

Capítulo 6

Conclusiones

La comparación de los resultados teórico-experimentales realizada en el Capítulo 5 ha dado como consecuencia una idea general: ningún método es mejor que otro en todos los casos. Con los ensayos comparados, los métodos se reparten los buenos resultados. De cualquier modo, no es fácil generalizar para todos los ensayos, y en el presente capítulo se trata de encontrar alguna causa para las situaciones más dispares en las que algún método proporciona un resultado muy diferente del resto y, en particular, diferente de la medida experimental.

6.1 Diferencias teórico-experimentales

Los ensayos tratados en el capítulo anterior pueden dividirse en grupos en función de las magnitudes de las cargas. La tabla 6.1 muestra la agrupación por colores; obsérvese que los algunos grupos aparecen en dos bloques separados; en la tabla 6.2 se describen los grupos más concretamente.

Ensayo	P(N)	Q(N)	Sa(Mpa)	μ	Grupo
1	230	117.00	82.50	1.25	1
2	230	109.00	81.70	1.00	
3	230	121.00	81.60	0.65	
4	230	127.00	111.60	1.25	
4	230	122.00	111.30	1.00	
6	230	120.00	111.00	0.65	
7	120	67.00	111.00	1.25	2
8	120	65.00	110.70	1.00	
9	120	64.00	110.20	0.65	
10	70	29.00	110.00	1.25	3
11	70	36.00	110.60	1.00	
12	70	36.00	110.50	0.65	
13	420	207.00	68.30	1.25	4
14	420	177.00	66.77	1.00	
15	420	186.00	66.60	0.65	
16	120	59.70	82.50	1.25	5
17	120	55.50	82.60	1.00	

Ensayo	P(N)	Q(N)	Sa(Mpa)	μ	Grupo
18	120	61.00	82.60	0.65	5
19	230	119.50	67.90	1.25	1
20	230	119.50	68.35	1.00	
21	230	122.50	68.00	0.65	
22	120	62.50	67.90	1.25	2
23	120	57.00	69.50	1.00	
24	120	55.00	67.85	0.65	
25	420	213.00	81.90	1.25	4
26	420	205.00	81.80	1.00	
27	420	211.00	82.90	0.65	
28	420	197.00	60.00	1.25	
29	420	212.00	59.80	1.00	
30	420	219.00	59.60	0.65	
31	340	165.00	59.85	1.25	6
32	340	169.00	59.95	1.00	
33	340	167.00	59.90	0.65	
34	300	141.00	60.30	1.25	7

Tabla 6.1: Agrupación de ensayos por colores.

<u>Grupo de ensayos</u>	<u>Ensayos miembros</u>
Grupo 1	1, 2, 3, 4, 5, 6 y 19, 20, 21
Grupo 2	7, 8, 9 y 22, 23, 24
Grupo 3	10, 11 y 12
Grupo 4	13, 14, 15 y 25, 26, 27, 28, 29, 30
Grupo 5	16, 17, 18
Grupo 6	31, 32, 33
Grupo 7	34

Tabla 6.2: Agrupación de ensayos.

Las diferencias existentes entre los datos teóricos y los experimentales son achacables a multitud de causas, sin embargo, en este Proyecto, se atribuirán a tres causas principales:

- defectos del modelo
- defectos de material
- defectos del ensayo

6.1.1 Defectos del modelo

Sería pretencioso y bastante arrogante no considerar la posibilidad de errores en el modelado del problema. Estos errores puede deberse tanto a la teoría utilizada para el desarrollo, como a la implementación de la misma en la aplicación informática de la que se obtienen los resultados.

De la primera parte, la correspondiente a la LEFM, lo que puede decirse es que es una teoría ampliamente probada, con gran trascendencia a pesar de su “juventud”; que asume una serie de hipótesis –ver Anexo III– de las que difícilmente pueden salirse las situaciones consideradas.

Por otro lado, la aplicación informática ha sido sometida a pruebas contra otras aplicaciones realizadas por los miembros del Departamento de Ingeniería Mecánica y de los Materiales de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, con resultados satisfactorios en las situaciones consideradas.

Como consecuencia de ello, podemos afirmar que (aunque no puedan descartarse totalmente) las diferencias observadas entre los resultados no se deben a esta causa, siendo atribuibles a alguna de las otras dos o a ambas.

6.1.2 Defectos del material

Deben entenderse “defectos del material” no desde el punto de vista mecánico; es decir, no por inclusiones, defecto microestructurales, defectos de fabricación, etc.; sino por defectos en los parámetros que definen el material, sean: propiedades mecánicas obtenidas de datos de otros ensayos no particulares de la fatiga por fretting, coeficientes y exponentes definidos para el modelo que provienen de la literatura referente al material y otros factores estadísticos más ciertamente.

Así, por ejemplo, el hecho de tomar una valor para el coeficiente y exponente de la relación $\sigma-N$ o de la Ley de Paris (o las derivadas de ella), influye en el resultado. Estos valores provienen de estudios estadísticos y presentan valores algo diferentes de una fuente a otra; por tanto, tomar uno u otro puede hacer que los resultados se acercan o se alejen de los reales (experimentales).

A pesar de ello, debe tenerse en cuenta que no hay dos materiales exactamente iguales –desde el punto de vista mecánico–, y por tanto se asumen pequeñas diferencias entre los resultados, pero no pueden justificar las diferencias que aparecen en los resultados.

6.1.3 Defectos del ensayo

Este apartado es consecuencia de la observación de los datos de los que disponemos refiriéndonos exclusivamente a este Proyecto; es decir, tomando como válidos todos los puntos anteriores y asumiendo totalmente el error por las causas descritas a continuación.

Si se observan las condiciones de los ensayos de la tabla 5.13 y los resultados comparativos de la 5.14, junto a la agrupación de los ensayos propuesta en este capítulo, pueden observarse algunos aspectos interesantes.

Como autor me llamó la atención que en los ensayos en los que el coeficiente de rozamiento era más bajo, los resultados presentaban mayor diferencia (respecto a los experimentales). Si se tiene en cuenta que el coeficiente de rozamiento determina en parte el tamaño de la zona de adhesión, la influencia de este factor salta a la vista: para rozamientos menores, el tamaño de la zona de adhesión es menor. En situaciones en las que este tamaño sea relativamente pequeño, el problema cambia sus condiciones y se acerca cada vez más a una situación deslizamiento total, con el consecuente efecto sobre las tensiones definidas (al ser menor la zona de adhesión, las tensiones de la distribución descrita en el Capítulo 3 se hacen, de la misma forma, menores).

Al principio parecía que este efecto podría explicar las diferencias al menos en los casos más extremos, sin embargo, afinando la intuición, puede observarse otro detalle importante: las mayores diferencias ocurren en los ensayos con menor nivel de carga, sobre todo en la carga tangencial. Si se tiene presente que el fretting ocurre con un alto gradiente de tensiones en la zona de contacto, al disminuir éste, las condiciones de fretting, de alguna manera, se atenúan, y por tanto el modelo que estaba previsto para condiciones de fretting exclusivamente, puede presentar algunas discrepancias, digamos que por falta de condiciones.

Las dos causas expuestas están fuertemente relacionadas, ya que para situaciones de bajo nivel de carga, la carga tangencial es consecuentemente menor; más aún cuando el factor de fricción es bajo. Por tanto, ambas causas propician un mismo resultado: las discrepancias con los datos experimentales.

Por otro lado, el que aparezcan distintos coeficientes de rozamiento para un mismo material es consecuencia de haberlo sometido a diferentes tratamientos superficiales. Con ello, las propiedades a fatiga se ven fuertemente modificadas, y se han considerado las mismas para todos los ensayos; esto conlleva que aparezcan diferencias que no pueden ser achacables al modelo sino a los datos del material (a sus propiedades).

6.2 Validez del modelo

Según lo expuesto en el apartado anterior, y en vista de los resultados del Capítulo 5, la validez del modelo implementado, así como de la propia aplicación ha quedado patente a lo largo de este documento.

El modelo es dependiente de los criterios de iniciación y de las leyes de crecimiento expuesta en el Capítulo 4, así como del campo de tensiones del Capítulo 3; por tanto, si estos aspectos son generalmente aceptados por la Comunidad Académica, nada impide pensar que, a la vista del Capítulo 5 y de las consideraciones tenidas en cuenta en este Proyecto, la aplicación de este modelo a través del programa informático no lo sea.