**EJERCICIOS PARA BIOESTADISTICA Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

ESTADISTICA DESCRIPTIVA

Ejercicio 1. En el siguiente conjunto de datos, se proporcionan los pesos (redondeados a libras) de niños nacidos en cierto intervalo de tiempo:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4 | 8 | 4 | 6 | 8 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 10 | 9 |
| 7 | 6 | 10 | 8 | 5 | 9 | 6 | 3 | 7 | 6 | 4 | 7 |
| 6 | 9 | 7 | 4 | 7 | 6 | 8 | 8 | 9 | 11 | 8 | 7 |
| 10 | 8 | 5 | 7 | 7 | 6 | 5 | 10 | 8 | 9 | 7 | 5 |
| 6 | 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Realizar un análisis estadístico descriptivo.

Ejercicio 2. Clasen *et al.* (A-I) estudiaron la oxidación de esparteína y mefenitoina en un grupo de individuos residentes de una ciudad. Se representaron dos poblaciones en su estudio: habitantes del este y del oeste de esta ciudad. Los investigadores se interesaron en comparar los dos grupos con respecto a las variables de interés. La tabla siguiente muestra las edades de 169 individuos del oeste de la ciudad. Para propósitos ilustrativos, considere que estos individuos forman una población de tamaño *N* = 169 de la que se quiere obtener una muestra aleatoria simple de tamaño 10.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ind. Num. | edad | ind. Num. | edad | ind. Num. | edad | ind. Num. | edad | ind. Num. | edad | ind. Num. | edad |
| 1 | 27 | 29 | 24 | 57 | 29 | 85 | 31 | 113 | 45 | 141 | 37 |
| 2 | 27 | 30 | 29 | 58 | 26 | 86 | 26 | 114 | 28 | 142 | 40 |
| 3 | 42 | 31 | 32 | 59 | 52 | 87 | 23 | 115 | 42 | 143 | 31 |
| 4 | 23 | 32 | 38 | 60 | 20 | 88 | 18 | 116 | 40 | 144 | 26 |
| 5 | 37 | 33 | 62 | 61 | 37 | 89 | 38 | 117 | 26 | 145 | 30 |
| 6 | 47 | 34 | 25 | 62 | 27 | ·90 | 53 | 118 | 29 | 146 | 27 |
| 7 | 30 | 35 | 34 | 63 | 63 | 91 | 40 | 119 | 48 | 147 | 26 |
| 8 | 27 | 36 | 46 | 64 | 44 | 92 | 23 | 120 | 53 | 148 | 36 |
| 9 | 47 | 37 | 24 | 65 | 22 | 93 | 24 | 121 | 27 | 149 | 24 |
| 10 | 41 | 38 | 45 | 66 | 44 | 94 | 18 | 122 | 38 | 150 | 50 |
| 11 | 19 | 39 | 26 | 67 | 45 | 95 | 49 | 123 | 53 | 151 | 31 |
| 12 | 52 | 40 | 29 | 68 | 40 | 96 | 49 | 124 | 33 | 152 | 42 |
| 13 | 48 | 41 | 48 | 69 | 48 | 97 | 39 | 125 | 24 | 153 | 34 |
| 14 | 48 | 42 | 34 | 70 | 36 | 98 | 32 | 126 | 25 | 154 | 27 |
| 15 | 32 | 43 | 41 | 71 | 51 | 99 | 25 | 127 | 43 | 155 | 28 |
| 16 | 35 | 44 | 53 | 72 | 31 | 100 | 32 | 128 | 39 | 156 | 31 |
| 17 | 22 | 45 | 30 | '73 | 28 | 101 | 23 | 129 | 40 | 157 | 40 |
| 18 | 23 | 46 | 27 | 74 | 44 | 102 | 47 | 130 | 22 | 158 | 28 |
| 19 | 37 | 47 | 22 | 75 | 63 | 103 | 34 | 131 | 25 | 159 | 29 |
| 20 | 33 | 48 | 27 | 76 | 30 | 104 | 26 | 132 | 21 | 160 | 29 |
| 21 | 26 | 49 | 38 | 77 | 21 | 105 | 46 | 133 | 26 | 161 | 24 |
| 22 | 22 | 50 | 26 | 78 | 50 | 106 | 21 | 134 | 41 | 162 | 28 |
| 23 | 48 | 51 | 27 | 79 | 30 | 107 | 19 | 135 | 47 | 163 | 22 |
| 24 | 43 | 52 | 30 | 80 | 31 | 108 | 37 | 136 | 30 | 164 | 50 |
| 25 | 34 | 53 | 32 | 81 | 30 | 109 | 36 | 137 | 42 | 165 | 30 |
| 26 | 28 | 54 | 43 | 82 | 24 | 110 | 24 | 138 | 33 | 166 | 38 |
| 27 | 23 | 55 | 29 | 83 | 26 | 111 | 51 | 139 | 31 | 167 | 28 |
| 28 | 61 | 56 | 24 | 84 | 56 | 112 | 30 | 140 | 29 | 168 | 23 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 169 | 39 |

Obtener la muestra aleatoria de tamaño n=10.

|  |
| --- |
| Ejercicio 3. En un estudio de la actividad proliferativa del cáncer de seno, Veronese y Gambacorta (A-1) utilizaron los métodos inmunohistoquímicos y de anticuerpos monoclonal Ki-67. Los investigadores obtuvieron tejido tumoral de 203 pacientes con carcinoma de pecho. Los pacientes tenían entre 26 y 82 años. La siguiente tabla muestra los valores de Ki-67 (expresados en porcentajes) para esos pacientes. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 10.12 | 10.8 | 10:54 | 27.3 | 8.38 |
| 10.15 | 5.48 | 23.5 | 32.6 | 42.7 |
| 19.3 | 16.4 | 4.4 | 26.8 | 16.6 |
| 33 | 11.65 | 26.3 | 1.73 | 35.9 |
| 9.63 | 9.31 | 7.4 | 9.35 | 14.78 |
| ~1.42 | 25.11 | 12.6 | 17.96 | 41.12 |
| 28.3 | 19.5 | 15.92 | 19.4 | 7.19 |
| 4.65 | 73 | 17.84 | 10.9 | 2.74 |
| 21.09 | 11.95 | 33.30 .. | 4.53 | 19.4 |
| 1 | 27 | 9.03 | 51.2 | 6.4 |
| 13.72 | 32.9 | 9.8 | 2.43 | 2 |
| 8.77 | 9.4 | 35.4 | 51.7 | 43.5 |
| 3 | 4.7 | 14 | 15 | 3.6 |
| 4.09 | 9.2 | 6.2 | 5 | 15 |
| 17.6 | 50 | 10 | 20 | 30 |
| 5.22 | 5 | 15 | 25 | 10 |
| 12.7 | 30 | 10 | 15 | 20 |
| 7.39 | 4 | 25 | 20 | 30 |
| 21.36 | 49.85 | 29.7 | 19.95 | 5 |
| 11.36 | 24.89 | 29.55 | 10 | 38:90 |
| 8.12 | 28.85 | 19.8 | 4.99 | 6 |
| 3.14 | 5 | 44.2 | 30 | 9.88 |
| 4.33 | 9.2 | 4.87 | 10 | 29.1 |
| 5.07 | 2 | 3 | 2 | 2.96 |
| 8.1 | 4.84 | 9.79 | 5 | 9.5 |
| 4.23 | 10 | 19.83 | 20 | 4.77 |
| 13.11 | 75 | 20 | 5 | 4.55 |
| 4.07 | 14.79 | 8.99 | 3.97 | 30 |
| 6.07 | 15 | 40 | 18.79 | 13.76 |
| 45.82 | 4.32 | 5.69 | 1.42 | 18.57 |
| 5.58 | 12.82 | 4.5 | 4.41 | 1.88 |
| 5 | 10 | 4.12 | 14.24 | 9.11 |
| 9.69 | 8.37 | 6.2 | 2.07 | 3.12 |
| 4.14 | 2.03 | 2.69 | 3.69 | 5.42 |
| 4.59 | 10 | 6.27 | 6.37 | 13.78 |
| 27.55 | 9.83 | 6.55 | 8.21 | 3.42 |
| 3.51 | 9.1 | 11.2 | 6.88 | 7.53 |
| 8.58 | 5 | 29.5 | 9.6 | 6.03 |
| 14.7 | 5.6 | 28.1 | 5.48 | 7 |
| 6.72 | 3.32 | 13.52 | 5.7 | 17.8 |
| 13.1 | 9.75 | 7.37 |

**Ejercicio 4.-** En un estudio de dos semanas sobre la productividad de 100 trabajadores, se obtuvieron los siguientes datos sobre el número total de piezas fabricadas por trabajador.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 65 | 39 | 54 | 79 | 32 | 43 | 53 | 41 | 40 | 47 |
| 68 | 35 | 68 | 22 | 35 | 50 | 35 | 43 | 76 | 58 |
| 46 | 51 | 61 | 65 | 34 | 76 | 69 | 57 | 33 | 40 |
| 45 | 85 | 84 | 63 | 53 | 64 | 54 | 51 | 52 | 70 |
| 55 | 55 | 62 | 44 | 28 | 21 | 36 | 34 | 82 | 56 |
| 60 | 47 | 73 | 53 | 88 | 42 | 56 | 45 | 37 | 48 |
| 65 | 49 | 52 | 50 | 80 | 41 | 70 | 68 | 38 | 77 |
| 35 | 55 | 45 | 56 | 51 | 67 | 74 | 74 | 75 | 62 |
| 36 | 57 | 45 | 82 | 67 | 60 | 61 | 78 | 60 | 26 |
| 72 | 62 | 73 | 59 | 59 | 74 | 52 | 50 | 61 | 48 |

1. Realizar un análisis descriptivo.

**Ejercicio 5.-** Se registró el tiempo (en meses) entre el inicio de una enfermedad en particular y su repetición en 50 pacientes.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2.1 | 19.2 | 14.1 | 3.7 | 9.0 | 4.1 | 8.7 | 1.6 | 8.2 | 0.2 |
| 8.2 | 1.3 | 26.7 | 9.9 | 1.2 | 18.0 | 0.4 | 6.1 | 9.6 | 1.6 |
| 0.3 | 18.0 | 32.3 | 3.3 | 2.4 | 5.6 | 3.9 | 1.4 | 7.4 | 7.4 |
| 11.4 | 2.7 | 4.3 | 2.4 | 23.1 | 6.6 | 0.2 | 14.7 | 5.8 | 8.3 |
| 4.4 | 6.9 | 1.0 | 12.6 | 2.0 | 18.4 | 24.0 | 13.5 | 16.7 | 3.5 |

1. Realizar un análisis descriptivo.

**Ejercicio 6.-** Considere la siguiente muestra (La resistencia de 50 lotes de algodón, libras necesarias para romper una madeja).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 74 | 100 | 90 | 99 | 97 | 89 | 108 | 94 | 87 | 79 |
| 101 | 90 | 105 | 83 | 91 | 96 | 81 | 98 | 81 | 98 |
| 105 | 110 | 91 | 99 | 101 | 94 | 106 | 98 | 93 | 82 |
| 90 | 86 | 96 | 88 | 97 | 103 | 85 | 106 | 92 | 115 |
| 97 | 101 | 102 | 96 | 100 | 76 | 96 | 81 | 101 | 93 |

1. Realizar un análisis descriptivo

Ejercicio 7. Supuestamente un cereal para desayuno contiene 200 ± 5 pasa en cada caja. En una muestra de 60 cajas, el día de ayer, mostro el siguiente número de pasas en cada caja.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 200 | 200 | 202 | 204 | 206 | 197 | 199 | 200 | 204 | 195 | 206 |
| 193 | 196 | 200 | 195 | 202 | 199 | 202 | 200 | 206 | 197 | 202 |
| 198 | 203 | 201 | 198 | 198 | 200 | 205 | 205 | 206 | 200 | 197 |
| 203 | 201 | 198 | 202 | 206 | 205 | 207 | 196 | 199 | 199 | 200 |
| 196 | 205 | 203 | 201 | 200 | 191 | 199 | 200 | 193 | 200 | 198 |
| 202 | 201 | 193 | 204 | 204 |  |  |  |  |  |  |

1. Realizar un análisis descriptivo

PRUEBA DE HIPOTESIS DE UNA MEDIA E INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MEDIA

Ejercicio 7A. Supuestamente un cereal para desayuno contiene 200 ± 5 pasa en cada caja. En una muestra de 60 cajas, el día de ayer, mostro el siguiente número de pasas en cada caja.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 200 | 200 | 202 | 204 | 206 | 197 | 199 | 200 | 204 | 195 | 206 |
| 193 | 196 | 200 | 195 | 202 | 199 | 202 | 200 | 206 | 197 | 202 |
| 198 | 203 | 201 | 198 | 198 | 200 | 205 | 205 | 206 | 200 | 197 |
| 203 | 201 | 198 | 202 | 206 | 205 | 207 | 196 | 199 | 199 | 200 |
| 196 | 205 | 203 | 201 | 200 | 191 | 199 | 200 | 193 | 200 | 198 |
| 202 | 201 | 193 | 204 | 204 |  |  |  |  |  |  |

1. Pruebe la hipótesis de que el promedio de pasas por caja es 200.
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 8. Los siguientes datos son los consumos de oxigeno (en ml) durante la incubación de una muestra aleatoria de 15 suspensiones celulares:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 14 | 14.1 | 14.5 | 13.2 | 11.2 | 14 | 14.1 | 12.2 |
| 11.1 | 13.7 | 13.2 | 16 | 12.8 | 14.4 | 12.9 |  |

1. Probar la hipótesis de que la media es igual 12 ml.
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 9. Una muestra aleatoria de 20 profesores universitarios aparentemente sanos proporciono los siguientes valores de capacidad respiratoria máxima.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 132 | 33 | 91 | 108 | 67 | 169 | 54 | 203 | 190 | 133 |
| 96 | 30 | 187 | 21 | 63 | 166 | 84 | 110 | 157 | 138 |

1. Probar la hipótesis de que la media máxima de respiración es de 110 litros por minuto.
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 10. Los siguientes datos son las presiones sistólicas sanguíneas (en mm Hg) de 12 pacientes sometidos a terapia con medicamentos contra la hipertensión:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 183 | 152 | 178 | 157 | 194 | 163 | 144 | 114 | 178 | 152 | 118 | 158 |

1. Probar la hipótesis de que la media poblacional es menor que 165
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 11. ¿Es posible concluir que la edad media de defunción por la enfermedad de células falciformes homocigótica es menor que 30 años? Una muestra de 50 pacientes proporciona las siguientes edades en años:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15.5 | 2 | 45. 1 | 1.7 | 0.8 | 1.1 | 18.2 | 9.7 | 28. 1 | 18.2 |
| 27.6 | 45 | 1 | 66.4 | 2 | 67.4 | 2.5 | 61.7 | 16.2 | 31.7 |
| 6.9 | 13.5 | 1.9 | 31.2 | 9 | 2.6 | 29.7 | 14.4 | 13.5 | 2.6 |
| 20.7 | 30.9 | 36.6 | 1.1 | 23.6 | 0.9 | 7.6 | 23.5 | 6.3 | 40.2 |
| 23.7 | 4.8 | 33.2 | 27.1 | 36.7 | 3.2 | 38 | 3.5 | 21.8 | 2.4 |

1. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 12. Los siguientes datos se refieren a los niveles de presión intraocular (en mm Hg) registrados en una muestra de 21 individuos de edad avanzada:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 14.5 | 12.9 | 14 | 16.1 | 12 | 17.5 | 14.1 | 12.9 | 17.9 | 12 |
| 16.4 | 24.2 | 12.2 | 14.4 | 17 | 10 | 18.5 | 20.8 | 16.2 | 14.9 |
| 19.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. ¿Es posible concluir a partir de estos datos que la media de la población de la cual se extrajo la muestra es mayor que 14?
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 13. Los datos que se presentan abajo son las lecturas del rendimiento de un proceso químico en días consecutivos (Leer los datos hacia abajo y hacia la derecha).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 94.1 | 86.6 | 94.3 | 94.1 | 93.1 | 85.1 | 84.6 | 97.3 | 85.1 |
| 93.2 | 91.2 | 93.2 | 92.1 | 94.6 | 84.0 | 83.6 | 96.8 | 90.5 |
| 90.6 | 86.1 | 86.7 | 96.4 | 96.3 | 93.7 | 85.4 | 94.4 | 95.6 |
| 91.4 | 90.4 | 83.0 | 88.2 | 94.7 | 87.7 | 89.7 | 96.1 | 88.3 |
| 88.2 | 89.1 | 95.3 | 86.4 | 91.1 | 90.6 | 87.6 | 98.0 | 84.1 |
| 86.1 | 87.3 | 94.1 | 85.0 | 92.4 | 89.4 | 85.1 | 85.4 | 83.7 |
| 95.1 | 84.1 | 97.8 | 84.9 | 90.6 | 88.6 | 89.6 | 86.6 | 82.9 |
| 90.0 | 90.1 | 93.1 | 87.3 | 89.1 | 84.1 | 90.0 | 91.7 | 87.3 |
| 92.4 | 95.2 | 86.4 | 89.6 | 88.8 | 82.6 | 90.1 | 87.5 | 86.4 |
| 87.73 | 86.1 | 87.6 | 90.3 | 86.4 | 83.1 | 94.3 | 84.2 | 84.5 |

1. Realizar el análisis descriptivo
2. Pruebe la hipótesis de que el rendimiento promedio del proceso químico es de 95.
3. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 14. El tiempo de falla en horas de un componente electrónico sometido a una prueba de vida acelerada se muestra en la siguiente tabla

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 127 | 124 | 121 | 118 | 124 | 119 | 137 | 133 |
| 125 | 123 | 136 | 131 | 129 | 128 | 125 | 141 |
| 131 | 120 | 140 | 125 | 121 | 133 | 124 | 125 |
| 142 | 137 | 128 | 140 | 160 | 142 | 130 | 129 |
| 151 | 124 | 129 | 131 | 125 | 123 | 122 | 126 |

1. Pruebe la hipótesis de que el tiempo de falla promedio es de 145.
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 15. En la siguiente tabla se presentan los datos de viscosidad de un producto lácteo.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 13.3 | 14.3 | 14.9 | 15.2 | 15.8 | 14.2 | 16.0 | 14.0 |
| 14.5 | 16.1 | 13.7 | 15.2 | 13.7 | 16.9 | 14.9 | 14.4 |
| 15.3 | 13.1 | 15.2 | 15.9 | 15.1 | 14.9 | 13.6 | 13.7 |
| 15.3 | 15.5 | 14.5 | 16.5 | 13.4 | 15.2 | 15.3 | 13.8 |
| 14.3 | 12.6 | 15.3 | 14.8 | 14.1 | 14.4 | 14.3 | 15.6 |
| 14.8 | 14.6 | 15.6 | 15.1 | 14.8 | 15.2 | 15.6 | 14.5 |
| 15.2 | 14.3 | 15.8 | 17.0 | 14.3 | 14.6 | 16.1 | 12.8 |
| 14.5 | 15.4 | 13.3 | 14.9 | 14.3 | 16.4 | 13.9 | 16.1 |
| 14.6 | 15.2 | 14.1 | 14.8 | 16.4 | 14.2 | 15.2 | 16.6 |
| 14.1 | 16.8 | 15.4 | 14.0 | 16.9 | 15.7 | 14.4 | 15.6 |

1. Pruebe la hipótesis de que la viscosidad promedio de 14.5.
2. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 16. En una empresa se hacen impresiones en láminas de acero que después se convierten en recipientes de productos de otras empresas. Un aspecto importante al vigilar en dicha impresión es la temperatura de horneado, donde, entre otras cosas, se presentan adherencias y la lámina se seca una vez que ha sido impresa. La temperatura de cierto horno debe de ser 25ºC con una tolerancia de ºC. Cada 2 hrs. se mide la temperatura, en la siguiente tabla se muestra los últimos 45 datos en el orden en que se obtuvieron.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Subgrupo | Temperatura | Subgrupo | Temperatura |
| 1 | 27.4 | 24 | 26.5 |
| 2 | 26.8 | 25 | 23.3 |
| 3 | 24.3 | 26 | 23.8 |
| 4 | 26.6 | 27 | 25.5 |
| 5 | 26.5 | 28 | 26.4 |
| 6 | 25.6 | 29 | 27.5 |
| 7 | 25.1 | 30 | 27.7 |
| 8 | 26.5 | 31 | 28.5 |
| 9 | 25.8 | 32 | 29.8 |
| 10 | 24.7 | 33 | 25.1 |
| 11 | 23.3 | 34 | 25 |
| 12 | 23.3 | 35 | 22.9 |
| 13 | 24.7 | 36 | 23.6 |
| 14 | 23.4 | 37 | 24.7 |
| 15 | 27.4 | 38 | 24.4 |
| 16 | 24.7 | 39 | 25.4 |
| 17 | 21.7 | 40 | 23.5 |
| 18 | 26.7 | 41 | 27.8 |
| 19 | 24.2 | 42 | 25.5 |
| 20 | 25.5 | 43 | 26.5 |
| 21 | 25.3 | 44 | 24.5 |
| 22 | 25 | 45 | 23.5 |
| 23 | 23.8 |  |  |

1. Realizar el análisis descriptivo
2. Pruebe la hipótesis de que la temperatura promedio es de 25ºC.
3. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 17. Se desea que la resistencia de un artículo sea de 300 psi. Para verificar que se cumple con tal característica de la calidad, se hacen pequeñas inspecciones periódicas y los datos se registran en la siguiente tabla.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 315.16 | 319.2 | 303.8 | 313.4 | 307.4 | 329.5 |
| 318.8 | 309.2 | 321.4 | 337.3 | 312.9 | 324.4 |
| 311.2 | 312.1 | 342.9 | 316.3 | 314.1 | 323 |
| 322 | 321.1 | 329.1 | 327.2 | 338.2 | 340.9 |
| 315.2 | 327.4 | 300.6 | 337.8 | 343 | 337.4 |
| 310.3 | 319.8 | 338.5 | 309.2 | 321.7 | 310.5 |
| 320.6 | 315.9 | 318.3 | 314.3 | 321.6 | 318 |
| 322.2 | 303.6 | 323.4 | 318.9 | 322.2 | 333.5 |
| 329.1 | 306.7 | 312.4 | 303.7 | 326.6 | 337.1 |
| 322.4 | 318.8 | 299.7 | 319.3 | 338.8 | 320.9 |
| 326.2 | 310.1 | 338.5 | 317 | 327.4 | 312.5 |
| 328.8 | 325 | 322 | 310.6 | 318.5 | 336.7 |
| 328.8 | 306.3 | 305.6 | 319.5 | 326 | 333.2 |
| 318.7 | 320.8 | 310.3 | 308.6 | 321.7 | 306 |
| 326.7 | 316.7 | 327.3 | 316.2 | 321.6 | 328.5 |

1. Realizar el análisis descriptivo
2. Pruebe la hipótesis de que la resistencia promedio es de 300 psi.
3. Realice el intervalo de confianza de la media

Ejercicio 18. En la fabricación de discos ópticos una maquina metaliza el disco. Para garantizar la uniformidad del metal en el disco, la densidad debe ser de 1.93, con una tolerancia de. En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos para un estudio inicial.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.909 | 1.917 | 1.865 | 1.991 | 1.906 |
| 1.957 | 1.829 | 1.870 | 1.917 | 1.971 |
| 1.861 | 1.946 | 1.903 | 1.951 | 1.893 |
| 1.938 | 1.913 | 1.884 | 1.907 | 1.950 |
| 1.941 | 1.966 | 1.935 | 1.936 | 1.955 |
| 2.032 | 1.914 | 1.911 | 1.820 | 1.932 |
| 1.889 | 1.963 | 1.943 | 1.918 | 1.911 |
| 1.891 | 1.978 | 1.907 | 1.922 | 1.908 |
| 1.929 | 1.870 | 1.943 | 1.819 | 1.946 |
| 1.956 | 1.904 | 1.904 | 1.907 | 1.864 |
| 1.904 | 1.910 | 1.904 | 1.903 | 1.901 |
| 1.926 | 1.984 | 1.899 | 1.938 | 1.978 |
| 1.936 | 1.903 | 1.915 | 1.932 | 2.014 |
| 1.937 | 1.949 | 1.898 | 1.952 | 1.869 |
| 1.916 | 1.961 | 1.953 | 1.954 | 1.939 |
| 1.867 | 1.898 | 1.929 | 1.953 | 1.952 |
| 1.939 | 1.918 | 1.925 | 1.912 | 1.945 |
| 1.940 | 1.880 | 1.882 | 1.949 | 1.910 |
| 1.944 | 1.919 | 1.840 | 1.940 | 1.942 |
| 1.933 | 1.965 | 2.031 | 1.902 | 1.923 |
| 1.817 | 1.878 | 1.938 | 2.058 | 1.938 |
| 1.939 | 1.956 | 1.951 | 1.898 | 1.969 |
| 1.931 | 1.894 | 1.972 | 1.936 | 1.924 |
| 1.927 | 1.895 | 1.938 | 1.859 | 1.938 |
| 1.973 | 1.949 | 1.912 | 1.870 | 1.971 |

1. Realizar el análisis descriptivo
2. Pruebe la hipótesis de que la densidad promedio es de 1.93.
3. Realice el intervalo de confianza de la media.

Ejercicio 19. Una característica clave en la calidad de las pinturas es su densidad, y un componente que influye en ésta es la cantidad de arenas que se utilizan en su elaboración. La cantidad de arena en la formulación de un lote se controla por medio del número de costales, que según el proveedor contiene 20 kg. Sin embargo, continuamente se tienen problemas en la densidad de la pintura que es necesario corregir con el Re-trabajo y reprocesos adicionales. En este contexto se decide investigar cuanta arena contiene en realidad los costales. Para ello, se toma una muestra de 30 costales de cada lote o pedido (500). Los pesos obtenidos en las muestras de los últimos tres lotes se muestran en la siguiente tabla. Las especificaciones iniciales que se establecen para el peso de los costales de arena son de 20

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lote | Peso en costales | | | Lote | Peso en costales | | | Lote | Peso en costales | | |
| 1 | 18.6 | 19.1 | 19.6 | 2 | 18.6 | 19.6 | 18.9 | 3 | 20.1 | 19.7 | 19.9 |
| 19.2 | 18.6 | 19.4 | 19.5 | 19.7 | 19.3 | 20 | 19.6 | 20.4 |
| 19.5 | 19.4 | 19.8 | 20 | 19 | 18.8 | 20.2 | 20.1 | 20.5 |
| 19.2 | 18.7 | 19.1 | 19.9 | 19.4 | 18.4 | 20.2 | 19.7 | 20.3 |
| 18.9 | 21 | 20 | 19.1 | 17.8 | 20.7 | 19.7 | 19.7 | 19.6 |
| 19.4 | 19.8 | 20.4 | 18.4 | 20.1 | 19.2 | 19.7 | 20 | 20 |
| 19 | 19 | 18.8 | 18.8 | 19.6 | 19 | 21 | 20.4 | 20.4 |
| 20 | 18.6 | 19.3 | 18.5 | 19.4 | 19.6 | 20.8 | 19.8 | 20.6 |
| 19.3 | 19.6 | 19.1 | 18.9 | 19.7 | 20.6 | 20 | 19.1 | 20 |
| 20 | 19 | 19.1 | 18.4 | 20.3 | 19.7 | 19.7 | 19.8 | 20.2 |

1. Realizar el análisis descriptivo para cada lote
2. Pruebe la hipótesis de que el peso promedio es de 20 Kg, para cada lote.
3. Realice el intervalo de confianza de la media, para cada lote.

COMPARACIONES DE DOS POBLACIONES

Ejercicio 20 . Se desea comparar el nivel de conocimiento de los estudian­tes del último semestre de dos licenciaturas diferentes, sobre dos áreas específicas. Para ello se toma una muestra aleatoria de 15 estudiantes de cada carrera y se les aplica un test. Los resultados se muestran a continuación.

|  |  |
| --- | --- |
| Licenciatura | |
| A | B |
| 93 | 81 |
| 81 | 66 |
| 76 | 76 |
| 88 | 71 |
| 86 | 63 |
| 80 | 76 |
| 77 | 78 |
| 89 | 67 |
| 67 | 90 |
| 50 | 85 |
| 92 | 69 |
| 75 | 84 |
| 84 | 88 |
| 78 | 98 |
| 65 | 95 |

1. Realizar una prueba de comparación de dos medias
2. Realizar una prueba de comparación de las varianzas

Ejercicio 21. Un investigador desea probar que cierto método educativo es más eficaz para el entendimiento de conceptos abstractos, que el método tradicional. De acuerdo a las condiciones experimen­tales el mejor diseño que puede efectuar es el de GRUPO CONTROL NO E­QUIVALENTE, en consecuencia, experimenta con dos grupos escolares, a uno se le instruye con el nuevo método y al otro con el tradicio­nal. Aplica un pre-test y un pos-test a cada grupo, los resultados son:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Método nuevo | |  | Método tradicional | |
| Pre-test |  | Pos-test | Pre-test |  | Pos-test |
| 85 |  | 93 | 76 |  | 80 |
| 75 |  | 80 | 90 |  | 92 |
| 78 |  | 75 | 45 |  | 50 |
| 82 |  | 84 | 34 |  | 50 |
| 67 |  | 83 | 78 |  | 75 |
| 83 |  | 100 | 71 |  | 74 |
| 95 |  | 50 | 95 |  | 90 |
| 56 |  | 68 | 63 |  | 60 |
| 64 |  | 93 | 90 |  | 92 |
| 90 |  | 82 | 85 |  | 79 |

1. Realizar una prueba de comparación de dos medias, donde la variable de medida es la diferencia del pos-test menos el pre-test en cada método.
2. Realizar una prueba de comparación de varianzas.

Ejercicio 22. Se analizaron dos catalizadores para determinar la forma en que afecta el rendimiento promedio de un proceso químico. De manera específica, el catalizador 1 es el que se está empleando en este momento, el cual es aceptable. Debido a que el catalizador 2 es más económico, este puede adoptarse siempre y cuando no cambie el rendimiento del proceso. Se hace una prueba en la planta piloto; los resultados están en la siguiente tabla:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| NUMERO DE OBSERVACIÓN | CATALIZADOR 1 | CATALIZADOR 2 |
| 1 | 91.5 | 89.19 |
| 2 | 94.18 | 90.95 |
| 3 | 92.18 | 90.46 |
| 4 | 95.39 | 93.21 |
| 5 | 91.79 | 97.19 |
| 6 | 89.07 | 97.04 |
| 7 | 94.72 | 91.07 |
| 8 | 89.21 | 92.75 |

1. Realizar una comparación de medias de los dos catalizadores
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 23. Se prueban dos niveles de temperatura para ver si influye en el encogimiento de una pieza. Se hacen 10 mediciones de cada nivel de temperatura y los resultados son los siguientes:

|  |  |
| --- | --- |
| TEMPERATURA BAJA | TEMPERATURA ALTA |
| 17.2 | 21.4 |
| 17.5 | 20.9 |
| 18.6 | 19.8 |
| 15.9 | 20.4 |
| 16.4 | 20.6 |
| 17.3 | 21 |
| 16.8 | 20.8 |
| 18.4 | 19.9 |
| 16.7 | 21.1 |
| 17.6 | 20.3 |

1. Realizar una comparación de medias de los dos niveles de temperatura
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 24. Se realiza un estudio para comparar dos tratamientos a aplicarse a los frijoles crudos, con el objetivo de reducir el tiempo de cocción. Un tratamiento (T1) es a base de bicarbonato de sodio, y el otro, T2, es a base de cloruro de sodio o sal común. La variable de respuesta es el tiempo de cocción en minutos. Se hacen siete replicas. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

|  |  |
| --- | --- |
| Tratamiento | Tiempo |
| T1 | 76 85 74 78 82 75 82 |
| T2 | 57 67 55 64 61 63 63 |

1. Realizar una comparación de medias de los dos niveles de tratamiento
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 25. En Kocaoz, S. Samaranayake, V.A. Nanni. A. (2005) Se presenta un estudio donde se estudian dos tipos de barras de polímero reforzado con fibra de vidrio (FRP), en cuanto a tensión. Este tipo de barras son utilizadas como reforzantes en concreto, en reemplazo de las vigas de acero; por lo cual su caracterización es importante para fines de diseño, control y optimización para los ingenieros estructurales. Las barras se sometieron a tensión hasta registrarse su ruptura (en Mpa). Los datos para dos tipos de barras se muestran a continuación.

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de Barra | Resistencia |
| 1 | 939 976 1025 1034 1015 1015 1022 815 |
| 2 | 1025 938 1015 983 843 1053 1038 938 |

1. Realizar una comparación de medias de los dos tipos de barra
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 26. Bajo condiciones controladas, en un laboratorio se evaluó en 10 hombres y 10 mujeres, la temperatura que cada persona encontró más confortable. Los resultados en grados Fahrenheit fueron los siguientes:

|  |  |
| --- | --- |
| Mujer | Hombre |
| 75 | 74 |
| 77 | 72 |
| 78 | 77 |
| 79 | 76 |
| 77 | 76 |
| 73 | 73 |
| 78 | 75 |
| 79 | 73 |
| 78 | 74 |
| 80 | 75 |

1. Realizar una comparación de medias de las temperaturas entre hombre y mujer.
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 27. Una compañía de transporte de carga desea escoger la mejor ruta para llevar la mercancía de un depósito a otro. La mayor preocupación es el tiempo de viaje. En el estudio se seleccionaron al azar cinco choferes de un grupo de 10 y se asignaron a la ruta *A*; los cinco restantes se asignaron a la ruta *B*. Los datos obtenidos fueron

|  |  |
| --- | --- |
| Ruta A | Ruta B |
| 18 | 22 |
| 24 | 29 |
| 30 | 34 |
| 21 | 25 |
| 32 | 35 |

1. Realizar una comparación de medias de las rutas.
2. Realizar una comparación de varianzas

Ejercicio 28. Se tienen dos proveedores de una pieza metálica, cuyo diámetro ideal o *valor objetivo* es igual a 20.25 cm con especificaciones . Se toman dos muestras de 14 piezas a cada proveedor y los datos obtenidos se muestran a continuación.

|  |  |
| --- | --- |
| Proveedor 1 | Proveedor 2 |
| 21.38 | 21.51 |
| 18 | 22.6 |
| 21.89 | 21.53 |
| 20.13 | 22.2 |
| 22.4 | 21.51 |
| 22.6 | 22.22 |
| 19.12 | 21.49 |
| 21.94 | 21.29 |
| 18.1 | 21.92 |
| 19.85 | 21.91 |
| 19.07 | 22.71 |
| 19.25 | 20.82 |
| 20.54 | 21.52 |
| 18.6 | 22.65 |

1. Realizar una comparación de medias de los dos proveedores.
2. Realizar una comparación de varianzas

DISEñO DE UN SOLO FACTOR

Ejercicio 29. Se está estudiando la resistencia a la tensión de cemento Portland. Cuatro téc­nicas de mezclado pueden ser usadas económicamente. Se han recolectado los siguientes datos:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Técnica de mezclado | Resistencia a la tensión (lb/plg²) | | | |
| 1 | 3129 | 3000 | 2865 | 2890 | |
| 2 | 3200 | 3300 | 2975 | 3150 | |
| 3 | 2800 | 2900 | 2985 | 3050 | |
| 4 | 2600 | 2700 | 2600 | 2765 | |

Ejercicio 30. El tiempo de respuesta en milisegundos fue determinado para tres tipos de cir­cuitos de un mecanismo de interrupción automática de válvulas. Los resultados fue­ron:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo de circuito | Tiempo de respuesta | | | | |
| 1 | 9 | 12 | 10 | 8 | 15 |
| 2 | 20 | 21 | 23 | 17 | 30 |
| 3 | 6 | 5 | 8 | 16 | 7 |

# Ejercicio 31. Un fabricante de equipos de televisión está interesado en el efecto que tienen sobre los cinescopios de televisores a color, cuatro tipos de recubrimiento. Se obtuvieron los siguientes datos de conductividad.

Tipo de recubrimiento Conductividad

1 143 141 150 146

2 152 149 137 143

3 134 136 132 127

4 129 127 132 129

Ejercicio 32. Están considerándose seis diferentes máquinas para su uso en la manufactura de sellos de goma. Éstas están siendo comparadas con respecto a la resistencia de tensión del producto. Se utiliza una muestra aleatoria de 4 sellos de cada máquina para determinar si la resistencia promedio a la tensión varía de máquina a máquina o no. Las siguientes son las mediciones de resistencia a la tensión.

Máquina Resistencia a la tensión

1 17.5 16.9 15.8 18.6

2 16.4 19.2 17.7 15.4

3 20.3 15.7 17.8 18.9

4 14.6 16.7 20.8 18.9

5 17.5 19.2 16.5 20.5

6 18.3 16.2 17.5 20.1

# Ejercicio 33. Una compañía farmacéutica desea evaluar el efecto que tiene la cantidad de almidón en la dureza de las tabletas. Se decidió producir lotes con una cantidad determinada de almidón. Se decidió que las cantidades de almidón a aprobar fueran 2% , 5% y 10%. La variable de respuesta sería el promedio de la dureza de 20 tabletas de cada lote. Obteniéndose los siguientes resultados:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| PORCENTAJE |  | DUREZA |  |  |
| DE ALMIDON |  |  |  |  |
| 2% | 4.3 | 5.2 | 4.8 | 4.5 |
| 5% | 6.5 | 7.3 | 6.9 | 6.1 |
| 10% | 9 | 7.8 | 8.5 | 8.1 |

Ejercicio 34. Se pide a cuatro químicos que determinen el porcentaje de alcohol metílico en un compuesto quí­mico. Cada uno realiza 3 determinaciones y los resultados son los siguientes:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Químico | Porcentaje de alcohol metílico. | | |
| 1 | 84.99 | 84.04 | 84.38 |
| 2 | 85.15 | 85.13 | 84.88 |
| 3 | 84.72 | 84.48 | 85.16 |
| 4 | 84.20 | 84.10 | 84.55 |

Ejercicio 35. Los datos que se presentan en seguida son rendimientos en toneladas por hectárea de un pasto con 3 niveles de fertilización nitrogenada. El diseño fue completamente aleatorizado, con 5 repeticiones por tratamiento.

Niveles de Nitrógeno

N1 N2 N3

14.823 25.151 32.605

14.676 25.401 32.460

14.720 25.131 32.256

14.514 25.031 32.669

15.065 25.267 32.111

Ejercicio 36. Se están investigando cuatro catalizadores que pueden afectar la concentración de un componente en una mezcla líquida formada por tres componentes. Se obtuvieron las siguientes concentraciones:

Catalizador

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 58.2 | 56.3 | 50.1 | 52.9 |
| 57.2 | 54.5 | 54.2 | 49.9 |
| 58.4 | 57.0 | 55.4 | 50.0 |
| 55.8 | 55.3 | 55.2 | 51.7 |

Ejercicio 37. Los datos de la siguiente tabla representan el número de horas de alivio que proporcionan 5 marcas diferentes de tabletas contra el dolor de cabeza que se administran a 25 sujetos que sufren fiebres de 38  o más.

MARCAS NUMERO DE HORAS DE ALIVIO

A 5.2 4.7 8.1 6.2 3.0

B 9.1 7.1 8.2 6.0 9.1

C 3.2 5.8 2.2 3.1 7.2

D 2.4 3.4 4.1 1.0 4.0

E 7.1 6.6 9.3 4.2 7.6

Ejercicio 38. Se desea evaluar tres tiempos para inocular naranjas a través de inmersión durante 1, 5, y 10 minutos, en una suspensión bacteriana con una concentración de  cél/ml. El propósito es seleccionar el tiempo en el cual se adhieren más bacterias a la superficie de naranjas. Las pruebas se realizan para dos tipos de microorganismos (Escherichia coli O157:H7, y Salmonella typhimirium) midiendo como variable de respuesta el número de unidades formadoras de colonias (ufc) expresadas en logaritmos, que se recuperan en 30 de la superficie de las naranjas inoculadas. Los datos obtenidos se muestran a continuación:

Tiempo de inmersión Log ufc de Escherichia coli O157:H7/30 

(min)

1 5.4 4.9 5.5 5.0 4.1 5.5

5 4.9 5.2 4.2 5.0 4.9 4.7

10 3.8 5.6 4.1 5.4 3.6 5.3

Tiempo de inmersión Log ufc de Salmonella typhimurium/30 

(min)

1 4.6 4.0 5.0 4.3 3.6 5.1

5 4.1 4.7 3.3 3.8 4.3 3.6

10 2.5 4.9 2.8 4.4 2.8 3.9

Ejercicio 39. Se estudia la duración efectiva de líquidos aislantes a una carga acelerada de 35 kV. Se han obtenido datos de prueba para cuatro tipos de liquido. Los resultados son como sigue:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo de liquido | duración en horas a 35 kV de carga | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 16.6 | 17.9 | 16.3 | 16.4 | 19.1 | 20.6 |
| 2 | 16.9 | 15.3 | 18.6 | 17.1 | 19.5 | 20.3 |
| 3 | 21.4 | 23.6 | 19.4 | 18.5 | 20.5 | 22.3 |
| 4 | 19.3 | 21.1 | 16.9 | 17.5 | 18.3 | 19.8 |

Ejercicio 40. Se ha realizado un experimento para determinar si cuatro temperaturas específicas de horneado afectan la densidad de un cierto tipo de ladrillo. El experimento proporcionó los siguientes datos:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Temperatura | D e n s i d a d | | | |  |
| 100 | 21.8 | 21.9 | 21.7 | 21.6 | 21.7 |
| 125 | 21.7 | 21.4 | 21.5 | 21.4 |  |
| 150 | 21.9 | 21.8 | 21.8 | 21.6 | 21.5 |
| 175 | 21.9 | 21.7 | 21.8 | 21.4 |  |

Ejercicio 41. Como se sabe, el frijol tarda para cocerse, lo que implica gasto de tiempo de gas. Se decide hacer un estudio para comparar el tiempo de cocimiento de frijol sometido a dos tratamientos de remojo, uno a base de cloruro de sodio (sal común) y otro a base de bicarbonato de sodio. Los resultados en minutos se muestran en la tabla, donde también se incluye el tratamiento control que consiste del remojo con pura agua.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pura Agua | Cloruro de Sodio | Bicarbonato de Sodio |
| 213 | 76 | 57 |
| 214 | 85 | 67 |
| 204 | 74 | 55 |
| 208 | 78 | 64 |
| 212 | 82 | 61 |
| 200 | 75 | 63 |
| 207 | 82 | 63 |

Ejercicio 42. Se hace un estudio sobre la efectividad de tres marcas de spray para matar moscas. Para ello, cada spray se aplica a un grupo de 100 moscas, y se cuenta el número de moscas muertas, expresado en porcentaje. Se hacen seis replicas, y los resultados obtenidos se muestran enseguida

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Numero de replica | | | | | |
| Marca Spray | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 72 | 65 | 67 | 75 | 62 | 73 |
| 2 | 55 | 59 | 68 | 70 | 53 | 50 |
| 3 | 64 | 74 | 61 | 58 | 51 | 69 |

Ejercicio 43. En un centro de investigación se realiza un estudio para comparar varios tratamientos que al aplicarse previamente a los frijoles crudos en tiempo de cocción. Estos tratamientos son a base de bicarbonato de sodio (NaHCO3) y cloruro de sodio o sal común (NaCL). El primer tratamiento es el tratamiento control, que consiste en no aplicar ningún tratamiento. El tratamiento T2 es el remojo en agua con bicarbonato de sodio, el T3 es en agua con sal común y el T4 es en agua con una combinación de ambos ingredientes en proporciones iguales. La variable de respuesta es el tiempo de cocción en minutos. Los datos se muestran en la siguiente tabla.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ﻿Control | T2 | T3 | T4 |
| 213 | 76 | 57 | 84 |
| 214 | 85 | 67 | 82 |
| 204 | 74 | 55 | 85 |
| 208 | 78 | 64 | 92 |
| 212 | 82 | 61 | 87 |
| 200 | 75 | 63 | 79 |
| 207 | 82 | 63 | 90 |

Ejercicio 44. En el siguiente experimento se compararon los tiempos de coagulación de la sangre de 4 grupos de ardillas con diferentes niveles de protrombina (un componente del plasma, necesario para la formación de coágulos).

Tiempos de coagulación (en segundos)

Niveles de protrombina

20% 30% 50% 100%

34.4 25.0 20.9 19.7

27.3 23.2 22.2 21.7

65.0 45.2 27.8 21.1

31.3 26.4 19.6 18.5

48.5 26.8 20.1 16.0

38.4 32.7 22.1

40.5 28.8 19.7

DISEñO MULTIFACTORIAL DE DOS FACTORES

Ejercicio 45. En una fábrica de aceites vegetales comestibles la calidad se ve afectada por la cantidad de impurezas dentro del aceite, ya que éstas causan oxidación, y esto repercute a su vez en las características de sabor y color del producto final. Los factores controlados que se cree que influyen más en la capacidad de adsorción de impurezas son la temperatura y el porcentaje de arcilla. Con el propósito de encontrar las condiciones óptimas de estos factores en cada lote se plantea la necesidad de realizar pruebas experimentales a nivel laboratorio. Así, teniendo como variable de respuesta el color del aceite, se realizó el siguiente experimento:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Temperatura  ( C) | Porcentaje de arcilla | | | |
|  | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 90 | 5.8 5.9 | 5.4 5.5 | 4.9 5.1 | 4.5 4.4 |
| 100 | 5.0 4.9 | 4.8 4.7 | 4.6 4.4 | 4.1 4.3 |
| 110 | 4.7 4.6 | 4.4 4.4 | 4.1 4.0 | 3.7 3.6 |

Ejercicio 46. Se encuentra en estudio el rendimiento de un proceso químico. Se cree que las dos variables más importantes son la presión y la temperatura. Se seleccionan tres niveles de cada factor y se realiza un experimento factorial con dos réplicas. Se recopilan los siguientes datos:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Presión | | | |
| Temperatura | 200 | 215 | 230 |
| Baja  Intermedia  Alta | 90.4  90.2  90.1  90.3  90.5  90.7 | 90.7  90.6  90.5  90.6  90.8  90.9 | 90.2  90.4  89.9  90.1  90.4  90.1 |

Ejercicio 47. Se están estudiando los factores que influyen en la resistencia de ruptura de una fibra sintética. Se eligen al azar cuatro máquinas y tres operadores y se realiza un experimento factorial usando fibras de un mismo lote de producción. Los resultados se muestran a continuación.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Máquina | | | |
| Operario | A | B | C | D | |
| 1  2  3 | 109  110  110  112  116  114 | 110  115  110  111  112  115 | 108  109  111  109  114  119 | 110  108  114  112  120  117 | |

Ejercicio 48. Es común añadir el elemento químico antimonio a la soldadura blanda de estaño-plomo como sustituto del estaño, que es más caro, a fin de reducir el costo de la soldadura blanda. Se llevo a cabo un experimento factorial con miras a determinar el efecto del antimonio sobre la resistencia de la unión soldada en blando con la soldadura de estaño-plomo (Journal, mayo de 1986). Se prepararon especímenes de soldadura estaño-plomo empleando uno de cuatro métodos de enfriamiento posibles (extinción con agua, WQ; extinción con de aceite, OQ; extinción con aire, AB, y enfriamiento en horno, FC) y agregando a la composición cantidades de antimonio (O%, 3%, 5% y 10%). Se asignaron aleatoriamente tres uniones soldadas en blando a cada uno de los 4 x 4 = 16 tratamientos y se midió la resistencia al corte de cada una. Los resultados experimentales aparecen en la siguiente tabla,

Cantidad de antimonio Método de Resistencia al corte

% en peso Enfriamiento Mpa

0 WQ 17.6, 19.5, 18.3

0 OQ 20.0, 24.3, 21.9

0 AB 18.3, 19.8, 22.9

0 FC 19.4, 19.8, 20.3

3 WQ 18.6, 19.5, 19.0

3 OQ 20.0, 20.9, 20.4

3 AB 21.7, 22.9, 22.1

3 FC 19.0, 20.9, 19.9

5 WQ 22.3, 19.5, 20.5

5 OQ 20.9, 22.9, 20.6

5 AB 22.9, 19.7, 21.6

5 FC 19.6, 16.4, 20.5

10 WQ 15.2, 17.1, 16.6

l0 OQ 16.4, 19.0, 18. 1

l0 AB 15.8, 17.3, 17.1

10 FC 16.4, 17.6, 17.6

Ejercicio 49. En una empresa alimenticia se desea evaluar cuatro antioxidantes, a través de su efecto en un aceite vegetal. El propósito eses seleccionar el producto que retrase mas la oxidación. Las pruebas se hacen a condiciones de estrés, midiendo como variable de respuesta al índice de peróxidos. Diferentes unidades experimentales se evalúan a diferentes tiempos. Los datos obtenidos se muestran a continuación (en el control no se agrega ningún antioxidante)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ﻿ | Tiempo |  |  |
| Producto | 4 horas | 8 horas | 12 horas |
| Control | 3.84, 3.72 | 27.63, 27.58 | 39.95, 39.00 |
| A | 4.00, 3.91 | 22.00,21.83 | 46.20,45.60 |
| B | 3.61 ,3.61 | 21.94,21.85 | 43.58,42.98 |
| C | 3.57, 3.50 | 20.50,20.32 | 45.14,44.89 |
| D | 3.64,3.61 | 20.30,20.19 | 44.36,44.02 |

Ejercicio 50. En un laboratorio de microbiología se realiza un experimento para investigar si influye el tipo de verdura (lechuga-L, cilantro-C, zanahoria-Z) y la temperatura (8 y 20° C) de almacenamiento en la sobrevivencia del vidrio cholera. Se hicieron varias réplicas. El porcentaje de sobrevivencia obtenido después de 24 horas de inoculado el alimento se muestra a continuación.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Temperatura | |
| Alimento | 20 | 8 |
| L | 13.1, 15.0 ,33.6, 35.5, 42.0, 11.1, 12.8 | 6.2, 28.5, 41.0, 35.9, 25.0 ,23.8, 79.0, 41.6 |
| C | 19.0, 19.0 ,66. 6 ,66.6 ,11.0 ,11.0,49.0, 49.0 | 84.3 ,68.7, 68.7, 30.5, 30.5, 11.0, 11.0, 20.0 |
| Z | 1.2 ,1.2,0.2, 0.1, 0.3, 0.2, 0.1 0,.4 0.2, 0.3 | 25.8 ,21.8, 16.0 ,16.0, 20.1 ,15.4, 13.3, 25.2 |

DISEñO MULTIFACTORIAL DE 3 FACTORES

Ejercicio 51. Se desea investigar el efecto de la abertura de malla, tipo de suspensión y temperatura de ciclaje en el volumen de sedimentación (%) de una suspensión.

Suspensión

A B

Abertura de

Malla (M) 40 60 40 60

Temperatura

De ciclaje

(T)

72 60 86 67 67 62 76 71

0 ºC 75 70 73 68 68 65 80 80

75 70 73 68 65 65 80 80

55 55 52 52 44 48 60 67

30 ºC 53 55 52 54 44 48 60 67

53 55 57 54 45 45 60 65

Ejercicio 52. Se tiene interés en el rendimiento de un proceso en particular para ello se consideran tres factores: A el efecto de la Temperatura (100, 120, 140), B la Presión (400, 450, 500) y el tiempo C del lavado del producto en seguida del proceso de enfriamiento (30 y 35 minutos). Se realizan tres pruebas en cada combinación de los factores. Los resultados del experimento son los siguientes:

FACTOR C

30 minutos 35 minutos

FACTOR B

400 450 500 400 450 500

FACTOR A

31.7 30.3 31.2 24.9 25.5 27.2

100 30.8 30.2 31.6 27.1 26.1 26.7

31.3 30.5 32.0 26.5 25.3 26.0

30.4 30.2 30.7 23.8 27.6 25.8

120 31.8 30.9 30.5 26.3 22.5 25.2

31.5 30.5 30.2 25.9 24.9 26.5

33.6 32.0 31.1 25.7 25.2 26.9

140 34.1 31.6 31.0 26.7 26.5 26.6

34.5 31.5 31.5 27.7 25.9 27.2

Ejercicio 53. Se esta investigando los efectos sobre la resistencia del papel que producen el porcentaje de la concentración de fibra de madera en la pulpa, la presión del tanque y el tiempo de cocción de la pulpa. Se seleccionan tres niveles de concentración de madera y de la presión, y dos niveles de tiempo de cocción. Se realiza un experimento factorial con dos replicas y se recopilan los datos.

Concentración Presión durante el tiempo Presión durante el tiempo

porcentual de cocción de 3.0 h de cocción de 4.0 h

de fibra

400 500 650 400 500 650

2 196.6 197.7 199.8 198.4 199.6 200.6

196.0 196.0 199.4 198.6 200.4 200.9

4 198.5 196.0 198.4 197.5 198.7 199.6

197.2 196.9 197.6 198.1 198.0 199.0

8 197.5 195.6 197.4 197.6 197.0 198.5

196.6 196.2 198.1 198.4 197.8 199.8

DISEñO 22 REPLICADOS

Ejercicio 54. Una bacterióloga está interesada en el efecto que tienen dos diferentes medios de cultivo (factor A): 1(nivel bajo) y 2 (nivel alto); y dos lapsos de tiempo (factor B):12 hrs (nivel bajo) y 18 hrs (nivel alto) sobre crecimiento de un virus en particular. Realiza seis réplicas de un diseño  haciendo los ensayos en un orden aleatorio. Los resultados son los siguientes

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO | FACTORES |  |  |  | REPLICAS | | |  |
|  | A | B | I | II | III | IV | V | VI |
|  | - | - | 21 | 23 | 20 | 22 | 28 | 26 |
|  | + | - | 25 | 24 | 29 | 26 | 25 | 27 |
|  | - | + | 37 | 38 | 35 | 39 | 38 | 36 |
|  | + | + | 31 | 29 | 30 | 34 | 33 | 35 |

Ejercicio 55. Un ingeniero industrial que trabaja en una embotelladora está interesado en el efecto de dos tipos de botella (factor A) de 32 onzas sobre el tiempo de reparto de cajas de 12 botellas de este producto. Los dos tipos de botella son de plástico (nivel bajo) y de vidrio (nivel alto), y se utilizan dos repartidores (factor B) para realizar una tarea que consiste en mover 40 cajas del producto a una distancia de 50 pies sobre un carrito repartidor, y acomodarlos. Se realiza un diseño factorial ; y los tiempos observados se muestran en la siguiente tabla:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO | FACTORES |  | REPLICAS | |  |  |
|  | A | B | I | II | III | IV |
|  | - | - | 5.12 | 4.98 | 4.89 | 5 |
|  | + | - | 6.65 | 5.49 | 6.24 | 5.55 |
|  | - | + | 4.95 | 4.27 | 4.43 | 4.25 |
|  | + | + | 5.28 | 4.75 | 4.91 | 4.71 |

DISEñOS 23 REPLICADOS

Ejercicio 56. Un ingeniero está interesado en el efecto que tiene la rapidez de corte (A), la configuración (B) y el ángulo de corte (C) sobre la duración de una herramienta. Se eligen dos niveles de cada factor y se realiza un diseño factorial  con n=3. Los resultados se muestran a continuación:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO |  | FACTORES |  |  | REPLICAS | |
|  | A | B | C | I | II | III |
|  | - | - | - | 22 | 31 | 25 |
|  | + | - | - | 32 | 43 | 29 |
|  | - | + | - | 35 | 34 | 50 |
|  | + | + | - | 55 | 47 | 46 |
|  | - | - | + | 44 | 45 | 38 |
|  | + | - | + | 40 | 37 | 36 |
|  | - | + | + | 60 | 50 | 54 |
|  | + | + | + | 39 | 41 | 47 |

Ejercicio 57. Se utiliza una aleación de níquel y titanio en la fabricación de componentes para turbinas de aviones. La formación de grietas es un problema potencialmente grave en la parte final, ya que puede dar por resultado una falla irreversible. Se realiza una prueba en las instalaciones del fabricante de las partes a fin de determinar el efecto de tres factores sobre las grietas. Los tres factores son temperatura de vertido (A), contenido de Titanio (B) y método de tratamiento térmico. Se corren dos replicas de un diseño y se mide la longitud de las grietas (en mm) inducidas en una probeta sometida a una prueba estándar. Los datos se muestran enseguida:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO |  | FACTORES |  | REPLICAS | |
|  | A | B | C | I | II |
|  | - | - | - | 1.71 | 1.91 |
|  | + | - | - | 1.42 | 1.48 |
|  | - | + | - | 1.35 | 1.53 |
|  | + | + | - | 1.67 | 1.55 |
|  | - | - | + | 1.23 | 1.38 |
|  | + | - | + | 1.25 | 1.26 |
|  | - | + | + | 1.46 | 1.42 |
|  | + | + | + | 1.29 | 1.27 |

Ejercicio 58. Un ingeniero está interesado en el efecto de la velocidad de corte (A), la dureza del metal (B), y el ángulo del corte (C) sobre la duración de una herramienta de corte. Para ello se eligen dos niveles para cada factor y se corren dos réplicas del diseño factorial . La tabla siguiente presenta los datos del tiempo de duración (en horas) de la herramienta.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CODIGO |  | FACTORES |  | REPLICAS | |
|  | A | B | C | I | II |
|  | - | - | - | 221 | 311 |
|  | + | - | - | 325 | 435 |
|  | - | + | - | 354 | 348 |
|  | + | + | - | 552 | 472 |
|  | - | - | + | 440 | 453 |
|  | + | - | + | 406 | 377 |
|  | - | + | + | 605 | 500 |
|  | + | + | + | 392 | 419 |

Ejercicio 59. Se está investigando el efecto que tienen 3 factores durante el lavado de una prenda. Para el lavado se usaron 2 lavadoras diferentes (rodillos y burbujas); se realiza el experimento completamente aleatorizado con 2 réplicas.

Se dio una calificación de:5 para el peor lavado y de 10 para el mejor lavado.

Los factores son:

A = temperatura (- 20°C; + 30°C).

B = tiempo (- 1 ciclo; + 2 ciclos).

C = cantidad de detergente (- 1 taza; + 2 tazas).

Los resultados se muestran a continuación:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Factores | | | Combinación  tratamiento | Rodillo. | | Burbujas | |
| A | B | C | I | II | I | II |
| - | - | - | (1) | 5 | 6 | 5 | 6 |
| + | - | - | a | 8 | 7 | 5 | 6 |
| - | + | - | b | 7 | 8 | 7 | 8 |
| + | + | - | ab | 9 | 10 | 8 | 7 |
| - | - | + | c | 6 | 7 | 7 | 7 |
| + | - | + | ac | 8 | 7 | 8 | 8 |
| - | + | + | bc | 7 | 8 | 9 | 8 |
| + | + | + | abc | 10 | 9 | 9 | 8 |

# Ejercicio 60. Se investiga la degradación del colorante (carotenoide) del azafrán de bolita (*Ditaxis heterantha*). Los tres factores que se cree afectan la estabilidad del colorante son:

1. Temperatura (100ºC, 80ºC)
2. Luz (presencia, ausencia)
3. Oxígeno (presencia, ausencia)

Las muestras se sometieron en forma aleatoria a los factores antes mencionados obteniendo 3 variables de respuesta en base a la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 414 nm:

1. Absorbancia a las 8 horas
2. Absorbancia a las 16 horas
3. Absorbancia a las 24 horas

Se busca degradar el colorante para así someterlo posteriormente a cromatografía de gases, por lo tanto, se desea minimizar la absorbancia.

Se realizó entonces un diseño factorial 2K (23) con 2 réplicas.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente:

#### ABSORBANCIA 8 HRS ABSORBANCIA 16 HRS ABSORBANCIA 24 HRS

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | COMBINACIÓN O TRATAMIENTO | REPLICA I | REPLICA II | REPLICA I | REPLICA II | REPLICA I | REPLICA II |
| - | - | - | (1) | 1.3021 | 1.301 | 1.2259 | 1.2266 | 1.1327 | 1.1362 |
| + | - | - | a | 1.3065 | 1.3058 | 1.2307 | 1.2304 | 1.1362 | 1.1349 |
| - | + | - | b | 1.3021 | 1.3000 | 1.2256 | 1.2266 | 1.1377 | 1.1364 |
| + | + | - | ab | 1.3064 | 1.3105 | 1.2319 | 1.2308 | 1.1384 | 1.1398 |
| - | - | + | c | 1.2960 | 1.2995 | 1.2247 | 1.2247 | 1.1339 | 1.1346 |
| + | - | + | ac | 1.2995 | 1.2982 | 1.2257 | 1.2248 | 1.1387 | 1.1384 |
| - | + | + | ac | 1.3030 | 1.3017 | 1.2250 | 1.2254 | 1.1336 | 1.1346 |
| + | + | + | abc | 1.3045 | 1.3059 | 1.2262 | 1.2262 | 1.1399 | 1.1388 |

Ejercicio 61. En una empresa lechera se ha tenido problemas con la viscosidad de cierta bebida de chocolate. Se cree que tres ingredientes que se agregan en pequeñas cantidades son con los que se puede resolver este problema. Por lo que es necesario explorar la situación, para ello se corre un experimento 23 con dos réplicas. Enseguida se aprecian los resultados obtenidos:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ingrediente A | Ingrediente B | Ingrediente C | Viscosidad |
| -1 | -1 | -1 | 13.3, 13.7 |
| +1 | -1 | -1 | 14.7, 14.4 |
| -1 | +1 | -1 | 14.6, 14.5 |
| +1 | +1 | -1 | 14.3, 14.1 |
| -1 | -1 | +1 | 16.9, 17.2 |
| +1 | -1 | +1 | 15.5, 15.4 |
| -1 | +1 | +1 | 17.0, 17.1 |
| +1 | +1 | +1 | 18.9, 19.0 |

Ejercicio 62. Se desea analizar la calidad de bolsas de papel, a través de la resistencia al rasgamiento (Y), para lo cual utiliza una escala numérica. Se examinan tres factores, cada uno en dos niveles, x1=tipo de papel, x2=humedad, x3=dirección del rasguño. Decide obtener tres observaciones (réplicas) en cada combinación, las mismas que se muestran en la siguiente tabla

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *x1* | *x2* | *x3* | resistencia | | |
| - | - | - | 3.8 | 3.1 | 2.2 |
| + | - | - | 6.6 | 8.0 | 6.8 |
| - | + | - | 3.4 | 1.7 | 3.8 |
| + | + | - | 6.8 | 8.2 | 6.0 |
| - | - | + | 2.3 | 3.1 | 0.7 |
| + | - | + | 4.7 | 3.5 | 4.4 |
| - | + | + | 2.1 | 1.1 | 3.6 |
| + | + | + | 4.2 | 4.7 | 2.9 |

DISEñO 24 REPLICADOS

Ejercicio 63. Se realiza un experimento para mejorar el rendimiento de un proceso químico. Se seleccionan cuatro factores y se realiza un experimento completamente aleatorizado con dos réplicas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Combinación o Tratamiento | Réplica  I | II | Combinación o Tratamiento | Réplica  I | II |
| (1) | 90 | 93 | d | 98 | 95 |
| A | 74 | 78 | ad | 72 | 76 |
| b | 81 | 85 | bd | 87 | 83 |
| ab | 83 | 80 | abd | 85 | 86 |
| c | 77 | 78 | cd | 99 | 90 |
| ac | 81 | 80 | acd | 79 | 75 |
| bc | 88 | 82 | bcd | 87 | 84 |
| abc | 73 | 70 | abcd | 80 | 80 |

Ejercicio 64. Se piensa que cuatro factores tienen influencia sobre el sabor de un refresco: tipo de endulzante (A), proporción de jarabe/agua (B), nivel carbonatación (C) y temperatura (D). Cada factor puede correrse en dos niveles, lo que produce un diseño . En cada corrida del diseño, se dan muestras de bebida a un grupo de prueba de 20 personas. Cada una de ellas asigna un puntaje a la bebida, que va del 1 al 10. El puntaje total es la variable de respuesta, y el objetivo es encontrar una formula que maximice el puntaje total. Se corren dos réplicas de este diseño, y los resultados se muestran a continuación.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | |  | |  | | |
| A | B | | C | D | | Replica I | | Replica II |
| -1 | -1 | | -1 | -1 | | 159 | | 163 |
| 1 | -1 | | -1 | -1 | | 168 | | 175 |
| -1 | 1 | | -1 | -1 | | 158 | | 163 |
| 1 | 1 | | -1 | -1 | | 166 | | 168 |
| -1 | -1 | | 1 | -1 | | 175 | | 178 |
| 1 | -1 | | 1 | -1 | | 179 | | 183 |
| -1 | 1 | | 1 | -1 | | 173 | | 168 |
| 1 | 1 | | 1 | -1 | | 179 | | 182 |
| -1 | -1 | | -1 | 1 | | 164 | | 159 |
| 1 | -1 | | -1 | 1 | | 187 | | 189 |
| -1 | 1 | | -1 | 1 | | 163 | | 159 |
| 1 | 1 | | -1 | 1 | | 185 | | 191 |
| -1 | -1 | | 1 | 1 | | 168 | | 174 |
| 1 | -1 | | 1 | 1 | | 197 | | 199 |
| -1 | 1 | | 1 | 1 | | 170 | | 174 |
| 1 | 1 | | 1 | 1 | | 194 | | 198 |

DISEñOS 24 REPLICADOS CON DOS VARIABLES DE RESPUESTA

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Y1 | | Y2 | |
| A | B | C | D | I | II | I | II |
| - | - | - | - | 61 | 50 | 88 | 79 |
| + | - | - | - | 105 | 98 | 78 | 74 |
| - | + | - | - | 61 | 40 | 82 | 82 |
| + | + | - | - | 104 | 145 | 73 | 79 |
| - | - | + | - | 0 | 35 | 88 | 100 |
| + | - | + | - | 35 | 22 | 84 | 82 |
| - | + | + | - | 50 | 37 | 89 | 88 |
| + | + | + | - | 57 | 71 | 79 | 81 |
| - | - | - | + | 12 | 19 | 77 | 75 |
| + | - | - | + | 60 | 57 | 66 | 64 |
| - | + | - | + | 9 | 19 | 84 | 73 |
| + | + | - | + | 72 | 61 | 93 | 66 |
| - | - | + | + | 0 | 0 | 86 | 82 |
| + | - | + | + | 10 | 1 | 76 | 77 |
| - | + | + | + | 3 | 7 | 84 | 86 |
| + | + | + | + | 15 | 15 | 75 | 73 |

I

Ejercicio 65. En una empresa del área electrónica una máquina toma componentes que le va pro­porcionan­do un alimentador, para montarlos o depositarlos en una tarjeta. Se ha tenido el problema de que la máquina falla en sus intentos por tomar el compo­nente, lo cual causa paros de la máquina que detie­nen el proceso hasta que el operador se da cuenta y reinicia el proceso. Esto ocasiona tiempos muertos, aumento del tiempo de ciclo y baja pro­ductividad. Los intentos por corregir el problema han sido variar los paráme­tros de opera­ción (inclu­yendo bajar la velocidad) sin tener la certeza de que la acción efectua­da realmente redujo el proble­ma. En este contex­to, para diagnosticar mejor la situa­ción, se decide correr un diseño de experi­men­tos 24 con n=2 replicas; en el que se tienen los si­guientes facto­res y niveles (-, +) respecti­va­men­te:

(A) Velocidad de Cam (70%, 100%)

(B) Velocidad de mesa (media, alta)

(C) Orden o secuencia de colocación, posi­tion place (continua, variable)

(D) Alimentador, feeder (1,2)

Cada una de las corridas experimentales consis­tió en colocar 500 componentes, y se midió dos variables de respuesta: Y1= número de errores (o intentos fallidos), Y2= tiempo real de trabajo para colocar los 500 componentes. Evidentemen­te se quiere minimizar ambas variables. Los datos obtenidos se muestran al lado.

Ejercicio 66. En el área de SMT se busca reducir los defectos ocasionados por impresiones de soldadura en pasta inadecuada. Se corre un diseño 24 con tres replicas, cuyos factores son: altura de la mesa (A), velocidad de separación (B), velocidad de impresión (C), y presión de los squeeges (D). La variable de respuesta es la altura de la impresión de soldadura en pasta. Cada prueba experimental consistió en correr diez tarjetas de manera consecutiva, a cada tarjeta se le midió la altura. Con estos diez datos se calculó la media y la desviación estándar, para analizar el efecto de los factores sobre ambas.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Factores | | | | Media | | | Desviación estándar | | |
| A | B | C | D | I | II | II | I | II | III |
| -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  + | -  -  +  +  -  -  +  +  -  -  +  +  -  -  +  + | -  -  -  -  +  +  +  +  -  -  -  -  +  +  +  + | -  -  -  -  -  -  -  -  +  +  +  +  +  +  +  + | 6.821  6.941  6.392  6.643  6.848  8.736  6.761  7.753  5.468  5.786  5.763  5.544  6.126  6.605  6.556  6.675 | 6.291  6.591  5.803  6.607  6.467  7.257  6.422  7.072  5.329  5.394  5.284  5.394  6.009  6.192  5.603  6.332 | 6.268  6.715  6.231  6.580  6.649  7.394  6.442  7.229  5.256  5.356  5.455  5.726  5.761  5.468  5.462  6.161 | 0.1742  0.2802  0.1751  0.2904  0.2747  0.8019  0.1646  0.6374  0.2823  0.5145  0.1409  0.1892  0.2947  0.3781  0.2571  0.2161 | 0.1769  0.5086  0.4134  0.1859  0.1877  0.7505  0.2148  0.5975  0.1458  0.2407  0.2093  0.1340  0.3355  0.5015  0.2551  0.3739 | 0.2300  0.3373  0.3687  0.2398  0.1796  0.5402  0.2263  0.3252  0.1418  0.1827  0.2115  0.2244  0.2692  0.2647  0.1806  0.4878 |

XII

DISEñOS 25 NO REPLICADOS

Ejercicio 67. En una fábrica de com­ponen­tes electró­nicos uno de sus principales clientes ha reporta­do tener problemas con algunos de sus productos ( compor­ta­miento eléctrico intermi­tente). Me­diante el análi­sis de las muestras retornadas por el cliente un equipo identifico que el problema era "alam­bre mal coloca­do"; y que ello podía a obedecer a varias causas. Para confir­marlas decidieron correr el diseño de experi­mentos 25 que se muestra al lado. La variable de res­puesta es el nú­mero de unida­des con alambre mal co­lo­ca­do. Cada prueba se hizo en la línea de ensamble y consistió en colo­car una cierta cantidad de alambres (lo hace un equi­po automático). La cantidad de alambres a colocar en cada prue­ba, bajo cada condición, se determinó de tal forma que de acuerdo a las estima­cio­nes ini­ciales de la gravedad del proble­ma, se tuviera una alta probabi­lidad de detectar piezas con alambres mal colocados.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | (1) = 105 | e = 34 | | a = 0 | ae = 3 | | b = 66 | be = 18 | | ab = 7 | abe = 2 | | c = 54 | ce = 0 | | ac = 1 | ace = 0 | | bc= 41 | bce = 49 | | abc = 0 | abce = 4 | | d = 0 | de = 0 | | ad = 0 | ade = 0 | | bd = 0 | bde = 0 | | abd = 5 | abde = 0 | | cd = 25 | cde = 0 | | acd = 1 | acde = 0 | | bcd = 0 | bcde = 0 | | abcd = 0 | abcde = 0 | | |  |  |  | | --- | --- | --- | | FACTOR | NIVELES | | | E: Brillo en la Oblea | (-) Brillo | (+) Normal | | D: Colocación del dado | (-) Girado | (+) Normal | | C: Threshold | (-) 725 | (+) 850 | | B: Sistema de Luz | (-) Fibra | (+) Incan­descente. | | A: Patrón de Reconoci­miento | (-) 1 pun­to | (+) 2 puntos | |

DISEñO 24 NO REPLICADOS

Ejercicio 68. En un estudio del rendimiento para el desarrollo de un proceso se consideraron cuatro factores, cada uno a dos niveles: tiempo (A), concentración (B), presión (C) y temperatura (D). Se corrió una sola réplica de un diseño 24 , y los datos resultantes se muestran en la siguiente tabla:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Número de Corrida | Orden de corrida real | A | B | C | D | Rendimiento (lb) | Niveles  Factor  Bajo(-) | del  Alto(+) |
| 1 | 5 | - | - | - | - | 12 | A(h) 2.5 | 3 |
| 2 | 9 | + | - | - | - | 18 | B(%) 14 | 18 |
| 3 | 8 | - | + | - | - | 13 | C(psi) 60 | 80 |
| 4 | 13 | + | + | - | - | 16 | D(ºC) 225 | 250 |
| 5 | 3 | - | - | + | - | 17 |  |  |
| 6 | 7 | + | - | + | - | 15 |  |  |
| 7 | 14 | - | + | + | - | 20 |  |  |
| 8 | 1 | + | + | + | - | 15 |  |  |
| 9 | 6 | - | - | - | + | 10 |  |  |
| 10 | 11 | + | - | - | + | 25 |  |  |
| 11 | 2 | - | + | - | + | 13 |  |  |
| 12 | 15 | + | + | - | + | 24 |  |  |
| 13 | 4 | - | - | + | + | 19 |  |  |
| 14 | 16 | + | - | + | + | 21 |  |  |
| 15 | 10 | - | + | + | + | 17 |  |  |
| 16 | 12 | + | + | + | + | 23 |  |  |

Ejercicio 69. En un experimento descrito por M. G. Natralle en el Handbook of Experimental Statistics (núm.. 91, 1993) del Nacional Bureau of standards, se prueba la resistencia al fuego en telas después de aplicarles tratamientos contra el fuego. Los cuatro factores considerados son el tipo de tela (A), el tipo de tratamiento contra el fuego (B), la condición de lavado (C- el nivel bajo es sin lavar; el nivel alto es después de una lavada) y el método con que se realiza la prueba (D). Todos los factores se corren con dos niveles, y la variable de respuesta es el número de pulgadas de tela quemada en una muestra de prueba de tamaño estándar, los datos son:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | D | Replica I |
| -1 | -1 | -1 | -1 | 42 |
| 1 | -1 | -1 | -1 | 31 |
| -1 | 1 | -1 | -1 | 45 |
| 1 | 1 | -1 | -1 | 29 |
| -1 | -1 | 1 | -1 | 39 |
| 1 | -1 | 1 | -1 | 28 |
| -1 | 1 | 1 | -1 | 46 |
| 1 | 1 | 1 | -1 | 32 |
| -1 | -1 | -1 | 1 | 40 |
| 1 | -1 | -1 | 1 | 30 |
| -1 | 1 | -1 | 1 | 50 |
| 1 | 1 | -1 | 1 | 25 |
| -1 | -1 | 1 | 1 | 40 |
| 1 | -1 | 1 | 1 | 25 |
| -1 | 1 | 1 | 1 | 50 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 23 |

DISEñOS FRACCION UN MEDIO

Ejercicio 70. Se utilizó un diseño 25-1 para investigar los efectos de cinco factores sobre el color de un producto químico. Los factores son A = solvente/reactivo, B = catalizador/reactivo, C = temperatura, D = pureza de reactivo y E = PH del reactivo. Los resultados fueron como sigue:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| e = -0.63  a = 2.51  b = -2.68  abe = 1.66 | c = 2.06  ace = 1.22  bce = -2.09  abc = 1.93 | d = 6.79  ade = 5.47  bde = 3.45  abd = 5.68 | cde = 5.22  acd = 4.38  bcd = 4.30  abcde = 4.05 |

Practica 51. Los datos siguientes representan una sola réplica de un diseño  que se utilizan en un experimento para estudiar la resistencia a la compresión del concreto. Los factores son la mezcla (A), el tiempo (B), el laboratorio (C), la temperatura (D) y el tiempo de secado (E).

|  |  |
| --- | --- |
| Combinación | Replica I |
| e | 800 |
| a | 900 |
| b | 3400 |
| abe | 6200 |
| c | 600 |
| ace | 1200 |
| bce | 3006 |
| bc | 3000 |
| d | 1000 |
| ade | 1500 |
| bde | 4000 |
| abd | 6100 |
| cde | 1500 |
| acd | 1100 |
| bcd | 3300 |
| Abced | 6800 |

Practica 52

Se emplea una recubridora rotatoria para aplicar un material foto resistente a una oblea de silicio desnuda. Esta operación suele realizarse en una fase temprana del proceso de manufactura de dispositivos a base de semiconductor. El espesor promedio de recubrimiento y la variabilidad en el espesor de dicho recubrimiento tienen un efecto importante en los pasos siguientes de la manufactura. Se utilizan seis variables en el experimento. Las variables y sus niveles alto y bajo son como sigue:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Factor | *Nivel bajo* | *Nivel alto* |
| *Rapidez del giro final* | *7300* | *6650* |
| *Tasa de aceleración* | *5* | *20* |
| *Volumen de recubrimiento aplicado* | *3 cm3* | *5 cm3* |
| *Tiempo de giro* | 14 s | *6 s* |
| *Variación en el lote de recubrimiento* | Lote 1 | *Lote 2* |
| *Presión de escape* | *Sin tapa* | *Con tapa* |

El experimentador decide emplear un diseño 2 6-1, y tomar tres lecturas del grosor de recubrimiento foto resistente en cada oblea de prueba y calcular el promedio de las tres lecturas. Los datos se presentan en la siguiente tabla:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Corrida | Volumen, A | Lote, B | Tiempo (s), C | Rapidez, D | Acc., E | Tapa, F | promedio |
| 1 | + | + | - | - | - | - | 4525.7 |
| 2 | + | - | + | - | - | - | 4446 |
| 3 | - | - | + | + | - | - | 4464.7 |
| 4 | - | + | - | - | + | - | 4317.3 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | 4297 |
| 6 | + | - | + | + | + | - | 4485.7 |
| 7 | - | - | + | - | - | + | 4493.3 |
| 8 | + | + | - | + | + | - | 4542.3 |
| 9 | + | - | - | + | - | - | 4625.7 |
| 10 | - | - | - | + | - | + | 4656 |
| 11 | - | + | - | + | + | + | 4478.7 |
| 12 | - | - | + | - | + | - | 4223.7 |
| 13 | + | - | + | + | - | + | 4626.7 |
| 14 | - | - | + | + | + | + | 4467 |
| 15 | + | + | - | - | + | + | 4262 |
| 16 | + | + | + | - | - | + | 4515.7 |
| 17 | - | + | - | - | - | + | 4535 |
| 18 | - | - | - | + | + | - | 4497.7 |
| 19 | + | + | + | - | + | - | 4300.3 |
| 20 | - | + | + | - | - | - | 4530.3 |
| 21 | + | - | - | + | + | + | 4451 |
| 22 | - | + | + | + | - | + | 4664.7 |
| 23 | + | - | - | - | + | - | 4235 |
| 24 | - | + | + | - | + | + | 4220.3 |
| 25 | + | - | - | - | - | + | 4382.7 |
| 26 | - | + | + | + | + | - | 4521.7 |
| 27 | - | - | - | - | + | + | 4198.7 |
| 28 | + | + | + | + | - | - | 4677.7 |
| 29 | + | - | + | - | + | + | 4196.7 |
| 30 | + | + | + | + | + | + | 4474.7 |
| 31 | + | + | - | + | - | + | 4667.7 |
| 32 | - | + | - | + | - | - | 4690.7 |

DISEñO FRACCION UN CUARTO

Práctica 53. En un proceso químico se utilizó un diseño 25-2 para investigar el efecto de E = temperatura de condensación, B = cantidad de materiales, C = volumen de solventes, D = tiempo de condensación y A cantidad de material, sobre su rendimiento. Se obtuvieron los resultados siguientes:

a = 23.3 de = 16.9 be = 15.5 abd = 16.8

bc = 16.2 cd = 23.8 ace = 23.4 abcde = 18.1

Práctica 54. En una empresa panificadora se tiene problemas con la simetría y el color del producto final: pan integral. Los responsables de proceso sospechan que el problema se origina desde la fase de fermentación. En ésta se combina agua, harina, cierta cantidad de levadura, más una serie de ingredientes (fosfato, sal, etc.). Al final de la fermentación se obtiene lo que llaman "esponja liquida" la cual debe tener una serie de parámetros de calidad: una acidez total titulable (ATT) mayor a 6.0, un PH mayor a 4.8. Sin embargo, no se ha venido cumpliendo con tales exigencias de calidad. Se han hecho algunos intentos experimentando con un factor a la vez, pero los resultados han sido malos. En busca de una mejor alternativa para tratar de mejorar (maximizar) las características de calidad de la fase de fermentación se decide correr el siguiente diseño de experimentos 26-2. Los primeros cinco factores estudiados son cantidad a agregar en la fermentación: levadura (A: 17 y 19), sal (B: 2.5 y 3.7), fosfato (C: 2.0 y 3.6), sulfato (D: 1.5 y 2.2), cloruro (E: 0.89 y 1.20) y temperatura inicial del agua (F: 22 y 26). El diseño se muestra a continuación.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Orden  de  corrida | Factores (matriz de diseño) | | | | | | Código  de  corrida | Variables de respuesta | |
|  | A | B | C | D | E | F |  | ATT | PH |
| 9  5  6  1  14  10  13  12  11  3  15  16  8  4  2  7 | -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  +  -  + | -  -  +  +  -  -  +  +  -  -  +  +  -  -  +  + | -  -  -  -  +  +  +  +  -  -  -  -  +  +  +  + | -  -  -  -  -  -  -  -  +  +  +  +  +  +  +  + | -  +  +  -  +  -  -  +  -  +  +  -  +  -  -  + | -  -  +  +  +  +  -  -  +  +  -  -  -  -  +  + | (1)  ae  bef  abf  cef  acf  bc  abce  df  adef  bde  abd  cde  acd  bcdf  abcdef | 6,2  5,6  5,8  5,8  5,7  6,4  6,4  6,6  5,3  6,6  5,2  5,5  6,9  7,1  6,7  6,9 | 4,86  4,86  4,85  4,99  4,94  4,74  4,83  4,85  4,81  4,81  4,98  4,98  4,84  4,85  4,96  4,84 |

XVIII

Practica 55. Se realizó un experimento de 16 corridas en una planta de manufactura de semiconductores a fin de estudiar los efectos de seis factores sobre la curvatura o combadura de los dispositivos sustrato producidos. Las seis variables y sus niveles se presentan enseguida:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Corrida | *Temperatura de laminación (ºC), A* | *Tiempo de laminación (s), B* | *Presión de laminación (Ton), C* | *Temperatura de ignición (ºC), D* | *Tiempo del ciclo de ignición (h), E = ABC* | *Punto de rocío de ignición (ºC), F = ACD* |
| *1* | *55* | *10* | *5* | *1580* | *17.5* | *20* |
| *2* | *75* | *10* | *5* | *1580* | *29* | *26* |
| *3* | *55* | *25* | *5* | *1580* | *29* | *20* |
| *4* | *75* | *25* | *5* | *1580* | *17.5* | *26* |
| *5* | *55* | *10* | *10* | *1580* | *29* | *26* |
| *6* | *75* | *10* | *10* | *1580* | *17.5* | *20* |
| *7* | *55* | *25* | *10* | *1580* | *17.5* | *26* |
| *8* | *75* | *25* | *10* | *1580* | *29* | *20* |
| *9* | *55* | *10* | *5* | *1620* | *17.5* | *26* |
| *10* | *75* | *10* | *5* | *1620* | *29* | *20* |
| *11* | *55* | *25* | *5* | *1620* | *29* | *26* |
| *12* | *75* | *25* | *5* | *1620* | *17.5* | *20* |
| *13* | *55* | *10* | *10* | *1620* | *29* | *20* |
| *14* | *75* | *10* | *10* | *1620* | *17.5* | *26* |
| *15* | *55* | *25* | *10* | *1620* | *17.5* | *20* |
| *16* | *75* | *25* | *10* | *1620* | *29* | *26* |

Cada corrida se replicó cuatro veces, y se midió la combadura del sustrato. Los datos se muestran a continuación:

***Combatura para cada réplica (plg / plg)***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Corrida* | *1* | *2* | *3* | *4* |
| *1* | *0.0167* | *0.0128* | *0.0149* | *0.0185* |
| *2* | *0.0062* | *0.0066* | *0.0044* | *0.0020* |
| *3* | *0.0041* | *0.0043* | *0.0042* | *0.0050* |
| *4* | *0.0073* | *0.0081* | *0.0039* | *0.0030* |
| *5* | *0.0047* | *0.0047* | *0.0040* | *0.0089* |
| *6* | *0.0219* | *0.0258* | *0.0147* | *0.0296* |
| *7* | *0.0121* | *0.0090* | *0.0092* | *0.0086* |
| *8* | *0.0255* | *0.0250* | *0.0226* | *0.0169* |
| *9* | *0.0032* | *0.0023* | *0.0077* | *0.0069* |
| *10* | *0.0078* | *0.0158* | *0.0060* | *0.0045* |
| *11* | *0.0043* | *0.0027* | *0.0028* | *0.0028* |
| *12* | *0.0186* | *0.0137* | *0.0158* | *0.0159* |
| *13* | *0.0110* | *0.0086* | *0.0101* | *0.0158* |
| *14* | *0.0065* | *0.0109* | *0.0126* | *0.0071* |
| *15* | *0.0155* | *0.0158* | *0.0145* | *0.0145* |
| *16* | *0.0093* | *0.0124* | *0.0110* | *0.0133* |

Practica 56. Se corre un experimento en una fábrica de semiconductores para investigar el efecto de seis factores sobre la ampliación del transistor. el diseño seleccionado es el que se muestra a continuación:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | D | E | F | AMPLIACION |
| -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1455 |
| 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1511 |
| -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1487 |
| 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1596 |
| -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1430 |
| 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1481 |
| -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1458 |
| 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1549 |
| -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1454 |
| 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1517 |
| -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 1487 |
| 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1596 |
| -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1446 |
| 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1473 |
| -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1461 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1563 |

Practica 57. El tratamiento térmico es de uso común para carbonizar piezas metálicas, como engranes. El espesor de la capa carbonizada es una variable de salida critica del proceso, y suele medirse realizando un análisis del carbono del paso del engrane (la cara superior del diente del engrane). Se estudiaron seis factores en un diseño : A= temperatura del horno, B=duración del ciclo, C= concentración del carbono, D= duración del ciclo de carbonización, E= concentración del carbono del ciclo difuso, F= duración del ciclo difuso. El experimento se presenta a continuación:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | D | E | F | ESPESOR |
| -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 74 |
| 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 190 |
| -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 133 |
| 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 127 |
| -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 115 |
| 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 101 |
| -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 54 |
| 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 144 |
| -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 121 |
| 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 188 |
| -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | 135 |
| 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 170 |
| -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 126 |
| 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 175 |
| -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 126 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 193 |

**DISEñO 22 CON PUNTOS CENTRALES**

Practica 58. Una planta química produce oxíge­no median­te la licuefacción de aire y sepa­rándolo en sus gases componen­tes me­diante destilación fraccio­nada. La pure­za del oxígeno es función de la tempera­tura del condensador principal y de la relación de presión entre las columnas supe­rior e inferior. Las condicio­nes actuales de opera­ción son temperatura (1) = -220oC y relación de presión (2) =1.2. Usando los siguientes datos determine la trayectoria de ascenso máxi­mo.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tempe­ra­tura (1) | Razón de pre­sión (2) | Pureza |
| -225 | 1.1 | 82.8 |
| -225 | 1.3 | 83.5 |
| -215 | 1.1 | 84.7 |
| -215 | 1.3 | 85.0 |
| -220 | 1.2 | 84.1 |
| -220 | 1.2 | 84.5 |
| -220 | 1.2 | 83.9 |
| -220 | 1.2 | 84.3 |

Practica 59. Con el propósito de mejorar el rendimiento de un proceso, se decide correr un diseño de composición central, teniendo como factores temperatura (125 nivel actual) y presión (25 nivel actual). El diseño y los datos obtenidos se muestran a continuación.

|  |
| --- |
| Temp Presión Rendimiento  --‑‑‑‑- ‑‑‑‑‑‑‑ ‑‑‑‑‑‑‑‑-‑  110.0 15.0 35.  140.0 15.0 51.  110.0 35.0 41.  140.0 35.0 50.  103.8 25.0 42.  146.2 25.0 65.  125.0 10.9 43.  125.0 39.1 45.  125.0 25.0 62.  125.0 25.0 63.  125.0 25.0 64.  125.0 25.0 61. |

Practica 60. En el anodizado de artículos de aluminio mediante una solución de ácidos (sulfúrico, cítrico, bórico) y dicromato de aluminio; bajo ciertas condiciones de PH, temperatura, corriente y tiempo de permanencia. Se ha tenido el problema de un bajo grosor en el anodizado, lo cual genera piezas defectuosos, problemas de resistencia y durabilidad. Para abordar el problema se estudiar la influencia del PH y la temperatura, sobre el espesor del anodizado, mediante el siguiente diseño:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | PH | Temperatura | Espesor | | 1.2  1.8  1.2  1.8  1.2  1.8  1.2  1.8  1.5  1.5 | -8  -8  8  8  -8  -8  8  8  0  0 | 9  14  10  19  8  12  11  20  14  13 | |

REGRESION LINEAL SIMPLE

Ejercicio 70. La Resistencia a la tensión de un producto de papel se relaciona con la cantidad de madera dura en la pulpa. Se producen 10 muestras en la planta piloto y los datos se presentan en la siguiente tabla.

|  |  |
| --- | --- |
| RESISTENCIA | PORCENTAJE DE |
| Y | MADERA DURA, X |
| 160 | 10 |
| 171 | 15 |
| 175 | 15 |
| 182 | 20 |
| 184 | 20 |
| 181 | 20 |
| 188 | 25 |
| 193 | 25 |
| 195 | 28 |
| 200 | 30 |
|  |  |

1. Ajustar el modelo de regresión lineal que relacione la resistencia con el porcentaje de madera dura.
2. Probar si el modelo es significativo.

Ejercicio 71. En una planta se destila aire líquido para producir oxígeno, nitrógeno y argón. Se piensa que le porcentaje de impurezas en el oxígeno se relaciona linealmente con la cantidad de impurezas en el aire, medida por el “conteo de contaminación” en partes por millón (ppm). Una muestra de los datos de operación de la planta se presenta a continuación.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PUREZA%, Y |  | 93.3 | 92 | 92.4 | 91.7 | 94 | 94.6 | 93.6 | 93.1 |
| CONTEO DE | CONTAMINACION, X | 1.1 | 1.5 | 1.36 | 1.59 | 1.08 | 0.75 | 1.2 | 0.99 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| PUREZA%, Y |  | 93.2 | 93 | 92.2 | 91.3 | 90.1 | 91.6 | 91.9 |  |
| CONTEO DE | CONTAMINACION, X | 0.83 | 1.2 | 1.47 | 1.81 | 2.03 | 1.75 | 1.68 |  |

1. Ajustar el modelo de regresión lineal.
2. Probar si el modelo es significativo.

REGRESION MULTIPLE

Ejercicio 72. Se piensa que la potencia al freno desarrollada por el motor de un automóvil en un dinamómetro es una función de la rapidez del motor en revoluciones por minuto (rmp), el octanaje del combustible y la compresión del motor. Se llevo a cabo un experimento en el laboratorio y los datos colectados fueron:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| POTENCIA AL FRENO, Y | RPM, X1 | OCTANAJE, X2 | COMPRENSION, X3 |
| 225 | 2000 | 90 | 100 |
| 212 | 1800 | 94 | 95 |
| 229 | 2400 | 88 | 110 |
| 222 | 1900 | 91 | 96 |
| 219 | 1600 | 86 | 100 |
| 278 | 2500 | 96 | 110 |
| 246 | 3000 | 94 | 98 |
| 237 | 3200 | 90 | 100 |
| 233 | 2800 | 88 | 105 |
| 224 | 3400 | 86 | 97 |
| 223 | 1800 | 90 | 100 |
| 230 | 2500 | 89 | 104 |

1. Ajustar el modelo de regresión múltiple.
2. Probar si el modelo es significativo.

Ejercicio 73. En el área de desarrollo de una empresa se pretende obtener un nuevo polímero de bajo peso molecular (Y1), de lograrse esto, se obtendrá un polímero que funcione como dispersante en la industria de la cerámica. De acuerdo a conocimientos técnicos que se tienen, se consideran que los factores críticos son: X1, Persulfato de Sodio (NaPS), X2, Acido hipofosforoso (H3PO2) y X3, Isopropanol (IPA). Para encontrar las condiciones óptimas se realizó un experimento y se obtuvieron los siguientes datos (los valores de los factores están codificados). Además de la variable Y1, se midió la Viscosidad (Y2).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Y1 | Y2 | X1 | X2 | X3 |
| 8.392 | 1.08 | 0 | 0 | 0 |
| 9.895 | 2.33 | -1 | -1 | 0 |
| 9.204 | 1.58 | 1 | -1 | 0 |
| 7.882 | 0.69 | -1 | 1 | 0 |
| 7.105 | 0.42 | 1 | 1 | 0 |
| 8.939 | 1.19 | -1 | 0 | -1 |
| 8.548 | 0.93 | 1 | 0 | -1 |
| 8.598 | 0.92 | 0 | 0 | 0 |
| 9.152 | 1.28 | -1 | 0 | 1 |
| 8.992 | 0.86 | 1 | 0 | 1 |
| 10.504 | 5.6 | 0 | -1 | -1 |
| 7.462 | 5.4 | 0 | 1 | -1 |
| 9.368 | 1.23 | 0 | -1 | 1 |
| 7.772 | 0.62 | 0 | 1 | 1 |
| 8.44 | 1.02 | 0 | 0 | 0 |

1. Ajustar el modelo de regresión múltiple tanto para Y1 y Y2.
2. Probar si el modelo es significativo en ambas variables.

REGRESION LINEAL SIMPLE

Ejercicio 74. Se desea investigar la relación entre el peso de un individuo y su presión sanguínea sistólica. Para ello se seleccionan aleatoriamente 26 hombres cuyas edades fluctúan entre 25 y 30 años.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X | Y | X | Y |
| 165  167  180  155  212  175  190  210  200  149  158  169  170 | 130  133  150  128  151  146  150  140  148  125  133  135  150 | 172  159  168  174  183  215  195  180  143  240  235  192  187 | 153  128  132  149  158  150  163  156  124  170  165  160  159 |

II

1. Mediante un diagrama de dispersión describa la relación entre ambas variables. ¿Qué tipo de relación observa?

2. Obtenga el coeficiente de correlación e interprételo.

3. Obtenga la mejor recta que modela la relación peso - presión sanguínea.

4. Si un hombre de entre 25 y 30 años de edad pesa 150 libras, según el modelo, ¿cuál sería su presión media? ¿La estimación es confiable? Argumente.

5. ¿El modelo obtenido sería útil para estimar la presión sanguínea de otro tipo de individuos, por ejemplo, mujeres, niños, ancianos, etc.?