



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes
México

Bernal Galván, Salvador; Trejo Vázquez, Rodolfo
Caracterización de un proceso químico mediante la técnica de taguchi
Conciencia Tecnológica, núm. 17, 2001
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94401706>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CARACTERIZACIÓN DE UN PROCESO QUÍMICO MEDIANTE LA TÉCNICA DE TAGUCHI

M.C. Salvador Bernal Galván.

e-mail: sbernal@seit.ita.mx

Dr. Rodolfo Trejo Vázquez

e-mail: rtrejo@seit.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica
Av. Tecnológico y López Mateos, Aguascalientes, Ags., Tel (01-49) 10-50-02 ext 137 y 103, Fax (49) 70-04-23.

RESUMEN

Los experimentos diseñados se usan con frecuencia durante las actividades de desarrollo y en las primeras etapas de la fabricación de un producto. Un Diseño Experimental bien planeado permite inducir cambios en uno o más factores para establecer las condiciones de operación que producen los mejores efectos en la respuesta. Esta técnica se ha usado poco debido a la aparente complejidad y al excesivo costo de aplicación. Una herramienta eficiente que permite estudiar varios factores a la vez y con ello caracterizar un proceso es el método del Dr. Genichi Taguchi, el cual se aplicó con excelentes resultados en el diseño preliminar de un proceso químico de elaboración de alúmina activada, donde la característica de calidad de interés era la capacidad de adsorción de fluoruros contenidos en agua sintética.

Palabras clave: Caracterización, Taguchi, Arreglo Ortogonal, Alúmina Activada.

INTRODUCCIÓN

Un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, con el fin de observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida.

En general el objetivo del diseño experimental es desarrollar y depurar un proceso que resulte consistente o robusto; esto es, un proceso afectado mínimamente por fuentes de variación externas y consecuentemente se obtengan productos con mayor confiabilidad y mejor funcionamiento en el campo, menores costos, y menor tiempo de diseño y desarrollo del producto^[1].

El método Taguchi es una herramienta ingenieril que ha simplificado el uso de este tipo de diseño al incorporar los arreglos ortogonales y las

gráficas lineales. En contraste con los enfoques tradicionales, ve las interacciones como equivalentes de ruido: mientras las interacciones sean relativamente suaves, el análisis de los efectos principales nos proporcionará las condiciones óptimas y una buena reproducibilidad en un experimento^[2].

El crédito de Taguchi es haber observado que el diseño experimental puede utilizarse como una parte formal del proceso de diseño técnico (o de ingeniería) para ayudar a alcanzar ese objetivo^[1]. La estadística cuando se aplica a la investigación pura, busca relaciones causales, lo cual ciertamente no conduce a evaluar costos. La ingeniería de la calidad no busca desarrollar un modelo matemático de causa y efecto, sino contribuir a la selección de los efectos principales para consolidar la robustez del diseño de un proceso o producto^[3].

Esta investigación tuvo como finalidad caracterizar y diseñar un proceso químico de elaboración de un material adsorbente de fluoruros del agua, alúmina activada, mediante las técnicas de Taguchi. La figura 1 muestra el diagrama a bloques de este proceso.

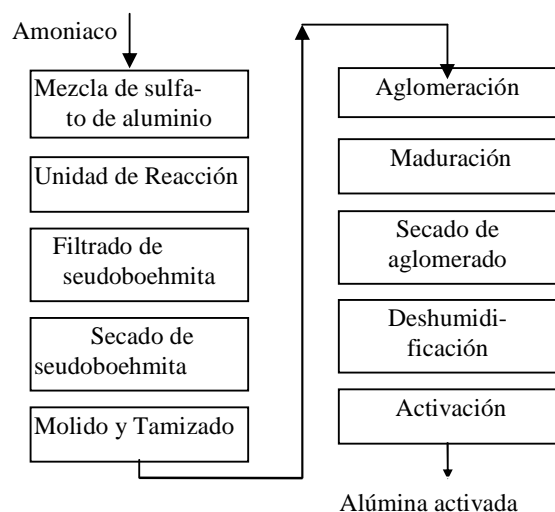


Figura 1. Diagrama a bloques del proceso.

En este proceso la característica de calidad del producto (respuesta Y) es la capacidad de adsorción de fluoruros contenidos en agua potable, la cual se midió en porcentaje de remoción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En base a una investigación bibliográfica, a pruebas de escrutinio y a asesoría de expertos, se determinó que los factores que debían ser tomados en cuenta para el estudio eran:

- A: Tipo de secado del aglomerado.
- B: Tiempo de activación.
- C: Temperatura de activación.
- D: Tiempo de secado de pseudoboehmita.
- E: Tamaño de polvo.
- F: Relación ácido/alúmina.

G: Tiempo de maduración.

Nuestra **unidad experimental** quedó definida por 6 grs de producto (alúmina activada) y nuestra **unidad de muestreo** por 1 gr del mismo.

El **número de réplicas** se determinó mediante la siguiente fórmula^[4]:

$$r = [(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2] / \delta^2$$

donde:

α : Probabilidad de error tipo I (rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera).

β : Probabilidad de error tipo II (no rechazar la hipótesis nula cuando es falsa).

δ : Diferencia a ser detectada en los resultados.

Z : Valor tipificado de la distribución Normal estándar.

σ : Desviación estándar.

Así encontramos que:

$$Z_{\alpha/2} = 1.96, \quad Z_{\beta} = 1.64, \quad \delta = 2.4\sigma \quad \text{y} \quad r = 2.25,$$

Basados en pruebas preliminares y en la experiencia de los investigadores y del personal de proceso, se determinaron los siguientes niveles para cada uno de los factores de control:

	NIVEL 1	NIVEL 2
A	Secado al sol por 48 h.	Secado estufa 55°C, 4h.
B	1 hr	2 hr
C	450°C	750°C
D	20 hrs.	24 hrs.
E	Entre mallas 80 y 100	Entre mallas 120 y 140
F	125 meq ác./mol Al ₂ O ₃	250 meq ác./ mol Al ₂ O ₃
G	15 min.	40 min.

Cada factor a dos niveles tiene 2 - 1 = 1 g.l. (grados de libertad). Se asumió que no había interacciones entre los efectos principales.

Total de g.l. = (7 factores x 1 g.l.) +

$$(0 \text{ interacciones} \times 1 \text{ g.l.}) = 7 \text{ g.l.}$$

Por lo tanto se requerían 7 g.l. para obtener la información deseada. Uno de los arreglos ortogonales propuesto por Taguchi, el L₈ (8 corridas en un diseño

de 7 factores a dos niveles cada uno)^[2], cumplía estos requisitos y se determinó que era el adecuado para esta situación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la experimentación bajo el diseño L_8 , se muestran en la tabla 1.

#	A	B	C	D	E	F	G	RÉPLICAS		PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	50.00	53.50	51.75
2	1	1	1	2	2	2	2	46.50	49.50	48.00
3	1	2	2	1	1	2	2	37.00	40.50	38.75
4	1	2	2	2	2	1	1	37.50	40.80	39.15
5	2	1	2	1	2	1	2	57.50	59.45	58.48
6	2	1	2	2	1	2	1	59.50	60.74	60.12
7	2	2	1	1	2	2	1	44.66	37.00	40.83
8	2	2	1	2	1	1	2	54.50	51.00	52.75

Tabla 1. Resultados en porcentaje de remoción del diseño saturado L_8 (2^7).

Número de datos = 16

Suma total de los datos $T = 389.83$ y $\bar{T} = 48.73$

Para calcular el efecto para cada factor, se calcula primero la respuesta promedio para cada nivel.

$$\bar{A}_1 = (51.75 + 48.00 + 38.75 + 39.15) / 4 = 44.4125$$

$$\bar{A}_2 = (58.48 + 60.12 + 40.83 + 52.75) / 4 = 53.0450$$

Luego se estima el efecto principal de cada factor:

$$\bar{A} = \text{Efecto principal de A} = \bar{A}_1 - \bar{A}_2 = -8.6325$$

	A	B	C	D
Nivel 1	44.4125	54.5875	48.3325	47.4525
Nivel 2	53.0450	42.8700	49.1250	50.0050
Diferencia	-8.6325	11.7175	-0.7925	-2.5525

Tabla 2. Respuesta de los efectos principales.

	E	F	G
Nivel 1	50.8425	50.5325	47.9625
Nivel 2	46.6150	46.9250	49.4950
Diferencia	4.2275	3.6075	-1.5325

Tabla 2 (continuación).

De la misma manera se calcularon los efectos para cada factor. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

El siguiente paso es graficar los efectos presentados en la tabla de respuesta, esto es con el objeto de tener una comprensión más clara del comportamiento de los factores.

En la figura 2 se observa que mientras mayor sea la pendiente de una línea, más fuerte es el efecto del factor sobre la respuesta. Este es un diseño saturado (columnas con sólo efectos principales), donde se asumió que no había efectos de interacción.

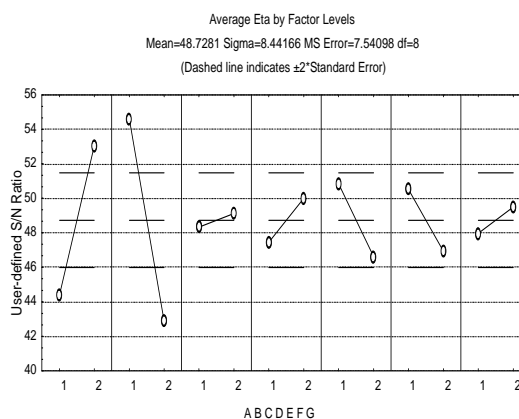


Figura 2. Gráfica de efectos factoriales.

De la figura 2, se determinó la combinación de los niveles de los factores que nos proporcionó una mejor respuesta (Parámetros de diseño del proceso) $A_2B_1C_2D_2E_1F_1G_2$.

Con objeto de confirmar que los resultados pueden reproducirse, se debe generar una estimación de la respuesta (porcentaje de remoción) utilizando la combinación encontrada. Esto se compara con los

resultados del experimento confirmatorio. En el caso de la estimación de μ (llamada media del proceso), solamente se consideran los efectos fuertes. Esto se hace debido a que el error experimental se confunde dentro de cada uno de los promedios, tendiendo a dar una sobrestimación.

$$\mu = \bar{T} + (\bar{A}_2 - \bar{T}) + (\bar{B}_1 - \bar{T}) + (\bar{C}_2 - \bar{T}) + (\bar{D}_2 - \bar{T}) + (\bar{E}_1 - \bar{T}) + (\bar{F}_1 - \bar{T}) + (\bar{G}_2 - \bar{T})$$

\bar{T} : Media global. \bar{A}_2 , \bar{B}_1 , \bar{C}_2 , \bar{D}_2 , \bar{E}_1 , \bar{F}_1 y \bar{G}_2 son efectos promedio de cada factor.

$\mu = 65.21$ considerando todos los efectos.

$\mu = 64.81$ omitiendo solo el efecto más pequeño.

En la figura 2 se observa que el efecto con que contribuye el factor C (tiempo de activación) a la variabilidad de la respuesta, es prácticamente nulo; sin embargo sólo un análisis de varianza pudo confirmar que el efecto de los factores C, D y G, no resultó significativo. Al volver a calcular la media del proceso sin considerar estos factores, se estimó que $\mu = 62.82$.

Corrida confirmatoria

De la combinación de niveles de los factores que proporciona la mejor respuesta, $A_2B_1C_2D_2E_1F_1G_2$, se puede analizar que dentro de los factores que no tienen efecto significativo, la temperatura de activación (C), es el que tiene menor efecto y se dice que es una variable pasiva o económica.

Como el efecto promedio entre los dos niveles de C es prácticamente el mismo (48.3 y 49.1), se decidió cambiar el nivel de este factor en la combinación encontrada. Al cambiar del nivel 2 (temperatura de 750°C) al nivel 1 (Temperatura de 450°C) se tuvo la combinación $A_2B_1C_1D_2E_1F_1G_2$, con los siguientes beneficios:

- Un menor consumo de energía.

- Mayor vida útil del equipo de activación.
- Mayor facilidad de manejo para el operario.
- Mayor seguridad en las instalaciones.

De esta manera la corrida confirmatoria dio un resultado de 61.00 y 69.50, en las réplicas 1 y 2 respectivamente, para tener en promedio un 65.25% de remoción de fluoruros. Como este resultado es ligeramente mayor que la media del proceso estimada, entonces se tiene una alta probabilidad de reproducir los resultados.

CONCLUSIONES

La técnica de Diseños Experimentales de Taguchi, permitió reducir el número de corridas experimentales en un 84% en relación a un diseño factorial completo. Por lo tanto el tiempo y costo de la experimentación se redujo en la misma proporción.

La técnica de Taguchi resultó muy útil al inicio del experimento, ya que se pudo identificar los factores que más influencia tenían en la respuesta, además de conseguir una acercamiento hacia los puntos óptimos, alcanzando el producto un porcentaje de remoción de fluoruros del 65.25%, siendo este valor significativamente mayor al de otros productos del mercado probados a las mismas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Montgomery Douglas C (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica.
- [2] Taguchi Genichi (1990). Introduction to Quality Engineering. Asian Productivity Org.
- [3] Taguchi, Elsayed y Hsiang. (1989). Quality Engineering in Production Systems. McGraw-Hill.
- [4] Mendenhall, Wackerly y Scheaffer (1994). Estadística Matemática con Aplicaciones.