

Técnicas de ingeniería industrial para el diagnóstico operativo de una empresa industrial

Recibido: 21/08/2016

Aceptado: 25/09/2016

E. Lugo Cornejo ¹
M.G. Guerrero Porras ²
B. Ponce Medina ³
B.R. Lugo Guerrero ⁴

RESUMEN

La utilización de las técnicas de la ingeniería industrial juega un rol muy importante en el análisis de datos para apoyar la toma de decisiones, permite determinar el grado de aprovechamiento de los recursos de una empresa, convertir los datos en información que agregue valor a la organización. El propósito del proyecto fue demostrar la utilidad de una de las siete herramientas de la calidad y dar la oportunidad de mejora con la aplicación de las técnicas recomendadas por la Organización Internacional del Trabajo. Se aplicaron métodos y técnicas estadísticas que constituyen el medio efectivo para medir y evaluar imparcialmente la calidad en el proceso de producción mediante el levantamiento de datos muestrales y la aplicación del gráfico del control estadístico. Se detectó que en parte del proceso existen errores tales como falta de mantenimiento preventivo y correctivo, tiempos de espera, errores en la comunicación organizacional así como las oportunidades de mejora.

Se revelaron datos importantes del comportamiento del proceso, tales como diagnóstico general, cursogramas analíticos que muestran el desarrollo del proceso de las actividades mediante símbolos de operación, transporte, demora, inspección y almacenamiento, materia prima, materiales, mano de obra, maquinaria y medio ambiente, así como las posibles propuestas de mejora en cada uno de los puntos analizados.

Palabras clave: Estudio del trabajo, control estadístico. Histogramas de frecuencia

ABSTRACT

Using the techniques of industrial engineering plays an important role in data analysis to support decision-making, to determine the degree of utilization of company resources, turning data into information that adds value to the organization. The purpose of the project was to demonstrate the usefulness of one of the seven quality tools and provide the opportunity for improvement with the application of those recommended by the International Labour Organization techniques. Methods and statistical techniques are effective means of measuring and impartially evaluate the quality in the production process by lifting sample data and the application of statistical control chart were applied. It was found that there are errors such as lack of preventive and corrective maintenance, timeouts, errors in organizational communication and opportunities for improvement in the process. Important data of the process behaviour was revealed, such as general diagnostic, analytical cursogramas showing process development activities by operation symbols, transportation, delay, inspection and storage, raw materials, materials, labour, machinery and half revealed environment and possible proposals for improvement in each of the points discussed.

Keywords: Work-study, Statistical control, Frequency histogram

1. Para Citar este artículo:

Lugo Cornejo, E., Lugo Cornejo, M., Ponce Medina, B. & Lugo Guerrero, B., (mayo de 2017). Técnicas de ingeniería industrial para el diagnóstico operativo de una empresa industrial. Revista Tectzapic, Vol. 3 No. 1, pág. 63 - 73. En línea: <http://www.eumed.net/rev/tectzapic/2017/01/empresa-industrial.html>

¹ Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. efrain.lugo@tecvalles.mx

² Docente del departamento de Ciencias Económico Administrativas. Instituto Tecnológico de Cd. Valles, guadalupe.guerrero@tecvalles.mx

³ Docente del departamento de Ingenierías Tecnológico de Ciudad Valles. baldomero.ponce@tecvalles.mx

⁴ Estudiante Ingeniería en Gestión Empresarial. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. 14690049@tecvalles.mx

INTRODUCCIÓN

La aplicación de las técnicas de ingeniería industrial para medir la eficiencia en el proceso de una empresa embotelladora de agua purificada que cuenta con gran prestigio, pero que por múltiples razones no habían sido analizadas sus funciones cuantitativamente.

Se aplicó el gráfico de control estadístico en el área de llenado de botellas PET, en botellas de 0.5 litro por ser la de mayor demanda en el mercado.

Una de las técnicas empleadas fue el muestreo del trabajo, el cual se explica así “es una técnica que se basa en la recolección de datos. Para obtener una visión completa y exacta del tiempo productivo y del tiempo inactivo de todas las máquinas en una zona dada de producción, sería necesario observar y continuamente cada una de las máquinas de dicha zona y registrar el momento y la causa de cada interrupción”. (O.I.T. p. 144)

La necesidad de la dirección de la planta de conocer el estado real del proceso de llenado de las botellas de agua en sus diferentes presentaciones, es decir, un diagnóstico completo, dado que las condiciones con las cuales se trabaja no son las óptimas.

Y ver la oportunidad de mejora y aplicación de las técnicas de estudio del trabajo, recomendadas por la OIT (Organización Internacional del Trabajo) se revelan datos importantes del comportamiento del proceso que ayuda en la toma de decisiones.

En esta investigación analizó el proceso de llenado de botellas y mediante la observación y toma de muestras aleatorias se obtuvieron diagramas de estudio del trabajo, cursogramas analíticos, análisis de causa-efecto, mediciones en la eficiencia de la maquina llenadora, análisis en la demora de los procesos y desperdicio de la materia prima.

METODOLOGÍA

El cronometraje consiste en medir con un cronómetro el tiempo empleado por un operario para ejecutar una operación determinada.

El tiempo takt, es el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto. Es un término muy conocido en la manufactura el cual se utiliza para establecer el tiempo que se debe tardar en completar una unidad para cumplir con la demanda (Ortiz, 2006).

Para todas las etapas del estudio fue necesario aplicar el criterio de aleatoriedad en el muestreo para así normalizar los datos. Para obtener la muestra se utilizó la tabla de la norma mil-std-105E para muestras por atributos, por ser una producción intermitente, es decir, se produce de acuerdo a las necesidades del mercado y el stock en almacén de producto terminado se tomaron las 8 horas diarias como población para obtener la cantidad de horas de estudio. Para la etapa de aplicación se consideraron los 6 días laborables como población para conocer los días que se aplicarían en una jornada completa el gráfico de control y conocer el comportamiento real del contenido del producto en botellas de 0.5 litros. Se consultó la tabla de la norma mil-std-105E para atributos (Tabla 1), con un tamaño de lote de 8 horas diarias laborables; en el intervalo de 2 a 8 se encuentra el número de muestras y al desplazar en dirección horizontal desde el intervalo de tamaño de lote y debajo del nivel de inspección normal (II) se encuentra la letra A

En la tabla 2, muestreo único inspección normal de la norma mil-std-105E, se encuentra la letra A con un tamaño de muestra de 2 horas diarias.

Por tanto de una población (lote) de 8 horas laborables al día, se tomó una muestra de 2 horas diarias de estudio.

LOT SIZE			SPECIAL LEVEL				ORDINARY LEVEL			
	2	3	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III	IV
8	10	15	A	A	A	A	A	A	A	A
14	20	25	A	A	B	B	B	B	B	B
28	40	50	A	B	B	C	C	C	C	C
51	80	90	B	B	C	C	C	C	C	C
91	100	150	B	B	C	D	D	D	D	D
151	200	250	B	C	D	E	E	E	E	E
281	400	500	B	C	D	E	F	F	F	F
501	800	1,200	C	C	E	F	G	G	G	G
1,201	2,000	3,200	C	D	E	G	H	H	H	H
3,201	5,000	10,000	C	D	F	G	I	I	I	I
10,001	35,000		C	D	F	H	K	K	K	K
35,001	150,000		D	E	G	I	L	L	L	L
150,001	500,000		D	E	G	J	M	M	M	M
500,001	more		D	E	H	K	N	N	N	N

Tabla 1: Tabla mil standard 105 D para muestreo de datos

Letra de código de tamaño de muestra	Niveles de calidad aceptable													Tamaño de muestra
	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	
A	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	AcRe	2
B							0 1	0 1	1 2	1 2	2 3	3 4	5 6	3
C						0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	5
D					0 1				1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	8
E				0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	13
F			0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	20
G		0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22		32
H	0 1			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22			80
J			1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22				80
K		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22					125
L	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22						200
M	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22							315
N	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22								500
P	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22									800
Q	7 8	10 11	14 15	21 22										1250
R	10 11	14 15	21 22											2000

Tabla 2: Tabla de muestreo único para la Mil standard 105E por atributos

Para la puesta en marcha se consideró la jornada completa de trabajo durante los días laborables y para obtener la muestra de que día de la semana se hizo uso de la tabla de la norma mil-std-105E para muestras por atributos, considerando como población (lote) 6 días laborables.

Se consultó la tabla de la norma mil-std-105E para atributos (Tabla 1), con un tamaño de lote de 8 horas diarias laborables; en el intervalo de 2 a 8 se encuentra el número de muestras, al desplazar en dirección horizontal desde el intervalo de tamaño de lote y debajo del nivel de inspección normal (II) se encuentra la letra A. En la tabla 2, muestreo único inspección normal de la norma mil-std-105E, se encuentra la letra A con un tamaño de muestra de 2 días de la semana.

Por tanto de una población (lote) de 6 días laborables, se tomó una muestra de 2 días de estudio para la puesta en marcha. Se utilizó la técnica del interrogatorio recomendada por la OIT para efectuar un examen crítico de las actividades en las diferentes facetas de producción y poder visualizar algunas prácticas de producción que se realizan durante el proceso de llenado de botellas PET.

Se elaboró la distribución de planta del área de llenado en la empresa al igual que el diagrama de flujo del proceso de llenado, así como el estudio del trabajo, mediante el siguiente cursograma (fig. 1), que presenta un cuadro general de las operaciones e inspecciones que se realizan durante el proceso.

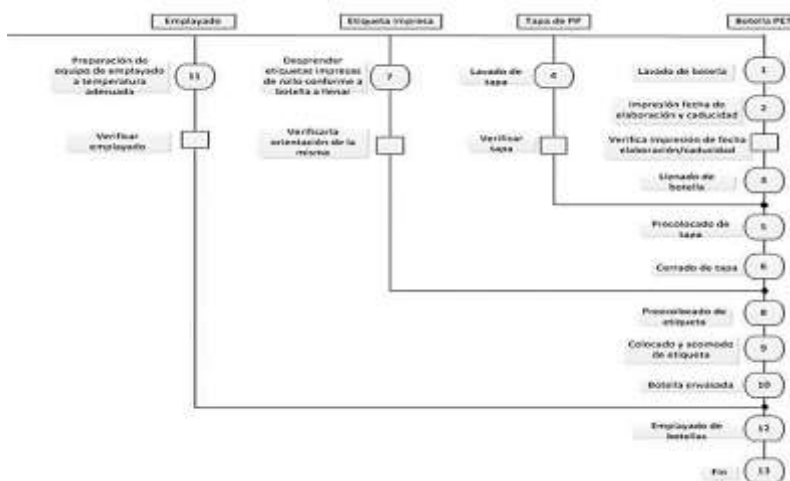


Fig. 1 Cursograma de proceso del llenado de botellas PET

Para realizar el estudio del llenado de botellas PET de 0.5 litros a mayor detalle, se analizaron las actividades de operación por medio de cursogramas analíticos, en la siguiente tabla 3 se representan los tiempos totales promedios durante el lleno de botellas PET de 0.5 litros.

DEMORA EN PROCESO					
		OPERACIÓN	TRANSPORTE	DEMORA	ALMACENAMIENTO
CRONOGRAMA DETALLADO (MIN)		3.06	0.55	15.5	0
CRONOGRAMA ECONOMICO (MIN)		4.6	0	17.38	0
PROMEDIO TIEMPOS		3.83	0.275	16.44	0

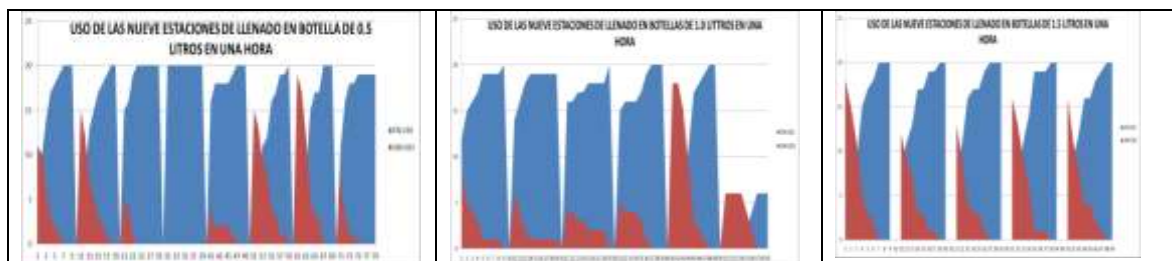
Tabla 3. Tiempo representativo durante el llenado de botellas de 0.5 litros.

Durante la observación se analizaron los tiempos de espera por paros no programados, retrasos en inicio de producción al inicio de operaciones, después del receso para alimentos y por ajustes de maquinaria y equipo los cuales se reflejaron en la tabla no. 4

NO.	CONCEPTO		INTERVALO DE ESPERA		TIEMPO DE ESPERA
1	HORA DE ENTRADA		06:00	06:38	38
			06:00	06:45	45
2	Despues de almuerzo		09:30	09:45	15
			09:30	09:40	10
			09:30	09:45	15
			09:30	09:45	15
3	mantenimiento	correctivo/em playadora	10:40	11:30	50
		correctivo/en tintadora	09:42	10:00	18
		preventivo/en grasado	08:40	08:48	8
4	ajustes	entintadora	13:36	13:40	4
		envasadora	12:43	12:52	9
		emplayadora	08:40	08:46	6

Tabla 4. Tiempo de espera paros no programados

En la gráfica 1 se representa el comportamiento del llenado, el color azul representa la cantidad de veces que se utiliza el total de válvulas que se llaman para efectos del estudio eficiencia y el color rojo la cantidad de veces que no se utiliza el total de válvulas que se nombran como ineficiencia, también se ilustra el llenado en función al comportamiento respecto a la producción estimada representadas en la gráfica. Por tanto la eficiencia e ineficiencia de la envasadora en las diferentes tipos de botellas de estudio es de 84%, 80% y 76% respectivamente, mientras que la ineficiencia en estos productos se encuentra en un 16%, 20% y 24%



Gráfica 1. Comportamiento de llenadora en botella de 0.5, 1 y 1.5 litros

Se presenta un promedio aproximado en las observaciones realizadas en el derrame o desperdicio de producto (ver tabla 5), este se sucede en el momento de envasado de producto debido al desajuste de empaques en válvulas de llenado, para lo cual se diseñó un dispositivo que recolectó la mayor cantidad de líquido durante observación.

Tabla 5. Recolección de agua procesada en desperdicio

	botella (ml)	horas por turno	pzas por empleado	Desperdicio aprox. Por hora (ml)	A causa de desperdicio de producto procesado				
					botella no fabricada				Empleados no fabricados por mes
					hora	día	semana	mes	
1	500	8	24	41790	84	669	4012	16047	669
2	1000	8	12	41790	42	334	2006	8024	669
3	1500	8	9	41790	28	223	1337	5349	594

Tabla 6. Proyeccion de produccion con desperdicio de producto

Al no existir una especificación determinada en donde se describa el contenido permitido y la tolerancia máxima y mínima, es la misma botella la que da el contenido del producto, y en base a la experiencia del personal se logró establecer que el contenido permitido es el siguiente en mililitros:

500⁻⁵₋₁₀

La tabla 3 son los datos recabados en dos aplicaciones considerando subgrupos de cinco muestras cada hora, las mediciones del líquido se hicieron con vasos de precipitado graduados para laboratorio de 500 y 10 ml.

RESULTADOS

Los resultados relevantes en el llenado de botellas PET en la empresa fueron los siguientes:

Demora en el proceso

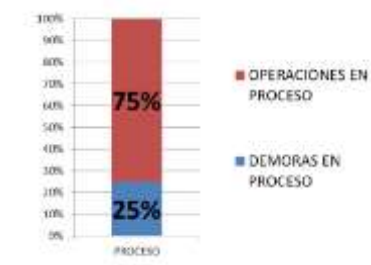
La tabla 7 representa el resultado que se observó en que las operaciones que agregan valor al producto solo representan en tiempo 4.11 minutos mientras que las demoras 16.44 min. en promedio. Las actividades de transporte y almacenamiento no representan un tiempo estimado ya que, para el primero de ellos, las distancias no son considerables, sucesivamente el área donde se deposita la botella vacía es una “estación de materia prima” donde el tiempo de estancia de los paquetes es reducido y son las mismas que se van produciendo.

Aquí se observan dos datos relevantes. El primero de ellos es el tiempo promedio que se invierte en las operaciones que agregan valor durante la fabricación que es de 3.83 min. El siguiente de ellos representa la demora a lo largo del proceso que es de 16.44 minutos.

DEMORA EN PROCESO			
		OPERACIÓN	DEMORA
		TIEMPO PROMEDIO EFECTIVO DE	DEMORAS EN PROCESO
	PROMEDIO	4.11	16.44
	CRONOGRAMA DE BOTELLA CON ETIQUETA PREVIA	3,65	8.03

Tabla 7. Tiempo promedio de demora en fabricación de botellas de 0.5 litros

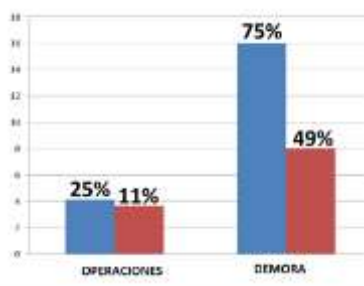
Por tanto, la gráfica 2 describe que las demoras representan un 75%, mientras que las operaciones forman parte de un 25% del proceso de fabricación.



Gráfica 2. Porcentaje demora en proceso

Otro importante hallazgo es cuando se tiene la botella previamente etiquetada ya que dio como resultado un tiempo efectivo en las operaciones de 3.65 min. y aún más, resulta interesante saber que el tiempo de demora se reduce a 8.03 min.

La gráfica 3 muestra que haciendo un cambio en una las actividades se podrían reducir tiempos de demora hasta en un 49%, mientras una reducción en las operación de un 11%. Vale la pena comentar que para cualquier cambio es necesario un estudio técnico a profundidad para saber cualquier sería el costo-beneficio de la implementación.



Gráfica 3. Reducción de demora botella con etiqueta

La gráfica 4 representa la proyección que se dejan de producir por 16.44 minutos de demora en botellas de 0.5 litros, considerando un promedio estimado de 21 piezas por minuto (ver tabla 5) respecto a los 16.44 minutos de demora durante el proceso, así como el volumen de proyección por turno, semana y mes.

PRODUCCION DE BOTELLA 0,5 LTS.						
			PRODUCCION ESTIMADA EN UNA HORA			
			1431			
			PRODUCCION PROPORCIONADA POR SUPERVISORA			
			1140			
			PRODUCCION OBSERVADA			
			1128			
	1 HORA	1 MIN	DEMORA/PRODUCCION			
			HORA	TURNO	SEMANA	MES
500 ML.	1431	24				
	1140	19				
	1128	19				
PROMEDIO	1233	21	345	2760	16560	66240

Tabla 8. Relación entre demora y producción



Grafica 4. Proyección demora/producción

Resultado de las causas y efectos del llenado de botellas

Las diferentes causas que se reflejan en el diagrama de Pareto, se analizan en la tabla 8 donde se presentan las cinco áreas de estudio, las observaciones encontradas en cada una de ellas y la sugerencia de mejora para una mayor productividad y eficiencia en el proceso de llenado de botellitas PET.

ÁREA DE ESTUDIO	OBSERVACIÓN	OPORTUNIDAD DE MEJORA
1.-MAQUINARIA Y EQUIPO	1.1.Retraso en inicio de operaciones por preparación de llenadora	Analizar con técnicas de estudio del trabajo y conociendo la producción programada, considerar la viabilidad de preparar el equipo de llenado con una noche de antelación
	1.2.Paros no programados por falta de Mantenimiento a maquinaria y equipo	Apegarse a un manual de mantenimiento preventivo y/o correctivo de la maquinaria y equipo
	1.3.Derrame de producto debido a falta de mantenimiento a válvulas llenadoras	
2.- MANO DE OBRA	2.1.Inconsistencia en la cantidad de personal durante el proceso	Aplicar el manual de reclutamiento y selección del personal y técnicas de motivación así como de mejoramiento laboral
	2.2. Incertidumbre en el personal cuando tienen que laborar horas extras no programadas	Adaptar técnicas de planeación de la producción para mantener inventarios constantes.
	2.3. Baja en el ritmo de trabajo, a causa de cambios repentinos no programados a diferentes áreas de trabajo.	Establecer técnicas de estudio del trabajo para mantener ritmos constantes de la producción.
	2.4. Fatiga a causa de operaciones manuales	Considerar mediante un estudio costo beneficio

	repetitivas en la mayoría de las etapas de producción	la adquisición de maquinaria o equipo donde se presente la mayor cantidad de trabajo manual.
3.-MEDIO AMBIENTE	3.1. Escasa y nula circulación de aire	Aplicar técnicas ergonómicas para un planteamiento de mejora en las condiciones de trabajo
	3.2. Excesiva humedad debido al derrame de producto, puede ser riesgoso	
	3.3. Temperatura ambiental variable en el área de proceso (equipo de enfriamiento y emplayadora)	
4.- MATERIA PRIMA	4.1. Posible manejo inadecuado debido a que el almacén esta fuera del área de producción	Elaborar un análisis de la afectación del traslado del envase de acuerdo a la especificación (diseño) de la botella apegado al sistema de control de calidad para la detección de materia prima no conforme.
	4.2. Derrame de agua procesada	Recomendación del punto 1.2, 1.3, considerando que el líquido ya tiene agregado un costo de procesamiento.
5.- MÉTODO DE TRABAJO	5.1.No existe un método de trabajo establecido con tiempos estándar de producción	Establecer técnicas de estudio del trabajo recomendadas por la OIT (Organización Internacional del Trabajo)
	5.2. Deficiencia en el llenado de botellas a falta de criterios establecidos en un método de trabajo	
	5.3. No existe un control llenado del producto	Establecer técnicas de gráficos de control estadístico

Tabla 9. Análisis y oportunidad de mejora del diagrama causa-efecto

Efecto y resultado de la eficiencia de llenadora

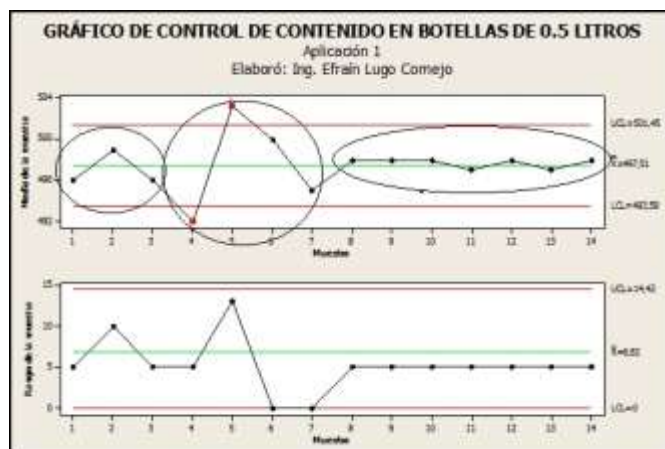
Del análisis del llenado de botellas, el resultado de la eficiencia considerando el uso de las nueve estaciones es de 80 %, mientras que representa un 20 % de la ineficiencia de la misma (ver gráfica 5).



Gráfica 5. Eficiencia promedio de envasadora de botellas PET.

Interpretación y resultado del CEP en el llenado de botellas

Para la gráfica 6 fue necesario agrupar dentro de un círculo algunos puntos, los primeros de ellos son las observaciones 1,2,3; los siguientes son aquellas observaciones 4,5,6,7 y por último del 8 al 14. Por el comportamiento de la distribución se conoce como patrón cíclico, ya que, se observan ciclos repetidos en la gráfica y puede ser motivados por las llamadas “causas especiales o causas asignables” es decir, cambios sistemáticos de temperatura o fatiga del operador o rotación de personal en diferentes estaciones de trabajo o fluctuaciones de presión en maquinaria.



Gráfica 6. Patrón de ciclos en gráfico de control estadístico del proceso de llenado

Por lo anterior, el proceso de llenado de botellas PET se encuentra fuera de control y es confirmado por el “Índice de Capacidad del Proceso (Cpk)”, que proporciona información de la estabilidad o inestabilidad del mismo para producir un resultado dentro de límites de control predefinidos superior e inferior.

Por tanto, haciendo uso del índice recomendado de capacidad mínima de proceso para especificaciones con dos límites es igual a 1.33 (ver tabla 10).

Cpk	Proceso
<1.33	Inestable
>1.33	Estable

Tabla 10. Intervalo del índice de la capacidad del proceso (Cpk)

CONCLUSIONES

La aplicación del Control Estadístico ha dado la oportunidad de hacer uso de la Ingeniería Industrial. La aplicación de técnicas del estudio del trabajo, control de calidad y la estadística permiten dar a conocer una “radiografía” del estado en que se encuentra el área de producción de la empresa. Por lo tanto se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.- Reducción del tiempo de demoras durante el proceso y para aumentar la producción, mediante los estudios del trabajo recomendados.
- 2.- Reducción de tiempos de espera improductivos y así agregar valor productivo al proceso. Mediante las técnicas recomendadas por la OIT (Organización internacional del Trabajo).
- 3.- Eliminación de las causas que inciden de manera improductiva en las áreas de estudio en el llenado de botellas PET siguiendo las recomendaciones como oportunidad de mejora.
- 4.- Aumento en la eficiencia del equipo de llenado utilizando las nueve estaciones con las que cuenta esta manera aumentar la producción implementado un balanceo de la línea de producción.

5.- Disminución del desperdicio de producto tomando las medidas necesarias de mantenimiento.

6.- Reducción de la variabilidad en el contenido del producto estudiando a profundidad las causas especiales que lo motivan.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña Acuña, J. (2012). *Control de calidad: Un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: I.T. Costa Rica

De la Guerra, J. P. (2015). *Las siete herramientas de la calidad*. Madrid: UPM.

Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.

Kanawaty, G., Donald, W. J., Andersen, L., Donald, K. B., Linday, E. K., MRWJ Donald, L. P. & Abramo, L. (2011). *Introducción al estudio del trabajo* (No. 65.015). OIT.

Macchi, R. L. L. M., Martínez Damián, M. A., Díaz Carreño, M. A., Guerra, D. D., León, E. E., Barrón, L. J. R. & Stephens, L. J. (2014). *Introducción a la estadística en ciencias de la salud* (No. 338.43: 338.5 (72))

Núñez del Prado Benavente, A. (2015). *Estadística básica para planificación*. México: Siglo XXI editores.

Orlandoni, G. (2012). Gestión de la calidad: Control estadístico y Seis Sigma. *TELOS: Revista de estudios interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 14(2), 269-274.

Pérez, A. V., Pérez, L. A., Mayor, E. E., Corella, S. M., & Rodríguez, J. E. V. (2009). Análisis de las reclamaciones en atención primaria mediante el control estadístico de procesos. *Revista de Calidad Asistencial*, 24(4), 155-161.

Prado, E. M., Sifuentes, M. C., & Monarrez, M. R. P. (2015). *Una gráfica de control combinada para monitorear y controlar procesos multivariados*. *CULCyT*, (20).

Pulido, H. G., De la Vara Salazar, R., González, P. G., Martínez, C. T., & Pérez, M. D. C. T. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Rey, S. L. (2005). *Implantación de un sistema de calidad: los diferentes sistemas de calidad existentes en la organización*. España: Ideas propias Editorial SL