

“Mejora de procesos de producción en alimentos del comedor de la Universidad de Morelia aplicando la ingeniería de métodos y tiempos”

Victor Almendra, Melquiades Sosa.

Resumen— En este proyecto presenta un análisis en los tiempos de los procesos involucrados en la preparación de albóndigas de nuez servidas en el comedor de la Universidad de Morelia. Por medio de análisis estadísticos se determinó el proceso que requería un mayor tiempo de elaboración. En base al análisis se desarrolló un prototipo que ayudó a optimizar el tiempo de fabricación de las albóndigas de nuez.

I. INTRODUCCIÓN

El comedor universitario, como parte de la organización de la Universidad de Morelia, realiza distintos procesos requeridos para la elaboración de los alimentos. Los procesos específicos realizados en el comedor de la universidad son: elaboración de menús, contacto con proveedores de la materia prima, almacén de los alimentos empaquetados, planeación para la preparación de cada tipo de alimentos (cada uno tiene su propio procedimiento), elaboración de los diferentes platillos, mantenimiento del lugar, línea de servicio, línea de lavado, monitoreo de personas admitidas en el comedor, entre otros.

La realización de esta investigación surge dada la problemática de múltiples factores en el proceso de elaboración de albóndigas de nuez con la cual se busca agilizar los tiempos de producción por medio de un prototipo diseñado el cual beneficiará al comedor a disponer del tiempo ganado en otros procesos de los muchos que son llevados a cabo. De esta manera se propone la mejora del proceso dando inicio con un análisis en los tiempos requeridos para cada actividad que se ejecuta en la preparación del alimento. Para después comparar los tiempos de la producción del comedor con la del prototipo.

El estudio de métodos y tiempos es una técnica de las más importantes a la hora de realizar un análisis de trabajo. Este tipo de análisis reconoce los puntos clave donde la productividad está siendo débil o retrasado, para así buscar alternativas de mejora, ya sea implementado algún método distinto o estandarizando algún proceso el cual tenga algún aporte o herramienta que facilite y agilice el tiempo de elaboración, lo que disminuye costos (horas trabajador, horas producción y aumento de productividad).

Es importante establecer un sistema de gestión orientado a los procesos y a la mejora continua. Pues, las organizaciones lograrán el liderazgo en la medida que tengan la habilidad para mantener la excelencia de sus procesos y se comprometan con el constante desarrollo de sus objetivos, siempre orientados a la satisfacción de sus clientes [1].

Todas las organizaciones deben enfrentar la formación y capacitación de su personal, el cual además de los recursos materiales, financieros y/o administrativos, es el capital más dinámico que toda organización necesita para llevar a cabo sus procesos. Las empresas, cada vez requieren implementar políticas de gestión que sean capaces de operar con un enfoque de mejora continua, no sólo del producto y del proceso de producción, sino también de otros componentes del negocio como el staff, la administración, el sistema de control ejecutivo y operacional, el sistema de información, y demás procesos [2].

Un estudio analizó el proceso de elaboración de platillos por medio de algoritmos que incluyen operaciones mecánicas o térmicas, así como el tiempo de elaboración; iniciando con los componentes del plato, el plato completo y las comidas como suma de platos. Con la finalidad de reducir la magnitud del algoritmo de comida (este incluye cinco dimensiones: dos operaciones y tres tiempos), con bajas tasas de error, se avanzó hacia la elaboración o realización de indicadores univariados que permiten hacer una relación de comparación más fácil entre los platos y que muestran consistencia con los datos empíricos con que se cuentan hasta el momento [3].

Para la elaboración de los indicadores fueron requeridos 230 componentes de platos, elaborada “ad hoc” llevada a cabo mediante consultas a expertos, lo cual permitió una discriminación “fina” (en las cuales se encuentran: rallar, lavar, etc.), separar platos y componentes de cocina, dado que los primeros puede que incluyan o no a un conjunto de los segundos de realización autónoma (existen platos que requieren de tres componentes). La base estaba compuesta por tiempos, así como por operaciones de preparación (hasta 6), de cocción (hasta 3) y tiempos de espera, estimados para cuatro comensales

Con la finalidad de comparar los índices obtenidos se realizaron análisis de correlación no paramétrica y la prueba de

Kolmogorov-Smirnov. También, se empleó un análisis de regresión simple entre dichos índices con el objeto de detectar, mediante análisis de residuos, los componentes de platos, que presentaron las mayores diferencias en el orden de complejidad. El procesamiento de los datos se realizó por medio del software SAS [4].

Existen estudios en donde se presentaron las bases que permiten elegir los métodos apropiados de análisis estadísticos sucesivos al análisis de varianza (ANOVA). El estudio muestra que se presentan errores en el uso de la estadística cuando se elige una técnica de análisis posterior al análisis de varianza. El ANOVA consiste en partir la variación total en partes atribuibles a fuentes reconocidas y al error experimental.

Otro trabajo describió una metodología para determinar la consistencia global de los resultados únicos de medición. La metodología consiste en resolver la imposibilidad de estimar las variaciones intra-tratamientos a partir de un solo valor reportado y lograr la verificación de la hipótesis de homogeneidad entre tratamientos.

Se concluyó que el método permite establecer consistencia global para un conjunto de resultados púnicos de una forma satisfactoria que debe complementarse con la realización de un análisis de todos los factores influyentes [5]

II. METODOS Y MATERIALES

El proyecto dio inicio con una necesidad por parte del comedor universitario, que fue la problemática del tiempo invertido para realizar ciertos tipos de alimentos, dada la magnitud y dificultad en el proceso que tienen algunos de éstos, se tomó la decisión de efectuar un análisis con ayuda de la ingeniería de métodos y tiempos. Primeramente, se monitoreó la zona de trabajo cuando el alimento se encontraba en proceso de elaboración, de igual manera se realizaron entrevistas a supervisores y operarios, en las cuales ellos estaban de acuerdo con el déficit causado por la preparación de éste y otros alimentos que son similares en cuanto al método usado para la preparación del mismo (albóndigas de calabaza, tortitas de nuez, tortitas de calabaza).

El proceso fue analizado durante varias visitas realizadas en las cuales se monitoreaba de manera detallada cada movimiento, tanto de las máquinas como de los mismos operadores, se pudo observar la falta de técnica y mal uso del equipo de trabajo, como las distracciones y falta de organización del personal.

Por medio de una representación gráfica se acomodaron los procesos a realizar de manera ordenada. Teniendo como base estas observaciones se realizó un diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, para clasificar las observaciones de acuerdo a las especificaciones del diagrama. Se dividieron las posibles causas que afectan el proceso de elaboración, de acuerdo a las 6^oM (Mano de hombre, máquina, medio ambiente, material, método, mediciones), tomando en cuenta las ideas de los operarios y de los supervisores del área

Se identificaron como factores principales los siguientes: personal de otras áreas, personal no capacitado, materia prima extra, distracciones de los empleados, orden por parte de la autoridad, variación en el tamaño de muestra.

Al tener en cuenta todos los factores anteriores, inició la toma de tiempos con respecto al proceso llevado a cabo, en el cual se hizo un almacenamiento de datos por medio de una bitácora de registro, también llamada Hoja de Verificación. Dando como resultado los siguientes datos para la primera toma de tiempos.

Fecha: 22/02/17		Num. 2					
Turno: 2		Área: Previas					
Supervisor(a):		Recolector datos: Victor Almendra					
No.	Proceso: Bolitas de nuez	Peso/cantidad	Time1	Time2	Time3	Time4	Tiempo total
1	Prep linaza	2.8kg					15.42
2	Prep soya	1.9kg					14.59
3	Corte cebolla	4.8kg		2.59	2.46	4.48	9.53
4	Rayado queso	9.6kg	11.24				11.24
5	Rayado nuez	9.6kg	11.21	9.07	10.34		30.62
6	Preparación leche	8kg	4.44	1.2	2.39	3.1	11.13
7	Prep pan molido	30kg	5.02	4.34	4.11		13.47
8	Rev ingredientes	Nul	3.04	2.16	15.26	3.16	23.62
9	Op 1	694	32.52	10.03	30.09	36.22	108.86
10	Op2	800	39	19.08	27.56	26.03	111.67
11	Op3	731	21.56	11.07	11.02	38.05	81.7
12	Etiquetado Op 1	2 charolas			6.27	6.19	12.46
13	Etiquetado Op2	2 charolas			7.12	7.4	14.52
14	Etiquetado Op3	2 charolas			5.04	5.21	10.25

Tras almacenar la primera toma de tiempos se pudieron identificar algunos factores que afectan la elaboración, pero con las cuales no sería suficiente para determinar el problema, por tal motivo se registraron los tiempos de tres días posteriores.

Mediante un diagrama de Pareto realizado de forma individual tomando los datos de las hojas de verificación, se pudo identificar de manera específica el factor con mayor influencia en el atraso de la preparación de las albóndigas de nuez, que dio como resultado el proceso de elaboración de albóndigas (es donde el operador toma la mezcla con un dispensador de helado manual y vierte la porción en una charola para posteriormente darle forma a la albóndiga).

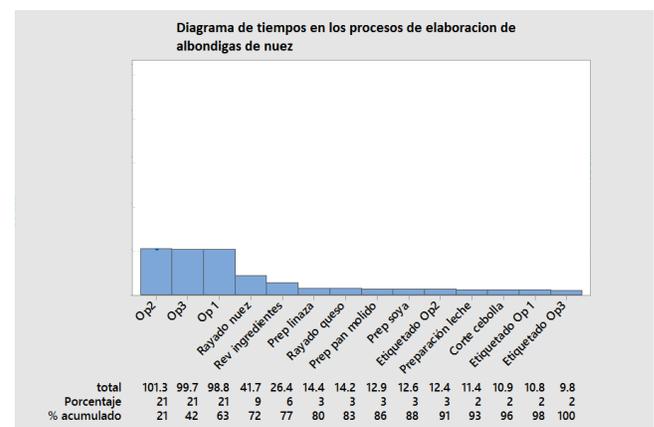


Fig. 1. Diagrama de tiempos en procesos llevados a cabo para la elaboración de albóndigas de nuez (día uno).

Al identificar el mayor factor afectante (interacción del operador con la mezcla para la preparación de las albóndigas)

se planteó mejorar este proceso por medio de la elaboración de un prototipo.

El prototipo hecho a base de madera consta de un cilindro en el cual se vierte la mezcla para después ejercer presión con la palanca, debajo del cilindro se encuentra una plantilla diseñada con capacidad para elaborar doce albóndigas por lote.



Fig. 2. Prototipo para la elaboración de albóndigas.

Después de elaborar el prototipo se realizaron las pruebas requeridas con tres poblaciones diferentes (comedor-operario, otros-operarios, prototipo), cada prueba constaba de un lote con doce muestras de las cuales fueron tomados los tiempos por lote.

III. RESULTADOS

a) One-way Anova

Por medio de una prueba ANOVA (Análisis de Varianza) de un factor se analizaron los datos resultantes de tres poblaciones con distintas técnicas de elaboración, para la cual se plantearon las siguientes hipótesis: [6]

$$H_0: M_1 = M_2 = M_3$$

$$H_1: M_i \neq M_j$$

En la que H_0 (hipótesis nula) y H_1 (hipótesis alterna) determina de acuerdo al valor P si las medias analizadas son iguales o existe alguna diferencia entre ellas.

En la siguiente tabla se aprecia el nivel de significancia, valor P y el ajuste de los datos que se analizaron, en la cual se determinó de acuerdo a las hipótesis con relación al valor P que existe una diferencia significativa en los tiempos de elaboración de un lote de albóndigas de nuez para las tres técnicas.

Tabla II						
Análisis de varianza de un solo factor						
ANOVA de un solo factor: Tiempo-Comedor, Tiempo-Prueba, Tiempo Prototipo						
Método						
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales					
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente					
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$						
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.						
Información del factor						
Factor Niveles	Valores					
Factor	3 Tiempo-Comedor, Tiempo-Prueba, Tiempo Prototipo					
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC	Ajust.	Valor F
Factor	2	4748.0	2373.99	154.12	0.000	
Error	42	646.9	15.40			
Total	44	5394.9				
Resumen del modelo						
		R-cuad.	R-cuad.			
	S	R-cuad. (ajustado)	(pred)			
	3.92469	88.01%	87.44% 86.23%			

Las medias obtenidas nos demostraron las diferencias en los tiempos para cada población, siendo la del Tiempo-Prototipo la más baja, seguida de Tiempo-Comedor y como última Tiempo-Prueba.

Tabla III				
Medias con desviación estándar de cada población				
Medias				
Factor	N	Media	Dev.Est.	IC de 95%
Tiempo-Comedor	15	48.051	3.804	(46.006, 50.096)
Tiempo-Prueba	15	51.99	4.59	(49.94, 54.03)
Tiempo Prototipo	15	28.497	3.269	(26.452, 30.542)
Dev.Est. agrupada = 3.92469				

El método de Tukey nos mostró los intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores, en este caso ninguna media compartió agrupación, por lo tanto, son significativamente

Tabla 4			
Método de comparación de Tukey			
Comparaciones en parejas de Tukey			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
Factor	N	Media	Agrupación
Tiempo-Prueba	15	51.99	A
Tiempo-Comedor	15	48.051	B
Tiempo Prototipo	15	28.497	C
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			

diferentes.

En la Fig. 4 (Tukey) se apreciaron las diferencias de las medias comparando las distintas técnicas en las cuales se pudo distinguir que ninguna contuvo al cero, por lo tanto, las medias fueron significativamente diferentes.

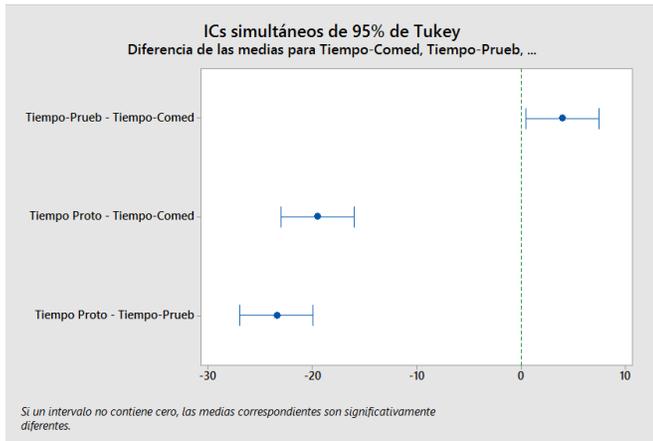


Fig. 4. Comparación de las técnicas por el método Tukey

En la Fig. 5 se pudo apreciar la distribución de los datos en donde se mostraron las tendencias y variabilidad de las distintas técnicas. Los puntos que se observan en la población Tiempo-Prueba son outliers lo cual los indicó que existieron dos muestras que salieron distantes del resto de los valores analizados.

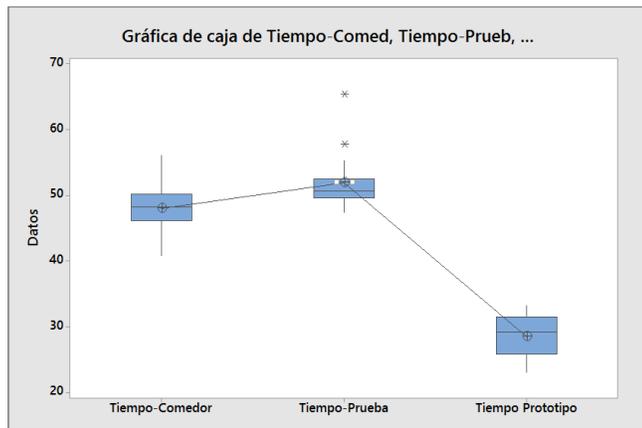


Fig. 5. Distribución de las diferentes técnicas utilizadas

b) Prueba de igualdad dos varianzas

Para la prueba de igualdad de dos varianzas se plantearon las siguientes hipótesis. Donde se comparan las varianzas de cada población para determinar si éstas son iguales o en su caso son diferentes: [7]

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$H_1: M_i \neq M_j$$

En la que H_0 (hipótesis nula) y H_1 (hipótesis alterna) determina de acuerdo al nivel de significancia si estas son iguales o existe alguna diferencia entre ellas.

Tabla V				
Datos de prueba de igualdad para dos varianzas				
Prueba e IC para dos varianzas: Tiempo Prototipo, Tiempo-Comedor				
Método				
Hipótesis nula	$\sigma(\text{Tiempo Prototipo}) / \sigma(\text{Tiempo-Comedor}) = 1$			
Hipótesis alterna	$\sigma(\text{Tiempo Prototipo}) / \sigma(\text{Tiempo-Comedor}) \neq 1$			
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$			
Se utilizó el método F. Este método es exacto sólo para datos normales.				
Estadísticas				
IC de 95% para				
Variable	N	Desv.Est.	Varianza	Desv.Est.
Tiempo Prototipo	15	3.269	10.688	(2.394, 5.156)
Tiempo-Comedor	15	3.804	14.469	(2.785, 5.999)
Relación de desviaciones estándar = 0.859				
Relación de varianzas = 0.739				
Intervalos de confianza de 95%				
Método	IC para relación de Desv.Est.	IC para relación de varianzas		
F	(0.498, 1.483)	(0.248, 2.200)		
Pruebas				
Estadística				
Método	GL1	GL2	de prueba	Valor p
F	14	14	0.74	0.578

De manera que se buscó comparar únicamente la técnica del Tiempo-Prototipo con el Tiempo-comedor se realizó la prueba de igualdad en la cual se obtuvieron los datos mostrados en la siguiente figura. Donde el valor P es mayor a 0.05, (0.578) en lo cual se concluyó que no se rechazó la hipótesis nula por lo tanto las varianzas fueron iguales.

c) Prueba t-Student

Se utilizó la prueba t-student, para probar la hipótesis de las medias de las poblaciones.

Para la prueba t-Student se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: M_1 = M_2$$

$$H_1: M_1 \neq M_2$$

Donde H_0 significa "hipótesis nula" y H_1 "hipótesis alterna". La hipótesis nula indica que no existe diferencia significativa en las medias, y la hipótesis alterna que si existe una diferencia significativa en cuanto a los tiempos del comedor vs tiempo del prototipo.

Tabla VI				
Prueba T de dos muestras				
Prueba T e IC de dos muestras: Tiempo Prototipo, Tiempo-Comedor				
T de dos muestras para Tiempo Prototipo vs. Tiempo-Comedor				
			Error estándar de la	
	N	Media	Desv.Est.	media
Tiempo Prototipo	15	28.50	3.27	0.84
Tiempo-Comedor	15	48.05	3.80	0.98
Diferencia = μ (Tiempo Prototipo) - μ (Tiempo-Comedor)				
Estimación de la diferencia: -19.55				
IC de 95% para la diferencia: (-22.21, -16.90)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. \neq): Valor T = -15.10 Valor p = 0.000 GL = 28				
Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 3.5467				

En la tabla VI se puede observar que las medias fueron diferentes. Mediante el valor P (0.0) se rechazó la hipótesis nula, por lo tanto, se obtuvo una diferencia significativa de las medias en el Tiempo-Prototipo vs Tiempo-Comedor.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos analizados anteriormente se pudo definir por medio de la estadística que existe una diferencia significativa de acuerdo al prototipo diseñado vs las técnicas utilizadas. Si este prototipo se implementara en el comedor podría resultar con un ahorro de hasta el 40% específicamente en la elaboración de las albóndigas de nuez.

Cabe mencionar que al igual que este tipo de albóndigas existen otros procesos similares en los cuales podría ser usado el mismo mecanismo de preparación.

El proyecto concluyó con el diseño del prototipo para agilizar el tiempo utilizado para elaborar albóndigas de nuez en el comedor de la Universidad de Montemorelos. Después de analizar los factores tiempo-comedor y tiempo-prototipo se observó que el déficit se encontraba en el tiempo-comedor. Por lo tanto, se buscará que el comedor adquiera el prototipo para producir las albóndigas en un menor tiempo.

Referencias.

- [1] P. García., "Mejora continua de la calidad en los procesos," Vol. (6), 1, pp. 89-94, 2003.
- [2] J. Diez, L. Abreu., "Impacto de la capacitación interna en la productividad y estandarización de procesos productivos: un estudio de caso," International Journal of Good Conscience, no. 4, pp. 97-144, 2009.
- [3] L. Delgado., "Operatoria doméstica para la preparación de alimentos: un indicador de complejidad," Hispania, vol. 62, no. 211, pp. 425-431, 2010.
- [4] S. Alarcón., "Redalyc. Optimización del proceso de elaboración de raciones en un servicio de alimentación colectiva" vol. 20, no. 2, pp. 7-11, 2011.
- [5] D. Toledo., "Empleo de ANOVA para determinar la consistencia entre resultados de mediciones únicos" Boletín Científico Técnico INIMET, núm. 2, julio-diciembre, 2010, pp. 9-14 Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología Ciudad de La Habana, Cuba

[6] Minitan Inc. (retrieved). <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/basics/what-is-anova/>

[7] redalyc.org (retrieved).

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223017811003/analisis-varianza.pdf>