

# **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR CRUDO CON LA UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO**

## **EVALUATION OF THE QUALITY OF THE PROCESS OF CRUDE SUGAR PRODUCTION WITH THE USE OF THE TOOL ANALYSIS OF CAPACITY OF THE PROCESS**

**Autores:** Marlén Morales Zamora<sup>1</sup>, Erenio González Suárez<sup>2</sup>, Julio Pedraza Gárciga<sup>2</sup>, William Pererira Santiago<sup>3</sup>, Lester Becerra Armas<sup>1</sup>, Victor Gonzáles Morales<sup>2</sup>

**Institución:** <sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Facultad Química-Farmacia, UCLV  
<sup>2</sup>Centro de Análisis de Procesos, Facultad Química-Farmacia, UCLV, <sup>3</sup>Empresa Azucarera Antonio Sánchez, Cienfuegos.

### **Resumen.**

En el trabajo se utiliza la herramienta análisis de capacidad del proceso como técnica rápida y novedosa para la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo.

### **Palabras claves**

Variable de calidad, aptitud del proceso, capacidad del proceso.

### **Abstract**

In the work is used the tool capacity analysis of the process as rapid and novel technique for the evaluation of the quality of the process of sugar production crude.

### **Key words.**

Quality variable, processes aptitude, processes capacity.

### **Introducción**

La calidad se ha convertido en un factor imprescindible para la continuidad de las empresas a medio y largo plazo, así como una de las inversiones más rentables. Las técnicas básicas para la identificación de la calidad, responden a diversos métodos o herramientas que permiten llevar un control, y mejoran si es posible, la calidad, y sobre todo, para la detección de fallos y errores y actuar sobre ellos.

La capacidad de un proceso es la aptitud para generar un producto que cumpla con determinadas especificaciones técnicas. Cuando la capacidad de un proceso es alta, se dice que es capaz. El objetivo del trabajo se enmarca en utilizar dicha herramienta de

análisis para la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo en una empresa azucarera.

### **Materiales y métodos.**

La capacidad o aptitud del proceso se efectúa siempre sobre una característica de calidad vinculada con una o varias operaciones del mismo, ya sea variable de proceso o parámetro operacional. Si se desea considerar otras características de calidad, es necesario realizar un estudio de aptitud del proceso para cada una de ellas en forma independiente.

Para determinar si un proceso es o no capaz se pueden utilizar las siguientes herramientas: histogramas, gráficos de control, gráficos de probabilidad y estudios de índices de capacidad. (Colab, Fariñas, 1985)

Para estudiar la capacidad del proceso se pueden seguir dos distribuciones de modelos matemáticos: Normal, que es la usada para estudios de capacidad a largo y corto plazo (capacidades globales y potenciales) y Weibull, que es la utilizada para estudios a largo plazo (capacidades globales). Si los datos no siguen ninguna de las dos, puede usarse una transformación Box-Cox para normalizarlos.

Sean LS y LI los límites de tolerancia exigidos en las especificaciones, se define el índice de capacidad de proceso como:

$$C_p = \frac{LS - LI}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left\{\frac{LS - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LI}{3\sigma}\right\}$$

Para afirmar que un proceso **es capaz**:

-  $C_p$  o  $(Pp)$  y/o  $C_{pk}$  o  $(Ppk)$  deben ser mayor o igual que 1.33, lo que garantiza que el 99.994% de los productos fabricados o servicios prestados por el proceso centrado está en las especificaciones. En caso de ser necesario estudiar las dos, ambas deben valer como mínimo 1.33. En otro caso, habrá que aplicar acciones correctoras.

Los límites de aptitud del proceso deben estar dentro de los límites de tolerancia para no tener producción defectuosa. La producción defectuosa se debe a que: el proceso no este lo suficientemente centrado en relación a la media nominal, el proceso no sea apto, o una combinación de ambos. Cuando se ha demostrado que un proceso u operación no es apto para cumplir con las especificaciones puede adoptarse una de estas alternativas: emplear un proceso diferente, cambiar la tolerancia de la especificación, utilizar la inspección al

100% para eliminar las unidades defectuosas, dejar el proceso tal y como está y no variar nada. . (González, 1996)

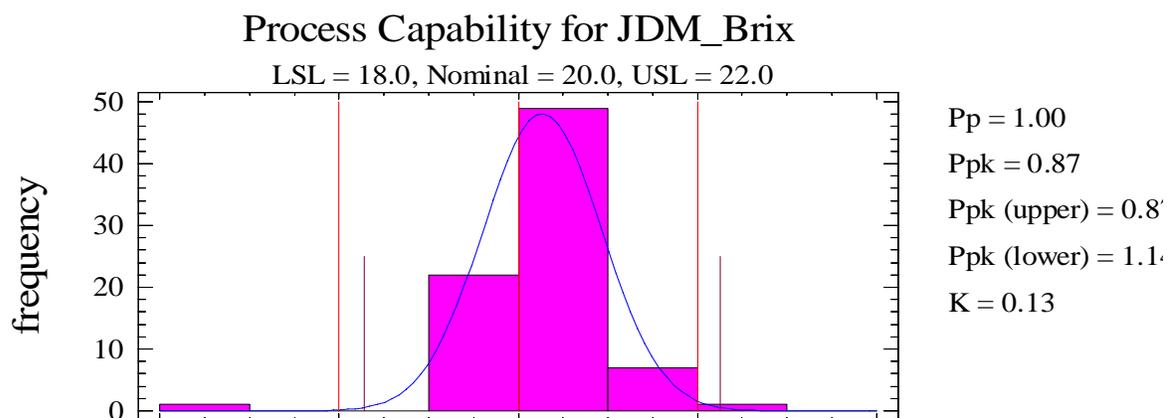
El primer modo de actuar para ocasionar una nueva programación, la compra de un nuevo equipo o la compra de las piezas a un productor que disponga de equipos más precisos. La segunda alternativa es lógica, pero generalmente es difícil hacer cambios en el diseño sin afectar en forma significativa la calidad del producto. Sin embargo, es conveniente estudiar la posibilidad, ya que se puede llegar a conseguir el costo total mínimo. La tercera se debe considerar si el costo de inspección es reducido en comparación con el de las otras alternativas. Se puede recurrir a la cuarta cuando el costo de la unidad es muy bajo, el costo de la inspección relativamente alto y el porcentaje defectuoso sea relativamente bajo. (Colab; NC: 92-12:87)

Para la evaluación de la aptitud o capacidad del proceso a las variables operacionales y sus características, se utilizará el software STATGRAPHICS versión 4.1, con la herramienta de trabajo, Process Capability Analysis para el procesamiento de los resultados, la cual muestra dos análisis dentro de una misma herramienta, el histograma y los índices de capacidad (Pp y Ppk).

### **Análisis de resultados.**

Para ello se tomó como base la Empresa Azucarera “Antonio Sánchez”, ubicada en el municipio de Aguada de Pasajeros, en la provincia de Cienfuegos, con una capacidad de 316 800@ /días. Para la evaluación de la aptitud o capacidad del proceso, se tomaron, los valores de cada variable y sus características, en la zafra 2008, en cada etapa del proceso. A continuación, en la figura 1 se evalúa la aptitud del proceso y se muestra un ejemplo de histograma de frecuencia obtenido por el STATGRAPHICS. El resto de los resultados de las variables y sus características se resumen en la tabla 1. Los límites de tolerancia inferior y superior se tomaron considerando los límites de especificaciones de calidad de cada variable de proceso.

**Figura 1** Capacidad del proceso para el JDM\_Brix.



**Tabla 1** Resumen de la aptitud del proceso para las características evaluadas.

Variables		Empresa Azucarera Antonio Sánchez		
		% desviación	Pp	Ppk
JDM	Brix	0.48494	1.00	0.87
	Pza	15.1043	0.52	0.38
JM	Brix	33.3284	0.41	0.17
	Pza	11.9063	0.71	0.4
	Red	50.2195	0.47	0.01
Bag	Pol	72.6836	0.14	-0.07
	Hdad	69.3031	0.48	-0.17
JA	pH	87.2699	0.05	-0.01
	Temp	62.2902	0.17	0.10
JC	Brix	4.66586	0.67	0.63
	Pza	15.1462	0.51	0.39
	pH	97.4014	0.01	-0.18
JF	Brix	24.0193	0.62	0.24
	Pza	22.815	0.44	0.29
Cach	Pol	90.5367	0.07	-0.28
Mela	Brix	51.1663	0.24	0.09
	Pza	21.837	0.51	0.27
	pH	83.5944	0.07	-0.01
MA	Brix	88.8986	0.05	0.01
	Pza	89.1329	0.05	-0.01
MB	Brix	92.9216	0.03	-0.06
	Pza	80.612	0.09	-0.06
MielA	Brix	81.46	0.09	-0.26
	Pza	81.5471	0.08	0.01

<b>MielB</b>	<b>Brix</b>	95.559	0.06	-0.45
	<b>Pza</b>	68.0824	0.15	0.03
<b>Az</b>	<b>Pol</b>	96.4221	0.02	-0.02
	<b>Hdad</b>	99.5558	0	-0.04

**Leyenda:** **JDM**, jugo de la desmenuzadora; **JM**, jugo mezclado; **Bag**, bagazo; **JA**, jugo alcalizado; **JC**, jugo clarificado; **JF**, jugo filtrado; **Cach**, cachaza; **Mela**, meladura; **MA**, masa cocida A; **MB**, masa cocida B; **MielA**, miel A; **MielB**, miel B; **Az**, azúcar.

Según los resultados obtenidos, los mayores % de desviación de los valores corresponden a las características Bag\_Pol, JA\_pH, JC\_pH, Cach\_Pol, Mela\_pH, MA\_Brix, MA\_Pza, MB\_Brix, MB\_Pza, MielA\_Brix, MielA\_Pza, MielB\_Brix, Az\_Pol y Az\_Hdad.

Los índices de capacidad Pp y Ppk en todas las variables y sus características son menores que 1.33, lo cual muestra que el proceso no está apto, es decir, no cumple satisfactoriamente con las especificaciones de cada variable del proceso.

Aunque la Empresa Antonio Sánchez, reportó un rendimiento industrial de 10.84 en 80 días de zafra, para una producción de azúcar de 19 499 ton con una cantidad de 201 107 ton de caña procesada, sin lugar a dudas, de la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo se obtienen malos resultados de aptitud o capacidad del proceso en todas las variables analizadas en el proceso tecnológico, lo cual se demuestra ante las pérdidas de azúcar en miel final.

Entre los factores que pudieron influir en los resultados de las variables operacionales y sus características en el proceso de producción de azúcar crudo en esta zafra, podemos citar los siguientes:

- La calidad de la caña de azúcar presentó variabilidad en sus características debido a diferentes causas como las variedades de caña utilizadas, factores medioambientales, caña atrasadas sobre carros, alto % de fibra en caña, entre otros.
- Desgaste en las masas de los molinos, lo cual provoca que no se le pueda aplicar la presión que estas requieren, influyendo en la eficiencia de la etapa de extracción.
- Baja presión de vapor en los calentadores. Trae consigo que la temperatura del jugo alcalizado esté por debajo de los límites, y por debajo de 100<sup>0</sup>C provoca revolturas en el clarificador. Existen muchas pérdidas de presión de vapor de escape en la casa de caldera.

- Revolturas en el clarificador. Puede darse por: poco contenido de  $P_2O_5$  en los jugos, elevado contenidos de materiales extraños, inestabilidad en el control de los flujos de entrada y salida, o por problemas mecánicos tales como, bandejas en mal estado, roturas o desajustes del mecanismo de agitación o por paradas prolongadas del central.
- Baja presión del vapor de escape, lo que implica menor evaporación de agua en la unidad de tiempo y por tanto, menor concentración de la meladura.

### **Conclusiones**

1. La utilización de la herramienta de análisis de capacidad del proceso resulta importante para la evaluación de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo, toda vez que se desee analizar la aptitud para generar el producto, cumpliendo con determinadas especificaciones técnicas de las características de calidad, ya sean variables de proceso o parámetros operacionales.
2. Del análisis de capacidad del proceso, en la Empresa Azucarera Antonio Sánchez, se obtuvo que de manera general en todas las etapas del proceso productivo existen problemas operacionales y factores medioambientales, que repercuten en la aptitud del proceso y en el buen control operacional del mismo, lo que evidencia la necesidad de inspección de la calidad al 100%.

### **Bibliografía**

1. Jeya Chandra, M. (2001). Statistical Quality Control. Department of Industrial and Manufacturing Engineering. The Pennsylvania State University. By CRC Press LLC.
2. Fariñas, J. (1986) Control de la Calidad en la Industria Azucarera. Departamento de Ingeniería Económica. ISPJAE. Ediciones La Habana.
3. NC: 92-12:87. "Control de la Calidad. Determinación de la aptitud del proceso."
4. González, José A. (1996) Calidad ISO 9000, formación y control de procesos. Tiempo real SA.
5. Colaboradores. (2003) Capacidad de un proceso. Prácticas de Calidad de Sistemas de Información. CSI-Curso 2003/04 1. Ciudad Real.