,98927	0,000	-318,1418	-187,6182
	4	-217,34111*	21,98927	0,000	-282,6030	-152,0793
	6	119,59333*	21,98927	0,000	54,3315	184,8552
6	1	-358,77444*	21,98927	0,000	-424,0363	-293,5126
	2	-379,55667*	21,98927	0,000	-444,8185	-314,2948
	3	-372,47333*	21,98927	0,000	-437,7352	-307,2115
	4	-336,93444*	21,98927	0,000	-402,1963	-271,6726
	5	-119,59333*	21,98927	0,000	-184,8552	-54,3315

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 257: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VG con respecto al Módulo de elasticidad. (Fuente Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 5, 6; 2 y 5, 6; 3 y 5, 6; 4 y 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VG tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 258.

	VG	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
			1	2	3
HSD de Tukey	6	9	19,5678		
	5	9		139,1611	
	4	9			356,5022
	1	9			378,3422
	3	9			392,0411
	2	9			399,1244
	Sig.			1,000	1,000
Duncan <sup>a</sup>	6	9	19,5678		
	5	9		139,1611	
	4	9			356,5022
	1	9			378,3422
	3	9			392,0411
	2	9			399,1244
	Sig.			1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

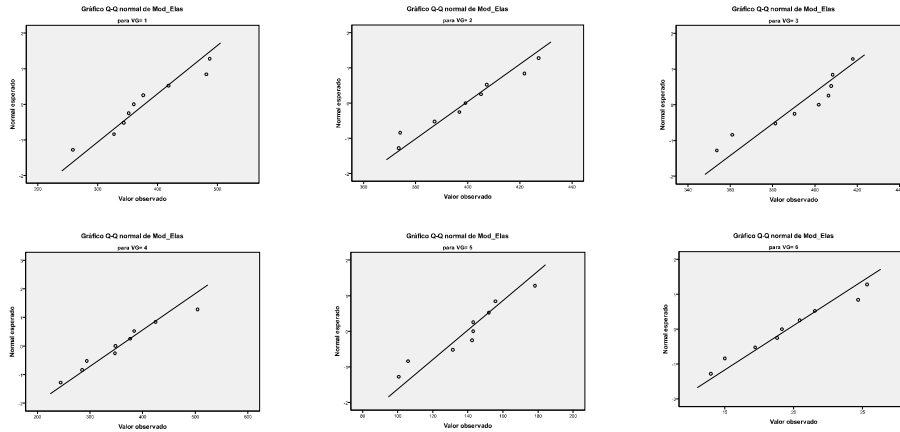
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 258: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 258, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento para la adición 6 (70%), un segundo comportamiento para la adición 5 (50%), y un tercer comportamiento para la adiciones 4, 1, 3 y 2 (30, 0, 10 y 20%). Por Duncan se localizan tres comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, igual que con Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 93: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 94 y en la Tabla 259 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 94: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones y la propiedad del Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

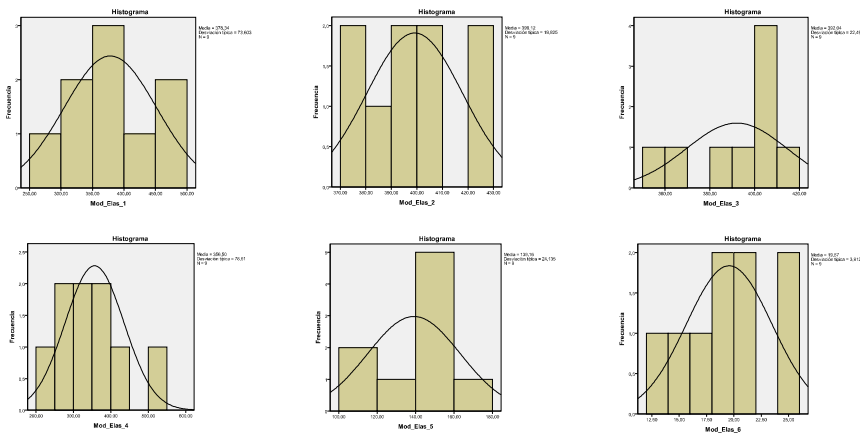
	VG	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	1	0,178	9	0,200*
	2	0,131	9	0,200*
	3	0,224	9	0,200*
	4	0,141	9	0,200*
	5	0,220	9	0,200*
	6	0,127	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 259: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VG. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 95).

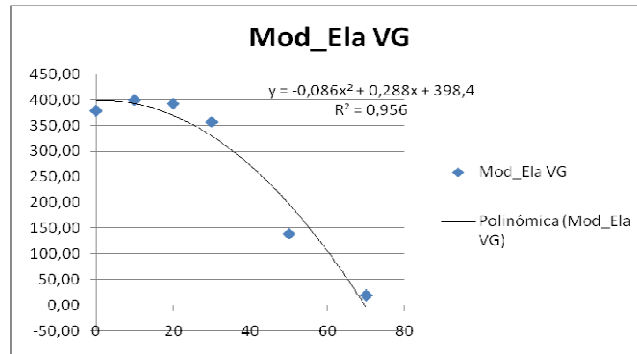


Gráfica 95: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VG respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)



Como se puede apreciar en la Tabla 252 y en la Gráfica 96 el parámetro de Módulo de elasticidad va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VG. Sin embargo se puede apreciar un ligero aumento entre las adiciones 1 y 2, para luego disminuir progresivamente.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,956, con lo que se acepta la existencia de relación lineal.



Gráfica 96: Curva del Módulo de elasticidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.6.- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

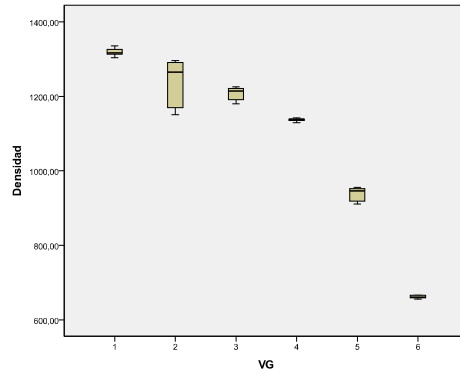
<b>DENSIDAD</b>						
Probeta (1)	VG 0	VG10	VG20	VG30	VG50	VG70
Media	1318,77	1239,05	1208,35	1136,81	939,26	661,06
Desv Stand	10,20	62,11	16,94	4,21	17,91	4,33
Coef Variac	0,01	0,05	0,01	0,00	0,02	0,01

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 260: Valores de Densidad obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las seis adiciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 260).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 97, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Densidad en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 97: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VG respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Densidad). Los seis niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1318,7700	10,19552	3,39851	1310,9330	1326,6070	1303,36	1335,64
2	9	1239,0489	62,11054	20,70351	1191,3065	1286,7913	1150,51	1296,11
3	9	1208,3511	16,94336	5,64779	1195,3273	1221,3749	1180,05	1225,69
4	9	1136,8078	4,20507	1,40169	1133,5755	1140,0401	1129,25	1141,79
5	9	939,2633	17,90567	5,96856	925,4998	953,0269	911,25	955,82
6	9	661,0633	4,33124	1,44375	657,7340	664,3926	655,46	666,19
Total	54	1083,8841	19,28190	6,4273	1069,0627	1098,7055	1054,98	1103,54

Tabla 261: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Densidad*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
27,087	5	48	0,000

Tabla 262: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VG y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 262), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 264), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 263).

<i>Densidad</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	12773,440	5	21,282	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 263: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

<i>Densidad</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2675097,154	5	535019,431	696,973	,000
Intra-grupos	36846,405	48	767,633		
Total	2711943,559	53			

Tabla 264: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 263), como en la tabla de ANOVA (Tabla 264), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 265.

Variable dependiente: Densidad

(I) VG	(J) VG	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	79,72111*	13,06083	0,000	40,9580	118,4843
	3	110,41889*	13,06083	0,000	71,6557	149,1820
	4	181,96222*	13,06083	0,000	143,1991	220,7254
	5	379,50667*	13,06083	0,000	340,7435	418,2698
	6	657,70667*	13,06083	0,000	618,9435	696,4698
2	1	-79,72111*	13,06083	0,000	-118,4843	-40,9580
	3	30,69778	13,06083	0,195	-8,0654	69,4609
	4	102,24111*	13,06083	0,000	63,4780	141,0043
	5	299,78556*	13,06083	0,000	261,0224	338,5487
	6	577,98556*	13,06083	0,000	539,2224	616,7487
3	1	-110,41889*	13,06083	0,000	-149,1820	-71,6557
	2	-30,69778	13,06083	0,195	-69,4609	8,0654
	4	71,54333*	13,06083	0,000	32,7802	110,3065

	5	269,08778*	13,06083	0,000	230,3246	307,8509
	6	547,28778*	13,06083	0,000	508,5246	586,0509
4	1	-181,96222*	13,06083	0,000	-220,7254	-143,1991
	2	-102,24111*	13,06083	0,000	-141,0043	-63,4780
	3	-71,54333*	13,06083	0,000	-110,3065	-32,7802
	5	197,54444*	13,06083	0,000	158,7813	236,3076
	6	475,74444*	13,06083	0,000	436,9813	514,5076
5	1	-379,50667*	13,06083	0,000	-418,2698	-340,7435
	2	-299,78556*	13,06083	0,000	-338,5487	-261,0224
	3	-269,08778*	13,06083	0,000	-307,8509	-230,3246
	4	-197,54444*	13,06083	0,000	-236,3076	-158,7813
	6	278,20000*	13,06083	0,000	239,4368	316,9632
6	1	-657,70667*	13,06083	0,000	-696,4698	-618,9435
	2	-577,98556*	13,06083	0,000	-616,7487	-539,2224
	3	-547,28778*	13,06083	0,000	-586,0509	-508,5246
	4	-475,74444*	13,06083	0,000	-514,5076	-436,9813
	5	-278,20000*	13,06083	0,000	-316,9632	-239,4368

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 265: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VG con respecto a Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 4, 5, 6; 3 y 1, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VG tiene un efecto significativo en la propiedad de Densidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 266.

VG		Subconjunto para alfa = 0,05					
	N	1	2	3	4	5	6
HSD de	6	9	661,0633				
Tukey	5	9		939,2633			
	4	9			1136,8078		
	3	9				1208,3511	
	2	9					1239,0489
	1	9					1318,7700
Sig.			1,000	1,000	1,000	,195	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	661,0633					
	5	9		939,2633				
	4	9			1136,8078			
	3	9				1208,3511		
	2	9					1239,0489	
	1	9						1318,7700
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

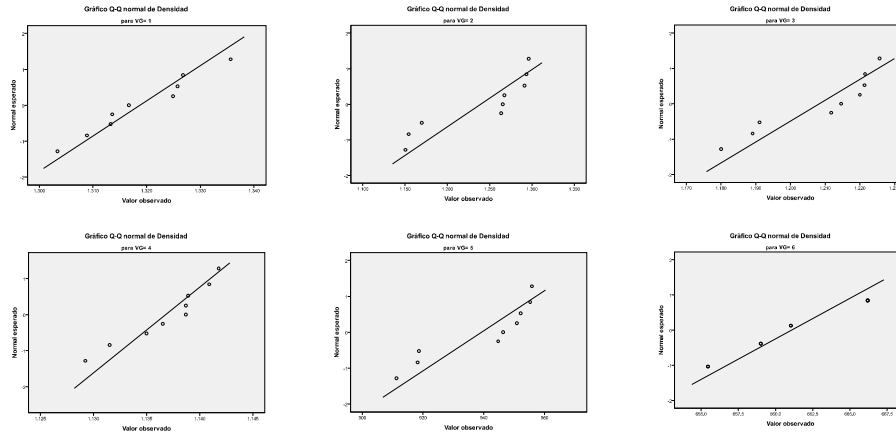
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 266: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 266, con el método HSD de Tukey se localizan seis comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a la adición 4 (30%); un cuarto comportamiento correspondiente a las adiciones 3 y 2 (20 y 10%) y un quinto comportamiento correspondiente a la adición 1. Por Duncan identifica seis comportamientos diferenciados, uno para la cada adición, interpretación que nos parece más adecuada con los ensayos realizados, ya que las diferentes series de adiciones no tienen, en principio, ningún parámetro de diseño coincidente.

Los distintos niveles de Densidad alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 97: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 98 y en la Tabla 267 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 98: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones de VG y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

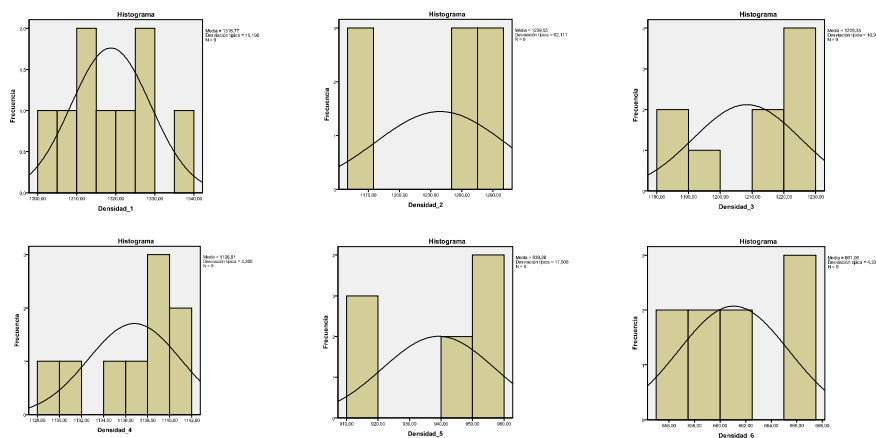
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Aditivo	Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	1	0,171	9	0,200*
	2	0,320	9	0,009
	3	0,246	9	0,123
	4	0,228	9	0,194
	5	0,287	9	0,032
	6	0,215	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 267: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

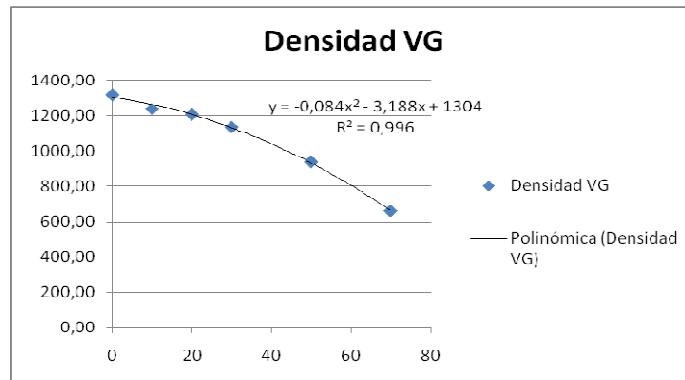
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Tabla 99).



Gráfica 99: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VG respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 200 y en la Gráfica 100 el parámetro de Densidad va aumentando a medida que aumenta la proporción de VG. Se puede apreciar que el descenso de la Densidad no es tan acusado entre adiciones, y sigue un comportamiento más lineal.

Se observa un  $R^2$  de 0,996, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 100: Curva de Densidad en la que se aprecia el aumento de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de VG. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.2.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de VG.

De los resultados de las diferentes propiedades podemos observar:

-Dureza: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VG sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Por encima del 50% de adición de VG obtenemos un resultado inferior al mínimo requerido por la norma

-Flexión: Observamos que aportando la adición de VG más alta ensayada, conseguimos valores por encima del mínimo apuntado por la norma. La aplicación de la adición máxima minoriza los valores de las otras propiedades ensayadas.

-Compresión: Observamos que aportando la adición de VG más alta ensayada, conseguimos valores por encima del mínimo apuntado por la norma. La aplicación de la adición máxima minoriza los valores de las otras propiedades ensayadas.

-Tracción Indirecta: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2 y 3, por lo que podemos aportar entre 10 y 20% de VG sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Cuanto más % de VG, menor será la resistencia del mortero obtenido.

-**Módulo de Elasticidad:** No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VG sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Obtendríamos un material más flexible a medida que aumente el % de VG en el mortero.

-**Densidad:** Existen diferencias significativas entre cada una de las adiciones (por Duncan), Se necesitaría más del 50% de VG para conseguir el objetivo que marca la norma, por lo que otras propiedades se verían afectadas a la baja. Hemos de decir que debido a que la A/Y es baja (0,5), la Densidad de partida es alta

En vista de los resultados obtenidos se aprecia que a medida que aumenta el porcentaje de VG, disminuyen sus propiedades mecánicas.

Si quisiéramos hacer una mezcla de las tres vermiculitas, está claro que no podríamos pasar de un 40% de vermiculita total, para un compuesto de VG nos inclinamos hacia la utilización de un porcentaje del 10% de VG.

#### **4.2.3.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita exfoliada de grano grueso (VH) a diferentes porcentajes.**

##### **4.2.3.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.**

Los datos que se exponen a continuación, son los obtenidos tras la realización del ensayo. Los resultados corresponden a la media de seis medidas por probeta.

<b>DUREZA</b>						
Probeta (1)	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	87,82	81,78	80,93	78,61	38,81	7,09
Desv Stand	2,17	2,57	0,74	5,10	4,76	0,97
Coef Variac	0,03	0,01	0,01	0,06	0,12	0,13

(1)El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas

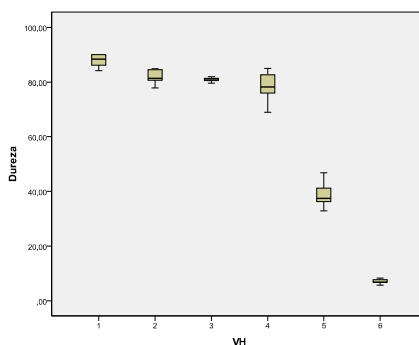
Tabla 268: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo con adiciones de VH al 0, 10, 20, 30, 50 y 70%. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos, están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que existe poca dispersión en los resultados obtenidos (Tabla 268).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 101, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de las seis adiciones, en las que se aprecia



cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 101: Gráfica de cajas para los diferentes adicionados con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados en los ensayos de las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los seis niveles de *vi* (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados:

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	87,8156	2,16989	0,72330	84,1476	89,4835	84,17	90,00
2	9	81,7767	2,56937	0,85646	79,8017	83,7517	77,83	84,83
3	9	80,9344	0,74411	0,24804	80,3625	81,5064	79,57	82,00
4	9	78,6111	5,10336	1,70112	74,6883	82,5339	69,00	85,00
5	9	38,8144	4,75963	1,58654	35,1559	42,4730	32,83	46,83
6	9	7,0922	0,99897	0,33299	6,3243	7,8601	5,67	8,33
Total	54	62,5074	2,72422	0,90808	60,0800	64,6014	58,17	66,16

Tabla 269: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

**Dureza**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,295	5	48	0,000

Tabla 270: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 270), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 272), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 271).

*Dureza*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	6160,779	5	21,166	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 271: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

*Dureza*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	47186,018	5	9437,204	919.804	0,000
Intra-grupos	492,481	48	10,260		
Total	47678,499	53			

Tabla 272: ANOVA de las series para las diferentes adiciones de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 271), como en la tabla de ANOVA (Tabla 272), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 273.

Variable dependiente: Dureza

(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	6,03889*	1,50997	,003	1,5575	10,5203
	3	6,88111*	1,50997	,000	2,3997	11,3625
	4	9,20444*	1,50997	,000	4,7230	13,6859
	5	49,00111*	1,50997	,000	44,5197	53,4825
	6	80,72333*	1,50997	,000	76,2419	85,2048
2	1	-6,03889*	1,50997	,003	-10,5203	-1,5575
	3	0,84222	1,50997	,993	-3,6392	5,3236
	4	3,16556	1,50997	,306	-1,3159	7,6470
	5	42,96222	1,50997	,000	38,4808	47,4436
	6	74,68444*	1,50997	,000	70,2030	79,1659
3	1	-6,88111*	1,50997	,000	-11,3625	-2,3997
	2	-0,84222	1,50997	,993	-5,3236	3,6392
	4	2,32333	1,50997	,642	-2,1581	6,8048
	5	42,12000*	1,50997	,000	37,6386	46,6014
	6	73,84222*	1,50997	,000	69,3608	78,3236

4	1	-9,20444*	1,50997	,000	-13,6859	-4,7230
	2	-3,16556	1,50997	,306	-7,6470	1,3159
	3	-2,32333	1,50997	,642	-6,8048	2,1581
	5	39,79667*	1,50997	,000	35,3152	44,2781
	6	71,51889*	1,50997	,000	67,0375	76,0003
	5	1	-49,00111*	1,50997	,000	-53,4825
2		-42,96222*	1,50997	,000	-47,4436	-38,4808
3		-42,12000*	1,50997	,000	-46,6014	-37,6386
4		-39,79667*	1,50997	,000	-44,2781	-35,3152
6		31,72222*	1,50997	,000	27,2408	36,2036
6		1	-80,72333*	1,50997	,000	-85,2048
	2	-74,68444*	1,50997	,000	-79,1659	-70,2030
	3	-73,84222*	1,50997	,000	-78,3236	-69,3608
	4	-71,51889*	1,50997	,000	-76,0003	-67,0375
	5	-31,72222*	1,50997	,000	-36,2036	-27,2408

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 273: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las proporciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5. Es decir, el hecho de llevar diferente proporción de VH provoca diferente respuesta en el parámetro de Dureza Shore C, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro a medida que aumenta la proporción de VH.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 274.

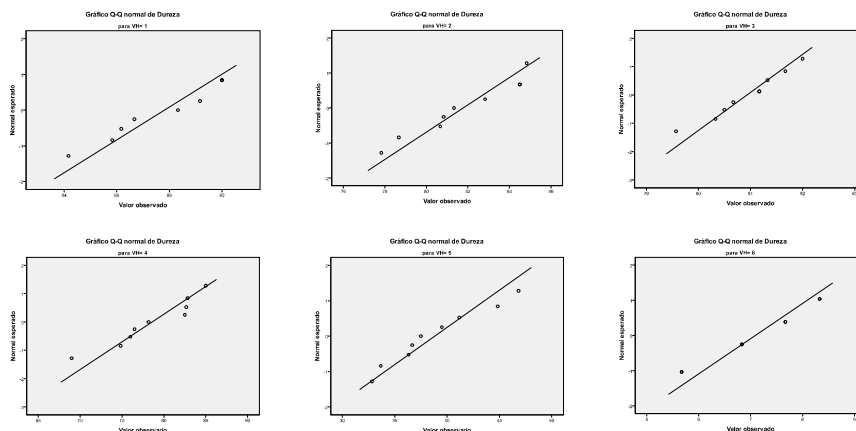
	VH	N	Subconjunto para alfa = 0,05			
			1	2	3	4
HSD de Tukey <sup>a</sup>	6	9	7,0922			
	5	9		38,8144		
	4	9			78,6111	
	3	9			80,9344	
	2	9			81,7767	
	1	9				87,8156
Sig.			1,000	1,000	0,306	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	7,0922		
	5	9		38,8144	
	4	9			78,6111
	3	9			80,9344
	2	9			81,7767
	1	9			87,8156
Sig.			1,000	1,000	0,052
					1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 274: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 274, con el método HSD de Tukey se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis proporciones. Un primer comportamiento corresponde a la proporción 6 (70% VH); un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5 (50% VH); un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10% VH) y un cuarto comportamiento correspondiente a la proporción 1 (0% VH). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis proporciones, al igual que por Tukey. Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las seis proporciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 101. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráficas 102 y en la Tabla 275 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 102: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

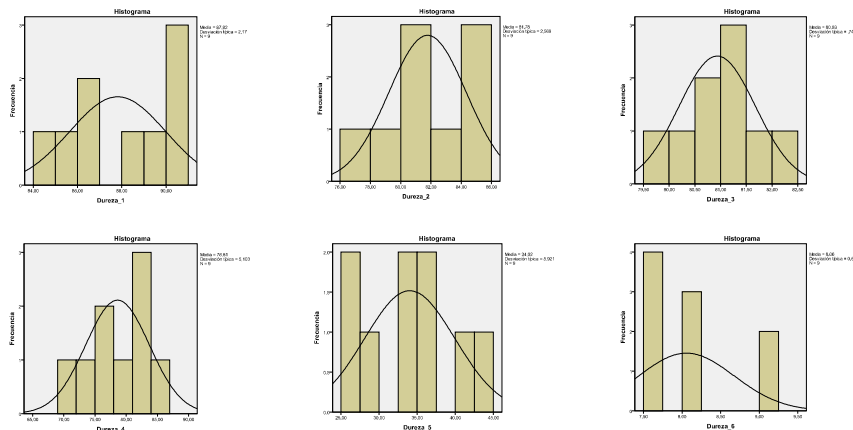
	VH	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	1	0,178	9	0,200*
	2	0,189	9	0,200*
	3	0,180	9	0,200*
	4	0,221	9	0,200*
	5	0,164	9	0,200*
	6	0,174	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 275: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

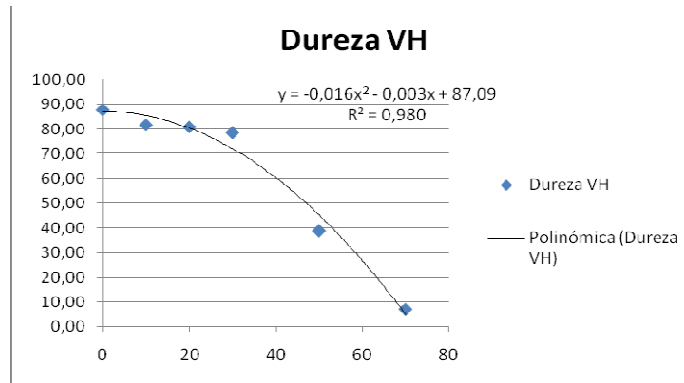
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 103):



Grafica 103: Histogramas de frecuencias de las adiciones con yeso moreno. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 268 y en la Gráfica 104 el parámetro de Dureza Superficial Shore C va decreciendo a medida que aumenta el porcentaje de VH. Podemos apreciar una primera disminución significativa entre las adiciones 1 y 2, que pasa de 87,82 a 81,78 grados Shore. Entre las adiciones 2, 3 y 4 la diferencia es menor, siendo sus valores muy parecidos (81,78, 80,93 y 78,61 grado Shore). A partir de la cuarta adición el parámetro de Dureza decrece a medida que aumenta la adición hasta llegar a su valor más bajo con la sexta adición (7,09 grados Shore).

Se aprecia un  $R^2$  de 0,980, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 104: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de las adiciones VH (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.2.3.2.- Datos obtenidos a Flexión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

En el ensayo se ha utilizado mortero de yeso moreno aditivado con Adifoc al 3‰ y adicionado con VH a proporciones entre 0, 10, 20, 30, 50 y 70%.

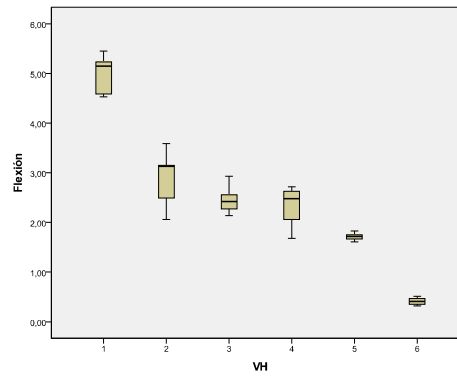
FLEXION						
Probeta (1)	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	4,97	2,86	2,44	2,33	1,72	0,41
Desv Stand	0,37	0,41	0,24	0,29	0,07	0,05
Coef Variac	0,07	0,14	0,10	0,12	0,04	0,12

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 276: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$  para VH (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 276, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos, la dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las seis adiciones.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 105, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 105: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones de VH para el parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Flexión). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 277):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	4,9744	0,36967	0,12322	4,6903	5,2586	4,53	5,45
2	9	2,8622	0,50564	0,16855	2,4736	3,2509	2,06	3,59
3	9	2,4389	0,24034	0,08011	2,2542	2,6236	2,14	2,93
4	9	2,3300	0,39035	0,13012	2,0299	2,6301	1,68	2,72
5	9	1,7167	0,07483	0,02494	1,6591	1,7742	1,61	1,83
6	9	0,4078	0,06741	0,02247	0,3560	0,4596	0,32	0,51
Total	54	2,4550	0,27471	0,09157	2,2438	2,6661	2,06	2,84

Tabla 277: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Flexión*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,891	5	48	0,000

Tabla 278: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 278), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 280), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 279).

*Flexión*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	535,181	5	21,073	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 279: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VH, con respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

*Flexión*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	101,390	5	20.278	198,609	0,000
Intra-grupos	4,901	48	0,102		
Total	106,291	53			

Tabla 280: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 279), como en la tabla de ANOVA (Tabla 280), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 281

*Variable dependiente: Flexión*

(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	2,11222*	0,15063	0,000	1,6652	2,5593
	3	2,53556*	0,15063	0,000	2,0885	2,9826
	4	2,64444*	0,15063	0,000	2,1974	3,0915
	5	3,25778*	0,15063	0,000	2,8107	3,7048
	6	4,56667*	0,15063	0,000	4,1196	5,0137
2	1	-2,11222*	0,15063	0,000	-2,5593	-1,6652
	3	0,42333	0,15063	0,073	-0,0237	0,8704
	4	0,53222*	0,15063	0,011	0,0852	0,9793
	5	1,14556*	0,15063	0,000	0,6985	1,5926
	6	2,45444*	0,15063	0,000	2,0074	2,9015
3	1	-2,53556*	0,15063	0,000	-2,9826	-2,0885
	2	-0,42333	0,15063	0,073	-0,8704	0,0237
	4	0,10889	0,15063	0,978	-0,3382	0,5559
	5	0,72222*	0,15063	0,000	0,2752	1,1693
	6	2,03111*	0,15063	0,000	1,5841	2,4782



4	1	-2,64444*	0,15063	0,000	-3,0915	-2,1974
	2	-0,53222*	0,15063	0,011	-0,9793	-0,0852
	3	-0,10889	0,15063	0,978	-0,5559	0,3382
	5	0,61333*	0,15063	0,002	0,1663	1,0604
	6	1,92222*	0,15063	0,000	1,4752	2,3693
5	1	-3,25778*	0,15063	0,000	-3,7048	-2,8107
	2	-1,14556*	0,15063	0,000	-1,5926	-0,6985
	3	-0,72222*	0,15063	0,000	-1,1693	-0,2752
	4	-0,61333*	0,15063	0,002	-1,0604	-0,1663
	6	1,30889*	0,15063	0,000	0,8618	1,7559
6	1	-4,56667*	0,15063	0,000	-5,0137	-4,1196
	2	-2,45444*	0,15063	0,000	-2,9015	-2,0074
	3	-2,03111*	0,15063	0,000	-2,4782	-1,5841
	4	-1,92222*	0,15063	0,000	-2,3693	-1,4752
	5	-1,30889*	0,15063	0,000	-1,7559	-0,8618

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 281: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones de VH (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede apreciarse, existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 4, 5, 6; 3 y 1, 5, 6; 4 y 1, 2, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de VH provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión, esta respuesta se visualiza disminuyendo el parámetro de Flexión a medida que aumenta la proporción de VH.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 282.

	VH	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de Tukey <sup>a</sup>	6	9	0,4078				
	5	9		1,7167			
	4	9			2,3300		
	3	9			2,4389	2,4389	
	2	9				2,8622	
	1	9					4,9744
	Sig.			1,000	1,000	0,978	0,073

Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,4078				
	5	9		1,7167			
	4	9			2,3300		
	3	9			2,4389		
	2	9				2,8622	
	1	9					4,9744
Sig.			1,000	1,000	0,473	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

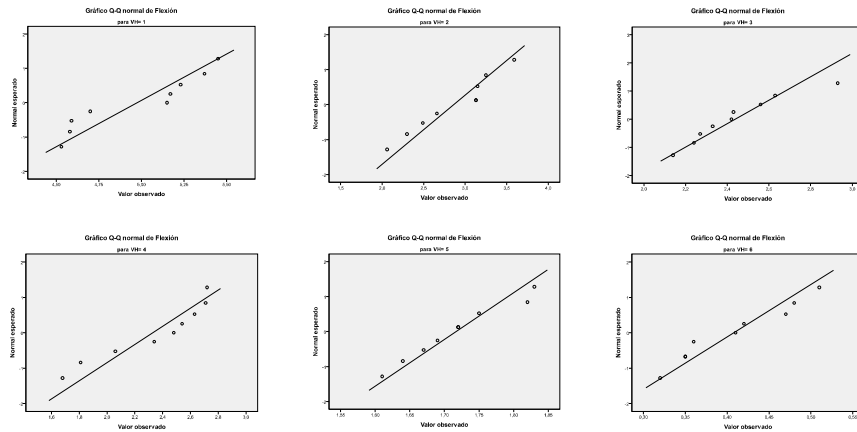
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 282: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 282, con el método HSD de Tukey, como por el método de Duncan, se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento corresponde a la proporción 6 (70% VH); un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5 (50% VH); un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4 y 3 (30, 20% VH); un cuarto comportamiento correspondiente a las proporciones 3 y 2 (20 y 10% VH) y un quinto comportamiento para la proporción 1 (0% VH). Por Duncan se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis proporciones, Un primer comportamiento corresponde a la proporción 6 (70% VH); un segundo comportamiento correspondiente a la proporción 5 (50% VH); un tercer comportamiento correspondiente a las proporciones 4 y 3 (30, 20% VH); un cuarto comportamiento correspondiente a la proporción 2 (10% VH) y un quinto comportamiento para la proporción 1 (0% VH).

Los distintos niveles de Flexión alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 105: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Flexión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 106 y en la Tabla 283 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 106: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes adiciones de VH y la propiedad de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

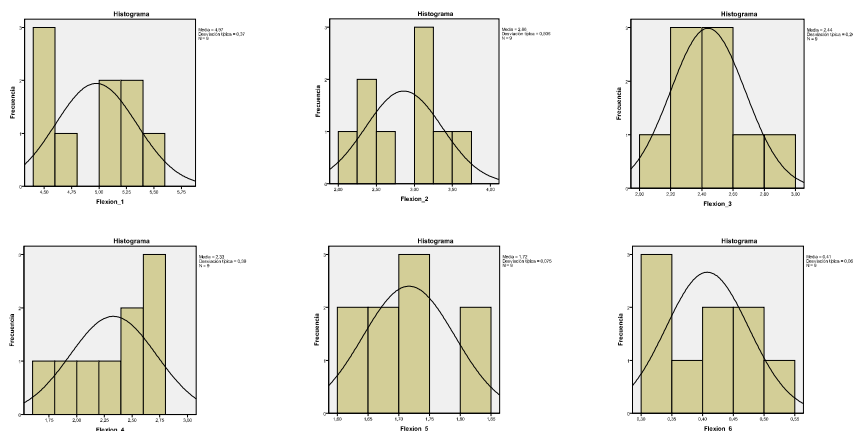
	VH	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	1	0,238	9	0,150
	2	0,257	9	0,088
	3	0,181	9	0,200*
	4	0,205	9	0,200*
	5	0,149	9	0,200*
	6	0,205	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

Tabla 283: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

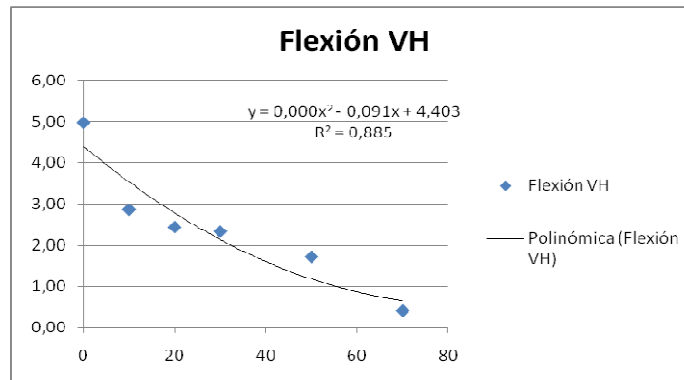
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 107):



Gráfica 107: Histogramas de frecuencias de las diferentes adiciones VH respecto al parámetro de Flexión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 276 y en la Gráfica 108 el parámetro de Flexión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VH. Como se puede apreciar, la disminución del parámetro de Flexión principal se produce entre las adiciones 1 y 2 (4,97 y 2,86 N/mm<sup>2</sup>), a partir de la adición 2, las disminuciones no son tan acusadas.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,885, con lo que se acepta la existencia de relación lineal.



Gráfica 108: Curva de Flexión obtenida para ensayos de yeso moreno con VH a diferentes proporciones, (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.3.3.- Datos obtenidos a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

COMPRESION						
Probeta (1)	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	11,07	6,08	5,02	4,57	2,48	0,58
Desv Stand	1,32	0,82	0,47	0,68	0,05	0,06
Coef Variac	0,12	0,14	0,09	0,15	0,02	0,11

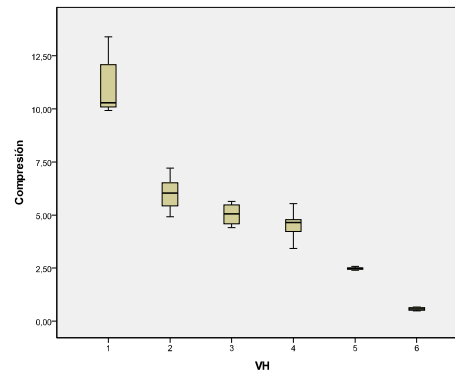
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 284: Valores de Compresión, en N/mm<sup>2</sup>, obtenidos para ensayo de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la Tabla 284, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que la dispersión es baja en alguno de los resultados obtenidos.

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 109, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las seis adiciones, en las que

se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 109: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $vi$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Compresión). Los seis niveles de  $vi$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 285):

	1: 0%	2: 10%	3: 20%	4: 30%	5: 50%	6: 70%		
					Intervalo de confianza para la media al 95%			
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	9	11,0689	1,31569	0,43856	10,0576	12,0802	9,92	13,40
2	9	6,0767	0,82411	0,27470	5,4432	6,7101	4,92	7,21
3	9	5,0178	0,46746	0,15582	4,6585	5,3771	4,40	5,64
4	9	4,5744	0,67630	0,22543	4,0546	5,0943	3,43	5,54
5	9	2,4833	0,05454	0,01818	2,4414	2,5253	2,40	2,58
6	9	0,5767	0,06384	0,02128	0,52760	0,6257	0,49	0,67
Total	54	4,9663	0,56699	0,18899	4,5304	5,4021	4,26	5,84

Tabla 285: Descriptores de las Adiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Compresión			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,787	5	48	0,000

Tabla 286: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 286), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 288), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 287).

*Compresión*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	1056,764	5	20,754	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 287: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Compresión*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	576,582	5	115,316	223689	0,000
Intra-grupos	24,745	48	0,516		
Total	601,327	53			

Tabla 288: ANOVA de las series para las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 287), como en la tabla de ANOVA (Tabla 288), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 289.

*Variable dependiente: Compresión*

(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	4,99222*	0,33847	0,000	3,9877	5,9968
	3	6,05111*	0,33847	0,000	5,0466	7,0556
	4	6,49444*	0,33847	0,000	5,4899	7,4990
	5	8,58556*	0,33847	0,000	7,5810	9,5901
	6	10,49222*	0,33847	0,000	9,4877	11,4968
2	1	-4,99222*	0,33847	0,000	-5,9968	-3,9877
	3	1,05889*	0,33847	0,033	0,0544	2,0634
	4	1,50222*	0,33847	0,001	0,4977	2,5068
	5	3,59333*	0,33847	0,000	2,5888	4,5979
	6	5,50000*	0,33847	0,000	4,4955	6,5045
3	1	-6,05111*	0,33847	0,000	-7,0556	-5,0466
	2	-1,05889*	0,33847	0,033	-2,0634	-0,0544
	4	0,44333	0,33847	0,778	-0,5612	1,4479
	5	2,53444*	0,33847	0,000	1,5299	3,5390
	6	4,44111*	0,33847	0,000	3,4366	5,4456

4	1	-6,49444*	0,33847	0,000	-7,4990	-5,4899
	2	-1,50222*	0,33847	0,001	-2,5068	-0,4977
	3	-0,44333	0,33847	0,778	-1,4479	0,5612
	5	2,09111*	0,33847	0,000	1,0866	3,0956
	6	3,99778*	0,33847	0,000	2,9932	5,0023
	5	1	-8,58556*	0,33847	0,000	-9,5901
2		-3,59333*	0,33847	0,000	-4,5979	-2,5888
3		-2,53444*	0,33847	0,000	-3,5390	-1,5299
4		-2,09111*	0,33847	0,000	-3,0956	-1,0866
6		1,90667*	0,33847	0,000	0,9021	2,9112
6		1	-10,49222*	0,33847	0,000	-11,4968
	2	-5,50000*	0,33847	0,000	-6,5045	-4,4955
	3	-4,44111*	0,33847	0,000	-5,4456	-3,4366
	4	-3,99778*	0,33847	0,000	-5,0023	-2,9932
	5	-1,90667*	0,33847	0,000	-2,9112	-0,9021

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 289: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 5, 6; 4 y 1, 2, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de que lleve más o menos proporción de VH tiene un efecto significativo en la propiedad de Compresión.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 290.

	VH	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de	6	9	0,5767				
Tukey <sup>a</sup>	5	9		2,4833			
	4	9			4,5744		
	3	9			5,0178		
	2	9				6,0767	
	1	9					11,0689
Sig.			1,000	1,000	0,778	1,000	1,000

Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,5767				
	5	9		2,4833			
	4	9			4,5744		
	3	9			5,0178		
	2	9				6,0767	
	1	9					11,0689
Sig.			1,000	1,000	0,196	1,000	1,000

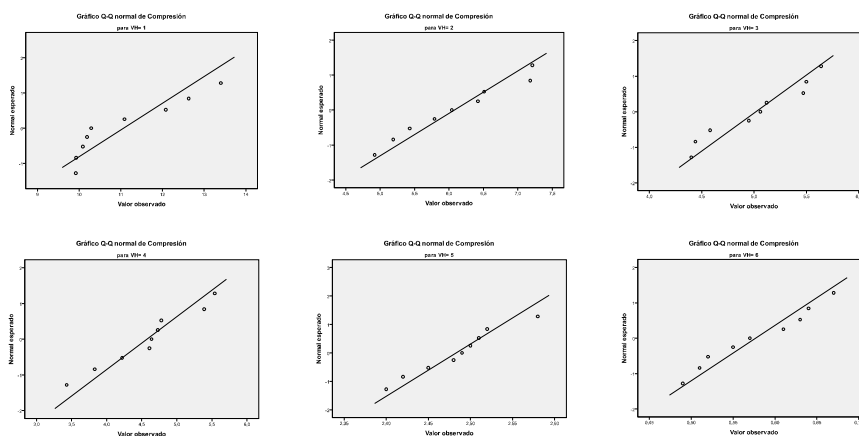
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 290: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 290, con el método HSD de Tukey se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 4, y 3 (30, y 20%); un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 2 (10%) y un quinto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan, identifica cinco comportamientos diferenciados, igual que por Tukey. Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las cinco adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 109: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 110 y en la Tabla 291 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 110: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las adiciones. (Fuente: Elaboración propia, 2012)



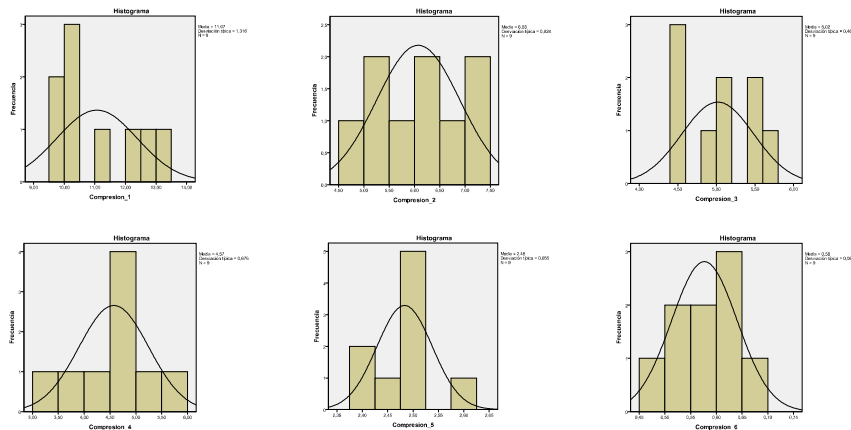
	VH	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	1	0,279	9	0,042
	2	0,132	9	0,200
	3	0,167	9	0,200
	4	0,188	9	0,200
	5	0,142	9	0,200
	6	0,146	9	0,200

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 291: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

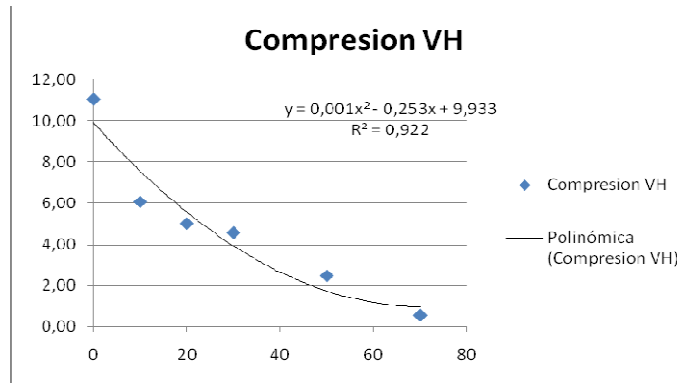
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 111).



Gráfica 111: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VH respecto al parámetro de Compresión. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 284 y en la Gráfica 112 el parámetro de Compresión va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VH. Como se puede apreciar, la disminución del parámetro de Flexión principal se produce entre las adiciones 1 y 2 (11,07 y 6,08 N/mm<sup>2</sup>), a partir de la adición 2, las disminuciones no son tan acusadas.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,922, con lo que se puede aceptar la existencia de una relación lineal.



Gráfica 112: Curva de Compresión en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.3.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

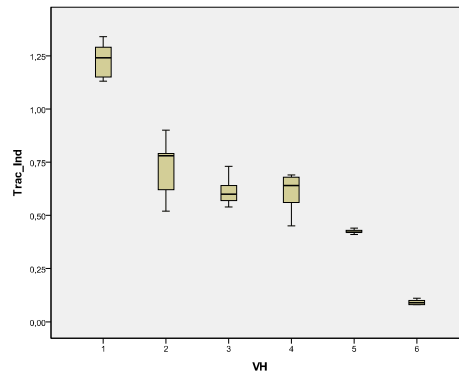
TRAC_IND						
Probeta (1)	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	1,23	0,72	0,61	0,61	0,42	0,09
Desv Stand	0,08	0,09	0,06	0,08	0,01	0,01
Coef Variac	0,07	0,12	0,10	0,14	0,03	0,14

(1) El valor único obtenido en cada probeta

Tabla 292: Valores de Tracción Indirecta obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe dispersión de los resultados obtenidos en algunos de las seis adiciones (Tabla 292).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 113, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 113: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VH respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Tracción Indirecta). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 293):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1,2289	0,08207	0,02736	1,1658	1,2920	1,13	1,34
2	9	0,7156	0,12621	0,04207	0,6185	0,8126	0,52	0,90
3	9	0,6100	0,05895	0,01965	0,5647	0,6553	0,54	0,73
4	9	0,6089	0,08238	0,02746	0,5456	0,6722	0,45	0,69
5	9	0,4244	0,01130	0,00377	0,4158	0,4331	0,41	0,44
6	9	0,0911	0,01269	0,00423	0,0814	0,1009	0,08	0,11
Total	54	0,6131	0,06226	0,02075	0,5653	0,6610	0,52	0,70

Tabla 293: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Trac\_Ind*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,076	5	48	0,000

Tabla 294: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VH y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 294), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 296), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 295).

<i>Trac_Ind</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	914,169	5	20,910	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 295: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

<i>Trac_ind</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6,280	5	1,256	226,895	0,000
Intra-grupos	0,266	48	0,006		
Total	6,546	53			

Tabla 296: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 295), como en la tabla de ANOVA (Tabla 296), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adiciones.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 297

Variable dependiente: Tracción Indirecta

(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,51333*	0,03507	0,000	0,4092	0,6174
	3	0,61889*	0,03507	0,000	0,5148	0,7230
	4	0,62000*	0,03507	0,000	0,5159	0,7241
	5	0,80444*	0,03507	0,000	0,7004	0,9085
	6	1,13778*	0,03507	0,000	1,0337	1,2419
2	1	-0,51333*	0,03507	0,000	-0,6174	-0,4092
	3	0,10556*	0,03507	0,045	0,0015	0,2096
	4	0,10667*	0,03507	0,042	0,0026	0,2108
	5	0,29111*	0,03507	0,000	0,1870	0,3952
	6	0,62444*	0,03507	0,000	0,5204	0,7285
3	1	-0,61889*	0,03507	0,000	-0,7230	-0,5148
	2	-0,10556*	0,03507	0,045	-0,2096	-0,0015
	4	0,00111	0,03507	1,000	-0,1030	0,1052
	5	0,18556*	0,03507	0,000	0,0815	0,2896

	6	0,51889*	0,03507	0,000	0,4148	0,6230
4	1	-0,62000*	0,03507	0,000	-0,7241	-0,5159
	2	-0,10667*	0,03507	0,042	-0,2108	-0,0026
	3	-0,00111	0,03507	1,000	-0,1052	0,1030
	5	0,18444*	0,03507	0,000	0,0804	0,2885
	6	0,51778*	0,03507	0,000	0,4137	0,6219
5	1	-0,80444*	0,03507	0,000	-0,9085	-0,7004
	2	-0,29111*	0,03507	0,000	-0,3952	-0,1870
	3	-0,18556*	0,03507	0,000	-0,2896	-0,0815
	4	-0,18444*	0,03507	0,000	-0,2885	-0,0804
	6	0,33333*	0,03507	0,000	0,2292	0,4374
6	1	-1,13778*	0,03507	0,000	-1,2419	-1,0337
	2	-0,62444*	0,03507	0,000	-0,7285	-0,5204
	3	-0,51889*	0,03507	0,000	-0,6230	-0,4148
	4	-0,51778*	0,03507	0,000	-0,6219	-0,4137
	5	-0,33333*	0,03507	0,000	-0,4374	-0,2292

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

*Tabla 297: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 5, 6; 4 y 1, 2, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de que lleve más o menos proporción de VH tiene un efecto significativo en la propiedad de Tracción Indirecta.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 298.

	VH	N	Subconjunto para alfa = 0,05				
			1	2	3	4	5
HSD de	6	9	0,0911				
Tukey	5	9		0,4244			
	4	9			0,6089		
	3	9			0,6100		
	2	9				0,7156	
	1	9					1,2289
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

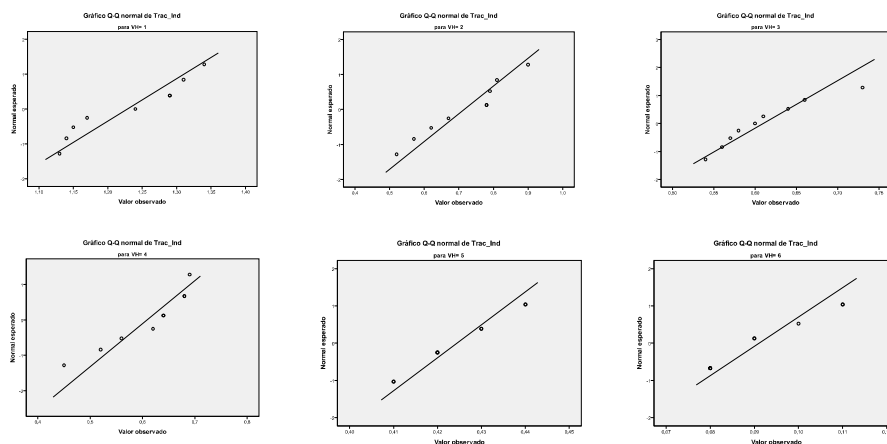
Duncan <sup>a</sup>	6	9	0,0911			
	5	9	0,4244			
	4	9		0,6089		
	3	9		0,6100		
	2	9			0,7156	
	1	9				1,2289
Sig.		1,000	1,000	0,975	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 298: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 298, con el método HSD de Tukey se localizan cinco comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a las adiciones 4, y 3 (30, y 20%); un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 2 (10%) y un quinto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan, identifica cinco comportamientos diferenciados, igual que por Tukey. Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 113. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráficas 114 y en la Tabla 299 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 114: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Adiciones y la propiedad de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

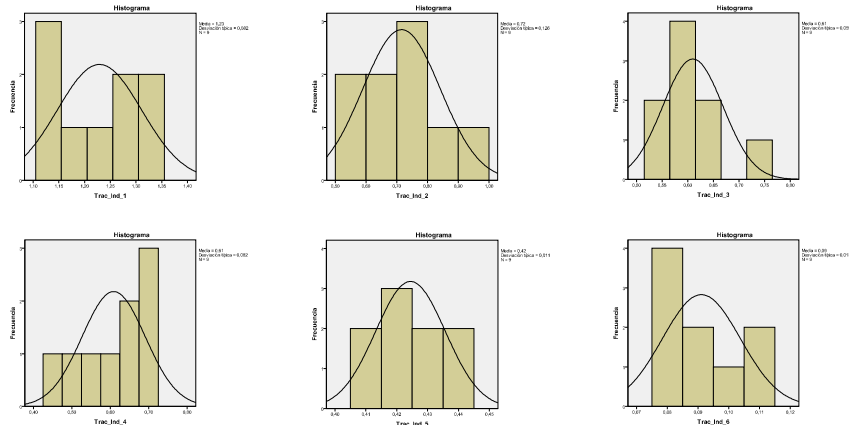
	VH	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Trac Indirecta	1	0,216	9	0,200
	2	0,251	9	0,108
	3	0,167	9	0,200
	4	0,220	9	0,200
	5	0,208	9	0,200
	6	0,254	9	0,098

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 299: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

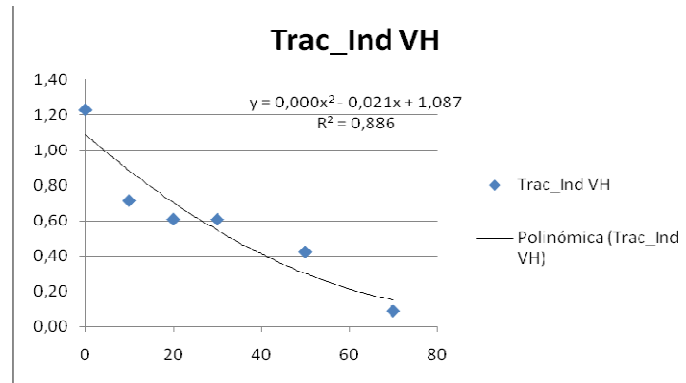
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 115).



Grafica 115: Histogramas de frecuencias de las adiciones de VH respecto al parámetro de Tracción Indirecta. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 292 y en la Gráfica 116 el parámetro de Tracción Indirecta va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VH. Como se puede apreciar, la disminución del parámetro de Tracción Indirecta principal se produce entre las adiciones 1 y 2 (1,23 y 0,72 N/mm<sup>2</sup>), a partir de la adición 2, las disminuciones no son tan acusadas. Entre las adiciones 3 y 4 no se aprecian a penas disminución.

Se aprecia un R<sup>2</sup> de 0,886, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 116: Curva de Tracción Indirecta en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta la proporción de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.3.5.- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

MOD_ELAS						
Probeta (1)	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	378,34	349,67	323,75	284,76	228,12	18,33
Desv Stand	56,60	45,83	45,47	41,73	27,91	1,91
Coef Variac	0,14	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10

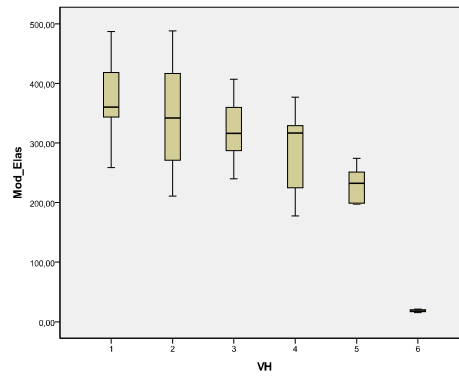
(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 300: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para ensayo de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe dispersión en algunos de los resultados obtenidos para las seis adiciones (Tabla 300).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 117, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.





Gráfica 117: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VH respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los seis niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente, correspondientes a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 301):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	378,3422	73,60338	24,53446	321,7657	434,9188	258,56	487,19
1	9	349,6667	97,83440	32,61147	274,4645	424,8688	210,78	488,32
3	9	323,7456	55,46707	18,48902	281,1098	366,3813	239,90	406,92
4	9	284,7644	71,72528	23,90843	229,6315	339,8974	177,76	376,79
5	9	228,1233	27,90603	9,30201	206,6729	249,5738	197,71	274,09
6	9	18,3278	1,90640	0,63547	16,8624	19,7932	15,61	21,09
Total	54	263,8283	54,74042	18,24681	221,7511	305,9055	183,38	342,40

Tabla 301: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Mod_Elas			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,557	5	48	0,000

Tabla 302: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con y la propiedad de Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 302), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 304), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 303).

Mod_Elas	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	212,785	5	18,723	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 303: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Mod_Elas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	774498,729	5	154899,746	38,737	0,000
Intra-grupos	191940,149	48	3998,753		
Total	966438,878	53			

Tabla 304: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 303), como en la tabla de ANOVA (Tabla 304), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 305

Variable dependiente: Módulo de Elasticidad						
(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	28,67556	29,80959	0,928	-59,7962	117,1473
	3	54,59667	29,80959	0,456	-33,8751	143,0684
	4	93,57778*	29,80959	0,032	5,1060	182,0495
	5	150,21889*	29,80959	0,000	61,7472	238,6906
	6	360,01444*	29,80959	0,000	271,5427	448,4862
2	1	-28,67556	29,80959	0,928	-117,1473	59,7962
	3	25,92111	29,80959	0,952	-62,5506	114,3928
	4	64,90222	29,80959	0,267	-23,5695	153,3740
	5	121,54333*	29,80959	0,002	33,0716	210,0151
	6	331,33889*	29,80959	0,000	242,8672	419,8106
3	1	-54,59667	29,80959	0,456	-143,0684	33,8751
	2	-25,92111	29,80959	0,952	-114,3928	62,5506
	4	38,98111	29,80959	0,779	-49,4906	127,4528
	5	95,62222*	29,80959	0,027	7,1505	184,0940

	6	305,41778*	29,80959	0,000	216,9460	393,8895
4	1	-93,57778*	29,80959	0,032	-182,0495	-5,1060
	2	-64,90222	29,80959	0,267	-153,3740	23,5695
	3	-38,98111	29,80959	0,779	-127,4528	49,4906
	5	56,64111	29,80959	0,415	-31,8306	145,1128
	6	266,43667*	29,80959	0,000	177,9649	354,9084
5	1	-150,21889*	29,80959	0,000	-238,6906	-61,7472
	2	-121,54333*	29,80959	0,002	-210,0151	-33,0716
	3	-95,62222*	29,80959	0,027	-184,0940	-7,1505
	4	-56,64111*	29,80959	0,415	-145,1128	31,8306
	6	209,79556*	29,80959	0,000	121,3238	298,2673
6	1	-360,01444*	29,80959	0,000	-448,4862	-271,5427
	2	-331,33889*	29,80959	0,000	-419,8106	-242,8672
	3	-305,41778*	29,80959	0,000	-393,8895	-216,9460
	4	-266,43667*	29,80959	0,000	-354,9084	-177,9649
	5	-209,79556*	29,80959	0,000	-298,2673	-121,3238

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 305: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VH con respecto al Módulo de elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 4, 5, 6; 2 y 5, 6; 3 y 5, 6; 4 y 1, 6; 5 y 1, 2, 3, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VH tiene un efecto significativo en la propiedad de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 306.

		VH	Subconjunto para alfa = 0,05			
		N	1	2	3	4
HSD de Tukey	6	9	18,3278			
	5	9		228,1233		
	4	9		284,7644	284,7644	
	3	9			323,7456	323,7456
	2	9			349,6667	349,6667
	1	9				378,3422
Sig.			1,000	0,415	0,267	0,456

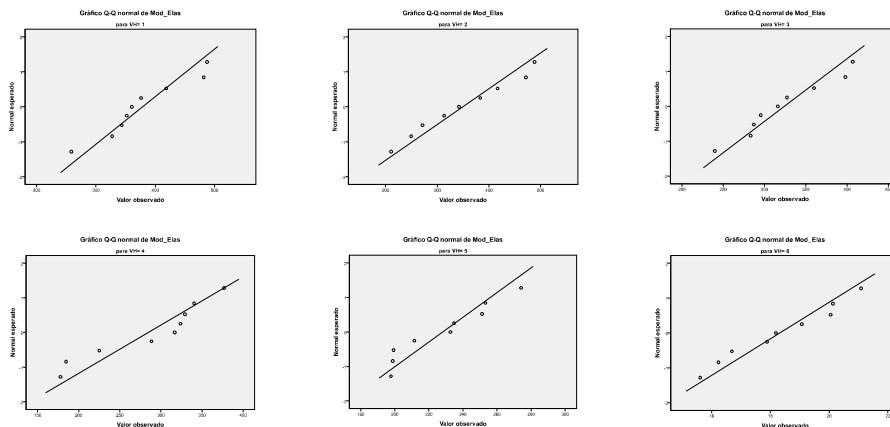
Duncan <sup>a</sup>	6	9	18,3278		
	5	9		228,1233	
	4	9		284,7644	284,7644
	3	9			323,7456
	2	9			349,6667
	1	9			378,3422
	Sig.		1,000	0,063	0,197
					0,089

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

*Tabla 306: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

Como se puede apreciar en la Tabla 306, con el método HSD de Tukey se localizan tres comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento para la adición 6 (70%), un segundo comportamiento para la adiciones 5 y 4 (50 y 30%), un tercer comportamiento para la adiciones 4, 3 y 2 (30, 20 y 10%) y un cuarto comportamiento para las adiciones 3, 2 y 1 (20, 10 y 0%). Por Duncan se localizan cuatro comportamientos diferenciados entre las seis adiciones, igual que con Tukey. Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 117. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 118 y en la Tabla 307 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



*Gráfica 118: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones y la propiedad del Módulo de Elasticidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

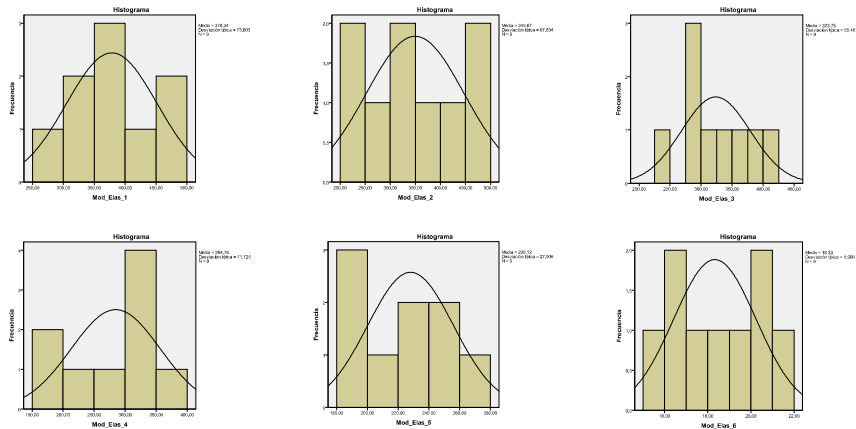
	VH	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	1	0,178	9	0,200*
	2	0,122	9	0,200*
	3	0,142	9	0,200*
	4	0,228	9	0,195
	5	0,183	9	0,200*
	6	0,150	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 307: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

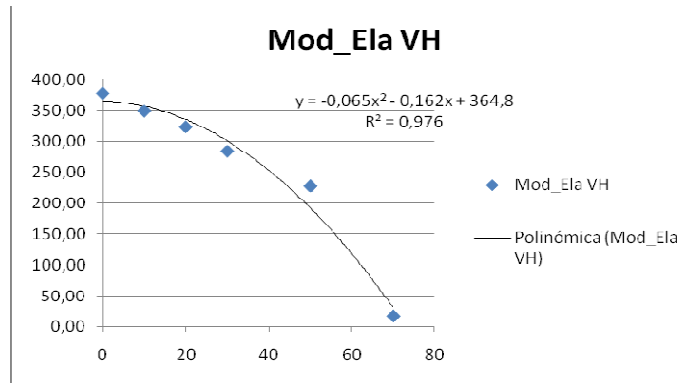
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores.



Grafica 119: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VH respecto al parámetro de Módulo de Elasticidad.. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 300 y en la Gráfica 120 el parámetro de Módulo de elasticidad va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de VH. Como se puede apreciar entre las adiciones 1 a 5 el descenso es lineal, y con la adición 6 cuando se produce el decrecimiento mayor.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,976, con lo que se acepta la existencia una relación lineal.



Gráfica 120: Curva del Módulo de elasticidad en la que se aprecia la disminución de esta propiedad a medida que aumenta el contenido VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.3.6- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

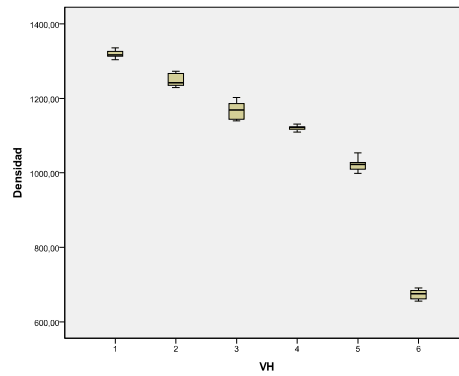
DENSIDAD						
Probeta	VH0	VH10	VH20	VH30	VH50	VH70
Media	1318,77	1249,26	1168,32	1120,89	1023,99	673,99
Desv Stand	10,20	18,11	22,75	6,89	18,49	13,27
Coef Variac	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 308: Valores de Densidad obtenidos para ensayo de yeso moreno adicionado con VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe una baja dispersión de los resultados obtenidos para las seis adiciones, lo que aumenta el nivel de significación de los valores medios obtenidos (Tabla 308).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 121, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Densidad en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 121: Gráfica de cajas para las diferentes adiciones con VG respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las seis adiciones (al 0, al 10, al 20, al 30, al 50 y al 70%) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Adiciones) y una variable dependiente (Densidad). Los cinco niveles de  $v_i$  (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes adiciones, con los siguientes significados (Tabla 309):

1: 0%                      2: 10%                      3: 20%                      4: 30%                      5: 50%                      6: 70%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	9	1318,7700	10,19552	3,39851	1310,9330	1326,6070	1303,36	1335,64
2	9	1249,2622	18,11197	6,03732	1235,3401	1263,1843	1228,71	1272,57
3	9	1168,3233	22,74872	7,58291	1150,8371	1185,8095	1139,45	1201,84
4	9	1120,8922	6,89320	2,29773	1115,5936	1126,1908	1109,31	1130,90
5	9	1023,9889	18,49296	6,16432	1009,7739	1038,2038	998,76	1053,46
6	9	673,9856	13,27085	4,42362	663,7847	684,1864	655,56	690,47
Total	54	1092,5370	14,95220	4,98406	1081,04373	1104,0303	1072,52	1114,14

Tabla 309: Descriptores de las adiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Densidad*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,200	5	48	0,014

Tabla 310: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes adiciones con VH y la propiedad de Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 310), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 312), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 311).

*Densidad*

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	2546,417	5	21,701	0,000

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 311: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes adiciones VH. (Fuente Elaboración propia, 2012).

*Densidad*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2359583,169	5	471916,634	1868,832	,000
Intra-grupos	12120,941	48	252,520		
Total	2371704,110	53			

Tabla 312: ANOVA de las series para las diferentes adiciones con VH. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la prueba robusta de Welch (Tabla 311), como en la tabla de ANOVA (Tabla 312), existen diferencias significativas entre alguna de las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 313.

## Variable dependiente: Densidad

(I) VH	(J) VH	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	69,50778*	7,49103	0,000	47,2752	91,7404
	3	150,44667*	7,49103	0,000	128,2141	172,6792
	4	197,87778*	7,49103	0,000	175,6452	220,1104
	5	294,78111*	7,49103	0,000	272,5485	317,0137
	6	644,78444*	7,49103	0,000	622,5519	667,0170
2	1	-69,50778*	7,49103	0,000	-91,7404	-47,2752
	3	80,93889*	7,49103	0,000	58,7063	103,1715
	4	128,37000*	7,49103	0,000	106,1374	150,6026
	5	225,27333*	7,49103	0,000	203,0408	247,5059
	6	575,27667*	7,49103	0,000	553,0441	597,5092
3	1	-150,44667*	7,49103	0,000	-172,6792	-128,2141
	2	-80,93889*	7,49103	0,000	-103,1715	-58,7063



	4	47,43111*	7,49103	0,000	25,1985	69,6637
	5	144,33444*	7,49103	0,000	122,1019	166,5670
	6	494,33778*	7,49103	0,000	472,1052	516,5704
4	1	-197,87778*	7,49103	0,000	-220,1104	-175,6452
	2	-128,37000*	7,49103	0,000	-150,6026	-106,1374
	3	-47,43111*	7,49103	0,000	-69,6637	-25,1985
	5	96,90333*	7,49103	0,000	74,6708	119,1359
	6	446,90667*	7,49103	0,000	424,6741	469,1392
5	1	-294,78111*	7,49103	0,000	-317,0137	-272,5485
	2	-225,27333*	7,49103	0,000	-247,5059	-203,0408
	3	-144,33444*	7,49103	0,000	-166,5670	-122,1019
	4	-96,90333*	7,49103	0,000	-119,1359	-74,6708
	6	350,00333*	7,49103	0,000	327,7708	372,2359
6	1	-644,78444*	7,49103	0,000	-667,0170	-622,5519
	2	-575,27667*	7,49103	0,000	-597,5092	-553,0441
	3	-494,33778*	7,49103	0,000	-516,5704	-472,1052
	4	-446,90667*	7,49103	0,000	-469,1392	-424,6741
	5	-350,00333*	7,49103	0,000	-372,2359	-327,7708

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 313: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes adiciones con VH con respecto a Densidad. (Fuente Elaboración propia, 2012)

A la vista de los resultados vemos como las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones: 1 y 2, 3, 4, 5, 6; 2 y 1, 3, 4, 5, 6; 3 y 1, 2, 4, 5, 6; 4 y 1, 2, 3, 5, 6; 5 y 1, 2, 3, 4, 6; 6 y 1, 2, 3, 4, 5, es decir, que el hecho de llevar más o menos proporción de VH tiene un efecto significativo en la propiedad de Densidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 314.

	VH	N	Subconjunto para alfa = 0,05					
			1	2	3	4	5	6
HSD de Tukey <sup>a</sup>	6	9	673,9856					
	5	9		1023,9889				
	4	9			1120,8922			
	3	9				1168,3233		
	2	9					1249,2622	
	1	9						1318,7700
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

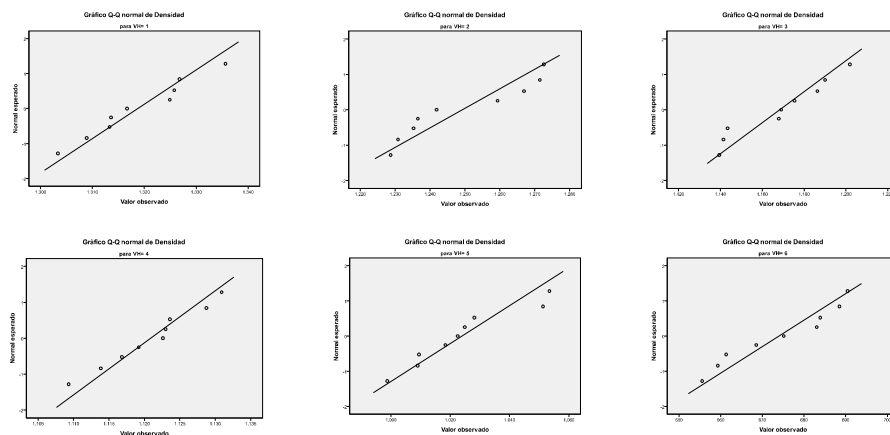
Duncan <sup>a</sup>	6	9	673,9856				
	5	9		1023,9889			
	4	9			1120,8922		
	3	9				1168,3233	
	2	9					1249,2622
	1	9					1318,7700
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 314: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones con VH. (Fuente Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 314, con el método HSD de Tukey se localizan seis comportamientos diferenciados entre las seis adiciones. Un primer comportamiento correspondiente a la adición 6 (70%); un segundo comportamiento correspondiente a la adición 5 (50%); un tercer comportamiento correspondiente a la adición 4 (30%); un cuarto comportamiento correspondiente a la adición 3 (20%); un quinto comportamiento correspondiente a la adición 2 (10%) y un sexto comportamiento correspondiente a la adición 1 (0%). Por Duncan identifica seis comportamientos diferenciados, uno para la cada adición. Los distintos niveles de Densidad alcanzados pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 121. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie, de ensayos, se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 122 y en la Tabla 315 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 122: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las adiciones de VH y la propiedad de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

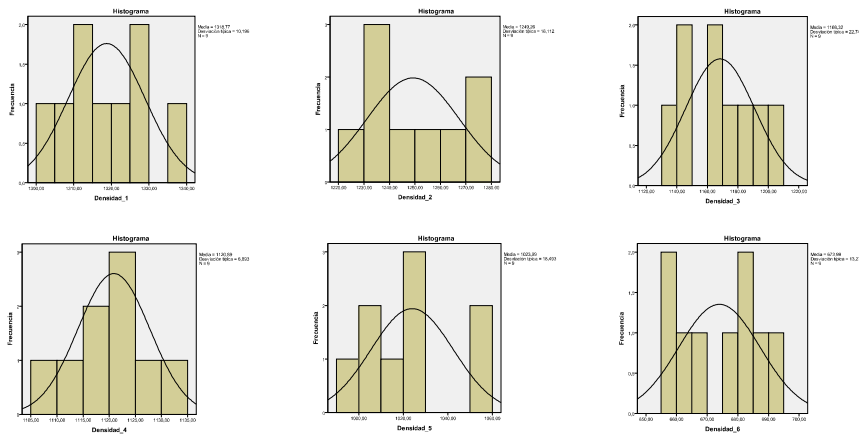
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	1	0,171	9	0,200*
	2	0,215	9	0,200*
	3	0,196	9	0,200*
	4	0,155	9	0,200*
	5	0,189	9	0,200*
	6	0,198	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

Tabla 315: Prueba de K-S de normalidad de las adiciones con VH. (Fuente Elaboración propia, 2012)

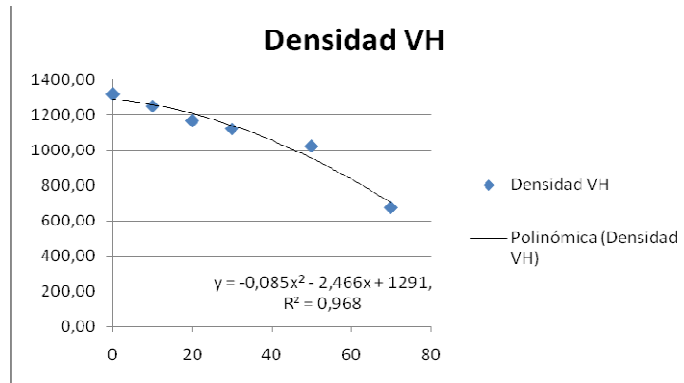
Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 123).



Grafica 123: Histogramas de frecuencias de las adiciones con VH respecto al parámetro de Densidad. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 368 y en la Gráfica 124 el parámetro de Densidad va aumentando a medida que aumenta la proporción de VH, produciéndose la disminución más acusada entre la adición 5 y 6.

Se aprecia un  $R^2$  de 0,968, con lo que se acepta la existencia de una relación lineal.



Gráfica 124: Curva de Densidad en la que se aprecia el aumento de esta propiedad a medida que aumenta el contenido de VH. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.2.3.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de VH.

Con los resultados obtenidos se aprecia que a medida que aumenta el porcentaje de VH, disminuyen las propiedades mecánicas del producto obtenido.

-Dureza: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VH sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Por encima del 50% de adición de VH obtenemos un resultado inferior al mínimo requerido por la norma

-Flexión: Observamos que aportando la adición de VH más alta ensayada (70%), conseguimos valores por encima del mínimo apuntado por la norma. La aplicación de la adición máxima minoriza los valores de las otras propiedades ensayadas.

-Compresión: Observamos que aportando la adición de VG más alta ensayada (70%), conseguimos valores por encima del mínimo apuntado por la norma. La aplicación de la adición máxima minoriza los valores de las otras propiedades ensayadas. Al 10% la disminución es del 45,10%

-Tracción Indirecta: Observamos que con la adición 2 (10%), la resistencia del material obtenida se va afectada sensiblemente. Hemos de tener en cuenta que a mayor adición de VH menor ser

-Módulo de Elasticidad: No se observan diferencias significativas entre las adiciones 2, 3 y 4, por lo que podemos aportar entre 10 y 30% de VH sin que el comportamiento del mortero obtenido sea diferenciado. Obtendríamos un material más flexible a medida que aumente el % de VH en el mortero.

-**Densidad**: Se necesitaría más del 50% de VG para conseguir el objetivo que marca la norma, por lo que otras propiedades se verían afectadas a la baja. Observándose un descenso del 5,27% para el 10% de VH respecto al yeso sin adicionar.

A la vista de los datos anteriores, para un compuesto de VH nos inclinamos hacia la utilización de un porcentaje del 10% de VH.

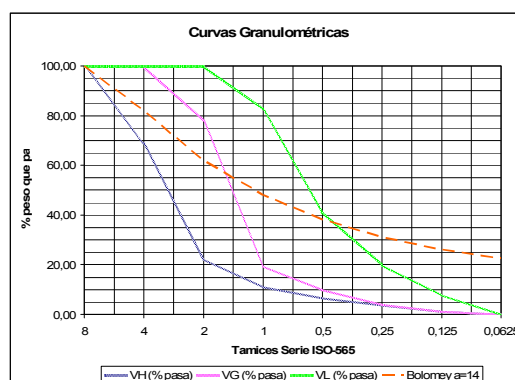
**4.3.- Mortero de yeso moreno aditivado a 3‰ con A/Y de 0,5 y adicionado con vermiculita de tres granulometrías (VL, VG y VH), calculando el porcentaje de cada una de las vermiculitas por la adecuación del Método de Bolomey, para el cálculo del porcentaje de áridos, con diferentes modos de resolución.**

Se pretende, con este experimento, ver como se podría mezclar, de modo óptimo, las tres granulometrías de vermiculitas de que consta el ensayo, para obtener un nuevo producto con unas características mecánicas adecuadas. Para ello se ha utilizado el Método de Bolomey, haciendo una adaptación a nuestras necesidades, considerando las tres granulometrías de vermiculitas como tres granulometrías de áridos.

Se ha probado con otros métodos de cálculo de mezcla de áridos como el de Füller, pero creemos que el método que mejor se adapta a nuestras expectativas es el de Bolomey, usado para el cálculo de hormigón en masa.

#### 4.3.1.- Obtención de la Curva de granulometría.

Se utiliza el método de cálculo de Bolomey para la obtención de las curvas granulométricas (Gráfica 125).



Gráfica 125: Curvas granulométricas para el Método de Bolomey usando tres granulometrías distintas. (Fuente: Elaboración Propia, 2012).

**4.3.1.1.- Resultado de las proporciones de vermiculitas según los diferentes modos de resolución del Método de Bolomey.**

**4.3.1.1.1.- Dosificación por el modo de resolución de los Módulos gravimétricos.**

Este modo de resolución del método de Bolomey como se indica, se basa en la obtención de módulos gravimétricos para el cálculo de las proporciones de los diferentes materiales que componen la mezcla.

Los resultados son los que se exponen en la Tabla 316:

<b>Materiales</b>	<b>Proporciones (%)</b>
Yeso	22,00
Vermiculita de grano Fino (VL)	18,00
Vermiculita de grano Medio (VG)	24,00
Vermiculita de grano Grueso (VH)	36,00

*Tabla 316: Proporción de materiales obtenido para el método de Bolomey mediante la resolución por el modo de los Módulos Gravimétricos (Fuente: Elaboración Propia, 2012).*

#### **4.3.1.1.2.- Dosificación por el modo de resolución de Tanteos.**

Este modo de resolución del método de Bolomey se basa en el tanteo (tres mínimo) para obtener una curva gravimétrica lo más ajustada posible a la Curva Teórica de Bolomey. El tanteo se hace sobre los diferentes materiales y obtenemos diferentes proporciones de estos materiales

Los resultados son los que se exponen en la Tabla 317:

<b>Materiales</b>	<b>Proporciones (%)</b>
Yeso	22,00
Vermiculita de grano Fino (VL)	15,00
Vermiculita de grano Medio (VG)	27,00
Vermiculita de grano Grueso (VH)	36,00

*Tabla 317: Proporción de materiales obtenido para el método de Bolomey mediante la resolución por el modo de los Tanteos (Fuente: Elaboración Propia, 2012).*

#### **4.3.1.1.3.- Dosificación por el modo de resolución Gráfica.**

Este modo de resolución del método de Bolomey se basa en el tanteo gráfico partiendo de la Curva Teórica de Bolomey y las curvas granulométricas de las tres vermiculitas y posterior resolución de las ecuaciones siguientes:

$$P1(VL) = YA - P_0$$

$$P2(VG) = YB - YA$$

$$P3(VH) = 100 - YB$$

Siendo  $P_0$  el porcentaje de yeso moreno previamente calculado. Los resultados son los que se exponen en la Tabla 318:

<b>Materiales</b>	<b>Proporciones (%)</b>
Yeso	22,00
Vermiculita de grano Fino (VL)	23,99
Vermiculita de grano Medio (VG)	32,77
Vermiculita de grano Grueso (VH)	21,40

*Tabla 318: Proporción de materiales obtenido para el método de Bolomey mediante la resolución por el modo Gráfico (Fuente: Elaboración Propia, 2012).*

En la siguiente tabla se puede apreciar el resultado en conjunto de las diferentes dosificaciones obtenidas, a modo de resumen de los tres modos de resolución del método de Bolomey vistos para este experimento.

	Módulos	Tanteos	Grafica
Materiales	%	%	%
Yeso	22,00	22,00	22,00
Vermiculita de grano fino (VL)	18,00	15,00	23,99
Vermiculita de grano medio (VG)	24,00	27,00	32,77
Vermiculita de grano Grueso (VH)	36,00	36,00	21,40

*Tabla 319. Resumen de las tres dosificaciones obtenidas mediante la aplicaciones de calculo del método de Bolomey. (Fuente: Elaboración propia, 2012)*

#### **4.3.2.- Resolución por los métodos de Módulos granulométricos, de Tanteos y Resolución gráfica.**

Las propiedades mecánicas a analizar en este estudio han sido las siguientes:

- Dureza Shore C
- Flexión
- Compresión
- Tracción Indirecta
- Módulo de elasticidad.
- Densidad

La relación A/Y de partida para este ensayo es de 0,5 y la dosis de aditivo (Adifoc) de 3‰

##### **4.3.2.1.- Datos obtenidos a Dureza Shore C.**

Los datos que se exponen a continuación, son los obtenidos tras la realización del ensayo. Los resultados corresponden a la media de seis medidas por probeta.

<b>DUREZA</b>			
Probeta	B-Tanteo	B-Módulos	B-Gráfico
Media	13,92	11,65	12,91
Desv Stand	1,39	1,56	0,93
Coef Variac	0,10	0,13	0,07

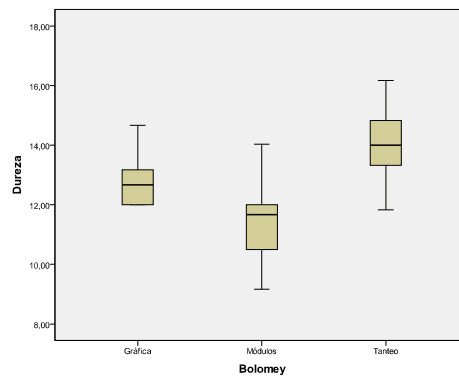
(1) El valor medio de seis valores, obtenido en cada probeta en caras opuestas

(2) El valor obtenido de calcular la media aritmética de los seis valores medidos en cada probeta, tres más tres, en las caras opuestas.

Tabla 320: Valores de Dureza Shore C obtenidos para ensayo por el Método de Bolomey. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos, están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que existe poca dispersión en los resultados obtenidos (Tabla 220).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 126, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de las tres mezclas, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 126: Gráfica de cajas para las diferentes mezclas por el método de Bolomey. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Mezclas) y una variable dependiente (Dureza Shore C). Los tres niveles de *vi* (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados:



1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	12,9089	0,93280	0,31093	12,1919	13,6259	12,00	14,67
Tanteo	9	11,6522	1,55555	0,51852	10,4565	12,8479	9,17	14,03
Gráfica	9	13,9244	1,39068	0,46356	12,8555	14,9934	11,83	16,17
Total	27	12,8285	1,29301	0,43100	11,8346	13,8224	11,00	14,95

Tabla 321: Descriptores de las Dosis 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

**Dureza**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,572	2	24	0,572

Tabla 322: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que no hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 322), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 324), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 323).

**Dureza**

	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	5,112	2	15,165	0,020

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 323: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

**Dureza**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	23,321	2	11,660	6,696	0,005
Intra-grupos	41,791	24	1,741		
Total	65,112	26			

Tabla 324: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 323), como en la tabla de ANOVA (Tabla 324), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada Dosis.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 325.

Variable dependiente: Dureza

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	2,27222*	0,62206	0,003	0,7188	3,8257
	3	1,01556	0,62206	0,252	-0,5379	2,5690
2	1	-2,27222*	0,62206	0,003	-3,8257	-0,7188
	3	-1,25667	0,62206	0,129	-2,8101	0,2968
3	1	-1,01556	0,62206	0,252	-2,5690	0,5379
	2	1,25667	0,62206	0,129	-0,2968	2,8101

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 325: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las mezclas 1 y 2; 2 y 1. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas provoca diferentes respuestas en el parámetro de Dureza Shore C.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 326.

	Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	2	9	11,6522	
	3	9	12,9089	12,9089
	1	9		13,9244
	Sig.		0,129	0,252
Duncan <sup>a</sup>	2	9	11,6522	
	3	9	12,9089	12,9089
	1	9		13,9244
	Sig.		0,055	0,116

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

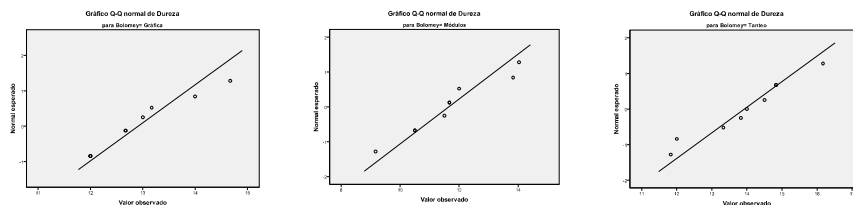
Tabla 326: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la anterior tabla, con el método HSD de Tukey se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres mazclas. Un primer comportamiento corresponde a las dosis 2 y 3 (Módulos y Gráfico); un segundo comportamiento correspondiente a las dosis 3 y 1 (Gráfico y Tanteo). Por Duncan se

localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres dosis, al igual que por Tukey.

Los distintos niveles de Dureza Shore C alcanzados por las tres dosis pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 126: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por n lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Dureza), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 127 y en la Tabla 327 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 127: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

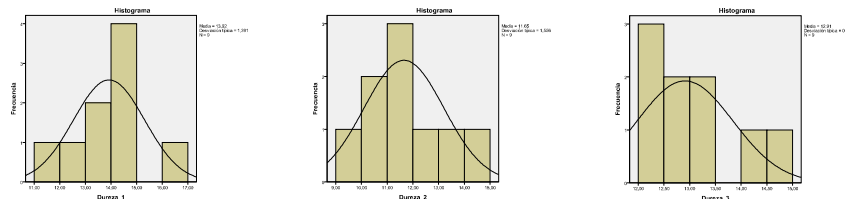
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Dureza Shore C	Gráfica	0,168	9	0,200*
	Módulos	0,189	9	0,200*
	Tanteo	0,146	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors.

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera.

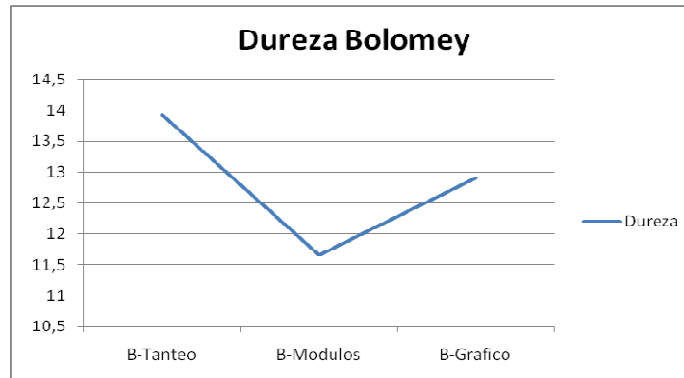
Tabla 327: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 128):



Gráfica 128: Histogramas de frecuencias de las Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 320 y en la Gráfica 129 el parámetro de Dureza Superficial Shore C decrece en la Mezcla de Módulos, siendo con el método de Tanteos con el que se consigue el valor máximo.



Gráfica 129: Curva del comportamiento de Dureza Shore C en función de las mezclas (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.3.2.2.- Datos obtenidos a Flexión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

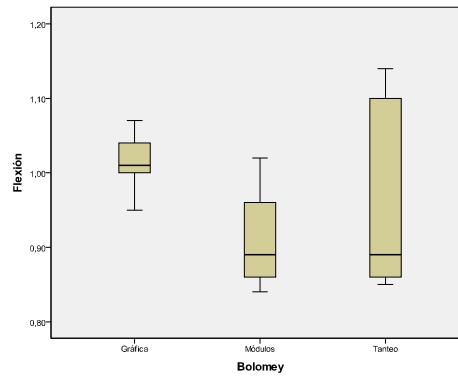
FLEXION			
Probeta (1)	B-Tanteo	B-Módulos	B-Grafico
Media	0,96	0,91	1,02
Desv Stand	0,12	0,06	0,04
Coef Variac	0,13	0,07	0,04

(1) El valor único, obtenido en cada probeta.

Tabla 328: Valores de Flexión, en  $N/mm^2$  para las tres Mezclas (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos, la dispersión en los resultados obtenidos para cada uno de las tres Mezcla (Tabla 328).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 130, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Flexión en las tres mezclas, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 130: Gráfica de cajas para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Dosis) y una variable dependiente (Flexión). Los tres niveles de  $v_i$  (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados:

1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	1,0144	0,04096	0,01365	0,9830	1,0459	0,95	1,07
Tanteo	9	0,9133	0,06481	0,02160	0,8635	0,9631	0,84	1,02
Gráfica	9	0,9600	0,12510	0,04170	0,8638	1,0562	0,85	1,14
Total	27	0,9625	0,07696	0,02565	0,9034	1,0217	0,88	1,07

Tabla 329: Descriptores de las Dosis 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

Flexión			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
11,523	2	24	0,000

Tabla 330: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 330), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 332), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 331).

Flexión				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	7,640	2	14,073	0,006

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 331: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Flexión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,046	2	0,023	3,212	0,058
Intra-grupos	0,172	24	0,007		
Total	0,218	26			

Tabla 332: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, en la Prueba robusta de Welch (Tabla 331) existen diferencias significativas, en la tabla de ANOVA (Tabla 332), no existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adición.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recogen en la siguiente Tabla 333.

Variable dependiente: Flexión

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,04667	0,03993	0,483	-0,0531	0,1464
	3	-0,05444	0,03993	0,375	-0,1542	0,0453
2	1	-0,04667	0,03993	0,483	-0,1464	0,0531
	3	-0,10111*	0,03993	0,046	-0,2008	-0,0014
3	1	0,05444	0,03993	0,375	-0,0453	0,1542
	2	0,10111*	0,03993	0,046	0,0014	0,2008

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 333: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Mezclas. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ) se dan entre las adiciones 2 y 3; 3 y 2. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 334.

	Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	2	9	0,9133	
	1	9	0,9600	0,9600
	3	9		1,0144
	Sig.		0,483	0,375
Duncan <sup>a</sup>	2	9	0,9133	
	1	9	0,9600	0,9600
	3	9		1,0144
	Sig.		0,254	0,185

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

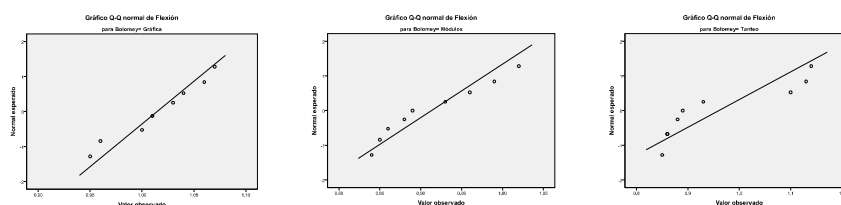
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 334: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 334, con el método HSD de Tukey se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres proporciones. Un primer comportamiento corresponde a las dosis 2 y 1 (Módulos y Tanteos); un segundo comportamiento correspondiente a las dosis 1 y 3 (Tanteo y Gráfico). Por Duncan se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres dosis, al igual que por Tukey.

Los distintos niveles de Flexión alcanzados por las tres Dosis pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 13: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Flexión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica y en la Tabla respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 131: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

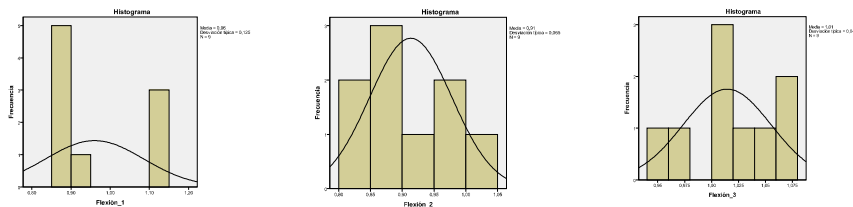
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Flexión	Gráfica	0,140	9	0,200*
	Módulos	0,196	9	0,200*
	Tanteo	0,268	9	0,062

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*: Este es un límite inferior de la significación verdadera

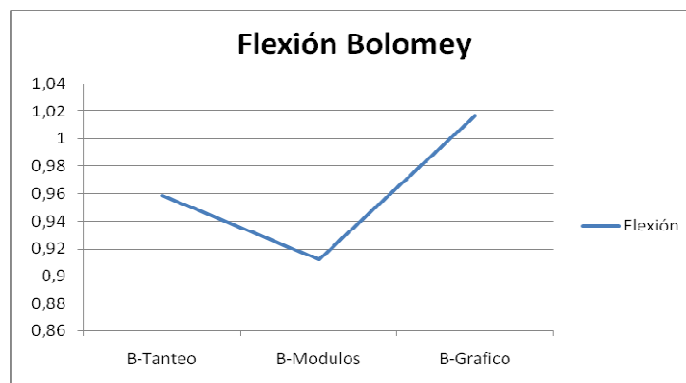
Tabla 335: Prueba de K-S de normalidad de las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 132):



Gráfica 132: Histogramas de frecuencias de las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la tabla () y en la Gráfica () el parámetro de Flexión decrece en la Mezcla de Módulos, obteniéndose el máximo valor para el método Gráfico.



Gráfica 133: Curva de Flexión obtenida para ensayos de Bolomey, (Fuente: Elaboración propia, 2012)

#### 4.3.2.3.- Datos obtenidos a Compresión.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.



**COMPRESION**

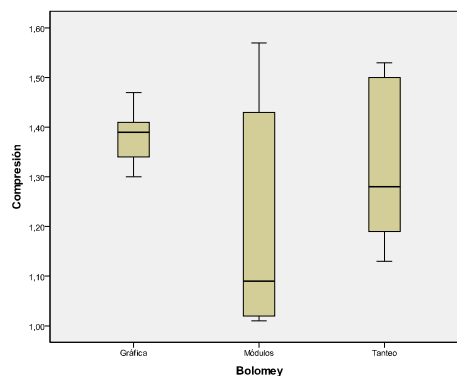
Probeta (1)	B-Tanteo	B-Modulos	B-Gráfico
Media	1,33	1,19	1,38
Desv Stand	0,15	0,13	0,05
Coef Variac	0,11	0,10	0,04

(1) El valor único obtenido en cada probeta

Tabla 336: Valores de Compresión, en N/mm<sup>2</sup>, obtenidos para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Los valores medios de la serie, Desviación Estándar y el correspondiente Coeficiente de Variación, como cociente de ambos están reflejados en la misma tabla, con lo que se puede ver, a partir de los descriptores estadísticos que la dispersión es baja en alguno de los resultados obtenidos (Tabla 336).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 134, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Compresión en las seis adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 134: Gráfica de cajas para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Mezclas) y una variable dependiente (Flexión). Los tres niveles de *vi* (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados (Tabla 337):

- 1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	1,3811	0,05302	0,01767	1,3404	1,4219	1,30	1,47
Tanteo	9	1,1956	0,22821	0,07607	1,0201	1,3710	1,01	1,57
Gráfica	9	1,3244	0,22821	0,07607	1,2000	1,4489	1,13	1,53
Total	27	1,3003	0,16981	0,05660	1,1868	1,4139	1,14	1,52

Tabla 337: Descriptores de las Dosis 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

Compresión			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
13,330	2	24	0,000

Tabla 338: Prueba de homogeneidad de varianzas para las Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 338), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 340), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 339).

Compresión				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	3,005	2	12,174	0,087

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 339: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,163	2	0,081	3,010	0,068
Intra-grupos	0,649	24	0,027		
Total	0,812	26			

Tabla 340: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 339), como en la tabla de ANOVA (Tabla 340), no existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada Mezcla.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados es recoges en la Tabla 341.

Variable dependiente: Compresión

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,12889	0,07752	0,240	-0,0647	0,3225
	3	-0,05667	0,07752	0,748	-0,2502	0,1369
2	1	-0,12889	0,07752	0,240	-0,3225	0,0647
	3	-0,18556	0,07752	0,062	-0,3791	0,0080
3	1	0,05667	0,07752	0,748	-0,1369	0,2502
	2	0,18556	0,07752	0,062	-0,0080	0,3791

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 341: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista no existen diferencias significativas entre los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas no provoca diferentes respuestas en el parámetro de Flexión. Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 342.

	Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	2	9	1,1956	
	1	9	1,3244	
	3	9	1,3811	
	Sig.		0,062	
Duncan <sup>a</sup>	2	9	1,1956	
	1	9	1,3244	1,3244
	3	9		1,3811
	Sig.		0,109	0,472

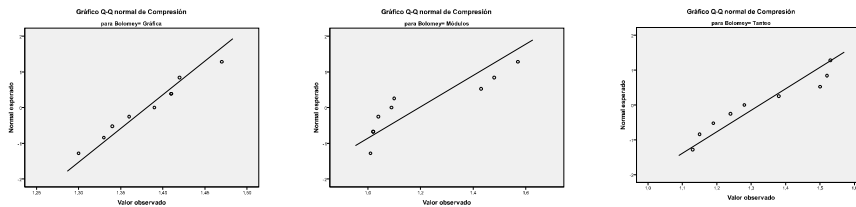
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 342: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes adiciones. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 342, con el método HSD de Tukey se localizan un comportamiento diferenciado entre las tres mezclas. Por Duncan se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres mezclas. Un primer comportamiento corresponde a las dosis 2 y 1 (Tanteos y Módulos); un segundo comportamiento correspondiente a las dosis 1 y 3 (Módulos y Gráfico). Los distintos niveles de Compresión alcanzados por las cinco adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 134. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada

serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Compresión), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 135 y en la Tabla 343, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 135: Gráficas Q – Q de ajuste a normalidad de las Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

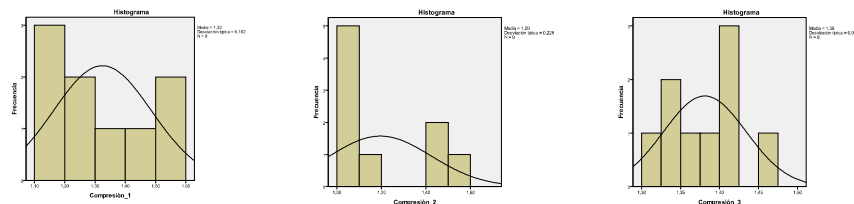
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Compresión	Gráfica	0,152	9	0,200*
	Módulos	0,329	9	0,006
	Tanteo	0,194	9	0,200*

a: Corrección de la significación Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

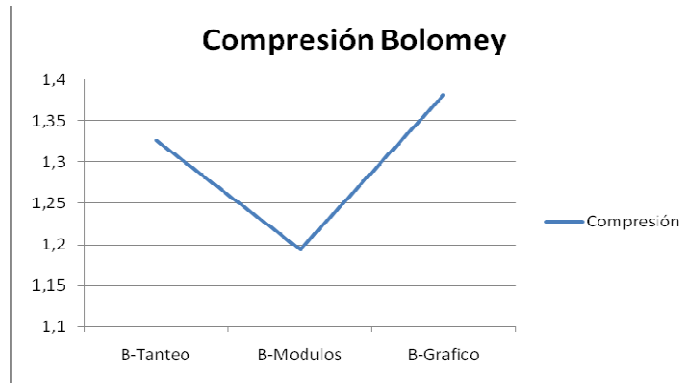
Tabla 343: Prueba de K-S de normalidad de las Mezclas. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 136).



Gráfica 136: Histogramas de frecuencias de las Mezclas. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 336 y en la Gráfica 137 el parámetro de Compresión decrece en la Dosis de Módulos, siendo el valor máximo para el método de Gráficos.



Gráfica 137: Curva de Compresión obtenida para ensayos de Bolomey, (Fuente: Elaboración propia, 2012).

#### 4.3.2.4.- Datos obtenidos a Tracción Indirecta.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

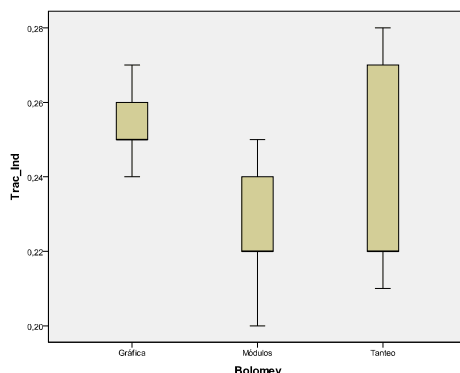
TRAC_IND			
Probeta (1)	B-Tanteo	B-Modulos	B-Grafico
Media	0,24	0,22	0,25
Desv Stand	0,03	0,02	0,01
Coef Variac	0,13	0,08	0,04

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 344: Valores de Compresión, en  $N/mm^2$ , obtenidos para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, es baja la dispersión de los resultados obtenidos en algunos de las seis adiciones (Tabla 344).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 138, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Tracción Indirecta en las tres mezclas, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 138: Gráfica de cajas para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Dosis) y una variable dependiente (Tracción Indirecta). Los tres niveles de *vi* (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados:

1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	0,2544	0,01130	0,00377	0,2458	0,2631	0,24	0,27
Tanteo	9	0,2256	0,01740	0,00580	0,2122	0,2389	0,20	0,25
Gráfica	9	0,2389	0,02892	0,00964	0,2167	0,2611	0,21	0,28
Total	27	0,2396	0,01921	0,00640	0,2249	0,2543	0,22	0,27

Tabla 345: Descriptores de las Mezclas 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

<i>Trac_Ind</i>			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,691	2	24	0,003

Tabla 346: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que si hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 346), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 348), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 347).

<i>Trac_Ind</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	8,562	2	14,371	0,004

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 347: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

<i>Trac_ind</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,004	2	0,002	4,456	0,023
Intra-grupos	0,010	24	0,000		
Total	0,014	26			

Tabla 348: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 347), como en la tabla de ANOVA (Tabla 348), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada adiciones. Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 349).

Variable dependiente: Compresión

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	0,01333	0,00969	0,369	-0,0109	0,0375
	3	-0,01556	0,00969	0,263	-0,0397	0,0086
2	1	-0,01333	0,00969	0,369	-0,0375	0,0109
	3	-0,02889*	0,00969	0,017	-0,0531	-0,0047
3	1	0,01556	0,00969	0,263	-0,0086	0,0397
	2	0,02889*	0,00969	0,017	0,0047	0,0531

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 349: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como puede apreciarse, existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ), se dan entre las adiciones 2 y 3; 3 y 2. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas provoca diferentes respuestas en el parámetro de Tracción Indirecta. Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestran en la Tabla 350.

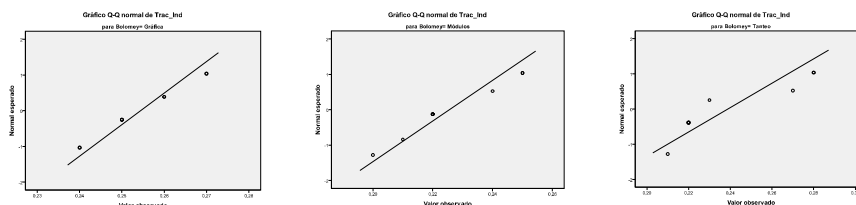
	Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	2	9	0,2256	
	1	9	0,2389	0,2389
	3	9		0,2544
	Sig.		0,3690	0,2630
Duncan <sup>a</sup>	2	9	0,2256	
	1	9	0,2389	0,2389
	3	9		0,2544
	Sig.		0,1810	0,1210

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 350: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la anterior tabla, con el método HSD de Tukey se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres proporciones. Un primer comportamiento corresponde a las dosis 2 y 1 (Módulos y Tanteos); un segundo comportamiento correspondiente a las dosis 1 y 3 (Tanteo y Gráfico). Por Duncan se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres dosis, al igual que por Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 138. El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Tracción Indirecta), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 139 y en la Tabla 351 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 139: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Mezcla. (Fuente: Elaboración propia, 2012)



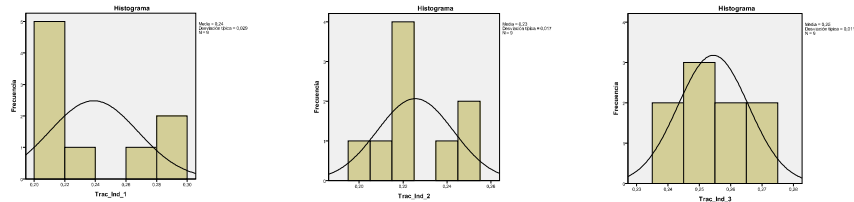
	Aditivo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Tracción Indirecta	Gráfica	0,208	9	0,200*
	Módulos	0,292	9	0,026
	Tanteo	0,299	9	0,020

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

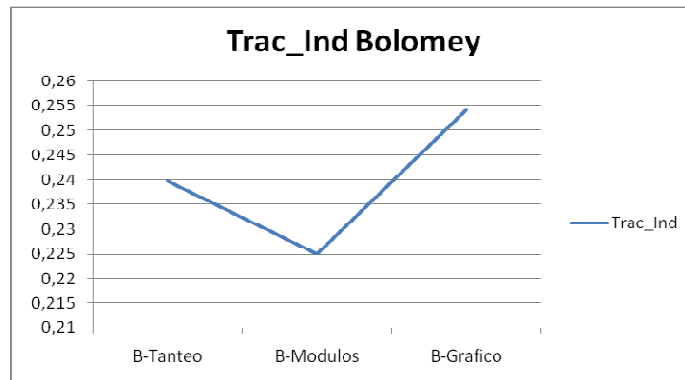
Tabla 351: Prueba de K-S de normalidad de las Mezcla. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 140).



Gráfica 140: Histogramas de frecuencias de las Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 344 y en la Gráfica 141 el parámetro de Tracción Indirecta decrece en la Dosis de Módulos, siendo el método de Gráficos el que presenta mayor resultado.



Gráfica 141: Curva de Flexión obtenida para ensayos de Bolomey, (Fuente: Elaboración propia, 2012).

#### 4.3.2.5.- Datos obtenidos a Módulo de Elasticidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

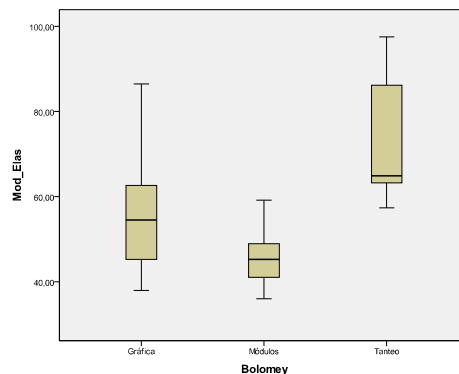
<b>MOD_ELA</b>			
Probeta (1)	B-Tanteo	B-Modulos	B-Grafico
Media	73,85	46,54	55,72
Desv Stand	9,58	6,91	8,25
Coef Variac	0,13	0,14	0,14

(1) El valor único obtenido en cada probeta.

Tabla 352: Valores de Módulo de Elasticidad obtenidos para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, existe dispersión en algunos de los resultados obtenidos para las tres mezclas (Tabla 352).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 142, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las cinco adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 142: Gráfica de cajas para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una,  $v_i$ , variable independiente (Dosis) y una variable dependiente (Módulo de Elasticidad). Los tres niveles de  $v_i$  (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados:

1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	55,7200	15,25007	5,08336	43,9978	67,4422	37,91	86,45
Tanteo	9	46,5411	7,90550	2,63517	40,4644	52,6178	36,02	59,17
Gráfica	9	73,8478	15,57949	5,19316	61,8723	85,8232	57,36	97,51
Total	27	58,7029	12,91168	4,30389	48,7781	68,6277	43,76	81,04

Tabla 353: Descriptores de las Dosis 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

<i>Mod_Elas</i>			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,733	2	24	0,085

Tabla 354: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que no hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 354), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 356), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 355).

<i>Mod_Elas</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	18,701	2	14,329	0,001

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 355: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

<i>Mod_Elas</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3475,567	2	1737,784	9,694	0,001
Intra-grupos	4302,256	24	179,261		
Total	7777,823	26			

Tabla 356: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 355), como en la tabla de ANOVA (Tabla 356), existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada Mezcla.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 357

Variable dependiente: Mod\_Ela

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	27,30667*	6,31155	0,001	11,5449	43,0684
	3	18,12778*	6,31155	0,022	2,3660	33,8895
2	1	-27,30667*	6,31155	0,001	-43,0684	-11,5449
	3	-9,17889	6,31155	0,330	-24,9406	6,5829
3	1	-18,12778*	6,31155	0,022	-33,8895	-2,3660
	2	9,17889	6,31155	0,330	-6,5829	24,9406

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 357: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista existen diferencias significativas entre algunos de los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Se dan entre las adiciones 1 y 2, 3; 2 y 1; 3 y 1. Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas provoca diferentes respuestas en el parámetro de Módulo de Elasticidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestra en la Tabla 358.

	Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
			1	2
HSD de Tukey <sup>a</sup>	2	9	46,5411	
	3	9	55,7200	
	1	9		73,8478
	Sig.		0,330	1,000
Duncan <sup>a</sup>	2	9	46,5411	
	3	9	55,7200	
	1	9		73,8478
	Sig.		0,159	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

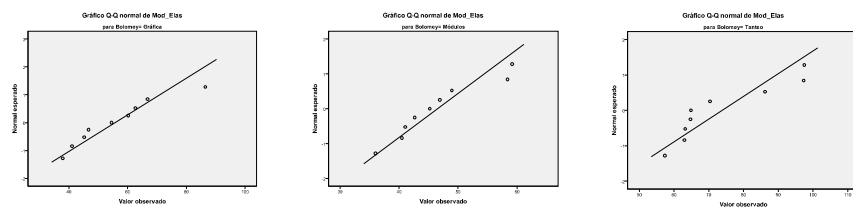
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 358: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes Mezclas. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 358, con el método HSD de Tukey se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres proporciones. Un primer comportamiento corresponde a las dosis 2 y 3 (Módulos y Gráfica); un segundo comportamiento correspondiente a la dosis 1 (Tanteo). Por Duncan se localizan dos comportamientos diferenciados entre las tres dosis, al igual que por Tukey.

Los distintos niveles de Tracción Indirecta alcanzados por las seis adiciones pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 142: Gráficas de caja.

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Módulo de Elasticidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 143 y en la Tabla 359 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 143: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Mezclas. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

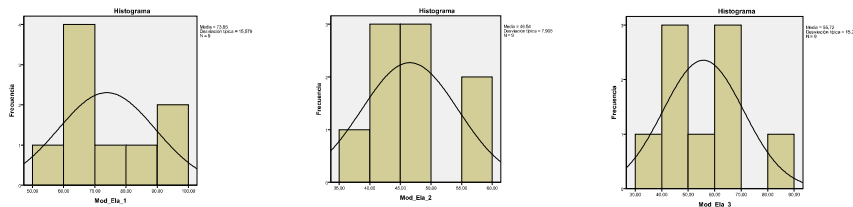
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
Mezcla		Estadísticos	gl	Sig.
Módulo Elasticidad	Gráfica	0,167	9	0,200*
	Módulos	0,158	9	0,200*
	Tanteo	0,274	9	0,051

a: Corrección de la significación de Liliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

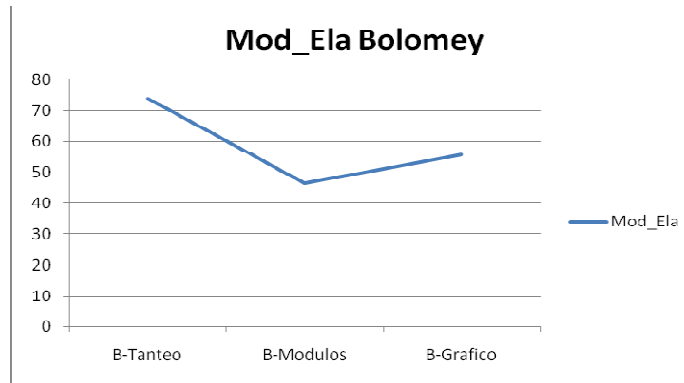
Tabla 359: Prueba de K-S de normalidad de las Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 144).



Gráfica 144: Histogramas de frecuencias de las Mezclas. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 352 y en la Gráfica 145 el parámetro de Módulo de Elasticidad decrece en la Dosis de Módulos, siendo con el método de Tanteos el que da el resultado mayor.



Gráfica 145: Curva de Módulo de Elasticidad obtenida para ensayos de Bolomey, (Fuente: Elaboración propia, 2012).

#### 4.2.2.6- Datos obtenidos a Densidad.

Los datos expuestos son los obtenidos tras la realización de un ensayo efectuado por bloques y repeticiones, en los que cada dato corresponde a la media de una medida por tres probetas.

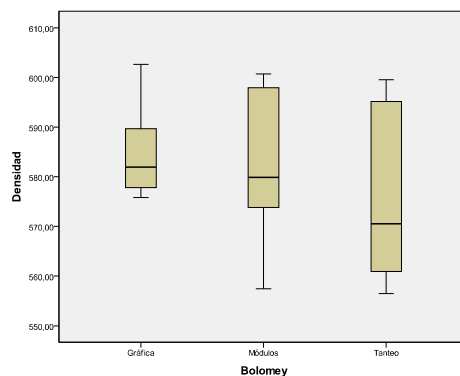
<b>DENSIDAD</b>			
Probeta (1)	B-Tanteo	B-Modulos	B-Grafico
Media	576,93	582,51	585,67
Desv Stand	17,29	16,77	9,91
Coef Variac	0,03	0,03	0,02

(1) El valor único obtenido en cada probeta

Tabla 360: Valores de Densidad obtenidos para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se aprecia a primera vista a partir de los descriptores estadísticos de media, desviación típica y coeficiente de variación, la dispersión en los resultados obtenidos es baja para las tres dosis (Tabla 360).

Previamente al análisis estadístico se ha tratado de identificar posibles resultados atípicos situados en las zonas muy extremas de los histogramas de frecuencias de los resultados de los ensayos. En la Gráfica 146, donde se representan las gráficas de cajas de los resultados de Módulo de elasticidad en las cinco adiciones, en las que se aprecia cómo no existen, para las mismas, resultados que puedan considerarse anómalos, y por tanto descartables.



Gráfica 146: Gráfica de cajas para las diferentes Dosis. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Se ha realizado el análisis estadístico de los resultados de los ensayos las tres dosis (Módulos, Tanteos y Gráfica) con el objeto de comprobar la existencia o no de diferencia significativa de medias, mediante el Análisis de la varianza (ANOVA), para una, *vi*, variable independiente (Mezcla) y una variable dependiente (Densidad). Los tres niveles de *vi* (1, 2, 3) resultan de las propiedades cualitativas anteriormente mencionadas, correspondientes a su vez a cada una de las series de probetas de las diferentes dosis, con los siguientes significados:

1: Módulos      2: Tanteos      3: Gráfica

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Módulos	9	585,6678	9,90764	3,30255	578,0521	593,2835	575,81	602,67
Tanteo	9	582,5078	16,77351	5,59117	569,6145	595,4010	557,44	600,70
Gráfica	9	576,9322	17,29385	5,76462	563,6390	590,2255	556,48	599,57
Total	27	581,7026	14,65833	4,88611	570,4352	592,9700	563,24	600,98

Tabla 361: Descriptores de las Dosis 1, 2, 3 (Fuente Elaboración propia, 2012).

<i>Densidad</i>			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,136	2	24	0,062

Tabla 362: Prueba de homogeneidad de varianzas para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como resultado, se aprecia que no hay diferencias significativas de varianzas según el anterior estadístico de Levene (Tabla 362), por lo que analizamos, además de ANOVA (Tabla 364), la prueba de igualdad de medias de Welch (Tabla 363).

<i>Densidad</i>				
	Estadístico <sup>a</sup>	gl1	gl2	Sig.
Welch	0,839	2	14,845	0,451

a: Distribuidos en F Asintóticamente

Tabla 363: Prueba robusta de igualdad de medias de Welch para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

<i>Densidad</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	352,147	2	176,074	0,778	0,470
Intra-grupos	5428,714	24	226,196		
Total	5780,861	26			

Tabla 364: ANOVA de las series para las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede observarse, tanto en la Prueba robusta de Welch (Tabla 363), como en la tabla de ANOVA (Tabla 364), no existen diferencias significativas entre las medias ( $p \leq 0,000 \leq 0,05$ ) de cada mezcla.

Para realizar la comprobación de la diferencia de medias dos a dos, se ha empleado el método de comparaciones múltiples de Tukey, cuyos resultados se recogen en la siguiente Tabla 365

Variable dependiente: Densidad

(I) Dosis	(J) Dosis	HSD de Tukey			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencias de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	2	-5,57556	7,08984	0,715	-23,2809	12,1298
	3	-8,73556	7,08984	0,446	-26,4409	8,9698
2	1	5,57556	7,08984	0,715	-12,1298	23,2809
	3	-3,16000	7,08984	0,897	-20,8654	14,5454
3	1	8,73556	7,08984	0,446	-8,9698	26,4409
	2	3,16000	7,08984	0,897	-14,5454	20,8654

\*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 365: Comparaciones múltiples entre las series de las diferentes Dosis. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como puede apreciarse a simple vista no se aprecian diferencias significativas entre los diferentes grupos ( $p \leq 0,05$ ). Es decir, el hecho de llevar diferente porcentaje de vermiculitas no provoca diferentes respuestas en el parámetro de Densidad.

Por otra parte, para poder detectar la existencia de series con comportamientos homogéneos se ha realizado la prueba de homogeneidad de subconjuntos mediante los métodos de Tukey y Duncan, cuyos resultados se muestra en la Tabla 366.



	Dosis	N	Subconjunto para alfa
			= 0,05
			1
HSD de Tukey <sup>a</sup>	1	9	576,9322
	2	9	582,5078
	3	9	585,6678
	Sig.		0,446
Duncan <sup>a</sup>	1	9	576,9322
	2	9	582,5078
	3	9	585,6678
	Sig.		0,256

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

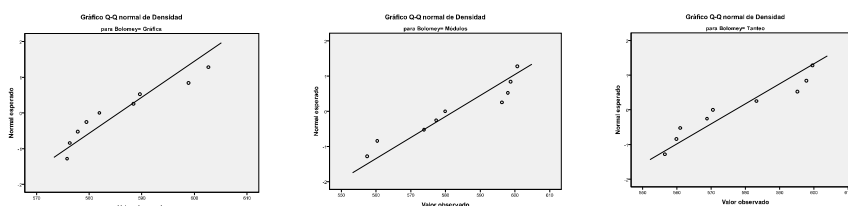
a: Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

Tabla 366: Prueba de subconjuntos homogéneos entre las diferentes Mezclas. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Como se puede apreciar en la Tabla 366, con el método HSD de Tukey se localiza un comportamiento diferenciado entre las tres mezclas (Módulos, Tanteos y Gráfica). Por Duncan también se da el mismo resultado que por Tukey.

Los distintos niveles de Densidad alcanzados por las tres mezclas pueden verse gráficamente en la anterior Gráfica 146:

El ajuste a normalidad de los resultados obtenidos de cada serie de ensayos se ha realizado por un lado mediante métodos gráficos (Gráficos Q-Q normal de Densidad), como mediante métodos paramétricos, concretamente mediante la prueba K-S de normalidad (estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov) cuyos resultados se muestran en la Gráfica 147 y en la Tabla 367 respectivamente, poniéndose de manifiesto para todas las adiciones el ajuste a normalidad de dichos resultados, al obtenerse un nivel de significación  $\geq 0,05$ .



Gráfica 147: Gráficas de ajuste Q – Q a normalidad de las Mezclas. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

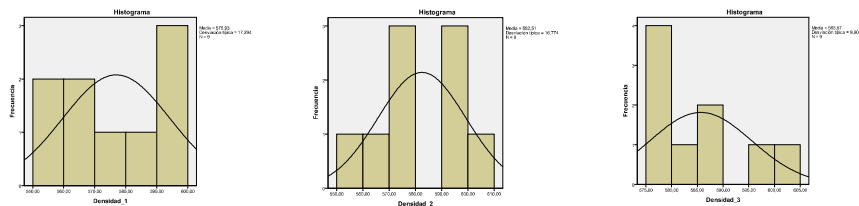
	Mezcla	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
		Estadísticos	gl	Sig.
Densidad	Gráfica	0,202	9	0,200*
	Módulos	0,238	9	0,150
	Tanteo	0,200	9	0,200*

a: Corrección de la significación de Lilliefors

\*. Este es un límite inferior de la significancia verdadera.

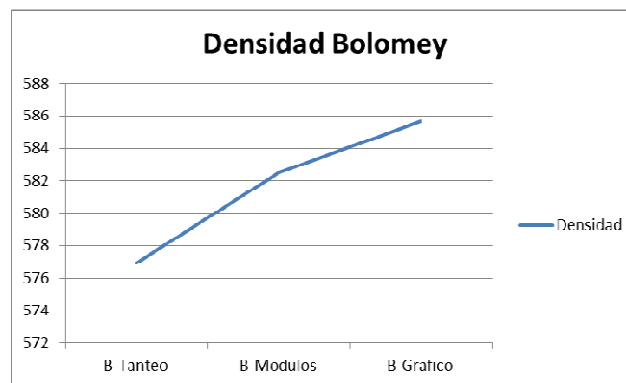
Tabla 367: Prueba de K-S de normalidad de las Mezclas. (Fuente Elaboración propia, 2012).

Se acompañan a continuación los histogramas de frecuencias con el contraste de la curva normal, para una mejor visualización de los resultados anteriores (Gráfica 148).



Gráfica 148: Histogramas de frecuencias de las Mezclas. (Fuente: Elaboración propia, 2012)

Como se puede apreciar en la Tabla 360 y en la Gráfica 149 el parámetro de Densidad es menor en la mezcla de Tanteo.



Gráfica 149: Curva de Densidad obtenida para ensayos de Bolomey, (Fuente: Elaboración propia, 2012).

#### 4.3.2.7.- Discusión de los resultados obtenidos para las diferentes Dosis.

Propiedades mecánicas controladas:

- Dureza. Como puede apreciarse en los resultados, se producen dos comportamientos entre las medias por el método de Tukey. Un comportamiento para las series 2 y 3 (Módulos y Gráfica) y otro para las series 3 y 1 (Gráfica y Tanteo). Por Duncan se producen los mismos comportamientos.

Según RY-85 nos da valores por debajo de los mínimos requeridos, siendo la serie 1 (Tanteo) el que mayor valor da (tiene menor porcentaje de VL y mayor porcentaje de VH, y menor de VG).

Siendo un producto de relleno y no de acabado, no tiene que presentar ningún problema de estabilidad.

- Compresión. Como se aprecia de los datos obtenidos, no existen diferencias significativas entre las medias por Tukey. Hay sólo un comportamiento. Por Duncan se producen dos comportamientos diferenciados, uno para las series 2 y 1 (Módulos y Tanteos), y otro para las series 1 y 3 (Tanteo y Gráfica).

En el comportamiento 2 y 1, disminuir los elementos finos (VL) y aumentar los medios (VG), y disminuir los gruesos (VH) aumenta los resultados a Compresión.

Los elementos que proporcionan mayor valor a Compresión son los finos y medios (VL y VG), los gruesos (VH) ceden antes a la presión.

Según la norma RY-85, todos los compuestos obtenidos cumplen esta norma a Compresión ( $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ ).

- Densidad. No se aprecian diferencias significativas entre las diferentes medias, tanto por el método de Tukey como de Duncan, ahora, la serie que mejor se comporta es la 1 (Tanteos) que es lo que posee menor porcentaje de finos (VL), el porcentaje de medios (VG) se encuentra a nivel medio y menor porcentaje de gruesos (VH).

La serie que peor se comporta es la 3 (Gráfica) que lleva el mayor porcentaje de finos (VL), mayor porcentaje de medios (VG) y menor porcentaje de gruesos (VH).

Según la norma RY-85, todos los compuestos obtenidos cumplen esta norma a Densidad ( $< 600 \text{ kg/m}^3$ ).

- Módulo de Elasticidad. Como se aprecia en los datos obtenidos, no existen diferencias significativas entre las series de 2 y 3 (Módulos y Gráfica), y existe un segundo comportamiento para la serie 1 (Tanteo), tanto por el método de Tukey como de Duncan.

La mezcla más rígida es la 1 (Tanteo) y la más fácil de doblar la 2 (Módulos), aunque la 2 y la 3 (Módulos y Gráfica) no presentan diferencias significativas entre ellas.

La mezcla más rígida (1 – Tanteo) es la que contiene un porcentaje mayor de elementos Gruesos (VH), porcentaje medio de elementos medios (VG) y menor porcentaje de finos (VL).

- Flexión. Como se aprecia de los datos, no existen diferencias significativas entre las series 2 y 1 (Módulos y Tanteo), existe otro comportamiento para las series 1 y 3 (Tanteo y Gráfica) por Tukey. Se producen los mismos resultados por Duncan.

La mezcla que mejor se comporta a Flexión es la 3 (Gráfica), aunque tiene el mismo comportamiento que la 1 (Tanteo). La 3 (Gráfica) es la que más porcentaje tiene de VL y VG y la que menor porcentaje de elementos gruesos (VG) posee.

La mezcla que peor se comporta a Flexión es la 2 (Módulos).

- Tracción Indirecta. Como se aprecia de los datos, no existen diferencias significativas entre las series 2 y 1 (Módulos y Tanteo), existe otro comportamiento para las series 1 y 3 (Tanteo y Gráfica) por Tukey. Se producen los mismos resultados por Duncan.

La mezcla que mejor se comporta a Tracción Indirecta es la 3 (Gráfica), aunque tiene el mismo comportamiento que la 1 (Tanteo). La 3 (Gráfica) es la que más porcentaje tiene de VL y VG y la que menor porcentaje de elementos gruesos (VG) posee.

La mezcla que peor se comporta a Tracción Indirecta es la 2 (Módulos).

#### Conclusiones por Bolomey

Como no se aprecian diferencias significativas entre las dosis, y siguiendo las directrices del Instituto Torroja, calculamos la media aritmética de los tres métodos para cada una de las tres vermiculitas (VL, VG, y VH), y con el resultado obtenido es con él que haremos las probetas con las que se han hecho las pruebas de explosivos.