

### Ejercicio 1

Los estudiantes de un laboratorio de electrónica de una universidad notaban que las mediciones de voltaje realizadas sobre un circuito que ellos habían construido en clase no eran constantes. El profesor a cargo del laboratorio decidió llevar a cabo un experimento para identificar la fuente de tal variación. Los 3 factores cuyos efectos se desean evaluar fueron: la temperatura del ambiente donde se llevan a cabo las mediciones (A), el tiempo de calentamiento del voltímetro (B) y el tiempo transcurrido desde que el circuito se conectaba a la electricidad y la toma de la medición (C). Todos los factores fueron ensayados en 2 niveles: A: 22° (temperatura ambiente) y 32° (temperatura en algunos ambientes industriales); B y C: 30 segundos y 5 minutos. El mismo circuito fue utilizado para cada medición. Se realizaron dos réplicas de cada prueba y el orden en que se realizaron las mediciones fue aleatorizado. Los resultados del experimento se muestran a continuación.

A	B	C	Orden	Voltaje
22	0.5	0.5	5	705
32	0.5	0.5	14	620
22	5	0.5	15	700
32	5	0.5	1	629
22	0.5	5	8	672
32	0.5	5	12	668
22	5	5	10	715
32	5	5	9	647
22	0.5	0.5	4	680
32	0.5	0.5	7	651
22	5	0.5	2	685
32	5	0.5	3	635
22	0.5	5	11	654
32	0.5	5	16	691
22	5	5	6	672
32	5	5	13	673

- Analizar los datos del experimento. ¿Cuáles factores afectan la medición de voltaje del circuito? ¿De qué forma?
- Determinar los niveles de los factores en que se deberían realizar las mediciones de voltaje.
- Construir los gráficos que permiten analizar si se cumplen los supuestos del modelo.

Lawson, J. (2014). *Design and Analysis of Experiments with R*. CRC press.

Capítulo 7. Ejemplo de la página 297

Ejemplo 3.7.3

### Ejercicio 2.

La Isatina es un compuesto químico cristalino rojo utilizado en la fabricación de tintes. Este compuesto es el resultado de un proceso químico en el que intervienen 4 factores: A: cantidad de ácido (mL); B: concentración de ácido (%); C: tiempo de reacción (min); y D: temperatura de reacción (°C). En un laboratorio en el que se produce la Isatina, se llevó a cabo un experimento para determinar los niveles de los factores que conducen al mayor rendimiento de este compuesto. Los factores fueron ensayados a dos niveles: A: 35 y 45mL; B: 87% y 93%; C: 15 y 30min; y D: 60 y 70°C. La tabla a continuación enumera el rendimiento en gramos por 10 gr de material base. El investigador no tenía conocimiento del comportamiento de las fuentes de variación pero decide ignorar las interacciones de tres factores y de orden superior.

- Construya el gráfico de probabilidad normal para las estimaciones de los efectos. ¿Cuáles efectos parecen ser grandes?
- Realice un análisis de variancia para confirmar lo detectado en el punto a.
- Grafique los residuos en papel de probabilidad normal, los residuos contra los rendimientos predichos y los residuos contra los factores e interpréte los.
- Construya los gráficos de interacciones que considere necesarios e interpréte los.

- e. ¿Qué recomendaciones haría respecto a las condiciones de operación del proceso? ¿Qué rendimiento espera obtener si se actúa bajo esas recomendaciones?

Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John wiley & sons.  
Capítulo 6. Ejercicio 6.38

A	B	C	D	Rendimiento
-1	-1	-1	-1	6.08
1	-1	-1	-1	6.04
-1	1	-1	-1	6.53
1	1	-1	-1	6.43
-1	-1	1	-1	6.31
1	-1	1	-1	6.09
-1	1	1	-1	6.12
1	1	1	-1	6.36
-1	-1	-1	1	6.79
1	-1	-1	1	6.68
-1	1	-1	1	6.73
1	1	-1	1	6.08
-1	-1	1	1	6.77
1	-1	1	1	6.38
-1	1	1	1	6.49
1	1	1	1	6.23

### Ejercicio 3.

Un producto químico se produce en un recipiente a presión. Se realiza un experimento factorial en la planta para estudiar los efectos que se cree influyen sobre la tasa de filtración de ese producto. Los cuatro factores son temperatura (A), presión (B), concentración de los reactivos (C) y rapidez de mezclado (D) y se ensayan a dos niveles. La tabla 3 contiene los resultados del experimento. El objetivo es maximizar la rapidez de filtración. Las condiciones actuales del proceso dan por resultados velocidad de filtración aproximadas de 75 gal/h. Analice los datos y obtenga conclusiones.

Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John wiley & sons.  
Capítulo 6. Ejemplo 6.2

Número de prueba	Factor				Rapidez de filtración
	A	B	C	D	
1	-	-	-	-	45
2	+	-	-	-	71
3	-	+	-	-	48
4	+	+	-	-	65
5	-	-	+	-	68
6	+	-	+	-	60
7	-	+	+	-	80
8	+	+	+	-	65
9	-	-	-	+	43
10	+	-	-	+	100
11	-	+	-	+	45
12	+	+	-	+	104
13	-	-	+	+	75
14	+	-	+	+	86
15	-	+	+	+	70
16	+	+	+	+	96
17	0	0	0	0	73
18	0	0	0	0	75
19	0	0	0	0	71
20	0	0	0	0	69
21	0	0	0	0	76

**Ejercicio 4.**

Un ingeniero está interesado en estudiar el efecto que tiene 3 factores sobre la duración de una herramienta. Los factores son velocidad de corte (A), configuración (B) y ángulo de corte (C). Se eligen 2 niveles de cada uno de los factores y se realiza un diseño  $2^3$ . Sin embargo, dado que no se pudo obtener todas las observaciones usando el mismo lote de acero, el diseño consistió de 2 bloques de 4 observaciones cada uno con ABC confundido. Describa el diseño y analice los datos.

Montgomery, D. (1998). Diseño y análisis de experimentos. 589 p. Grupo Editorial Iberoamericana SA, Segunda Edición, México.

Capítulo 9. Ejercicio 9.1

Tratamiento	A	B	C	Duración
(1)	-	-	-	22
a	+	-	-	32
b	-	+	-	35
ab	+	+	-	55
c	-	-	+	44
ac	+	-	+	40
bc	-	+	+	60
abc	+	+	+	49

**Ejercicio 5.**

Suponga que se realizó un experimento factorial  $2^5$  en bloques que no puedan tener más de ocho unidades experimentales.

- ¿Cuántos bloques habrá?
- ¿Cuántos contrastes de definición se requieren para una réplica del experimento?
- ¿Cuántos efectos adicionales se confundirán con los bloques?
- Elija algún(os) contraste(s) de definición para construir una réplica del diseño y determine que otra(s) interacción(es) se confundirá(n) con los bloques.

### Ejercicios Propuestos

#### Ejercicio 1.

Se realizó un experimento para mejorar la fuerza de adhesión (resistencia) obtenida en el proceso de adhesivado de planchas de poliuretano utilizadas en el revestimiento interior de diversos equipos. El objetivo perseguido era garantizar una resistencia mínima de 4newtons. El equipo que estudiaba el problema decidió realizar un experimento estudiando 4 factores a 2 niveles: cantidad de adhesivo (gramaje), temperatura de presecado del pegamento (tpresec), temperatura en el túnel de curado (ttunel) y presión entre los rodillos de la máquina (presión). Los resultados de las 16 pruebas en el orden estándar fueron: 3,80; 4,34; 3,54; 4,59; 3,95; 4,83; 4,86; 5,28; 3,29; 2,82; 4,59, 4,68; 2,73; 4,31; 5,16; 6,06.

- Realizar el ANOVA de los resultados incluyendo todos los efectos simples e interacciones dobles. Repetir el análisis incluyendo en la SCE las interacciones no significativas.
- Interpretar los resultados obtenidos Obtener cuáles serían los niveles operativos óptimos para maximizar la resistencia media obtenida.
- ¿Qué resistencia media se puede esperar en las condiciones óptimas halladas en el experimento?

#### Ejercicio 2.

Con el objetivo de estudiar el efecto que las 4 dimensiones críticas del carburador tienen sobre la potencia del motor se llevó a cabo un experimento  $2^4$  con una sola réplica. Los datos obtenidos se presentan en la tabla.

Número de corrida	Factor				Rapidez de filtración
A	B	C	D		
1	-	-	-	-	14,8
2	+	-	-	-	24,8
3	-	+	-	-	12,3
4	+	+	-	-	20,1
5	-	-	+	-	13,8
6	+	-	+	-	22,3
7	-	+	+	-	12,0
8	+	+	+	-	20,0
9	-	-	-	+	16,3
10	+	-	-	+	23,7
11	-	+	-	+	13,5
12	+	+	-	+	19,4
13	-	-	+	+	11,3
14	+	-	+	+	23,6
15	-	+	+	+	11,2
16	+	+	+	+	21,8

- ¿Cuál es la dimensión del carburador que tiene más efecto sobre la potencia del carburador?
- ¿Cuáles son las dimensiones que conducen a la mayor potencia del motor?
- ¿Qué potencia en promedio se espera lograr en dichas condiciones?

#### Ejercicio 3.

Diseñe un experimento con 6 factores medidos en 2 niveles y a ser realizado en 4 bloques. Determine qué efectos se confunden con los bloques.