

Las mezclas bituminosas en caliente en España

Por el Prof. M. A. del Val
Universidad Politécnica de Madrid



Pavimento de mezcla bituminosa porosa. Autopista Las Rozas-Villalba.

1. Introducción

En 1988, el consumo de mezclas bituminosas en caliente en España alcanzó prácticamente los 14 millones de toneladas, lo que supuso una inversión del orden de los 60.000 millones de pesetas. Se trata, por tanto, de una producción con una incidencia significativa incluso sobre la propia economía nacional.

Hay que señalar igualmente que existen en España unas 300 empresas legalmente calificadas para la fabricación y puesta en obra de materiales bituminosos. Estas empresas disponen de unas 200 centrales de fabricación en caliente, de las que aproximadamente la tercera parte son de tambor secador-mezclador.

Como se puede ver en la tabla 1, la producción indicada se ha alcanzado gracias a una evolución marcada por crecimientos muy considerables durante los años 1985 y 1986. Estos años corresponden a los del comienzo de las realizaciones más importantes contempladas en el Plan General de Carreteras 1984-91. Gracias a la actividad generada por el desarrollo del Plan,

Producción anual

Año	1 (x10 ⁶)	Δ (%)
1983	10,2	
1984	8,9	-12,7
1985	10,5	18,0
1986	12,8	21,9
1987	13,4	4,7
1988	13,9	3,7

Inversión en 1988:

~\$ 500.10⁶

Tabla 1

puede asegurarse que esta producción se mantendría como poco hasta bien entrado el último decenio del siglo.

2. Ligantes hidrocarbonados

Los betunes utilizados en España en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente son los de penetraciones 40/50, 60/70 y 80/100, independientemente del empleo de ligantes modificados para aplicaciones específicas. Las prescripciones españolas establecen la elección de una consistencia determinada del betún en función de tres factores:



Husos granulométricos para mezclas bituminosas en caliente

Huso granulométrico		Cernido acumulado (% en masa) Cedazos y Tamices UNE										
		40	25	20	12,5	10	5	2,5	630 µm	320 µm	160 µm	80 µm
Denso	D8					100	70-90	45-70	18-34	12-25	8-17	5-10
	D12			100	80-95	72-87	50-65	35-50	18-30	13-23	7-15	5-8
	D20		100	80-95	65-80	60-75	47-62	35-50	18-30	13-23	7-15	5-8
Semi-Denso	S12			100	80-95	71-86	47-62	30-45	15-25	10-18	6-13	4-8
	S20		100	80-95	65-80	60-75	43-58	30-45	15-25	10-18	6-13	4-8
	S25	100	80-95	75-88	60-75	55-70	40-55	30-45	15-25	10-18	6-13	4-8
Grueso	G20		100	75-95	55-75	47-67	28-46	20-35	8-20	5-14	3-9	2-4
	G25	100	75-95	65-85	47-67	40-60	26-44	20-35	8-20	5-14	3-9	2-4
Abierto	A12			100	65-90	50-75	20-40	5-20				2-4
	A20		100	65-90	45-70	35-60	15-35	5-20				2-4

Tabla 2

- Categoría del tráfico pesado: número de vehículos pesados que solicitan el carril de proyecto en un día medio del año de puesta en servicio.
- Capa a la que se destina la mezcla bituminosa: de rodadura, intermedia o de base.
- Temperaturas que se alcanzan en verano, para lo cual el país se ha dividido en tres zonas (figura 1): cálida, media y templada.

3. Tipos normalizados de mezclas en caliente

La versión más reciente de las especificaciones españolas para mezclas bituminosas en caliente (aprobada provisionalmente en febrero de 1989) establece cinco familias: D (densas), S (semidensas), G (gruesas), A (abiertas) y P y PA (drenantes o porosas).

Cada tipo comprende varios subtipos en función del tamaño máximo nominal de los áridos. Las diferentes granulometrías se recogen en las tablas 2 y 8. Por otra parte, la tabla 3

muestra de forma aproximada las características habituales de estas mezclas en cuanto a contenido de huecos y de betún.

Se trata, en definitiva, de mezclas del tipo hormigón bituminoso (las D, S y G) y de otras más o menos abiertas (las A, P y PA). Todas tienen granulometrías continuas y un importante esqueleto mineral. Se dosifican habitualmente con contenidos de betún muy estrictos. Sobre todo en capas de rodadura, se trata de mezclas bastante rígidas y con una gran resistencia a las deformaciones plásticas; sin embargo, envejecen en general con rapidez y



Fig 1

Tipos de mezcla bituminosa

Tipo	Tamaño máximo de árido	Huecos (%)	~Contenido de ligante (%)
D	8	3-6	4,75-5,5
	12		
	20		
S	12	3-8	4,25-5,0
	20		
	25		
G	20	5-9	3,75-4,5
	25		
A	12	12-15	3,0-4,0
	20		
P	12	18-20	4,5-5,5
PA	12	20-22	4,5-5,5

Tabla 3

Tipo de mezcla a utilizar en función del tipo y espesor de la capa

Capa	Espesor (cm)	Tipo de mezcla
Rodadura	≤ 3	D8
	3 - 5	D12 - S12 - P12 - PA12
	> 5	D20 - S20
Intermedia	6 - 9	D20 - S20 - S25 - G20
Base	9 - 12	S25 - G20 - G25 - A20
Arcenes	4 - 6	D12

Tabla 4

Crterios de dosificación de mezclas bituminosas en caliente empleando el aparato Marshall

Característica	Categoría de tráfico pesado	
	T0, T1 y T2	T3 y T4
Nº de golpes por cara	75	
Estabilidad (KN)	> 10	7,5 - 12,5
Deformación (mm)	2 - 3,5	
Huecos en mezcla (%)		
Capa de rodadura	4 - 6	3 - 5
Capa intermedia	5 - 8	3 - 8
Capa de base	5 - 9	-
Huecos en áridos (%)		
Mezclas -8	≥ 16	
Mezclas -12	≥ 15	
Mezclas -20	≥ 14	
Mezclas -25	≥ 13	

Tabla 5

Relación ponderal recomendada entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado en mezclas bituminosas tipo D, S y G (tráfico pesado T0, T1 y T2)

Capa	Zona térmica estival	
	Cálida y media	Templada
Rodadura	1,3	1,2
Intermedia	1,2	1,1
Base	1,0	0,9

Tabla 6

tienen una flexibilidad insuficiente en muchos casos.

Las propias especificaciones dan ciertas recomendaciones relativas al empleo de las mezclas normalizadas (tabla 4). Se consideran dos factores: el tipo de capa y el espesor de la misma.

4. Criterios de dosificación

Para las mezclas abiertas y, sobre todo, para las porosas o drenantes se ha puesto a punto el denominado ensayo cántabro: a una temperatura predeterminada (25° C), se determina la pérdida en peso sufrida por una

“ **S**e trata, por una parte, de ensayos de compresión uniaxial sobre probetas cilíndricas y, por otra, de ensayos de flexotracción sobre probetas prismáticas biapoyadas y con dos cargas a los tercios de la luz.”



probeta Marshall (fabricada mediante 50 golpes por cara) después de dar 300 vueltas en la máquina Los Angeles (sin bolas). Hasta el momento, los resultados conseguidos con este ensayo han sido muy satisfactorios. En algunos casos, como método alternativo, sobre el mismo tipo de probetas se ha llevado a cabo el ensayo de compresión diametral a bajas temperaturas (0 a 5° C).

En cuanto a los hormigones bituminosos, se dosifican mediante el ensayo Marshall. Sus resultados se completan con los obtenidos en el ensayo de inmersión-compresión y, para tráficos medios y pesados, también en el de pista de laboratorio.

La tabla 5 recoge los criterios de dosificación Marshall contemplados en las especificaciones españolas. En base

a los mismos, los contenidos óptimos de betón se determinan según el proceso siguiente:

- Se comprueba que la curva de huecos en áridos se sitúa toda ella por encima del valor mínimo especificado. Si eso no ocurre, será preciso modificar la granulometría preparada.
- Se fija, dentro del intervalo indicado en la tabla, el porcentaje más apropiado de huecos en mezcla en función de las condiciones concretas de trabajo de la mezcla (tráfico, temperatura y pluviometría, tipo de capa). Para tráfico medios y pesa-

Módulo dinámico de la mezcla bituminosa

Frecuencia (Hz)	Temperat. (°C)	Angulo de fase (°)	Módulo dinámico (Mpa)
20	-15	3,3	20.000
20	4	8,5	13.500
20	20	17	8.000
20	50	27	1.500
10	-15	3,3	20.000
10	4	11	12.000
10	20	19	6.500
10	50	26	1.300
5	-15	4	19.000
5	4	10	11.500
5	20	19	5.500
5	50	25	1.000

(Tipo D12)

Tabla 7

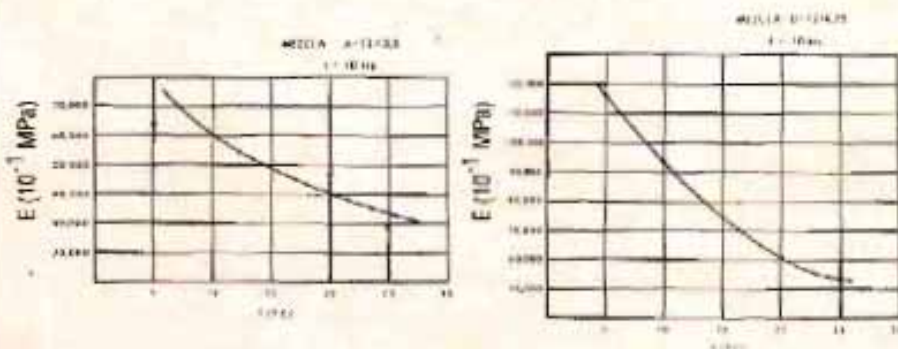


Fig. 2: Variación del Módulo E (Frecuencia Dinámica) con la Temperatura de Ensayo.

5. Ensayos dinámicos

Desde principios de los años ochenta se vienen realizando en el

Centro de Estudios de Carreteras (CEDEX-MOPU) estudios de caracterización de las mezclas bituminosas en caliente mediante ensayos dinámicos. Se trata, por una parte, de ensayos de compresión uniaxial sobre probetas cilíndricas (para la determinación de módulos dinámicos) y, por otra, de ensayos de flexotracción sobre probetas prismáticas biapoyadas y con dos cargas a los tercios de la luz (para la determinación de leyes de fatiga).

En la tabla 7 se recogen algunos resultados de módulos dinámicos obtenidos en hormigones bituminosos (mezclas del tipo D-12). Se puede señalar como resumen que, para frecuencias y temperaturas medias (10 Hz, y 20° C, respectivamente), el módulo dinámico alcanza un valor de 6500 MPa, lo que muestra la gran rigidez de estas mezclas.

En la figura 2 se puede observar cómo varían las rigideces en función de las temperaturas, tanto en el caso de hormigones bituminosos como en el de las mezclas abiertas.



Deformaciones plásticas

Central de tambor secador - mezclador.

dos, se intenta además adaptar el contenido del betón a la relación ponderal filler/betón que se recomienda en la tabla 6.

- Se comprueba que el contenido de betón elegido satisface las exigencias de estabilidad y de deformación Marshall. La densidad Marshall correspondiente no se considera más que como referencia para el control de obra.
- Se verifica que con el contenido de betón elegido la mezcla presenta un buen comportamiento frente a la acción del agua (ensayo de inmersión-compresión). Para tráfico medios y pesados se comprueba también la resistencia a las deformaciones plásticas (ensayo de pista de laboratorio).

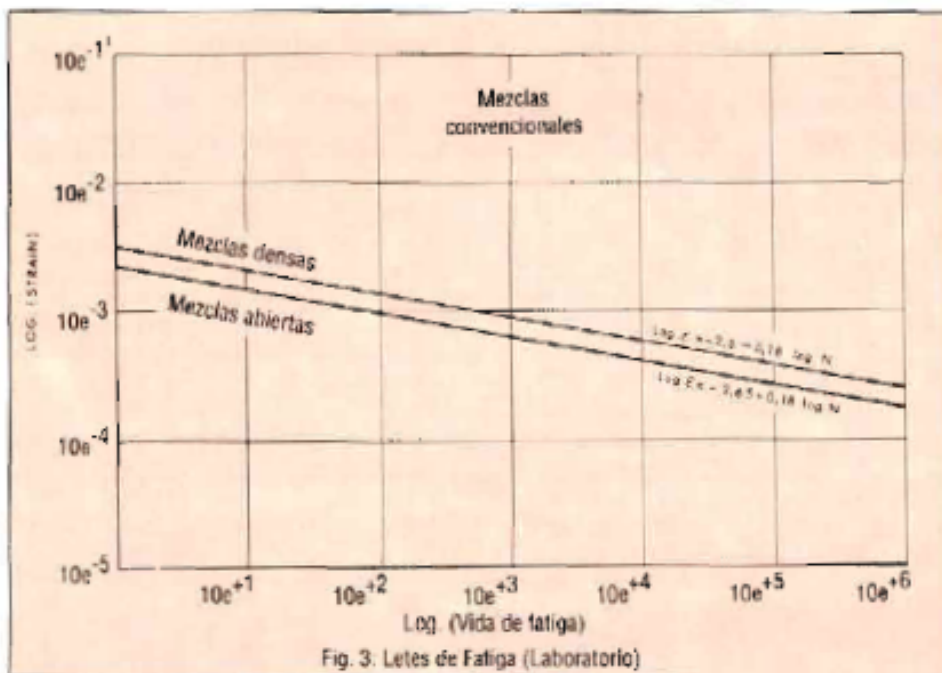


Fig. 3. Leyes de Fatiga (Laboratorio)

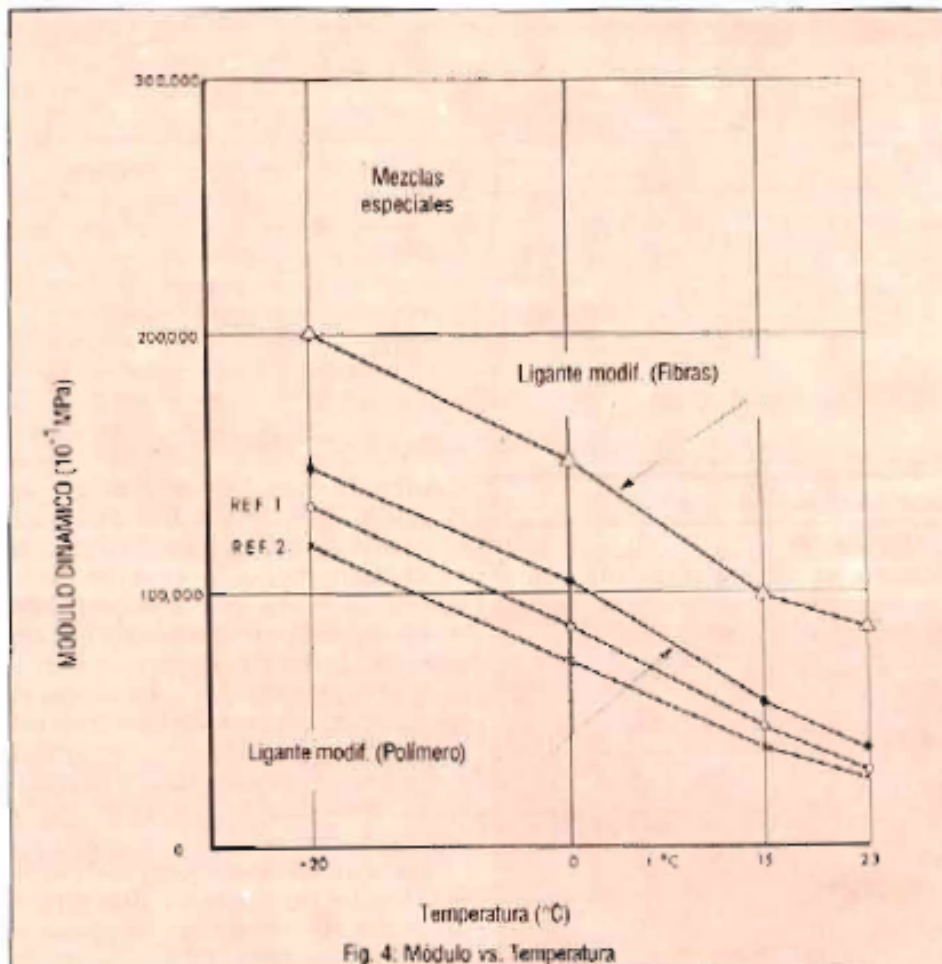


Fig. 4. Módulo vs. Temperatura

En lo que se refiere a las leyes de fatiga, la figura 3 muestra las obtenidas en el Centro de Estudios de Carreteras para las mezclas bituminosas en caliente utilizadas en España.

6. Mezclas porosas o drenantes

La experiencia española de pavimentación con mezclas drenantes se remonta a 1980. La superficie pavi-

mentada supera ya con mucho los tres millones de metros cuadrados. Se han aplicado estas mezclas en carreteras y climas de todo tipo con éxito notable en todos los casos: autopistas y autovías (Bilbao-Behovia, Zaragoza-Barcelona, Las Rozas-Villalba), carreteras ordinarias de interés general (Cantabria, Navarra), carreteras secundarias (Balears, Madrid) y vías urbanas (Las Palmas, Madrid).



El empleo en estas mezclas de ligantes modificados está generalizado (más del noventa por ciento de las toneladas fabricadas), lo que ha permitido llegar a contenidos de huecos superiores al 22%. Con los ligantes tradicionales los resultados son igualmente buenos, aunque hay que quedarse con contenidos de huecos menores del 20%.

La tabla 8 presenta los husos granulométricos especificados en España para las mezclas drenantes. En ambos casos el tamaño máximo nomi-

Granulometrías de mezclas drenantes

# (mm)	% Pasa	
	Tipo P12	Tipo PA-12
20	100	100
12,5	75-100	70-100
10	60-80	50-80
5	32-46	18-30
2,5	10-18	10-22
0,63	6-12	6-13
0,080	3-6	3-6

Tabla 8

nal de los áridos es 12,5 mm, lo que permite obtener excelentes macrotexturas, pero a la vez obliga a no bajar de los 4 cm de espesor. Sin embargo, hasta ahora se han empleado fundamentalmente mezclas con tamaños máximos de 10 mm.



Agrietamiento por fatiga.

En la tabla 9 se resumen los criterios de dosificación seguidos. Sobre lo ya indicado, hay que añadir que la permeabilidad se refiere a un ensayo

Criterios de dosificación de las mezclas drenantes

- Resistencia en el ensayo Cántabro < 25% (temp. de ensayo: 25° C)
- Huecos en mezcla > 20%
- Permeabilidad $k > 10^2$ cm/s

(Probetas Marshall, 50 golpes por cara)

Tabla 9

de infiltración con carga variable (permeámetro LCS).

7. Ligantes modificados - mezclas especiales

Se han empleado en España diferentes productos para la fabricación de ligantes modificados para mezclas bituminosas: asfalto de Trinidad, amianto, polietileno, fibras acrílicas, celulosa, EVA y SBS. Este último es sin duda el polímero más utilizado para la obtención de ligantes modificados.

La producción anual de ligantes modificados destinados a ser utilizados en las mezclas en caliente alcanza las 5000 toneladas. Estas

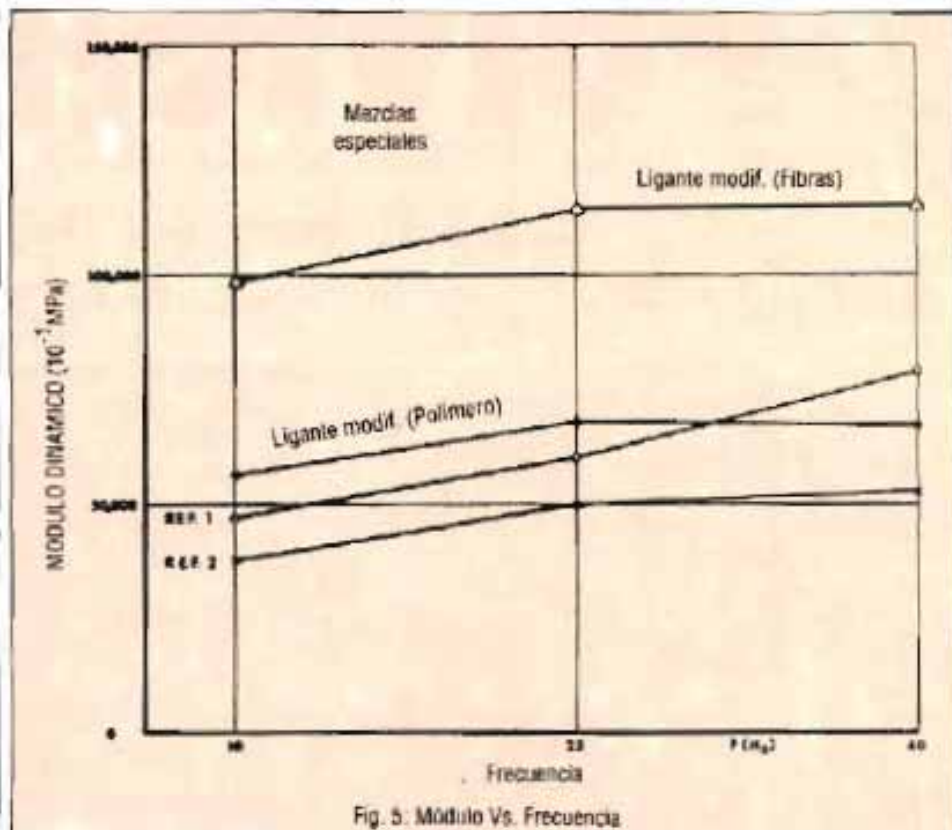


Fig. 5. Módulo Vs. Frecuencia

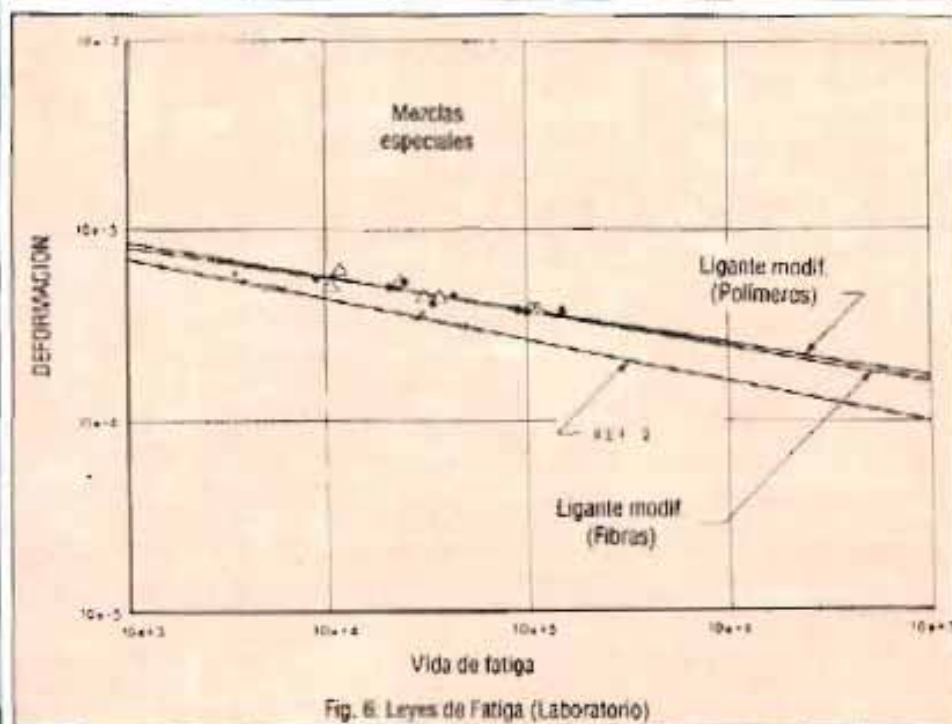


Fig. 6. Leyes de Fatiga (Laboratorio)

mezclas tienen aplicaciones muy diversas:

- áreas de estacionamiento
- pavimentación de tableros de puentes
- tratamientos antideslizantes en vías urbanas
- tratamientos contra la reflexión de fisuras
- refuerzos de pequeño espesor para tráfico pesado
- etc.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran los resultados de algunos ensayos dinámicos (módulos dinámicos y leyes

de fatiga) realizados en el Centro de Estudios de Carreteras. Se comparan en dichas figuras mezclas convencionales de referencia y mezclas especiales fabricadas con dos tipos de ligantes modificados (con polímeros y con fibras, respectivamente).

Agradecimientos

su gratitud al Centro de Estudios de Carreteras por la autorización para la publicación de la tabla 7 y de las figuras 2, 3, 4, 5 y 6.