

Propuesta para la estandarización del proceso de elaboración de pizza artesanal en la Pizzería Artesanal L'etrusco, a base de un diseño experimental

Proposal for the standardization of the artisanal pizza making process at the L'etrusco Artisan Pizzeria, based on an experimental design

Rolando A. Mora D.^{1,2*}, Mario A. Pinzón C.^{1,2*}, Fernando González Q.^{1,2*}

¹Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá; ²Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

*Autor de correspondencia: fernando.gonzalez@utp.ac.pa

RESUMEN. La discrepancia de tiempos en el proceso productivo de la pizza artesanal en la Pizzería Artesanal L'etrusco, ubicada en Santiago de Veraguas, vulnera su capacidad de respuesta frente al crecimiento de la competencia e incertidumbres económicas. El objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta de estandarización del proceso de elaboración de una pizza artesanal en este establecimiento comercial. Se realizó un estudio de tiempos diagnóstico, donde se comprobó que el tiempo de cocción es la operación con mayor variabilidad. Para determinar qué variables lo afectan, se aplicó un diseño experimental factorial midiendo el efecto de cinco posibles posiciones de la pizza en el horno y cinco intervalos de temperatura del horno, y su interacción. Se cronometró el tiempo de cocción de 125 pizzas de tamaño regular, con apoyo de un termómetro infrarrojo con rango de medición de -20 a 520°C. El análisis de la varianza del modelo estadístico determinó que existe suficiente evidencia para afirmar que ambas fuentes de variación tienen un efecto significativo en la variable de respuesta, más no su interacción. A partir de estos hallazgos, se determinaron límites de aceptación de estas variables, logrando disminuir el tiempo estándar total del proceso productivo, aumentando los niveles de productividad y eficiencia. Esto permite reafirmar la importancia de la aplicación de estudios de ingeniería de métodos, que benefician potencialmente a los negocios MiPyMEs y promueven un método de trabajo óptimo, eficiente y de calidad.

Palabras clave. *Análisis de Varianza, diseño experimental, eficiencia, estandarización, ingeniería de métodos, productividad.*

ABSTRACT. The discrepancy in times in the production process of artisanal pizza at the L'etrusco Artisan Pizzeria, located in Santiago de Veraguas, violates its ability to respond to the growth of competition and economic uncertainties. The objective of this work is to prepare a proposal to standardize the process of making an artisanal pizza in this commercial establishment. A diagnostic time study was carried out, where it was proven that the cooking time is the operation with the greatest variability. To determine which variables affect it, a factorial experimental design was applied, measuring the effect of five possible positions of the pizza in the oven and five oven temperature intervals, and their interaction. The cooking time of 125 regular-sized pizzas was timed, using an infrared thermometer with a measurement range of -20 to 520°C. The analysis of the variance of the statistical model determined that there is sufficient evidence to affirm that both sources of variation have a significant effect on the response variable, but not their interaction. Based on these findings, acceptance limits of these variables were determined, managing to reduce the total standard time of the production process, increasing the levels of productivity and efficiency. This allows us to reaffirm the importance of the application of method engineering studies, which potentially benefit SME businesses and promote an optimal, efficient and quality work method.

Keywords. *Analysis of Variance, experimental design, efficiency, standardization, method engineering, productivity.*

Citación: R. Mora, M. Pinzón y F. González, "Propuesta para la estandarización del proceso de elaboración de pizza artesanal en la Pizzería Artesanal L'etrusco, a base de un diseño experimental", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 20, no. 2, pp. (0), 2024.

Tipo de artículo: Original. **Recibido:** 14 de noviembre de 2023. **Recibido con correcciones:** 26 de marzo de 2024. **Aceptado:** 26 de marzo de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.33412/idt.v20.2.4062>

Copyright: 2024 R. Mora, M. Pinzón y F. González. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

Desde el año 2013 el mercado de la pizza se ha expandido en Panamá, dándole paso a una gran diversificación de oferentes y al eventual desarrollo de una agenda expansionista, inaugurando sucursales en todo el país [1]. Las franquicias más reconocidas por los panameños, Domino's Pizza y Pizza Hut, han estado presentes en el país desde los años 80, a la par de reconocidas pizzerías panameñas. La estrategia de venta se ha moldeado en base a la dinámica de la competencia, buscando ofrecer el famoso plato italiano a menores costos y a una mayor rapidez.

Economistas evalúan de forma positiva la libre oferta y demanda en este mercado, ya que un establecimiento comercial siempre busca variar su producto para evitar caer en un rendimiento marginal decreciente [2]. En el caso de la provincia de Veraguas, en la última década se registró un aumento en la actividad comercial [3], en donde los establecimientos de pizzería aumentaron de 1 a 18, con la presencia de 8 franquicias de origen tanto panameño como internacional. 15 de estas se encuentran en el distrito de Santiago.

Sin embargo, la pandemia del COVID-19 ha causado una afectación en los rubros económicos del país, principalmente el sector de los restaurantes por el cese completo de sus actividades durante largos periodos de tiempo. Evaluadores internacionales indican una disminución en el Índice de Competitividad de Panamá durante el 2020, descendiendo 21 posiciones en el pilar Mercado Laboral, reflejando la poca flexibilidad y eficacia de este rubro para enfrentar las nuevas dinámicas económicas [4]. El impacto en las micro, pequeñas y medianas empresas ha sido mayor que en franquicias y grandes negocios, donde aproximadamente 2700 centros de expendio de comida han cerrado en su totalidad [5], propiciando una perspectiva incierta para los emprendedores [6].

No obstante, en diciembre de 2022, la reconocida franquicia Pizza Hut cerró las puertas de sus 12 sucursales en Panamá. Según Franquicias Panameñas, encargados de la cadena de restaurantes en el país, su decisión se basó en priorizar marcas que aportaban valor a sus operaciones y rentabilidad a su empresa. El alza de costos y el incremento de la competencia fueron las razones principales del cese de operaciones, lo que nos

indica que ningún establecimiento comercial está exento de verse afectado por la recesión económica actual [5].

Por tales razones, es motivo de interés de la Pizzería Artesanal L'etrusco, restaurante veraguense de comida rápida especializado en la elaboración de pizzas artesanales de tamaño regular en horno de leña, definir estrategias para diferenciarse en el mercado. La presencia de nuevas franquicias en la zona, la incertidumbre a causa de la recesión económica y un consumidor más exigente no garantizan una estabilidad económica para este emprendimiento.

Aumentar la productividad del proceso de elaboración de la pizza es una alternativa para asegurarle a su clientela que recibirá el producto en menor tiempo que la competencia, sin perder su calidad. La inconformidad yace en la discrepancia de tiempos en el proceso de elaboración de su producto estrella. Dicho problema predispone atención inmediata, ya que al desarrollar una estrategia para solucionar dicha situación podrá empujar a la empresa a una mejora en su rendimiento y competitividad.

1.2 Revisión de la literatura

A pesar de que la pizza artesanal, reconocida como napolitana, es un alimento italiano mundialmente conocido, su cocción obligatoria en hornos de leña ha recibido poca atención por parte de la comunidad científica [7]. Al no disponer de literatura sobre el análisis de la fenomenología de la cocción de la pizza, es importante emprender estudios en esta área para reducir variabilidad y preservar sus atributos de calidad, los cuales tienen beneficios cualitativos y económicos [8].

La estandarización es considerada un mecanismo de coordinación útil que busca optimizar las reglas que se emplean en la ejecución de diferentes actividades, por ejemplo, cuando un producto o servicio final es repetitivo [9]. En cuanto a normas de estandarización, la pizza napolitana, una de las principales pizzas artesanales italianas, tiene un estatus protegido otorgado por el Organismo Italiano de Normalización, con el objetivo de preservar la peculiaridad y unicidad de su receta. Según la *Associazione Vera Pizza Napoletana*, fundación que se encarga de fiscalizar dicha norma, este tipo de pizza solo puede ser elaborada con una masa que contenga trigo 0, 00 o una mezcla de ambos; levadura napolitana o con sal, cerveza y agua [8], [10].

Dependiendo de la variación de la pizza, se procede a colocar la salsa y los ingredientes del rematado, asegurándose la calidad de estos. Concluye el reglamento

que la pizza debe hornearse durante 60 a 90 segundos en un horno de leña con temperaturas de 485°C en la cúpula del domo y entre 380° a 430°C en la superficie, para obtener un resultado suave, crujiente y fragante [10].

Un primer trabajo, titulado “Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing” consiste en la aplicación de herramientas de lean manufacturing, filosofía que implementa herramientas como 5s, mapa de flujo de valor, *takt time*, entre otros, en el proceso armado de pizzas en una mediana empresa, aplicando un método de trabajo que elimine los desperdicios o actividades que no agregaban valor al proceso.

En este se concluye que la aplicación de dichos instrumentos en el proceso de elaboración de la pizza en dicho negocio fue positiva, ya que se evidenció un incremento de la productividad hasta en 20 % y una reducción del lead time del proceso en 99 % en relación de la situación inicial [11].

Un segundo trabajo, titulado “Estandarización de productos y procesos de alimentos en una cadena de pizzerías familiar” trata sobre la aplicación de una estandarización en la producción y las recetas de los productos que se elaboran en una cadena familiar de pizzerías, frente a la aparición de franquicias y la problemática de diferenciación entre sucursales debido a diferentes dueños en cada una de ellas.

En este estudio se concluye que las pruebas realizadas en la sucursal piloto demuestran lo beneficioso que es para la cadena estandarizar el proceso, ya que facilita el proceso de transición de generaciones en empresas de esta índole, agiliza el proceso de producción, acorta el tiempo de entrega de la pizza al cliente y unifica la gestión de calidad bajo la identidad corporativa sin importar cual unidad el consumidor visite [12].

1.3 Objetivos y contribuciones

El objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta de estandarización del proceso de elaboración de una pizza artesanal en la Pizzería Artesanal L’etrusco para mejorar sus niveles de productividad, a base de un diseño experimental. Esto permitirá emplear conocimientos técnicos del área de ingeniería industrial otorgándoles el propósito por el cual fueron desarrollados, que muchas veces es solamente entendido como ejecutable exclusivamente en grandes empresas.

Dicha propuesta le otorgará a la organización las herramientas e indicadores necesarios para aumentar su productividad, rendimiento y eficiencia, al disminuir

discrepancias y errores, asegurándole a su clientela que recibirá el producto en menor tiempo que la competencia, sin perder su calidad.

2. Materiales y Métodos/Metodología

2.1 Generalidades

El procedimiento experimental de la investigación estará compuesto en dos fases, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Metodología empleada en la sección experimental de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia se realizará un diagnóstico del proceso de elaboración de la pizza artesanal que lleva el establecimiento actualmente, aplicando los principios de la ingeniería de métodos. Se buscará determinar los tiempos de duración actuales del proceso de elaboración de la pizza, la operación con mayor nivel de variabilidad y los niveles de productividad y eficiencia actuales.

La segunda fase consistirá en la aplicación de un diseño experimental, donde se evaluará la actividad con mayor varianza y los factores que pueden tener un efecto sobre ella. Con los resultados obtenidos, se desarrollará e implementará una propuesta de estandarización para comparar la situación actual con los resultados ideales propuestos.

Por lo cual, el alcance de la investigación es mixto: es descriptivo debido a que mostrará las dimensiones del contexto o situación de la empresa en cuestión; es correlacional, puesto que buscará asociar las variables de estudio mediante un diseño experimental y comprobar su relación. Además, posee un enfoque cuantitativo, ya que está enfocado en la obtención de datos por medio de un diseño experimental.

2.2 Análisis del proceso productivo actual

La empresa cuenta con 4 operarios involucrados en el proceso productivo de la pizza artesanal: el chef o pizzaiolo [13], el cocinero ayudante y dos meseras.

Se labora seis días a la semana. La jornada laboral de martes a jueves es desde las 12:00 p.m. hasta las 9:00 p.m. donde 7 horas son dedicadas al proceso productivo y 2 para preproducción y limpieza. Los días viernes a domingo se labora una hora más, hasta las 10:00 p.m., dedicando 8 horas al proceso productivo.

Durante los días martes a jueves, la empresa mantiene tres operarios, los dos miembros de la cocina y un mesero. Los días viernes a domingo labora el mesero 2, por el aumento en el flujo de la clientela.

El proceso productivo de la pizza artesanal es agrupado generalmente por tres grandes pasos, que varían si el producto es elaborado de forma artesanal o automatizada: producción de la base, colocación de la salsa y aplicación del rematado [14]. Dentro de la empresa, este procedimiento se compone de 13 operaciones, como se muestra en la figura 2.

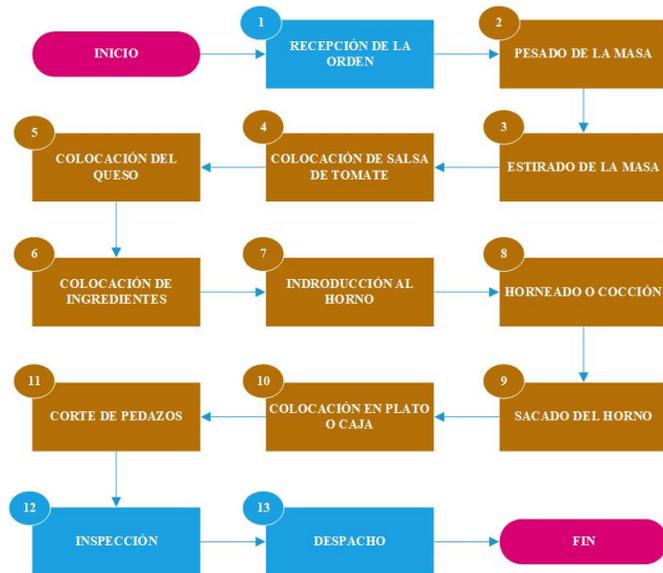


Figura 2. Diagrama de flujo de bloques del proceso productivo de la pizza artesanal.

Fuente: Elaboración propia.

Las meseras solamente intervienen en los procesos 1, 12 y 13, mientras que los miembros de la cocina son los encargados de las operaciones 2 a la 11. El pizzaiolo atestigua que existen dos procesos con una alta variabilidad en sus tiempos. Uno de ellos es la operación 6, colocación de ingredientes, que siempre dependerá de qué tipo de pizza solicitó el cliente. En cambio, la

varianza en los tiempos de la operación 8 (cocción u horneado) no tiene una justificación legítima y es considerada el cuello de botella.

Con esta información, se realizó una primera observación, donde se cronometró el tiempo que tomaba el proceso productivo, tardando 947 segundos (00:15:47). La operación de mayor duración fue el horneado de la pizza con 08:45 minutos. Para comprobar el fenómeno de variabilidad, se realizó un estudio de tiempos. Se empleó el criterio de H.B Maynard para estimar el número de observaciones necesarias, tomando una muestra de 5 lecturas si los ciclos son mayores o iguales a 2 minutos [15].

El resultado del estudio se muestra en la tabla 1, donde se determinó que el tiempo promedio actual es igual a 18 minutos y 41 segundos (00:18:41), mayor al obtenido en la primera observación.

Tabla 1. Registro de duración de operaciones en el estudio de tiempos realizado para el proceso productivo de la pizza artesanal actual.

Repeticiones	Duración de operaciones (s)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	72	76	75	45	23	80	7	565	4	11	17	9	3
2	75	44	83	38	19	76	7	679	3	9	21	10	4
3	74	54	74	36	27	71	5	734	4	12	20	9	5
4	70	63	79	50	18	87	4	818	6	10	23	7	4
5	72	73	81	48	25	82	6	754	4	9	19	9	3
Suma Tiempos	363	310	392	217	112	396	29	3550	21	51	100	44	19
Tiempo Promedio	73	62	78	43	22	79	6	710	4	10	20	9	4

Para determinar el tiempo estándar del proceso productivo actual se tomaron en consideración las valoraciones del ritmo de trabajo y los suplementos, calificando a los operarios con una ponderación general de 0.33. Se determinó una tolerancia del 19% para las actividades realizadas por mujeres; y del 16%, por hombres, según tablas estandarizadas [16].

Esto da como resultado un tiempo estándar actual igual a 28 minutos y 52 segundos (00:28:52). También se demostró que la operación de cocción es el que sufre mayor variabilidad, ya que al calcular la desviación estándar muestral se obtiene un valor de 95.08.

2.3 Niveles de productividad y eficiencia actuales

Según datos históricos de la empresa, el establecimiento comercial elabora un promedio de 26 pizzas artesanales al día durante los días martes a jueves,

y 35 pizzas artesanales diarias de viernes a domingo, considerando que la capacidad del horno es de 4 pizzas.

Con la información recolectada, realizaremos el cálculo de la productividad y eficiencia actual. Debido a que la cantidad de operarios varía durante la semana, se deben realizar dos cálculos diferentes para cada medición. Por tal motivo, nos referiremos como días A al periodo de martes a jueves, y días B para los viernes a domingo.

Realizamos una simulación en el software FlexSim 2021, como se muestra en la figura 3, donde determinamos que la capacidad efectiva de la empresa según el tiempo estándar actual durante los días A es igual a 43 pizzas artesanales; y para los días B es igual a 49 pizzas artesanales.

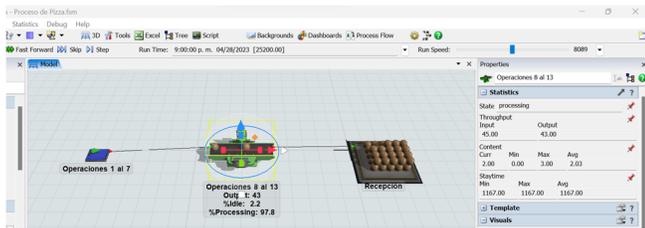


Figura 3. Simulación del proceso productivo de la pizza en el software FlexSim 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Existen diferentes formas de calcular la productividad, para esta investigación se empleó la ecuación (1) [17].

$$Productividad = \frac{producción}{insumos} \quad (1)$$

Para calcular la eficiencia, empleamos la ecuación (2), que está definida como la razón entre la producción real obtenida y la capacidad efectiva [18], [19].

$$Eficiencia = \frac{producción\ real}{capacidad\ efectiva} \quad (2)$$

Se calculó la productividad para los días A, obteniendo un nivel de 1.24 pizzas x hora trabajo. La eficiencia dio como resultado aproximadamente 61%.

$$Productividad\ A = \frac{26\ pizzas\ x\ día}{7\ horas\ x\ 3\ operarios} = 1.24\ pizzas\ x\ hora\ trabajo$$

$$Eficiencia\ A = \frac{26}{43} = 60.46\ %$$

En el caso de los días B, la productividad disminuye a 1.09 pizzas x hora trabajo. La eficiencia arrojó un 71%.

$$Productividad\ B = \frac{35\ pizzas\ x\ día}{8\ horas\ x\ 4\ operarios} = 1.09\ pizzas\ x\ hora\ trabajo$$

$$Eficiencia\ B = \frac{35}{49} = 71.43\ %$$

2.4 Diseño experimental seleccionado

Al determinar que la operación de cocción es la que presenta mayor variabilidad en comparación a los demás pasos, el chef atribuye como responsables de este fenómeno a dos factores: la temperatura del horno y la posición que se coloca la pizza dentro del mismo [20].

Se escogió el diseño factorial con 2 factores, el cual permite estudiar el efecto individual y de interacción de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores, lo cual lo hace una herramienta fundamental para mejorar el desempeño de diferentes procesos [21], [22], [23].

El modelo matemático empleado para el diseño factorial con 2 factores se muestra en la ecuación (3).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

$$i = 1 \dots 5 \quad j = 1 \dots 5 \quad k = 1 \dots 5$$

Y_{ijk} = Tiempo de cocción observado para la pizza artesanal preparada con la i -ésima temperatura del horno por la j -ésima posición en el horno.

μ = Media del tiempo de cocción observado para la pizza artesanal preparada.

α_i = Efecto de la i -ésima temperatura del horno sobre el tiempo de cocción observado para la pizza artesanal preparada.

β_j = Efecto de la j -ésima posición en el horno sobre el tiempo de cocción observado para la pizza artesanal preparada.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima temperatura del horno y la j -ésima posición en el horno sobre el tiempo de cocción observado para la pizza artesanal preparada.

ε_{ijk} = Error experimental.

Como lo plasma el modelo, la variable de respuesta es el tiempo de cocción para la pizza artesanal elaborada. Garantizando la fiabilidad del experimento, todas las pizzas analizadas deben mantener su tamaño regular de 12 pedazos y conservar 250 g de masa. Se realizarán 5 réplicas totalizando 125 observaciones.

Se tienen tres efectos de interés y cada uno posee su propia hipótesis, según el diseño seleccionado. La ecuación (4) define la hipótesis para la temperatura del horno, al que llamaremos factor A.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \quad (4)$$

H₀: los tiempos de cocción promedio no varían por causa de la i-ésima temperatura del horno.

H₁: al menos uno de los tiempos de cocción promedio es diferente por causa de la i-ésima temperatura del horno.

La ecuación (5) plasma la hipótesis para la posición en el horno, catalogado como factor B.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \quad (5)$$

H₀: los tiempos de cocción promedio no varían por causa de la j-ésima posición en el horno.

H₁: al menos uno de los tiempos de cocción promedio es diferente por causa de la j-ésima posición en el horno.

En la ecuación (6) se define la hipótesis para la interacción de los factores A y B.

$$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0 \quad (6)$$

H₀: la interacción entre la i-ésima temperatura del horno y la j-ésima posición en el horno no tiene efectos significativos en los tiempos de cocción promedio.

H₁: La interacción entre la i-ésima temperatura del horno y la j-ésima posición en el horno tiene efectos significativos en los tiempos de cocción promedio.

Se determinaron 5 niveles fijos en ambos factores, para emplear un modelo 5 x 5. En el caso del factor A, se definieron cinco intervalos debido a que, al trabajar con un horno artesanal, los registros de temperatura son fluctuosos en comparación a un horno electrónico. Esta se medirá con un termómetro infrarrojo marca Irontron, con rango de medición de -20 a 520°C, y exactitud de ± 2°C.

Para el factor B, se realizó un esquema de las posibles posiciones que puede ocupar la pizza en el horno artesanal del restaurante, mostrado en la figura 4, definiendo su nomenclatura.

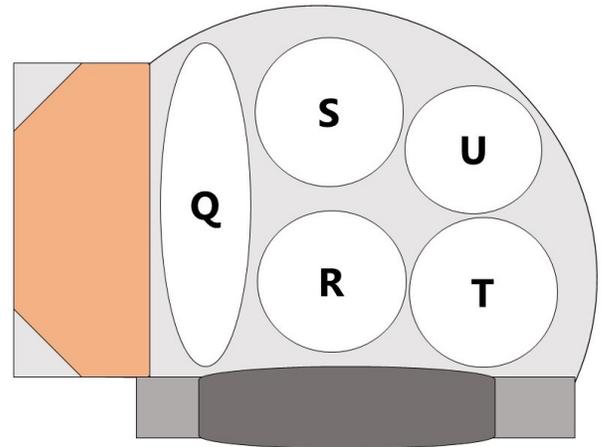


Figura 4. Nomenclaturas de letras latinas para el factor de interés posición de la pizza preparada.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el diseño experimental deben cumplir con los supuestos de normalidad, linealidad, homocedasticidad e independencia del modelo matemático. Para ello se asumirá un nivel de significancia igual a 0.01, recomendado para experimentos con alimentos [24]. El software estadístico SPSS fue utilizado para el registro y análisis de los datos, plasmado en la siguiente sección.

3. Resultados y discusión

3.1 Aplicación del diseño experimental

El registro de los datos obtenidos durante las cinco réplicas, diferenciadas con cinco colores distintos, exigido por el diseño experimental aplicado se encuentra en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de los datos registrados en las réplicas.

		FACTOR B: Posición en el horno				
		B ₁ = Q	B ₂ = R	B ₃ = S	B ₄ = T	B ₅ = U
FACTOR A: Temperatura	A ₁ = [155°C, 165°C)	0:08:13	0:08:40	0:08:10	0:07:16	0:07:56
		0:10:42	0:09:42	0:07:43	0:08:26	0:12:26
		0:07:33	0:11:15	0:08:47	0:10:57	0:08:31
		0:08:57	0:07:01	0:07:14	0:10:56	0:11:33
		0:08:20	0:06:55	0:07:55	0:09:25	0:11:51
	A ₂ = [165°C, 175°C)	0:09:25	0:08:22	0:11:05	0:10:06	0:08:52
		0:05:04	0:09:37	0:10:42	0:09:03	0:09:54
		0:07:58	0:12:00	0:08:16	0:08:01	0:10:29
		0:07:48	0:04:47	0:12:08	0:08:13	0:10:52
		0:10:04	0:09:42	0:08:28	0:06:21	0:11:56

Tabla 3. Resumen de los datos registrados en las réplicas (Continuación).

		FACTOR B: Posición en el horno				
		B ₁ = Q	B ₂ = R	B ₃ = S	B ₄ = T	B ₅ = U
FACTOR A: Temperatura	A ₃ = [175°C, 185°C]	0:09:27	0:06:30	0:10:47	0:08:07	0:12:36
		0:06:33	0:09:06	0:09:30	0:09:12	0:11:43
		0:07:15	0:06:00	0:07:03	0:07:40	0:09:09
		0:07:22	0:07:40	0:08:55	0:05:47	0:07:45
		0:07:33	0:08:12	0:11:58	0:07:11	0:07:35
	A ₄ = [185°C, 195°C]	0:08:53	0:06:52	0:10:09	0:07:50	0:08:45
		0:06:19	0:07:32	0:06:41	0:06:37	0:09:23
		0:06:23	0:07:55	0:06:33	0:06:38	0:08:56
		0:07:18	0:04:16	0:08:19	0:05:05	0:06:58
		0:05:41	0:05:10	0:08:35	0:06:03	0:07:41
	A ₅ = [195°C, 205°C]	0:05:16	0:06:09	0:07:21	0:06:17	0:07:40
		0:07:31	0:05:18	0:07:28	0:06:01	0:06:26
		0:06:16	0:09:55	0:07:10	0:08:18	0:09:01
		0:06:32	0:07:15	0:08:08	0:07:50	0:04:58
		0:06:58	0:05:38	0:05:48	0:08:43	0:06:47

Para evidenciar el cumplimiento del criterio de homocedasticidad, se realizó una prueba de Levene donde se desea comprobar la igualdad de las varianzas de la muestra [25]. La tabla 3 muestra que al comparar las varianzas del tiempo de cocción y la temperatura, el nivel de significancia es mayor que 0.01, por ende, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas.

Tabla 4. Prueba de igualdad de Levene realizada para el diseño experimental.

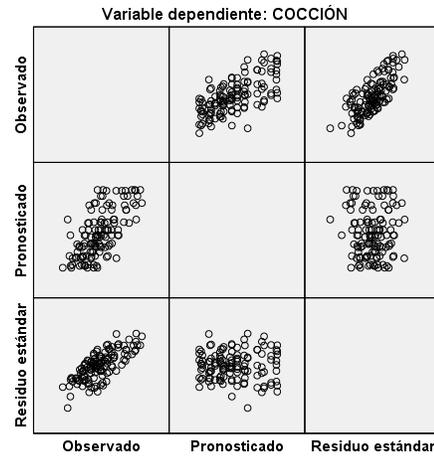
Variable dependiente: COCCIÓN

F	df1	df2	Sig.
1.258	24	100	.214

Se realizó un gráfico matricial de residuos frente a predicciones para la variable de respuesta, con los valores observados y pronosticados para la variable de respuesta. Esto, para verificar los supuestos de independencia, homocedasticidad y falta de ajuste o linealidad. El resultado se muestra en la figura 5, donde se pueden afirmar dos aspectos importantes:

- El cuadrante Residuos-Observados (coordenadas (1,3) o (3,1) en la matriz) muestra los datos dispersos, con lo que se puede afirmar la aleatoriedad e independencia de los datos.
- El cuadrante Pronosticados-Observados (coordenadas (1,2) o (2,1) en la matriz) no nos permite concluir si existe una tendencia lineal. Por

ende, es necesario realizar otra prueba para corroborar la hipótesis de linealidad y el buen nivel de ajuste del modelo estimado.



Modelo: Intersección + TEMPERATURA + POSICIÓN + TEMPERATURA * POSICIÓN

Figura 5. Gráfico matricial de residuos frente a predicciones del diseño experimental.

Fuente: Propia, obtenido con el software SPSS.

Se aplicó una prueba de desviación de la linealidad, que determina cuánto de la relación entre la variable dependiente y el factor no se puede atribuir a una relación lineal [26]. Los valores de significancia para ambos factores son mayores a 0.01, como se observa en las filas sombreadas de color verde en la tabla 4, lo que provee suficiente evidencia para afirmar la hipótesis de linealidad.

Tabla 5. Prueba de desviación de la linealidad del diseño experimental.

		ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
COCCIÓN * TEMPERATURA	Entre grupos	(Combinado)	372669.472	4	93167.368	9.662	.000
		Linealidad	332770.564	1	332770.564	34.511	.000
		Desviación de la linealidad	39898.908	3	13299.636	1.379	.252
	Dentro de grupos		1157109.360	120	9642.578		
	Total		1529778.832	124			
COCCIÓN * POSICIÓN	Entre grupos	(Combinado)	174793.792	4	43698.448	3.870	.005
		Linealidad	104775.696	1	104775.696	9.279	.003
		Desviación de la linealidad	70018.096	3	23339.365	2.067	.108
	Dentro de grupos		1354985.040	120	11291.542		
	Total		1529778.832	124			

Para validar el criterio de normalidad, se realizó la prueba no paramétrica Kolmogórov-Smirnov con cada fuente de variación, recomendado para este experimento por el tamaño de la muestra [27], [28], [29], [30]. Como se muestra en la fila sombreada de color verde en la tabla 5, todos los niveles de significancia son mayores a 0.01, aceptando la hipótesis que el modelo sigue una distribución normal.

Tabla 6. Pruebas de normalidad para las variables del diseño experimental.

FACTOR	TEMPERATURA	Kolmogórov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	Sig.
COCCIÓN	A1	.166	25	.075
	A2	.119	25	.200*
	A3	.164	25	.080
	A4	.090	25	.200*
	A5	.083	25	.200*
FACTOR	POSICIÓN	Kolmogórov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	Sig.
COCCIÓN	Q	.107	25	.200*
	R	.075	25	.200*
	S	.145	25	.186
	T	.101	25	.200*
	U	.114	25	.200*

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 6 se muestran los resultados del análisis de varianza, conocida como ANOVA o ANDEVA, que nos permite definir qué fuentes de variación ocasionan efectos importantes y cuáles son irrelevantes en un experimento [31], [24].

Tabla 7. Análisis de Varianza del diseño experimental.
Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: COCCIÓN

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	683738.432 ^a	24	28489.101	3.367	.000
Intersección	30050732.168	1	30050732.168	3551.926	.000
TEMPERATURA	372669.472	4	93167.368	11.012	.000
POSICIÓN	174793.792	4	43698.448	5.165	.001
TEMPERATURA * POSICIÓN	136275.168	16	8517.198	1.007	.456
Error	846040.400	100	8460.404		
Total	31580511.000	125			
Total corregido	1529778.832	124			

a. R al cuadrado = .447 (R al cuadrado ajustada = .314)

Para rechazar las tres hipótesis nulas (H_0), la regla de decisión nos indica que el nivel de significancia debe ser menor a 0.01. Observando los datos sombreados en color verde de la tabla 6, podemos afirmar que:

- Existe un efecto significativo en la temperatura del horno sobre el tiempo de cocción observado, ya que el valor de significancia es menor que 0.01, rechazando la hipótesis nula.
- Existe un efecto significativo en la posición en el horno sobre el tiempo de cocción observado, ya que el valor de significancia es menor que 0.01, rechazando la hipótesis nula.
- No hay efectos significativos en la interacción entre la temperatura del horno y la posición en el horno sobre el tiempo de cocción observado, puesto a que el valor de significancia es mayor que 0.01, aceptando la hipótesis nula.

Con esta experimentación se pudo determinar que existe suficiente evidencia para afirmar que la temperatura del horno y la posición en el horno tienen un efecto en la variable de respuesta, más no su interacción.

En la figura 6 se puede observar el comportamiento de las medias del tiempo de cocción frente a las variables estudiadas, brindándonos un indicio de cuáles son los niveles más discernientes.

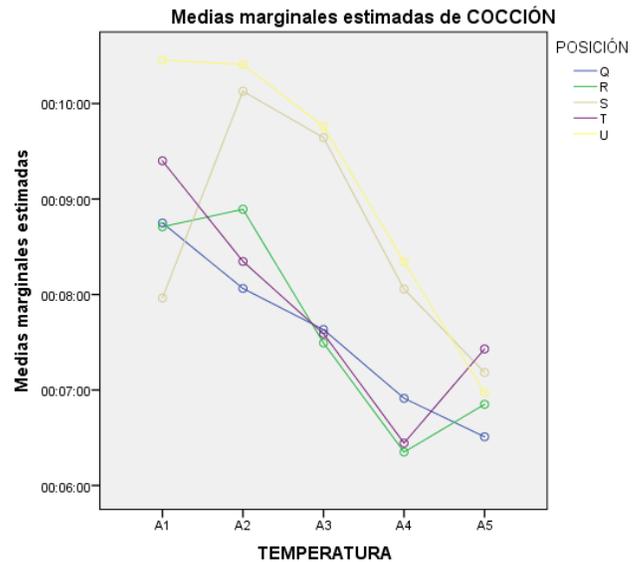


Figura 6. Gráfico de medias marginales estimadas del tiempo de cocción conforme a los niveles de las variables estudiadas.

Fuente: Propia, obtenido con el software SPSS.

Se puede apreciar que las posiciones U y S poseen un tiempo de cocción promedio mayor que las posiciones Q, R y T. También se observa que, en general, mientras va

aumentado la temperatura también va disminuyendo el tiempo de cocción promedio. No obstante, se registró un fenómeno interesante donde la media del tiempo de cocción del intervalo de temperatura A₅ [195 °C, 205 °C] aumenta en las posiciones que registraron una disminución de su tiempo de cocción mayor (Q, R y T), no así en las que hubo mayor dilatación (U y S).

Esto, sumado con lo observado durante la experimentación, nos lleva a concluir que, si se colocan las pizzas en posiciones con mayor efecto significativo en el tiempo de cocción de la pizza, es decir, posiciones “más calientes”, cuanto mayor sea la temperatura del horno mayor es la posibilidad de sufrir retrasos, puesto que se corre el riesgo que el producto se queme o se cocine rápidamente, lo que obliga a los operarios a ser más meticulosos y, por consiguiente, más lentos.

Para una mayor veracidad en lo expuesto, realizamos una prueba de Tukey para ambas variables, ya que esta nos permite determinar cuáles pares de medias discernen una de otra [32].

En la tabla 7 se demuestra que, en el caso de la temperatura, existe diferencia significativa entre los intervalos A₁ [155 °C, 165 °C] y A₂ [165 °C, 175 °C] comparado con A₄ [185 °C, 195 °C] y A₅ [195 °C, 205 °C], ya que su significancia es menor que 0.01, lo que crea dos subconjuntos homogéneos.

Tabla 8. Subgrupos homogéneos obtenidos por prueba de Tukey de la variable Temperatura del horno.

HSD Tukey^{ab}

TEMPERATURA	N	Subconjunto	
		1	2
A5	25	0:06:59	
A4	25	0:07:13	
A3	25	0:08:25	0:08:25
A1	25		0:09:03
A2	25		0:09:10
Sig.		.011	.428

Cabe resaltar que el intervalo de temperaturas A₃ [175 °C, 185 °C] pertenece a ambos subconjuntos. También podemos observar que el primer subconjunto posee un tiempo de cocción promedio menor que el segundo subconjunto.

Sin embargo, si analizamos los valores de significancia tendremos que el primer subconjunto tiene un valor de significancia menor, lo que nos indica que, pese a que las temperaturas más altas proporcionan un tiempo de cocción más rápido, al mismo tiempo son más discernientes uno de otros.

Para el caso de la posición en el horno, la tabla 8 muestra que existe diferencia significativa entre la posición U con las posiciones Q y R, ya que su significancia es menor que 0.01, proporcionándonos dos subconjuntos homogéneos.

Tabla 9. Subgrupos homogéneos obtenidos por prueba de Tukey de la variable Posición en el horno.

HSD Tukey^{ab}

POSICIÓN	N	Subconjunto	
		1	2
Q	25	0:07:34	
R	25	0:07:39	
T	25	0:07:50	0:07:50
S	25	0:08:35	0:08:35
U	25		0:09:11
Sig.		.136	.020

Se puede concluir que la posición U es la más discerniente, ya que las posiciones T y S son lo suficientemente similares a las de Q y R. Por ende, es recomendable no trabajar con esta posición si se desea obtener tiempos más homogéneos.

Con las 125 observaciones del diseño experimental, se obtiene una media general de 8 minutos y 10 segundos (00:08:10), con una desviación estándar de 1 minuto y 51 segundos (00:01:51). Dados los resultados de la prueba de Tukey, realizamos un filtro de las muestras para calcular la media de las temperaturas sin diferencias significativas, eliminando la posición U y solamente considerando el intervalo de temperatura A₃ [175 °C, 185 °C], ya que fue el nivel que perteneció a ambos subconjuntos. En la tabla 9 se muestra la aplicación del filtro, donde obtenemos una media igual a 7 minutos y 38 segundos (00:07:38).

Tabla 10. Media y desviación estándar de la muestra del tiempo de cocción actual de las pizzas artesanales, considerando el intervalo de temperatura A₃ y exceptuando la posición U.

COCCIÓN

TEMPERATURA = 3 and POSICIÓN = 1 or 2 or 3 or 4 (FILTER)	Media	N	Desviación estándar
Selected	0:07:38	5	0:01:05
Total	0:07:38	5	0:01:05

En comparación, la media del tiempo de cocción se reduce 33 segundos, equivalente a un 7%, y la desviación estándar también disminuye un total de 46 segundos, que equivale a un 41% de disminución. Esto nos permite inferir que, pese a que el tiempo de cocción no disminuye

en gran amplitud, se logra controlar la variabilidad del mismo, teniendo un proceso productivo más estandarizado.

Con lo plasmado proponemos que al momento de la elaboración de las pizzas artesanales en la empresa se trabaja con niveles de temperatura dentro del intervalo [175 °C, 185 °C) y colocándola dentro del horno en cualquiera posición exceptuando la representada por la letra U. Además, el estándar de tiempo para la operación de cocción debe ser (00:07:38).

Suponiendo que los tiempos promedios de las demás operaciones se mantendrán constantes, con el nuevo estándar obtendríamos un tiempo promedio propuesto igual a 14 minutos y 29 segundos (00:14:29) y un tiempo estándar propuesto igual a 22 minutos y 24 segundos (00:22:24). Esto representa, para ambos tiempos, una disminución de aproximadamente 22% del tiempo actual.

3.2 Aplicación del método ideal

Para comprobar la efectividad de los hallazgos, realizamos un nuevo estudio de tiempo, tomando las mismas consideraciones en el primer estudio de tiempo realizado, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 11. Registro de duración de operaciones del estudio de tiempos realizado para el proceso productivo de la pizza artesanal según método ideal.

Repeticiones	Duración de operaciones (s)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	69	45	73	35	16	73	4	442	3	8	15	7	4
2	71	51	76	38	18	70	5	453	5	6	17	9	3
3	73	48	70	32	20	75	4	443	3	8	16	8	3
4	74	53	74	37	18	73	6	450	4	7	17	7	3
5	72	47	75	38	19	72	5	445	4	6	15	9	4
Suma Tiempos	359	244	368	180	91	363	24	2233	19	35	80	40	17
Tiempo Promedio	72	49	74	36	18	73	5	447	4	7	16	8	3

El nuevo tiempo promedio propuesto es igual a 13 minutos y 31 segundos (00:13:31). El nuevo tiempo estándar propuesto del proceso productivo de la pizza artesanal es igual a 20 minutos y 54 segundos (00:20:54). Además, la desviación estándar del proceso de cocción es igual a 4.72, una disminución del 95.04%.

Esto nos indica que, con el debido control de las variables que afectan el proceso productivo, se obtiene un efecto significativo en la duración del proceso productivo de la pizza artesanal, como se muestra en la tabla 11 donde el porcentaje de disminución aumentó en la práctica de 22% calculado teóricamente a un 28% aproximadamente.

Tabla 12. Disminución teórica y práctica de los tiempos promedio y estándar del proceso productivo de la pizza artesanal.

Proceso productivo de pizza artesanal	Disminución teórica	Disminución práctica
Tiempo promedio propuesto	22.48%	27.76%
Tiempo estándar propuesto	22.44%	27.63%

Asumimos que la producción real de la empresa podría aumentar un 28% dada las nuevas condiciones propuestas, donde se fijó que para los días A la producción promedio diaria sería igual a 33 pizzas artesanales; y los días B, 44 pizzas artesanales.

Con los nuevos tiempos propuestos simulamos con el mismo modelo desarrollado en el software FlexSim 2021, donde obtuvimos que la capacidad efectiva de la empresa durante los días A sería igual a 49 pizzas artesanales; y para los días B sería igual a 56 pizzas artesanales.

Para los días A, se obtuvo una productividad propuesta de 1.24 pizzas x hora trabajo, y una eficiencia igual a 67%.

$$\begin{aligned} \text{Productividad A} &= \frac{33 \text{ pizzas } \times \text{ día}}{7 \text{ horas } \times 3 \text{ operarios}} \\ &= 1.57 \text{ pizzas } \times \text{ hora trabajo} \end{aligned}$$

$$\text{Eficiencia A} = \frac{33}{49} = 67.35 \%$$

Para los días B, el nivel de productividad sería igual a 1.37 pizzas x hora trabajo; y la eficiencia, a 79%.

$$\begin{aligned} \text{Productividad B} &= \frac{44 \text{ pizzas } \times \text{ día}}{8 \text{ horas } \times 4 \text{ operarios}} \\ &= 1.37 \text{ pizzas } \times \text{ hora trabajo} \end{aligned}$$

$$\text{Eficiencia B} = \frac{44}{56} = 78.57 \%$$

En la tabla 12 se desglosa un resumen comparativo de la situación actual de la Pizzería Artesanal L'etrusco y el proceso productivo de la pizza artesanal, con el método ideal propuesto.

Tabla 13. Resumen comparativo de la situación actual con el método ideal propuesto de la Pizzería Artesanal L’etrusco.

Producción de pizza artesanal	Actual		Propuesto	
	Días A	Días B	Días A	Días B
Cantidad de operarios	3	4	3	4
Horas de producción diarias	7	8	7	8
Tiempo promedio proceso de cocción	00:08:10		00:07:38	
Desviación estándar proceso de cocción	95 s		4 s	
Tiempo promedio total	00:18:41		00:13:31	
Tiempo estándar total	00:28:52		00:20:54	
Porcentaje disminución	28%			
Capacidad efectiva diaria	43	49	49	56
Promedio producción diaria	26	35	33	44
Productividad	1.24 pizzas x hora trabajo	1.09 pizzas x hora trabajo	1.57 pizzas x hora trabajo	1.37 pizzas x hora trabajo
Eficiencia	60.46 %	71.43%	67.35%	78.57%
Porcentaje incremento			11.4%	10%

Esto evidencia la efectividad de la aplicación de la propuesta de estandarización: se logró disminuir en un 28% el tiempo estándar total del proceso productivo, aumentar la eficiencia en un 10% y mejorar los niveles de productividad y capacidad efectiva.

4. Conclusiones

Este trabajo de investigación reafirma la importancia de aplicar conocimientos técnico-ingenieriles, especialmente del área de la ingeniería industrial, ya que brindan instrumentos a negocios de categoría MIPYME con potenciales de mejora, a fin de mantenerse a flote dentro del panorama económico actual y, a su vez, mejorar los niveles de competitividad y emprendimiento de la provincia y el país.

Adicionalmente, complementamos los estudios realizados en materia de estandarización, donde comprobamos los beneficios de su aplicación que, a mediano y largo plazo, potencian los diferentes mercados que componen nuestra economía, manteniendo disponibles opciones diversificadas y de calidad a los consumidores y promoviendo un método de trabajo

óptimo, saludable y factible para la sociedad. Un ingeniero industrial debe asegurarse de corregir errores y propiciar una armónica relación entre el hombre y la máquina, para que las actividades se ejecuten de forma correcta y el ambiente laboral sea óptimo, estableciendo estándares y metas que garanticen una filosofía de mejora continua y calidad.

De igual forma, este trabajo complementa los estudios sobre la fenomenología de la cocción de pizza en hornos de leña, los cuales han iniciado a desarrollarse.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Diana Águila, al pizzaiolo José Manuel Díaz y a todo el equipo de trabajo de la Pizzería Artesanal L’etrusco, que nos abrieron las puertas con amabilidad y actitud colaborativa para desarrollar este proyecto. Al Mgtr. Adriano Martínez, quien fue el asesor de este proyecto al momento de ser presentado en la Jornada de Iniciación Científica UTP Veraguas 2022. A la Ing. Dallys Carrizo, el Ing. Bolívar Bernal, la Ing. Ariadne Carballo, el Dr. Cristian Pinzón y el Dr. Ariel Grey; quienes aportaron con sus conocimientos, siendo fundamentales para concebir esta investigación. A los amigos y futuros colegas Bryan Navarrete, Sylvia Pardo, Fernando Ducaza y Orlando Serrano, quienes al momento de desarrollar el proyecto en la JIC colaboraron para que el mismo fuese exitoso y se convirtiera en la base para esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN Y APROBACIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización del proyecto, R.M.; validación, F.G.; trabajo de campo, R.M. y M.P.; redacción, R.M.; elaboración de estudio de tiempos, M.P.; análisis estadístico, R.M.; análisis e interpretación de resultados, R.M., M.P. y F.G.; revisión y supervisión, F.G.; preparación de borrador original, R.M.; revisión antes de publicar, R.M.

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo.

REFERENCIAS

- [1] J. Hilario Gómez, «El mercado de pizza se calienta,» *Capital Financiero*, 2 Septiembre 2013.

- [2] F. Rodríguez Morán, «La guerra de las pizzas se mantiene,» *Capital Financiero*, 31 Agosto 2019.
- [3] J. Requejo Liberal, A. Hernández Verges, A. Morilla Maestre, J. A. Guerrero Sosa, A. García Guillén, J. I. Macías Vivero, Á. Alonso Blanco y A. Garrido Martín, «Visión 2050 Veraguas. Estrategia para el desarrollo sostenible,» Santiago de Veraguas, 2018.
- [4] CNC, Panamá, «Cad Los indicadores de Competitividad y el impacto del Covid19 #399,» Panamá, 2020.
- [5] Y. Sandoval, «Qué provocó el cierre de las 12 sucursales de Pizza Hut Panamá,» *La Prensa Panamá*, 28 Diciembre 2022.
- [6] CNC, Panamá, «Las empresas panameñas en tiempos de COVID-19, No. 2,» Panamá, 2020.
- [7] A. Falciano, M. Moresi y P. Masi, «Phenomenology of Neapolitan Pizza Baking in a Traditional Wood-Fired Oven,» *Foods*, vol. 12, n° 4, p. 890, 19 Febrero 2023.
- [8] P. Masi, A. Romano y E. Coccia, The Neapolitan Pizza: A Scientific Guide about the Artisanal Process, Doppiovoce, 2018.
- [9] A. Martínez Martínez y J. G. Cegarra Navarro, Gestión por procesos de negocio: Organización horizontal, Madrid: ECOBOOK, 2014.
- [10] Associazione Vera Pizza Napoletana, «Regulations for obtaining use of the collective trade mark “Verace Pizza Napoletana”,» Nápoles, 2004.
- [11] B. Escudero Santiago, «Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing,» *Ingeniería Industrial*, pp. 51-72, 24 Julio 2020.
- [12] O. R. Guillomen Maldonado, «Estandarización de productos y procesos de alimentos en una cadena de pizzerías familiar,» Departamento de Administración de Hoteles y Restaurantes, Escuela de Negocios, Universidad de las Américas Puebla, 7 Mayo 2004. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/guillomen_m_or/. [Último acceso: 16 Febrero 2022].
- [13] Ente Nazionale Italiano di Unificazione, «Verace pizza napoletana artigianale - Definizione, materie prime, requisiti - UNI 10791:1998,» Italia, 1998.
- [14] D. C.-J., B. D.F. y S. D.-W., «Quality Evaluation of Pizzas,» *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation (Second Edition)*, pp. 465-485, 2016.
- [15] M. F. De Lira-Martínez y J. A. Romero-Guerrero, «Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos,» *Pàdi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, vol. 10, n° 19, pp. 30-41, 2022.
- [16] R. García Criollo, Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo, vol. II, McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2005.
- [17] J. Prokopenko, Academia.edu, Primera ed., Ginebra, 1989, pp. 3-6.
- [18] G. Kanawaty, Introducción al Estudio de Trabajo, Cuarta ed., Ginebra: Organización Internacional del Trabajo, 1996, pp. 3-13.
- [19] J. H. Heizer y B. Render, Principles of operations management, Reino Unido: Pearson/Prentice Hall, 2004.
- [20] D. Aguila, Interviewee, *Generalidades de la Pizzería Artesanal L'etrusco, Next Stop S.A.*. [Entrevista]. 3 Febrero 2023.
- [21] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, Análisis y diseño de experimentos, Segunda ed., A. Cano Carrasco y M. Osorio Sánchez, Edits., México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2008, pp. 2-14.
- [22] J. T. Richardson, «The use of Latin-square designs in educational and psychological research,» *Educational Research Review*, vol. 24, pp. 84-97, 2018.
- [23] D. Montgomery, Diseño y análisis de experimentos, Segunda ed., A. R. G. Zetina Vélez, Ed., Balderas 95, México D.F.: Limusa Wiley, 2004, pp. 8-151.
- [24] J. M. Marín Diazaraque, Guía de Análisis de Datos con SPSS 10, Madrid: Universidad Carlos III Madrid, 2014, pp. 268-290.
- [25] C. Mongray Fernández, Quimiometría, vol. Educació. Sèrie Materials, Universitat de València, 2011, p. 133.
- [26] A. Field, Discovering statistics using SPSS, vol. III, Thousand Oaks, California: SAGE, 2009.
- [27] D. J. Steinskog, D. B. Tjøstheim y N. G. Kvamstø, «A Cautionary Note on the Use of the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality,» *Monthly Weather Review*, vol. 135(3), pp. 1151-1157, 1 Marzo 2007.
- [28] C. E. Flores Tapia y K. L. Flores Cevallos, «Pruebas para comprobar la normalidad de datos en proceso productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov,» *Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas*, vol. 23, n° 2, Mayo 2021.
- [29] M. Romero Saldaña, «Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal,» *Revista Enfermería del Trabajo*, vol. 6, n° 3, pp. 105-114, 2016.
- [30] A. Nodales, «Análisis de regresión,» *Universidad Complutense de Madrid*, 20 Septiembre 2010.
- [31] B. G. Tabachnick, «Experimental Designs Using ANOVA,» Enero 2007. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/259465542_Experimental_Designs_Using_ANOVA. [Último acceso: 17 Junio 2021].
- [32] W. C. Driscoll, «Robustness of the ANOVA and Tukey-Kramer statistical tests,» *Computers and Industrial Engineering*, vol. 31, n° 1-2, pp. 265-268, Octubre 1996.