

RECIBIDO EL 26 DE JUNIO DE 2017 - ACEPTADO EL 26 DE JUNIO DE 2017

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LA EMPRESA LA MADRILEÑA

Cristian Espín

cristian.espin@utc.edu.ec

José Guilcamaigua

jovigupa@yahoo.es

Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador.

Resumen

El proyecto de investigación realizado en la empresa La Madrileña se orienta a la optimización de la producción, intención con la cual se propone: diagnosticar la situación actual del proceso productivo en lo referente a materia prima; determinar las mermas y su efecto en los costos de producción; para finalmente formular una propuesta de optimización de la misma, que se sustenta en reducir tiempos de secado en el horno e incrementar temperaturas en el horno.

Palabras clave: Optimización de la producción, Costos de producción, Merma.

ABSTRACT

This research project, performed in La Madrileña enterprise, is focused on optimizing the production. It aims to make a diagnosis about the current situation of the productive process related to feedstock, determine shrinkage, its

effect on production costs and finally make a proposal related to optimization production. Using the Pareto diagram, the most demanded products were defined, which are 'longaniza especial' (9.5%), 'longaniza ahumada' (6.5%) and 'botón especial' (13%). All of them represent the 29% of the total production. Experimentally, different temperatures and drying times were set in the oven, the data obtained have contributed to perform polynomial curves which were used to project the response variables (Y). Thus, for 'longaniza ahumada', a change of the drying time from 35 to 20 minutes and a temperature between 75°C and 85°C will reduce shrinkages from 15% to 9% as well as the production costs from USD 2.30 to USD 2.08 per kilogram. In addition, for 'botón especial', changing the drying time from 55 to 35 minutes and setting the temperature between 78°C and 85°C, shrinkages will reduce from 18% to 15% and also the production costs will drop from USD 2.04 to

USD 1.94 per kilogram. Moreover, for 'longaniza especial', a variation of the drying time from 50 to 20 minutes and a range of temperature between 77°C and 85°C, will reduce shrinkages from 23% to 19% as well as the production costs from USD 2.58 to USD 2.36 per kilogram. Therefore, the optimization proposal to reduce shrinkages and productions costs is based on diminishing dried times and increasing the temperature in the oven.

Key words: Production optimization, production costs, shrinkage.

Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado metodologías para el rediseño y mejoramiento de procesos que van desde el control estadístico, el ciclo PHVA, el concepto de cadena de valor de Porter, hasta la reingeniería, rediseño de procesos, seis sigma, BPM, entre otras. Algunas organizaciones aplican estas vías y modelos de gestión, sin embargo no presentan un marco metodológico general donde se puedan determinar los pasos sistemáticos que debe realizar una empresa para poder desarrollar adecuadamente un proyecto donde se involucren cambios en los procesos, independiente de la metodología o modelo de gestión que se use. (Santiago, A. 2012).

Se entiende por merma la pérdida de alguna de las características físicas de los productos obtenidos o, mejor, de alguno de los factores utilizados para su obtención: su peso, su volumen, longitud, etc.

Cuando eso ocurre la empresa ya lo tiene asumido como una característica inherente del proceso productivo, por lo que calcula el costo directamente, obteniendo el valor de los productos fabricados a la salida del proceso, dividiendo los costos aplicables del periodo (Consumo de materias primas + Mano de obra directa + Gastos Generales) correspondientes

al departamento donde se produce la merma, entre el número de unidades a la salida de dicho centro, descontando, por lo tanto, la merma.

No se debe confundir el concepto de pérdida con el de merma, porque esta se conoce antes de llevar a cabo el proceso productivo, mientras que la pérdida, a pesar de que la empresa establezca un margen de tolerancia, no se conoce a priori. (Rodríguez, R. 2008).

Metodología

La investigación está encaminada a un enfoque experimental debido a que se manipuló una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, el experimento consistió en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente).

Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Las variables independientes para la realización de la investigación fueron: "temperatura del horno" y "tiempo de secado en el horno" de la pasta de embutido, obteniendo como variable principal dependiente la humedad del producto, una vez determinada la humedad del embutido podemos continuar estableciendo el resto de variables.

Los exámenes de humedad de los embutidos de mayor demanda se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

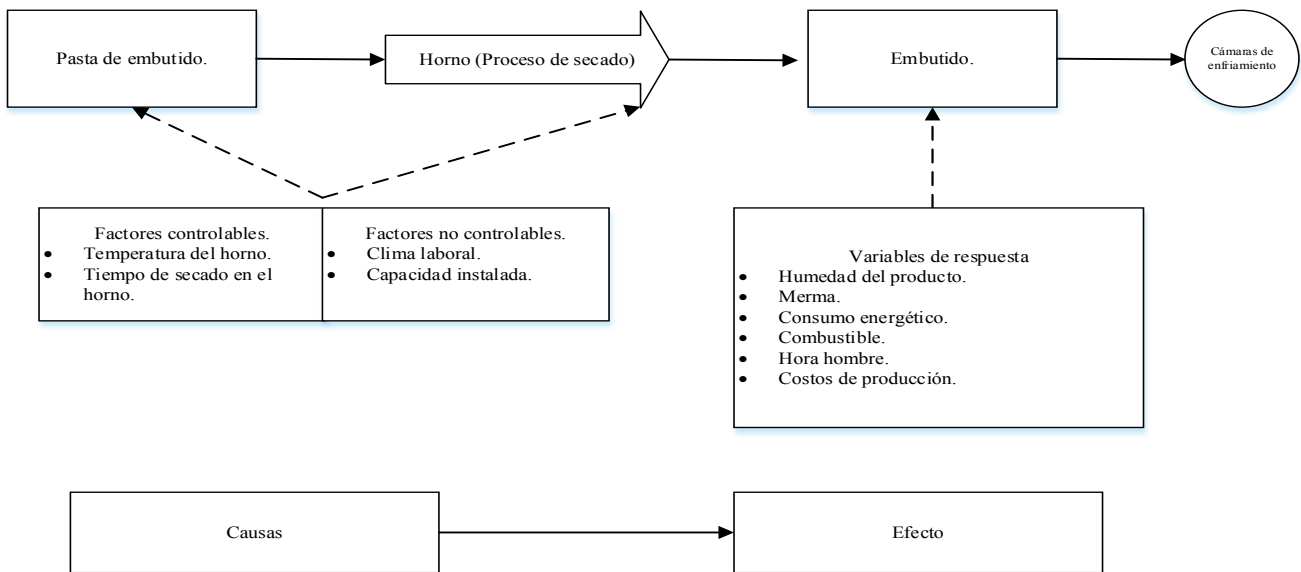


Figura1. Diseño de experimentos (los autores, 2017)

El proceso a estudiar es la etapa de “secado del producto en el horno” (no considera las etapas de cocción y ahumado, por cuanto la temperatura en estas etapas son fijas respondiendo a variables microbiológicas y organolépticas del producto). La entrada del proceso está constituida por la pasta de embutido (materia prima cruda); y la salida corresponde al embutido listo para empacar (producto final).

Siendo la etapa del horno el área susceptible de cambios, con proyección a reducir mermas, se seleccionaron las variables “temperatura del horno” y “tiempo de secado del embutido” como factores controlables; las variables “humedad del producto” (%), “merma” (kg), “consumo energético” (kWh), “combustible” (Gls), “mano de obra” (\$), “costos de producción” (\$) como variables de respuesta; la variable de clima laboral, capacidad instalada como factor no controlable. Por lo tanto las variables independientes corresponden a los factores controlables, las variables dependientes a las variables de respuesta, siendo las primeras las causas y las segundas los efectos.

RESULTADOS

Mediante un diagnóstico que describa el comportamiento de los procesos productivos en la elaboración de embutidos y el análisis de gráficos especializados y esquemas, se favorece el control de operación para el uso adecuado de la materia prima; de este modo se logra determinar el consumo mínimo necesario de energía, combustible, mano de obra para lograr resultados satisfactorios aplicando técnicas de optimización de la producción.

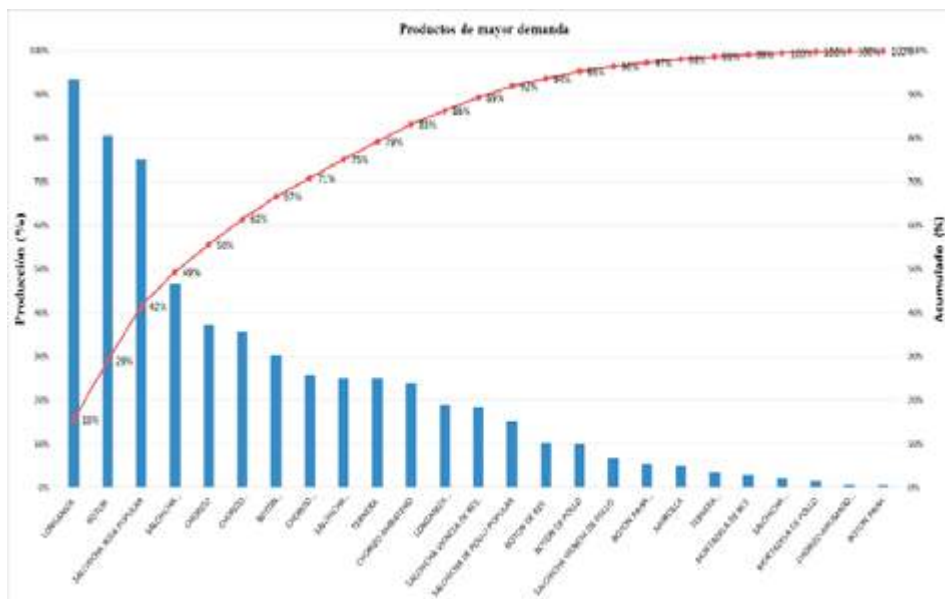
Tabla 1. Producción global La Madrileña.
Elaboración los autores

PRODUCTOS		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
E S P E C I A L	BOTON	14%	13%	13%	14%	13%	13%	
	LONGANIZA	14%	15%	16%	16%	16%	16%	
	CHORIZO	6%	6%	7%	7%	7%	5%	
	TERNERA	5%	4%	4%	5%	3%	4%	
	SALCHICHA DE POLLO	4%	4%	5%	4%	4%	3%	
	CHORIZO AMBATENO	3%	4%	4%	5%	4%	4%	
	CHORIZO AHUMADO PICANTE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	MORTADELA DE RES	1%	0%	0%	0%	1%	1%	
	MORTADELA DE POLLO	0%	0%	0%	0%	1%	0%	
	SALCHICHA ESPECIAL	1%	0%	0%	0%	0%	0%	
	MORCILLA	1%	1%	1%	1%	1%	1%	
	BOTON PAISA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	P O P U L A R	SALCHICHA ROJA POPULAR	11%	15%	13%	12%	12%	12%
		SALCHICHA POPULAR	7%	9%	8%	9%	8%	7%
SALCHICHA VIENESA DE RES.		6%	2%	1%	1%	4%	5%	
CHORIZO AMBATENO POPULAR		5%	5%	6%	7%	6%	6%	
BOTON POPULAR		4%	7%	5%	5%	5%	4%	
CHORIZO POPULAR		4%	4%	6%	4%	4%	3%	
LONGANIZA POPULAR		4%	3%	4%	3%	3%	3%	
SALCHICHA DE POLLO POPULAR		2%	3%	3%	3%	3%	2%	
BOTON DE RES		2%	2%	2%	1%	2%	2%	
SALCHICHA VIENESA DE POLLO		1%	0%	0%	0%	2%	3%	
BOTON DE POLLO		1%	2%	2%	2%	1%	1%	
BOTON PAISA POPULAR		1%	1%	1%	1%	1%	1%	
TERNERA POPULAR		1%	1%	1%	1%	0%	0%	
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%	100%	

En la planta de producción de embutidos “La Madrileña” se estableció que la producción global la constituyen 25 productos en diferentes porcentajes de producción, clasificados en dos líneas: especial y popular. Se recopiló los

porcentajes de producción de seis meses atrás (Mayo-Octubre 2016), para determinar los productos de mayor demanda, es decir los que se producen con más frecuencia y en grandes cantidades.

Figura 2. Productos de mayor demanda (los autores, 2017)



Los productos de mayor demanda determinados con el diagrama de Pareto son: longaniza especial con una producción del 9.5%; longaniza ahumada con una producción del 6.5 % y el botón especial con una producción del 13% que sumados representan el 29% de la producción total, promedio obtenido en base a los últimos 6 meses de producción, (mayo – octubre 2016). Se considera que este porcentaje es alto, por cuanto lo constituyen únicamente 3 productos, frente a los 22 restantes de la producción total.

Análisis de merma

Longaniza ahumada

El diagrama de flujo para longaniza ahumada permite identificar las áreas en las que se originan las mermas y establece que el porcentaje más alto de merma se encuentra en el área del horno, en el que se pierde 9.40 kg de pasta de embutido en un ciclo de producción de 150 kg se pierde 6,27%.

Tabla 2. Resultados del experimento longaniza ahumada. Elaboración los autores

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO LONGANIZA AHUMADA								
Tratamiento	Factores controlables		Variables de respuesta					
	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Humedad del producto (%)	Merma del producto (kg)	Consumo energético (kWh)	Combustible (Gls)	Mano de obra (\$)	Costos de producción (\$)
T0	70	35	56	1.036,38	730,48	590,18	159,62	15.892,08
T1	90	15	56	879,98	567,64	253	95,68	15.072,82
T2	72	26	63	852,38	656,42	438,38	130,64	15.264,18

Se probaron tres tratamientos para el experimento de la longaniza ahumada. Cada uno resulta de la combinación de los niveles de los factores “temperatura del horno” y “tiempo de secado del embutido”. El primer tratamiento corresponde al testigo (T0) con una temperatura de 70°C y un tiempo de 35 minutos obteniendo como resultado: humedad 56 %, merma 1.036,38 kg, consumo energético 730.48 Kw/h, Combustible 590.18 Gls, Mano de obra 159.62 \$ con un total en costos de producción de 15.892,08 \$ por mes. Son los factores controlables y variables de respuesta habituales con las que funciona actualmente la planta de producción. Los dos siguientes (T1 y T2) corresponden a la ejecución del experimento con su respectivo

factor controlable y sus variables de respuesta.

Botón Especial

En el análisis del diagrama de flujo de botón especial permite identificar las áreas en las que se originan las mermas y se establece que el porcentaje más alto de merma se encuentra en el área del horno, en el que se pierde 14.50 kg de pasta de embutido en un ciclo de producción de 150 kg se pierde 9,67%.

Tabla 3: Resultados del experimento botón especial. Elaboración los autores

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO BOTÓN ESPECIAL								
	Factores controlables		Variables de respuesta					
Tratamiento	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Humedad del producto (%)	Merma del producto (Kg)	Consumo energético (kWh)	Combustible (Gls)	Mano de obra (\$)	Costos de producción (\$)
T0	74	55	62	2.574,77	2.171,60	1.795,13	339,09	29.083,42
T1	90	15	64	2.396,77	1.533,47	489,50	92,56	26.980,35
T2	81	35	63	2.174,27	1.855,65	1.141,87	216,27	27.631,83

Se probaron tres tratamientos para el experimento del botón especial. Cada tratamiento resulta de la combinación de los niveles de los factores “temperatura del horno” y “tiempo de secado del embutido”. El primer tratamiento corresponde al testigo (T0) con una temperatura de 74°C y un tiempo de 55 minutos obteniendo como resultado: humedad 62 %, merma 2.574,77 kg, consumo energético 2.171,60 Kw/h, Combustible 1.795,13 Gls, Mano de obra 339.09 \$ con un total en costos de producción de 29.083,42 \$ por mes. Son los factores controlables y variables de respuesta habituales con las que funciona actualmente la planta de producción. Los

dos siguientes (T1 y T2) corresponden a la ejecución del experimento con su respectivo factor controlable y sus variables de respuesta.

Longaniza especial

En la evaluación del diagrama de flujo de la longaniza especial permite identificar las áreas en las que se originan las mermas y se establece que el porcentaje más alto de merma se encuentra en el área del horno, en el que se pierde 19 kg de pasta de embutido en un ciclo de producción de 150 kg. se pierde 12,67%

Tabla 4. Resultados del experimento longaniza especial. Elaboración los autores

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO LONGANIZA ESPECIAL								
	Factores controlables		Variables de respuesta					
Tratamiento	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Humedad del producto (%)	Merma del producto (Kg)	Consumo energético (kWh)	Combustible (Gls)	Mano de obra (\$)	Costos de producción (\$)
T0	72	50	57	2.273,31	1.561,10	1.228,11	232,49	25.939,72
T1	90	15	58	1.837,81	1.145,03	368,50	69,68	23.424,54
T2	77	26	62	2.005,31	1.274,34	638,51	120,60	24.306,26

Se probaron tres tratamientos para el experimento de la longaniza especial. Cada tratamiento resulta de la combinación de los niveles de los factores “temperatura del horno” y “tiempo de secado del embutido”. El primer tratamiento corresponde al testigo (T0) con una temperatura de 72°C y un tiempo de 50 minutos obteniendo como resultado: humedad 57 %, merma 2.273,31 kg, consumo energético

1.561,10 Kw/h, Combustible 1.228,11 Gls, Mano de obra 232.49 \$ con un total en costos de producción de 25.939,72 \$ por mes. Son los factores controlables y variables de respuesta habituales con las que funciona actualmente la planta de producción. Los dos siguientes (T1 y T2) corresponden a la ejecución del experimento con su respectivo factor controlable y sus variables de respuesta.

Propuesta

Longaniza ahumada

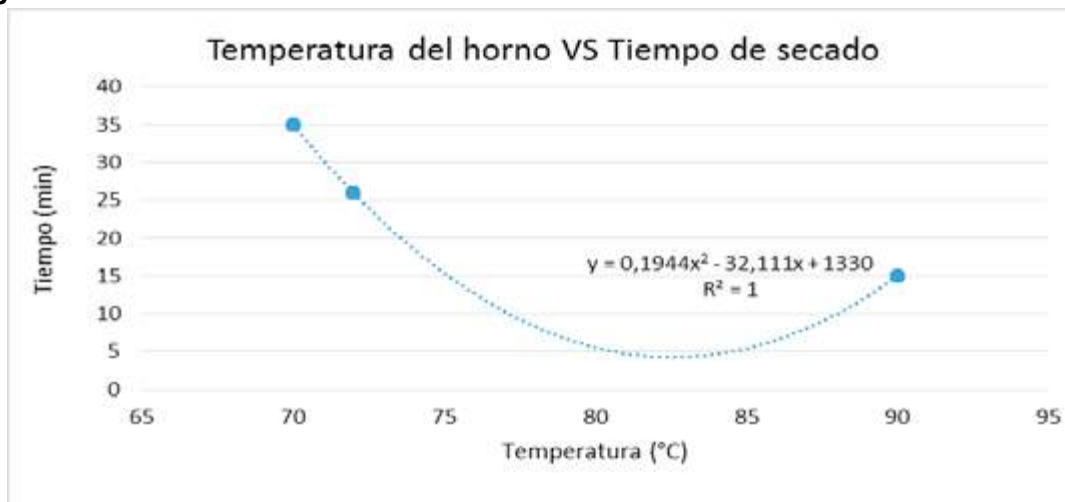


Figura 3: Tiempos de secado para la elaboración de la longaniza ahumada, (los autores, 2017)

Al tomar un valor de temperatura de 80°C, requeriría un tiempo de 5 minutos, y en la realidad, esto no sería factible por la baja capacidad instalada (fuentes de suministro de energía compartidos para los diferentes procesos), siendo éste el factor no controlable, que se mencionó en el planteamiento del experimento.

Por tal razón los valores considerados óptimos se encuentran en un rango de 75°C a 85°C, se recomienda operar en estos rangos, para alcanzar esta temperatura se requiere un tiempo de 20 minutos para la longaniza ahumada, con relación a la temperatura habitual de 70°C del horno y un tiempo acostumbrado de 35 minutos de secado del embutido.

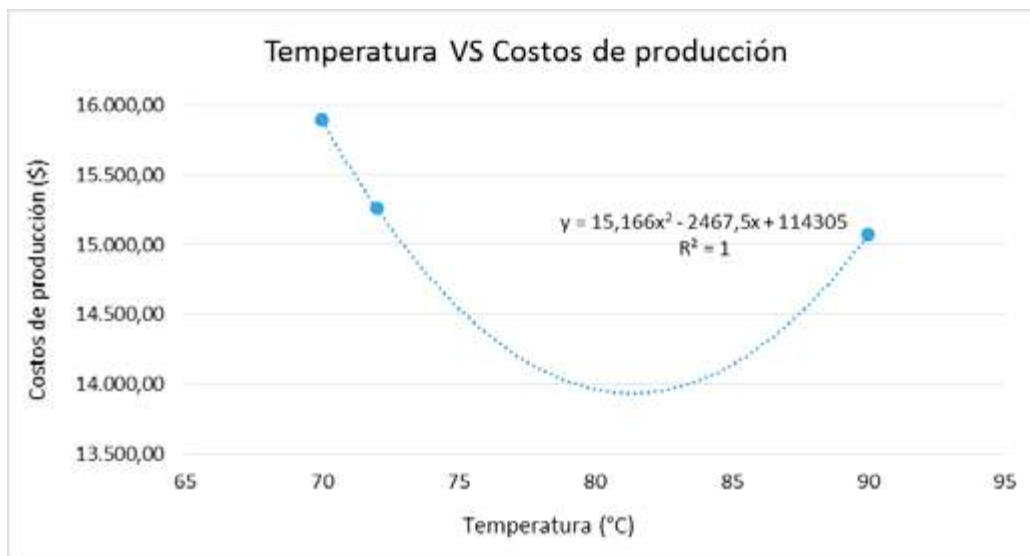


Figura 4: Costo de producción para la elaboración de longaniza ahumada, (los autores, 2017)

Acorde a la ecuación polinómica y en concordancia a la experimentación, se recomienda considerar los valores en un

rango inferior a 85°C. (75°C a 85°C) en el horno, con un tiempo de 20 minutos de secado.

Tabla 5: Propuesta longaniza ahumada. Elaboración los autores

Longaniza ahumada				
Tratamiento	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Merma del producto (kg)	Costos de producción (\$)
T0	70	35	1.036,38	15.892,08
T3	75 a 85	20	625	14.346,55



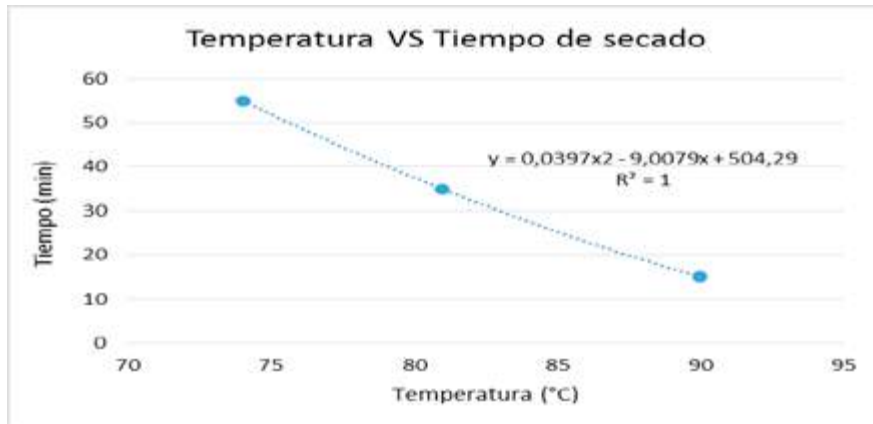
Botón especial

Figura 5: Tiempo de secado para la elaboración del botón especial, (los autores, 2017)

El tomar un valor de temperatura de 90°C, requeriría un tiempo de 15 minutos, y en la realidad, esto no sería factible por la baja capacidad instalada (fuentes de suministro de energía compartidos para los diferentes procesos), siendo éste el factor no controlable, que se mencionó en el planteamiento del experimento.

Por tal razón los valores considerados óptimos se encuentran en un rango de 78°C a 85°C, se recomienda operar en estos rangos, para alcanzar esta temperatura se requiere un tiempo de 35 minutos para el botón especial, con relación a la temperatura habitual de 74°C del horno y un tiempo acostumbrado de 55 minutos de secado del embutido.

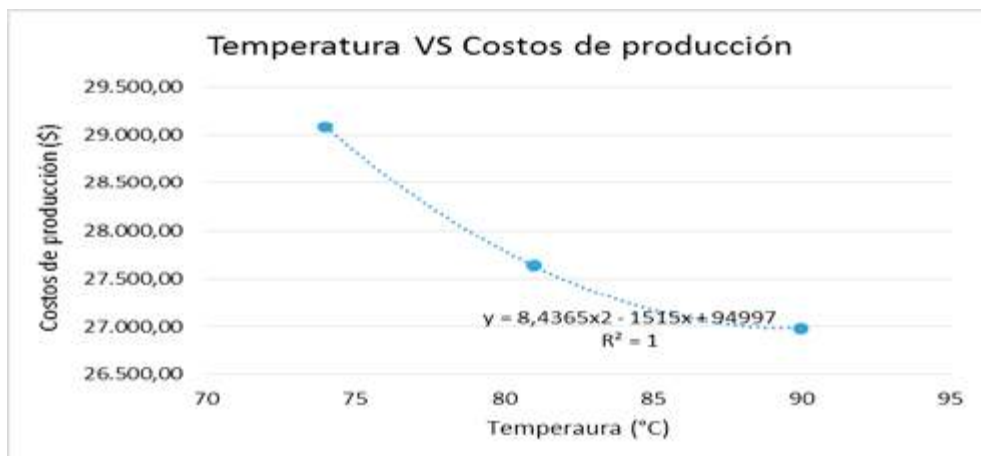


Figura 6. Costos de producción para la elaboración del botón especial, (los autores, 2017)

Acorde a la ecuación polinómica y en concordancia a la experimentación, se recomienda considerar los valores en un rango inferior a 85 °C. (78°C a 85°C) en el horno con un tiempo de 35 minutos de secado.

Tabla 6. Propuesta botón especial.

Elaboración los autores

Botón especial				
Tratamiento	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Merma del producto (kg)	Costos de producción (\$)
T0	74	55	2.574,77	29.083,42
T3	78 a 85	35	2.215	27.665,19

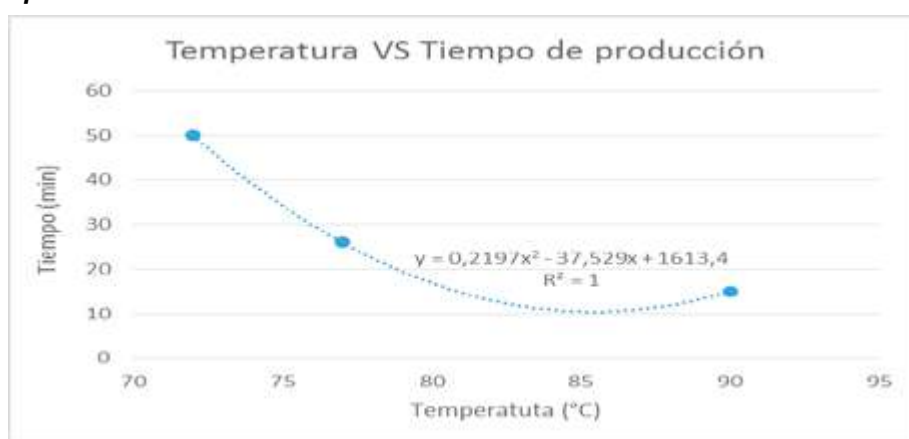
Longaniza especial

Figura 7. Tiempo de secado para la elaboración de la longaniza especial, (los autores, 2017)

El tomar un valor de temperatura de 85°C, requeriría un tiempo de 10 minutos, y en la realidad, esto no sería factible por la baja capacidad instalada (fuentes de suministro de energía compartidos para los diferentes procesos), siendo éste el factor no controlable, que se mencionó en el planteamiento del experimento.

Por tal razón los valores considerados óptimos se encuentran en un rango de 77°C a 85°C, se recomienda operar en estos rangos, para alcanzar esta temperatura se requiere un tiempo de 20 minutos para la longaniza especial, con relación a la temperatura habitual de 72°C del horno y un tiempo acostumbrado de 50 minutos de secado del embutido.

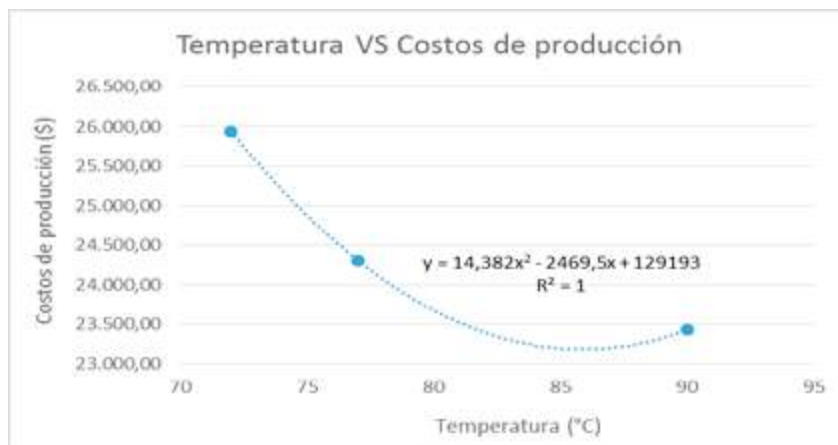


Figura 8. Costos de producción para la elaboración de la longaniza especial, (los autores, 2017)

Acorde a la ecuación polinómica y en concordancia a la experimentación, se recomienda considerar los valores en un rango

inferior a 85 °C. (77°C a 85°C) en el horno con un tiempo de 20 minutos de secado. Tabla 7. Propuesta longaniza especial. Elaboración los autores

Longaniza especial				
Tratamiento	Temperatura del horno (°C)	Tiempo de secado del embutido (min)	Merma del producto (kg)	Costos de producción (\$)
T0	72	50	2.273,31	25.939,72
T3	77 a 85	20	1.900	23.759,92

DISCUSIÓN

Al utilizar la experimentación y la ecuación polinómica que nos permite escoger la solución óptima de la relación de dos variables en este caso fueron incremento de la temperatura y tiempo de secado para él un caso y Temperatura versus costos de producción para otro caso se determinó que con el incremento en la temperatura del horno en la producción de longaniza ahumada, botón especial y Longaniza especial disminuye el tiempo de secado lo que permite la reducción en la merma por secado reduciendo los costos de producción considerablemente.

CONCLUSIONES

Con base en las preferencias del consumidor por tipos de embutido, se logró identificar que de 25 productos, 3 de ellos son los de mayor demanda (longaniza ahumada, botón especial y longaniza especial), por cuanto representan el 29 % de la producción total.

La merma de los embutidos de mayor demanda llega al 19% en promedio mensual, el mayor porcentaje de ésta se produce en el área del horno durante el proceso de secado, con un valor de 10%.

Los resultados del experimento muestran que en la longaniza ahumada subiendo la temperatura de 75 a 85°C reducimos en 57% el tiempo de



secado, en 40% la merma del producto y en un 10 % el costo de producción. En el botón especial incrementando la temperatura de 78 a 85 reducimos en 64% el tiempo de secado, en 14% la merma del producto y en un 5 % el costo de producción. Y en la longaniza especial aumentando la temperatura reducimos en 36% el tiempo de secado, en 16% la merma del producto y en un 8 % el costo de producción mensual.

La inversión que se realice en la implementación de la propuesta se justifica por cuanto la adquisición de equipos para el seguimiento a las variables de respuesta en la producción y la modificación de estructuras, implicarían costos bajos frente a la rentabilidad obtenida

REFERENCIAS

- VILLEGAS, F. Velázquez; GUTIÉRREZ, SD Santillán. Optimización de forma de modelos paramétricos bidimensionales basada en ponderación geométrica y reglas evolutivas. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 2012, vol. 28, no 3, p. 135-141.
- GETINO, Toni Monleón; REBULL, Jordi Ocaña. Simulación como herramienta de optimización de la investigación clínica. *Medicina clínica*, 2006, vol. 127, no 18, p. 702-704.
- GETINO, Toni Monleón; REBULL, Jordi Ocaña. Simulación como herramienta de optimización de la investigación clínica. *Medicina clínica*, 2006, vol. 127, no 18, p. 702-704.
- CABALLERO, José A.; GROSSMANN, Ignacio E. Una revisión del estado del arte en optimización. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 2007, vol. 4, no 1, p. 5-23.
- EUGENIA, Díaz-Castellanos Elizabeth, et al. Desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariados mediante Balanced Six Sigma. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 2015, vol. 16, no 3, p. 419-430.
- DÍAZ-MARTÍN, Ricardo; SANGLIER-CONTRERAS, Gastón; GUARDIOLA-MOUHAFFEL, Adib. Aplicación del método de los mínimos cuadrados para la obtención de los parámetros de los modelos de Henderson y Chung-Pfost. *Educación química*, 2015, vol. 26, no 2, p. 139-145.
- GARDUÑO-GARCÍA, A., et al. Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 2014, vol. 15, no 2, p. 221-232
- FERRER, L.; COVES, A.M. y SANTOS, M.A. de los. Modelado del Transporte de Distribución Mediante Programación Lineal Entera. *Inf. tecnol.* [online]. 2004, vol. 15, n.4 [citado 2017-07-12], pp.65-69. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000400009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642004000400009>.
- ARÁUZ ÁVILA, José Ignacio, et al. Optimización del sistema de enfriamiento de un embutido en una planta procesadora de carnes.
- MONTERO, Rodríguez; EDUARDO, Washintong. Optimización de la cadena de producción de pollo utilizando programación matemática. 2013. Tesis de Licenciatura.
- GÓMEZ, Lupita Serrano; PIMIENTO, Néstor Raúl Ortiz. Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 2012, vol. 28, no 125, p. 13-22.
- Campinas. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. España. Scielo, 179-182.

García, F. (2016). Auditoría energética para la optimización de consumos en el proceso productivo de una fábrica de embutidos. España.

Cespón, R. (2006). Procedimientos para la selección del sistema de gestión de la producción en empresas manufactureras. Colombia. Redalyc.org, 183-188.

Gutiérrez, H. (2008). Análisis y diseño de experimentos. Guanajuato, México.

Personal del programa universitario de alimentos de la universidad autónoma de México. (2009). Procesos productivos en la elaboración del embutido. México.

Rodríguez, R. (2008). Merma de los productos. España.

Santiago, A. (2012). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. España. My science work.