

Análisis comparativo del proceso manual y semiautomatizado del desespinado de nopal



Colaboración

Beatriz González Gutiérrez; Karina Joanna Lara Baranda; Katherine Jordana Lara Baranda; Martín Domínguez Sánchez, Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco

Fecha de recepción: 20 de marzo de 2024

Fecha de aceptación: 05 de junio de 2024

RESUMEN: Hoy en día es importante desarrollar nuevas tecnologías capaces de mejorar la calidad de los productos que llegan al consumidor. En los mercados de México el nopal se comercializa de diferentes formas, entre ellas se encuentra el nopal desespinado y cortado, procesos que se realizan de forma manual, por lo que en la institución se construyó un prototipo de máquina desespinaadora y cortadora de nopal.

La investigación se centra en el análisis comparativo del proceso de desespinado de nopal manual y semiautomatizado, con el objetivo de mejorar el proceso de desespinado actual dentro del comercio establecido y ambulante, realizando investigaciones tanto cualitativas como cuantitativas, principalmente desarrollando investigación de campo, recogiendo información de la participación de los trabajadores, enfocándose en el estudio de los tiempos y movimientos que se realizan en el desespinado con ambos procesos, midiendo su eficiencia, llegando a la conclusión que se obtiene una optimización del proceso utilizando el prototipo semiautomático, sin embargo, se identificaron áreas de mejora, teniendo en cuenta la reducción de actividades que no agregan valor al proceso.

PALABRAS CLAVE: Deming, proceso, semiautomático, nopal, mejora.

ABSTRACT: Nowadays it is important to develop new technologies capable of improving the quality of the products that reach the consumer. In the markets of Mexico, the nopal is sold in different ways, among them is the de-thorned and cut nopal, processes that are carried out manually, so a prototype of a nopal de-thorning and cutting machine was built at the institution.

The research is focused on the comparative analysis of the manual and semi-automated processes of nopal de-pinning, with the aim of improving the current de-pinning process within the established and street trade, carrying out both qualitative and quantitative research, mainly developing field research, collecting information from the participation of the workers, focusing on the study of the times and movements carried out in the de-pinning with both processes, measuring their efficiency, reaching the conclusion that an optimization of the process is obtained using the semi-automatic prototype, however, areas for improvement were identified, taking into account the reduction of activities that do not add value to the process.

KEYWORDS: Deming, process, semi-automatic, nopal, improvement.

INTRODUCCIÓN

El nopal es uno de los vegetales endémicos de México, el cual tiene diversas variantes, dependiendo de la zona geográfica, es la especie que se presenta, en el Estado de México, es un vegetal que se comercializa mucho dentro de los tianguis y mercados del centro del Estado [1], es por ello la importancia de realizar investigaciones en torno a este vegetal, tal es el caso del análisis realizado al proceso de desespinado del nopal, del cual se han realizado diversos estudios entre los que se encuentra el fotónico[2], y empleo de prototipos realizados en diversas instituciones de nivel superior [3], sin embargo, en esta investigación se han utilizado diversas herramientas entre las que se encuentra el diagrama bimanual [4]; al ser un vegetal que predomina en el comercio de la región se observó que los comerciantes realizan el proceso de desespinado de forma tradicional,

utilizando cuchillo y tabla de manera manual, empleando tiempo extra en dicho proceso, además de arriesgarse exponiéndose a accidentes como cortadas e incrustación de espinas en el cuerpo. En el Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco se ha desarrollado un prototipo semiautomatizado capaz de desespinar y cortar el nopal, disminuyendo en riesgo del operador en comparación al proceso tradicional, la investigación está enfocada en el análisis del desespinado del nopal realizado de manera tradicional y posteriormente utilizando el prototipo mencionado. Teniendo como objetivo de investigación el análisis comparativo de ambos procesos revisando la solución óptima relacionada a los tiempos y movimientos, enfocada a la disminución de estos, para realizar una propuesta de mejora del proceso mencionado.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó dentro de las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, utilizando la primera versión de un prototipo de máquina desespinaadora y cortadora de nopal.

Dado que el principal objetivo es determinar un método estándar y eficaz con la finalidad de reducir un 15% del tiempo en el proceso de desespinado, se utilizó un prototipo para realizar una investigación experimental considerando la utilización de este.

La metodología utilizada fue el Ciclo Deming (PHVA), generando un reporte inicial del estado actual del proceso; se implementó un análisis de tiempos y movimientos del proceso, con el objetivo de realizar una comparación de los dos procesos (tradicional o manual y semiautomatizado), para culminar con las fichas de operaciones de ambos procesos, diagrama hombre-máquina; concluyendo con una recomendación de mejora continua.

La representación de la metodología realizada a través del Ciclo Deming se muestra en la Figura 1.

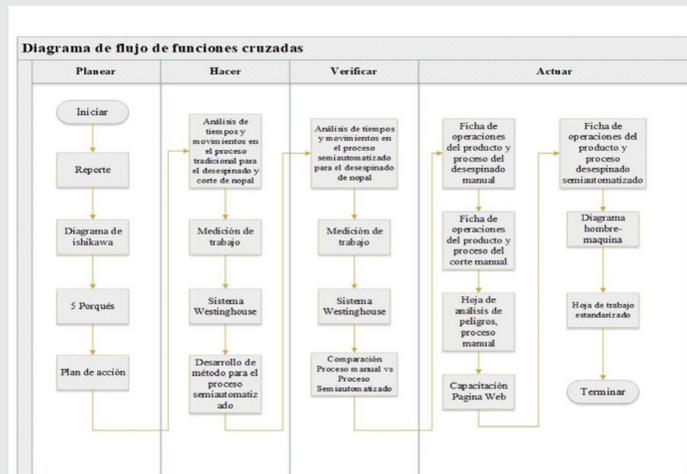


Figura 1. Diagrama del ciclo PHVA.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de Ishikawa donde se analizó la causa raíz para definir estrategias de acción durante la investigación.

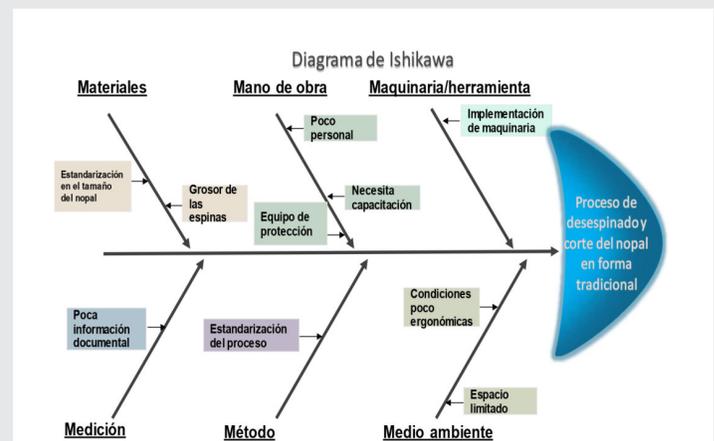


Figura 2. Diagrama de Ishikawa.
Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la técnica de los 5 porqués, para determinar las causas del problema, dicha técnica se muestra en la Figura 3.

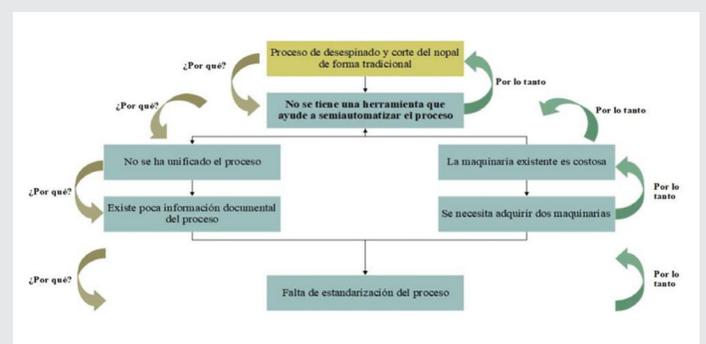


Figura 3. Técnica de los 5 porqués.
Fuente: Elaboración propia.

Proceso tradicional (manual)

Se realizó un análisis del desespinado del nopal de forma manual, el cual consiste en la remoción total de las espinas del nopal, contando con las siguientes actividades:

- cortar cladodio
- cortar la orilla del nopal
- remover las espinas de la cara delantera
- remover las espinas de la cara trasera

Al presentarse la falta de estandarización se aumenta la cantidad de desperdicios, mala calidad en los productos, sobre todo un bajo control en la realización de las actividades. Analizando los movimientos ejecutados por diferentes operadores se concluyó que tienen similitudes para realizar el proceso de desespinado. El registro de los datos de realizó a través de un diagrama bimanual mostrado en la Figura 4, observando las actividades que no agregan valor, pero son necesarias (NVAN), las que agregan valor añadido (VA) y las que no generan valor (NVA).

En la Figura 7 se muestran los tiempos empleados al cortar la orilla del nopal

Diagrama Bimanual		Resumen	
Diagrama Num: 1 Hoja Num: 1 de 1		Dibujo y Pieza:	
Proceso de desespinado de nopal		Proceso de desespinado de nopal	
Operación: Desespinado		Operación: Desespinado	
Lugar: Estación de desespinado		Lugar: Estación de desespinado	
Metodo: Actual / Propuesto		Metodo: Actual / Propuesto	
Operario (s):		Fecha: oct-21	
Colaborador del proyecto:		Karma Lara Baranda	
Completado por:		Completado por:	
Descripción Mano Izquierda		Descripción Mano Derecha	
Tomar el nopal (Actividad de NVAN)	Tomar el cuchillo (Actividad de NVAN)	Tomar el cuchillo (Actividad de NVAN)	Tomar el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el cuchillo (Actividad de VA)	Sostiene el cuchillo (Actividad de VA)
Posiciona el nopal en la tabla (Actividad de NVAN)	Posiciona el nopal en la tabla (Actividad de NVAN)	Corta el cladodio del nopal (Actividad de VA)	Corta el cladodio del nopal (Actividad de VA)
Tomar el nopal (Actividad de NVAN)	Tomar el nopal (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVAN)	Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVAN)	el cuchillo en las espigas de costado del nopal (Actividad de NVAN)	el cuchillo en las espigas de costado del nopal (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)	Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)	Corta las espigas de costado del nopal hacia la raíz (Actividad de VA)	Corta las espigas de costado del nopal hacia la raíz (Actividad de VA)
Corta la mano (Actividad de NVAN)	Corta la mano (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	el cuchillo en las espigas de costado del nopal (Actividad de NVAN)	el cuchillo en las espigas de costado del nopal (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVAN)	Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVAN)	Corta las espigas de costado del nopal (Actividad de VA)	Corta las espigas de costado del nopal (Actividad de VA)
a la mano y posiciona de manera horizontal (Actividad de NVAN)	a la mano y posiciona de manera horizontal (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
una y sostiene el nopal de manera horizontal (Actividad de NVAN)	una y sostiene el nopal de manera horizontal (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el nopal (Actividad de VA)	riba y abajo para cortar espigas frontal en repetidas ocasiones	riba y abajo para cortar espigas frontal en repetidas ocasiones
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el nopal (Actividad de VA)	riba y abajo para cortar espigas traseras en repetidas ocasiones	riba y abajo para cortar espigas traseras en repetidas ocasiones
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el nopal (Actividad de VA)	riba y abajo para cortar espigas frontal en repetidas ocasiones	riba y abajo para cortar espigas frontal en repetidas ocasiones
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	Sostiene el nopal (Actividad de VA)	riba y abajo para cortar espigas traseras en repetidas ocasiones	riba y abajo para cortar espigas traseras en repetidas ocasiones
Traslada el nopal aun costado (Actividad de NVAN)	Traslada el nopal aun costado (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Total	17	3	0
	0	0	19
	1	0	0
	0	0	0

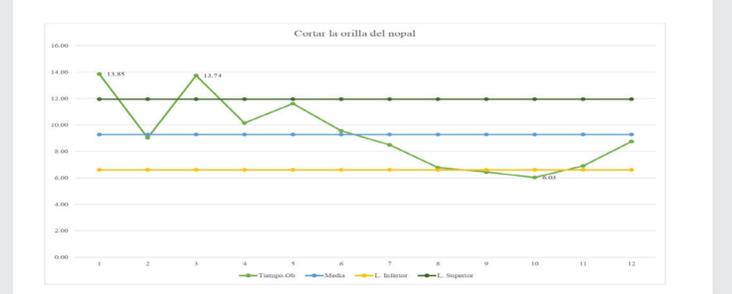


Figura 7. Gráfico de control (cortar la orilla del nopal). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se muestran los tiempos empleados en el corte de espigas de la cara frontal del nopal.

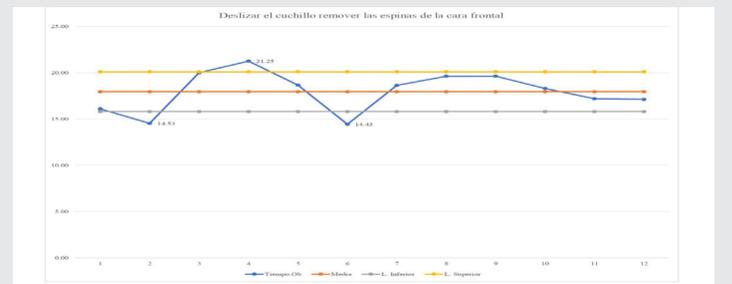


Figura 8. Gráfico de control (corte de espigas, cara frontal). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 se muestran los tiempos empleados en el corte de espigas de la cara trasera del nopal.

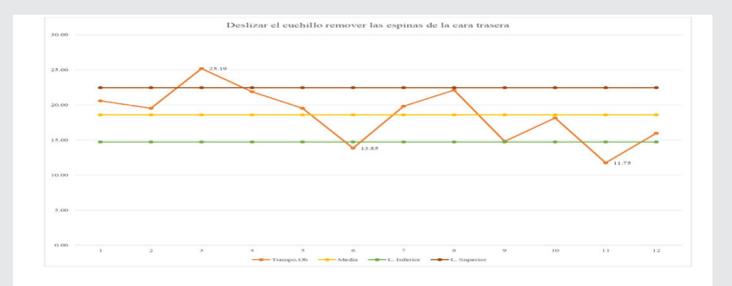


Figura 9. Gráfico de control (corte de espigas, cara trasera). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10 se muestran los tiempos empleados en la inspección del desespinado.

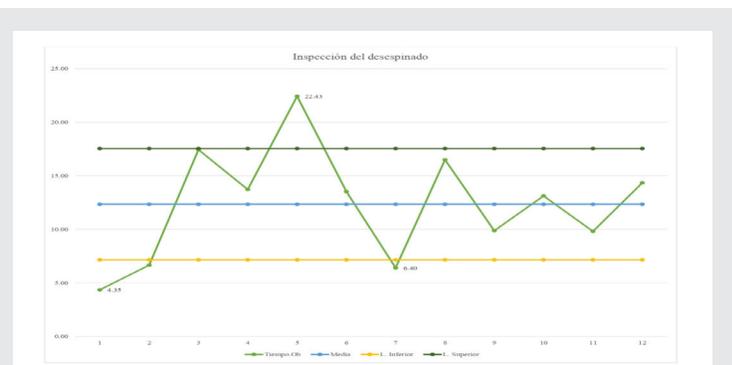


Figura 10. Gráfico de control (inspección del desespinado). Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Diagrama bimanual. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un estudio de tiempos del proceso tradicional mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de tiempos de proceso tradicional.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tomar nopal y cuchillo	1.06	1.68	1.44	0.75	3.59	3.06	2.56	1.5	2.22	2.1	3.75	1.81
Cortar cladodio	0.78	1.55	0.91	0.5	0.63	2.66	1.06	0.82	1.85	1.15	1.41	1.97
Cortar la orilla del nopal	13.85	9.03	13.74	10.15	11.62	9.56	8.5	6.78	6.44	6.03	6.9	8.75
Deslizar el cuchillo remover las espigas de la cara frontal	16.1	14.53	20	21.25	18.66	14.43	18.63	19.62	19.63	18.3	17.19	17.12
Deslizar el cuchillo remover las espigas de la cara trasera	20.59	19.53	25.19	21.88	19.53	13.85	19.82	22.12	14.81	18.16	11.75	15.97
Inspección del desespinado	4.35	6.65	17.44	13.72	22.43	13.53	6.4	16.5	9.87	13.12	9.81	14.34
Almacenar a un costado del área de trabajo	1.3	0.81	0.97	1.43	1.91	1.94	1.5	1.59	1.19	1.5	1.87	1.78

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que los gráficos de control mostrados en las siguientes Figuras:

En la Figura 5 se muestran los tiempos empleados en tomar el nopal y cuchillo.



Figura 5. Gráfico de control (tomar nopal y cuchillo). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6 se muestran los tiempos empleados en el corte del cladodio.



Figura 6. Gráfico de control (cortar cladodio). Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11 se muestran los tiempos empleados en el almacenamiento en el área de trabajo.



Figura 11. Gráfico de control (almacenamiento del área de trabajo).

Fuente: Elaboración propia.

Proceso semiautomatizado

Posteriormente se realizó el análisis del desespinado a través de la utilización del prototipo realizando las siguientes actividades:

- a) cortar cladodio
- b) cortar la orilla del nopal
- c) introducir el nopal en el prototipo por la abertura correspondiente e iniciar el desespinado de las caras delantera y trasera de manera simultanea a partir de los rodillos del prototipo, como lo muestra la Figura 12.



Figura 12. Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

El estudio de tiempos del desespinado a través de la utilización del prototipo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Registro de tiempos de proceso semiautomatizado.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Tomar nopal y cuchillo	2.38	0.75	3.59	1.93	1.73	1.41	2.03	2.03	1.93	1.93	3.75	1.93	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03
Cortar cladodio	2.42	2.32	2.55	2.58	2.52	2.52	2.42	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52
Cortar espinas laterales	23.74	9.03	11.83	9.56	21.62	7.24	8.82	11.77	7.44	8.75	7.17	8.75	10.15	12.62	8.3	6.78	11.66	6.65	6.45	6.4	6.73	9.77	10.73	12.66	8.72	
Introducción del corte del Nopal y espina lateral	3.42	1.3	1.48	1.31	1.59	1.32	1.5	1.38	1.39	1.78	1.89	1.78	1.32	1.27	1.59	1.34	1.33	1.56	1.45	1.45	1.35	1.49	1.3	1.28	1.5	
Introducir nopal y desespinado de las caras	0.42	0.46	0.53	0.39	0.34	0.62	0.34	0.55	0.55	0.42	0.47	0.47	0.41	0.51	0.37	0.45	0.5	0.53	0.53	0.4	0.5	0.4	0.45	0.38	0.55	
Inspección del desespinado	2.83	1.93	2.19	2.38	2.85	2.3	3.88	2.3	2.88	3.93	2.88	3.64	2.34	2.32	2.35	2.75	1.64	1.72	2.43	2.53	2.4	1.93	1.87	2.32	1.93	

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos de control se muestran en las siguientes Figuras:

En la Figura 13 se muestran los tiempos empleados en tomar el nopal y cuchillo.

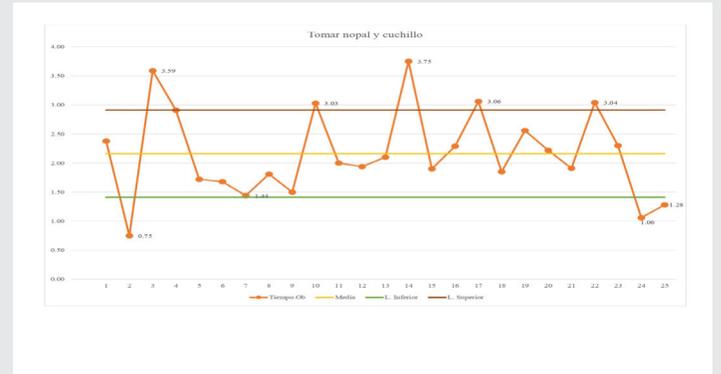


Figura 13. Gráfico de control (tomar nopal y cuchillo).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se muestran los tiempos empleados en cortar el cladodio.



Figura 14. Gráfico de control (cortar cladodio).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 se muestran los tiempos empleados en cortar las espinas laterales.

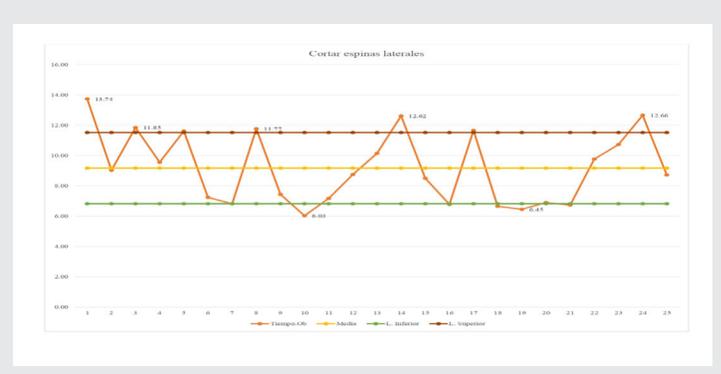


Figura 15. Gráfico de control (cortar espinas laterales).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16 se muestran los tiempos empleados en inspeccionar el tallo y las espinas laterales.



Figura 16. Gráfico de control (inspección de tallo y espinas laterales).
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17 se muestran los tiempos empleados en introducir el nopal al prototipo y el desespinado utilizando el prototipo.

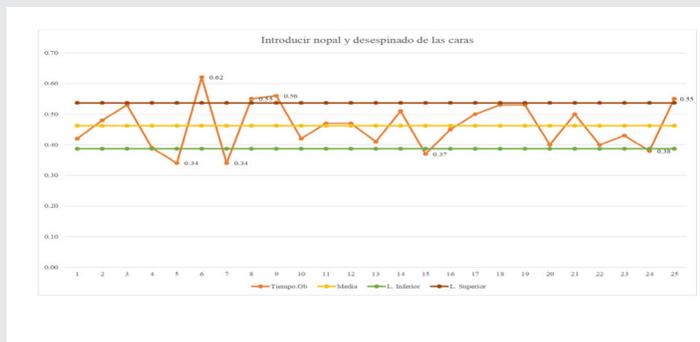


Figura 17. Gráfico de control (introducción y desespinado).
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se muestran los tiempos empleados en la inspección del desespinado.

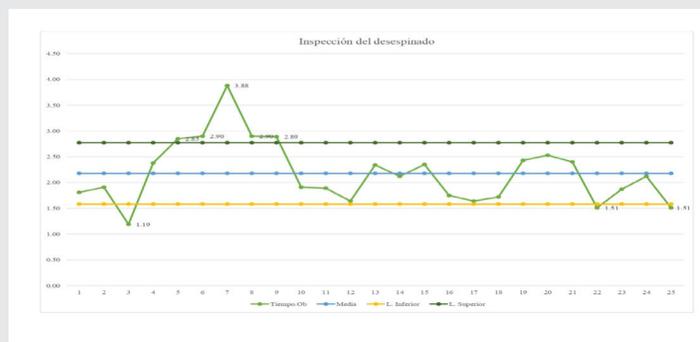


Figura 18. Gráfico de control (inspección del desespinado).
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

De acuerdo con el análisis realizado en cada uno de los procesos se llegó al resultado comparativo de los tiempos utilizados, mostrado en la Figura 19.



Figura 19. Comparación de resultados.
Fuente: Elaboración propia.

En ambos procesos se muestra una variabilidad de los tiempos al desarrollar la actividad, sin embargo, durante la ejecución del proceso semiautomatizado la tendencia es menor, por lo tanto, los tiempos son menos variables, impactando positivamente en la actividad de desespinado de nopal reduciendo un 72.99% el tiempo normal de trabajo.

Al realizar los análisis del proceso de forma manual y a través de la utilización del prototipo se llegó a los resultados mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de resultados de tiempo.

Proceso tradicional	
T. Normal (seg)	65.24
T. Estándar (seg)	78.94
Nopales por hora	45.604
Proceso Semiautomático	
T. Normal (seg)	17.34
T. Estándar (seg)	21.32
Nopales por hora	168.86

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo un ahorro significativo en el desespinado a partir de utilizar el prototipo semiautomatizado.

Finalizando, se muestra la ficha de operaciones del proceso de desespinado de manera tradicional en la Figura 20.

Utilizando el prototipo de la institución se realizó la ficha de operaciones del proceso semiautomatizado como lo muestra la Figura 21.

FICHA DE OPERACIONES DEL PRODUCTO Y PROCESO	
Proceso a Estudiar: DESESPINADO DE NOPAL Analista de tiempos Karina Joanna Lara Baranda Fecha del estudio: 15 de octubre de 2021 Operarios: Colaborador del proceso	
PRODUCTO TERMINADO 	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO / PROCESO Remoción total de las espinas del nopal, procedimiento de limpieza del vegetal como alimento o materia prima. Éste debe efectuarse con las manos higienizadas. MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROCESO • Cuchillos afilados • Tabla de picar • Nopal
SECUENCIA DE OPERACIONES 	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES 1. Tomar nopal y cuchillo 2. Cortar clavado (tallo o parte final del nopal) 3. Cortar la orilla del nopal 4. Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara frontal 5. Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara trasera 6. Inspección del desespinado 7. Almacenar a un costado del área de trabajo	SEGURIDAD INDUSTRIAL En el proceso actual no se cuenta con equipo de seguridad
PRINCIPALES MAQUINAS - EQUIPOS - HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL PROCESO  Cuchillo Tabla de picar	

Figura 20. Ficha de operaciones del proceso de desespinado tradicional.

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE OPERACIONES DEL PRODUCTO Y PROCESO	
Proceso a Estudiar: DESESPINADO DE NOPAL IMPLEMENTANDO EL PROTOTIPO Analista de tiempos Karina Joanna Lara Baranda Fecha del estudio: 4 de mayo de 2022 Operarios: Colaborador del proceso	
PRODUCTO TERMINADO 	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO / PROCESO Remoción total de las espinas del nopal, procedimiento de limpieza del vegetal. Éste debe efectuarse con las manos higienizadas. MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROCESO • Cuchillos afilados • Tabla de picar • Prototipo NCM • Nopal
SECUENCIA DE OPERACIONES 	
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES 1. Tomar nopal y cuchillo 2. Cortar clavado (tallo del nopal) de forma manual 3. Cortar la orilla del nopal de forma manual 4. Inspección del corte del tallo y espinas laterales 5. Introducir nopal y desespinado de las caras 6. Inspección del desespinado	SEGURIDAD INDUSTRIAL 
PRINCIPALES MAQUINAS - EQUIPOS - HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL PROCESO  Cuchillo Tabla de picar Prototipo NCM	
Observaciones: El proceso se encuentra estandarizado	

Figura 21. Ficha de operaciones del proceso de desespinado semiautomatizado.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La investigación muestra el impacto de realizar un estudio de tiempos y movimientos en el proceso de desespinado de nopal, permitiendo conocer la duración del proceso, identificando las diversas operaciones existentes para poder disminuir o eliminar aquellas que no aportan valor al producto, además de contrastar el proceso tradicional y la propuesta de implementar un proceso semiautomatizado para crear un sistema estándar que ayude a disminuir las actividades que no agreguen valor al proceso, mejorando el sistema actual de este proceso de producción.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M.R. Dávila Lechuga, *Estrategias de valorización para los productores locales agroalimentarios a base de nopal, en la comunidad mazahua de San Lorenzo Toxico, Tesis, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Edo. de Méx., 2021.*

[2] M.A. Arronte García, L.V. Ponce Cabrera y T. Flores Reyes, *Informe Técnico sobre el estudio para el desespinado fotónico del nopal, Centro de Investigaciones en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Repositorio, 2005.*

[3] L.A. Mendoza Meza y C. Noriega Vergara, *Diseño y desarrollo de un prototipo de módulo desespinaador de nopales, Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. de México, 2011.*

[4] B. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, México, McGraw-Hill, 2009.*

[5] G. Kanawaty, *Introducción al Estudio del Trabajo, Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, 1996.*

[6] L. Krajewaki, L. Ritzman y M. Malhotra, *Administración de Operaciones, México, Pearson Education, 2008.*

[7] A. Camilo Janania, *Manual de tiempos y movimientos, ingeniería de métodos, México, Limusa, 2008.*

[8] R. García Criollo, *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo, México, McGraw-Hill, 2005.*