



## Exercici: **Volants**

Un fabricant de volants per a automòbil té problemes amb la duresa dels seus productes (una característica crítica dels volants: han de ser prou durs per no trencar-se, però prou tous com perquè en cas d'accident el volant es trenqui abans que les costelles del conductor). El procés de fabricació consisteix a injectar poliuretà en un motlle.

Per a esbrinar de què depèn l'índex de trencament es decideix portar a terme un experiment 23 amb les variables P (pressió d'injecció), R (ràtio de les dos components del poliuretà) i T (temperatura d'injecció). Després d'escollir "adequadament" els nivells i donada la gran variabilitat detectada en la duresa es va decidir replicar l'experiment. Els resultats obtinguts (entre parèntesis l'ordre aleatori de realització dels experiments) van ser:

P	R	T	Duresa1	Duresa2.
-1	-1	-1	35 <sup>(7)</sup>	18 <sup>(12)</sup>
1	-1	-1	62 <sup>(1)</sup>	47 <sup>(9)</sup>
-1	1	-1	28 <sup>(3)</sup>	31 <sup>(10)</sup>
1	1	-1	55 <sup>(5)</sup>	56 <sup>(14)</sup>
-1	-1	1	49 <sup>(2)</sup>	26 <sup>(16)</sup>
1	-1	1	48 <sup>(8)</sup>	31 <sup>(13)</sup>
-1	1	1	34 <sup>(4)</sup>	39 <sup>(11)</sup>
1	1	1	45 <sup>(6)</sup>	44 <sup>(15)</sup>

- a) Amb quin criteri haguessis escollit els nivells? Quina opinió et mereix l'aleatorització realitzada?
- b) De quina manera afecta a la duresa cadascun dels factors?
- c) Hi ha diferències significatives entre les dues rèpliques?

A causa de la sospita de diferències entre les dues rèpliques, es posa de manifest que entre la primera i la segona rèplica van transcórrer dues setmanes, durant les quals van canviar considerablement les condicions meteorològiques.

Considera que les 16 respostes obtingudes corresponen a un disseny 24, on un nou factor W (nivell -1 per als vuit experiments de la primera rèplica i nivell +1 per als vuit experiments de la segona rèplica) representa les diferències en el procés (meteorològiques o d'altre tipus) durant les dues setmanes transcorregudes entre la primera i la segona rèplica.

- d) Quins factors afecten ara a la resposta? Compara-ho amb les conclusions dels apartats b) i c).
- e) Et suggereix alguna conseqüència important de tipus pràctic l'estudi de la interacció entre W i R?



## Exercici: Gabriel

*Gabriel* és un detergent en pols de molt èxit. Es desitja aconseguir que la roba sempre quedi molt blanca quan es renta amb *Gabriel*. Es fa un disseny d'experiments amb 4 factors de control i 1 factor de soroll:

Factors de control	Nivell -1	Nivell +1
A: Agent netejador	20 %	40 %
B: Exfoliant tèxtil	5 %	10 %
C: Perfum	Espígol	Bergamota
D: Presència de micropel·les	No	Sí

Factor de soroll	Nivell -1	Nivell +1
R: Duresa de l'aigua	Baixa	Alta

La blancor es mesura en una escala de 0 a 10 (valor més alt significa més blanc). Els resultats de l'experiment (amb la matriu escrita en ordre estàndard) són els següents:

A	B	C	D	R: Baixa	R: Alta
20	5	Espigol	No	5,8	4,8
40	5	Espigol	No	7,1	6,0
20	10	Espigol	No	6,9	5,9
40	10	Espigol	No	7,1	6,0
20	5	Bergamota	No	5,7	4,7
40	5	Bergamota	No	7,1	6,1
20	10	Bergamota	No	6,9	5,9
40	10	Bergamota	No	7,0	5,9
20	5	Espigol	Si	5,2	5,4
40	5	Espigol	Si	6,5	6,6
20	10	Espigol	Si	6,4	6,5
40	10	Espigol	Si	6,5	6,5
20	5	Bergamota	Si	5,4	5,3
40	5	Bergamota	Si	6,5	6,6
20	10	Bergamota	Si	6,3	6,3
40	10	Bergamota	Si	6,5	6,5

Respon les següents preguntes amb claredat i precisió, justificant la resposta:

- Quin tipus de disseny s'ha fet? Quina resolució té? Quins efectes poden ser estimats?
- Sempre es diu que si no suposa una despesa addicional cal aleatoritzar l'ordre d'experimentació. Per què?
- Quins factors afecten a la blancor i de quina manera?
- Proposa les millors condicions de treball per obtenir la màxima blancor.
- Hi ha alguna condició dels factors de control que ens facin el detergent robust enfront diferents tipus d'aigua?

NOTA: Pots analitzar el disseny fent servir la matriu producte o la matriu ampliada.



## Exercici: Durabilitat de camionetes

A la tardor de 1986 es van realitzar al desert proves de durabilitat amb camionetes de General Motors que havien mostrat un desgast excessiu als capçals fets servir en l'assemblatge dels frens posteriors, la qual cosa provocava que els frens s'afluïxessin.

Es van seleccionar 8 factors que es pensava podien afectar al desgast: 4 factors de disseny del producte i uns altres 4 aliens al disseny (que es poden controlar en l'experiment però no en la pràctica habitual).

Factors soroll	Nivell -	Nivell +
A. Força del resort	Mínima	Màxima
B. Disseny motor	DELCO	GMC
C. Condió de la rebladora	Nova	Usada
D. Mètode	A	B

Factors de disseny	Nivell -	Nivell +
E. Acabat	Envernissat	Polit
F. Proveïdor	Acme	Townsend
G. Longitud rebladura	Curta	Llarga
H. Profunditat taladre	0,05''	0,06''

El resultat de l'experimentació segons un disseny  $2^{8-4}$  amb generadors E=BCD, F=ACD, G=ABC i H=ABD és el següent (en ordre estàndard):

Desgast	Els tècnics ens comuniquen, ja abans de començar l'experiment, que els factors F, G i C no interaccionen, i per tant assumim això en l'anàlisi dels resultats.
14,8	
107,5	
99,0	
13,8	
180,5	a) En aquest cas, en comptes de tenir una matriu amb els factors de control i una altra amb els factors soroll i fer tots els experiments que resulten de "creuar" les dues, s'ha optat per ajuntar factors de control i soroll i fer directament un disseny $2^{8-4}$ . Quins avantatges pot tenir fer-ho així? Es poden analitzar els resultats via matriu producte en aquest cas?
167,5	
186,8	
139,6	
117,3	
104,5	
94,3	
111,9	
153,5	b) Quina resolució té aquest disseny experimental? Es poden estimar els efectes principals i les interaccions de 2 lliures de confusió?
78,5	
89,7	
144,8	

c) Quant a aconseguir mínim desgast: analitza i interpreta els resultats de l'experiment. Afecten de la mateixa manera els 4 factors de control al desgast? Quins nivells dels factors de control ens interessen per tenir mínim desgast?

d) Quant a aconseguir un producte robust, amb mínima variabilitat: podem situar algun factor de control a nivell alt o baix per fer el producte més robust enfront els factors soroll? Transmeten tots els factors soroll el mateix nivell de variabilitat a la resposta?

e) Escriu un model per al desgast. Amb les millors condicions de control, quin és el desgast mínim que podem esperar?



### Exercici: Fabricació de catèters

Una empresa que fabrica catèters té un percentatge molt elevat (15 %) de rebuig en un dels passos del procés de producció (concretament, els problemes es concentren en la soldadura del tub rígid amb el tub tou, després de la qual els catèters queden sovint amb aspresa).

Després d'una sessió de *brainstorming* on els tècnics de l'empresa han proposat variables que podrien afectar la soldadura i fer que el catèter sortís aspre es decideix fer un disseny d'experiments per intentar reduir el percentatge de rebuig.

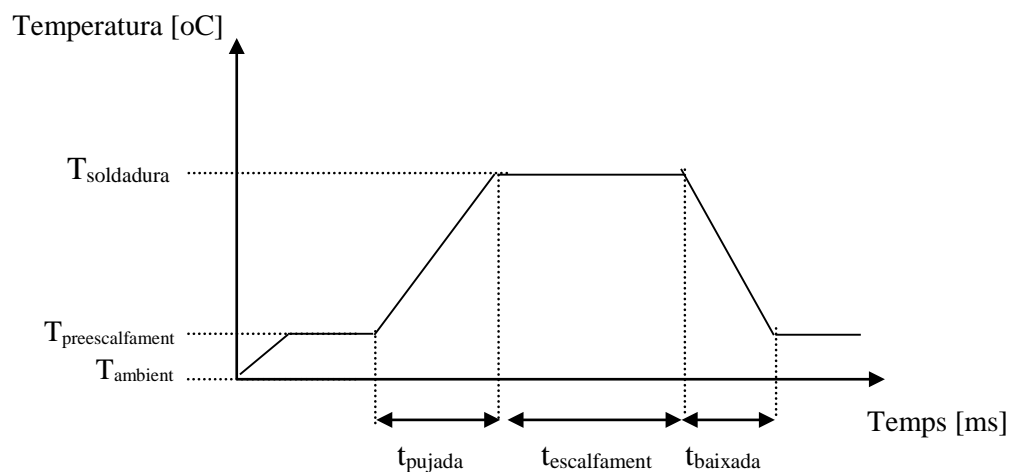
Abans de la soldadura:



Després de la soldadura:



Els tècnics pensen que la forma de la corba temperatura-temps a que se sotmeten els tubs pot influir molt en la soldadura. Aquesta és la corba temperatura-temps:



- a) Doneu una llista de factors per al disseny d'experiments que caracteritzin la corba temperatura-temps

Després de la soldadura es fa una inspecció visual al 100% dels catèters per mirar la seva aspresa. Un catèter només és acceptat si té tota la superfície sense aspresa.

Es pot fer una gradació (comparant cada catèter amb un patró) per l'aspresa. És aquesta:

- Catèter no aspre (tota la superfície sense aspresa).
- Un punt aspre.
- Un sector petit aspre.
- Un sector gran aspre
- Catèter aspre (tota la superfície amb aspresa).

Quina creieu que pot ser la resposta pel disseny d'experiments que es vol realitzar i com es mesura?

- b)** Els tècnics del procés escullen finalment 5 paràmetres de la màquina de soldadura com a factors de control i 3 condicions de la matèria primera com a factors soroll per al disseny. Proposeu un disseny experimental per la matriu interna (factors de control) i per la matriu externa (factors soroll) si com a molt es poden fer 70 experiments en aquesta primera tongada.