

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO

DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“Estudio comparativo de un método de producción dentro del proceso de desespinado y corte del nopal de forma manual y semiautomatizada”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

“Lara Baranda Karina Joanna”

DIRIGIDA POR:

“Mtra. Beatriz González Gutiérrez”

Tianguistenco, Estado de México, *febrero de 2022.*

AGRADECIMIENTOS

Reconozco íntegramente el apoyo de mi familia especialmente a mis padres Reyna Baranda Torres y Luis Alberto Lara Gutiérrez por haberme brindado su comprensión, pero sobre todo por su amor a lo largo de mi vida, agradezco a mi hermana Katherine Jordana Lara Baranda por ser mi cómplice y acompañarme en cada momento. A mis abuelitos, por todos sus consejos y enseñanza para afrontar las adversidades. De igual manera a mis tíos y primos por alentarme a seguir adelante y estar presentes en mi formación académica.

Gracias a mis amigos por su constante motivación y colaboración durante el proyecto.

Externo toda mi gratitud a mis profesores especialmente para la Mtra. Beatriz González Gutiérrez y el Ing. Martin Domínguez Sánchez quienes con su apoyo y enseñanzas me guiaron en mi vida profesional para la realización de este proyecto.

Resumen/Abstrac

El presente proyecto tiene como finalidad el análisis en los procesos de desespinado y rebanado de nopal, con el propósito de someterlos a mejoras debido a la falta de estandarización lo que da pauta a la generación de problemas tales como que los métodos de trabajo no son los óptimos.

Este estudio se realiza mediante un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, se dan a conocer los valores de tiempo empleados para la producción de nopal como materia prima. Se elaboró mediante una investigación de campo, con el fin de realizar el levantamiento de la información, en la que se solicita la participación de los colaboradores.

Para sustentar dicha investigación se apoya de una revisión bibliográfica y del círculo Deming, donde se detalla la situación actual y futura. Una vez realizado el análisis, se identifican las áreas a mejorar, se proponen alternativas para mejorar la productividad, mediante la diagramación del método propuesto del proceso, determinando los tiempos de ejecución de cada tarea realizando una comparación del proceso tradicional y semiautomático, para finalmente realizar un análisis donde se determina la eficacia de los tiempos y movimientos.

Índice

AGRADECIMIENTOS	2
Resumen/Abstrac	3
Índice	4
Índice de imágenes	6
Índice de tablas	7
Índice de gráficos	8
Índice de anexos	9
CAPITULO I	10
Introducción	11
Justificación	13
Hipótesis (opcional)	14
Objetivos	15
General	15
Específicos	15
CAPITULO II	16
Marco Teórico	17
a) Conceptos clave.	17
b) Mecanismos existentes.	18
c) Procesos.	22
d) Temas de aplicación.	24

d) Estandarizar un proceso.....	33
CAPITULO III.....	39
Metodología.....	40
CAPITULO IV.....	45
Resultados y discusión.....	46
Descripción de actividades.....	46
A) Conocer la taxonomía y morfología del nopal.....	46
B) Estandarizar el proceso mediante los pasos del círculo Deming.....	51
Pasos para la ejecución del círculo Deming.....	52
C) Analizar los tiempos y movimientos en el proceso tradicional para el desespinado y corte del nopal.....	58
Situación actual del desespinado de nopal.....	58
Estudio de tiempos (Medición de trabajo).....	62
Sistema Westinghouse.....	66
Situación actual del corte de nopal.....	69
Estudio de tiempos (Medición de trabajo).....	71
Sistema Westinghouse.....	76
D) Desarrollar un método que ayude al proceso de forma semiautomatizada.....	78
E) Analizar los tiempos y movimientos del proceso ejecutado por el prototipo propuesto para el desespinado.....	82
Estudio de tiempos (Medición de trabajo).....	84
Sistema Westinghouse.....	89
Resultados.....	91
Proceso Tradicional.....	91
Proceso Semiautomatizado.....	97
Comparación del proceso tradicional y semiautomatizado.....	101
CAPITULO V.....	106
Conclusiones y recomendaciones.....	107
Conclusiones.....	107

Recomendaciones	108
Referencias	110
Anexos	112

Índice de imágenes

Imagen 1 Cuchilla recta fija. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011).....	18
Imagen 2 Cuchilla oscilante. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011).....	19
Imagen 3 Corte laser. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011).....	19
Imagen 4 Cuchilla tipo broca. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011).....	20
Imagen 5 Cortador de alambre. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)	20
Imagen 6 Cuchilla giratoria ajustable. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)	20
Imagen 7 Cuchillas cóncavas. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011).....	21
Imagen 8 Cuchilla dentada. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)	21
Imagen 9 Cuchilla tipo peladora de papa. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)	21
Imagen 10 Diagrama del sistema empleado para realizar el desespinado de Nopal. (QI) láser Nd:YAG, (BS) divisor de haz, (GL) óptica de enfoque, (T) transductor PZT. (Arronte Garcia, Ponce Cabrera, & Flores Reyes, 2005).....	22
Imagen 11 Prototipo alfa del módulo desespinaador. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)	23
Imagen 12 Técnicas del estudio del trabajo. (Torrecilla García, 2018).....	25
Imagen 13 Símbolos a utilizar en el diagrama bimanual. (Kanawaty, 1996)	26
Imagen 14 Ejemplo Diagrama Bimanual. (Salazar López, 2019)	27
Imagen 15 Figuras de Diagramas de Flujo. (Alteco Consultores Desarrollo y Gestión, 2020)...	29
Imagen 16 Diagrama de flujo el punto azul. (Castillo Carvajal, 2015)	30
Imagen 17 Sistema Westinghouse para calificar habilidades. (Niegel & Freivalds, 2009).....	31
Imagen 18 Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo. (Niegel & Freivalds, 2009).....	31
Imagen 19 Sistema Westinghouse para calificar las condiciones. (Niegel & Freivalds, 2009) ..	32
Imagen 20 Sistema Westinghouse para calificar la consistencia. (Niegel & Freivalds, 2009)...	32
Imagen 21 Diagrama de flujo de funciones cruzadas. (Elaboración propia)	44
Imagen 22 Partes del nopal. (Rios/Canabio, 2015).....	47
Imagen 23 Clasificación por tamaño en función de la longitud para nopal verdura según la norma NMX-FF-068-SCFI-2006. (Secretaria de Economía, 2006)	48
Imagen 24 Nopal tapón con flor. (Martínez Cruz, 2016).....	48
Imagen 25 Nopal Cardón. (Sanchez, 2017)	48
Imagen 26 Nopal rastrero. (Aragón Piña, 2021).....	49
Imagen 27 Nopal Duraznillo. (Enciclovida, 2021)	49
Imagen 28 Nopal chaveño (Enciclovida, 2020).....	49
Imagen 29 Ciclo Deming. (Elaboración propia).....	51
Imagen 30 Seis pasos del ciclo PDCA. (General Motors, 2015).....	52

Imagen 31 Diagrama de Ishikawa en el proceso de desespinado y corte de nopal en forma tradicional. (Elaboración propia)	54
Imagen 32 5 porqués. (Elaboración propia).....	55
Imagen 33 Evidencia de bibliografía. (Elaboración propia)	56
Imagen 34 Toma de tiempos. (Elaboración propia).....	56
Imagen 35 NMX-FF-068-SCFI-2006. (Secretaría de Economía, 2015)	56
Imagen 36 Página web, (Elaboración propia).....	57
Imagen 37 Diseño del prototipo. (Elaboración propia).....	57
Imagen 38 Prototipo NCM. (Elaboración propia)	57
Imagen 39 Diagrama de flujo del desespinado del nopal. (Elaboración propia)	59
Imagen 40 Diagrama Bimanual proceso desespinado forma tradicional. (Elaboración propia) .	61
Imagen 41 Diagrama de flujo del corte de nopal. (Elaboración propia).....	69
Imagen 42 Diagrama bimanual proceso de corte. (Elaboración propia).....	71
Imagen 43 Variables de entrada y salida. (Elaboración propia)	79
Imagen 44 Diseño del prototipo. (Elaboración propia).....	80
Imagen 45 Diagrama de flujo propuesto para el prototipo. (Elaboración propia)	80
Imagen 46 Diagrama de flujo del proceso estandarizado en el prototipo. (Elaboración propia).	83
Imagen 47 Bienvenida de la página web. (Elaboración propia)	96
Imagen 48 Inicio curso de capacitación en página web. (Elaboración propia).....	96
Imagen 49 Diagrama hombre-maquina desespinado de nopal	100

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de cuchillas. (Elaboración propia)	18
Tabla 2 Taxonomía del nopal. (Elaboración propia)	46
Tabla 3 Tipos de nopal. (Elaboración propia).....	48
Tabla 4 Plan de acción ciclo Deming. (Elaboración propia)	56
Tabla 5 Tiempos de las Observaciones de desespinado. (Elaboración propia)	62
Tabla 6 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de desespinado. (Elaboración propia)	66
Tabla 7 Factor de calificación proceso de desespinado de forma tradicional. (Elaboración propia).....	67
Tabla 8 Suplementos del proceso de desespinado. (Elaboración propia)	68
Tabla 9 Tiempos de las Observaciones de corte. (Elaboración propia).....	72
Tabla 10 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de corte. (Elaboración propia)	76
Tabla 11 Factor de calificación proceso de corte de forma tradicional. (Elaboración propia)	76
Tabla 12 Suplementos del proceso de corte. (Elaboración propia).....	77
Tabla 13 Tiempos de las observaciones con el prototipo para el desespinado. (Elaboración propia).....	85
Tabla 14 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de desespinado implementado el prototipo. (Elaboración propia).....	89

Tabla 15 Factor de calificación proceso de desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia)	89
Tabla 16 Suplementos del proceso de desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia)	90
Tabla 17 Ficha de operaciones del producto y proceso desespinado. (Elaboración propia)	91
Tabla 18 Ficha de operaciones del producto y proceso desespinado. (Elaboración propia)	93
Tabla 19 Análisis de los peligros proceso manual, elaboración propia	95
Tabla 20 Ficha de operaciones del producto y proceso del desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia).....	98
Tabla 21 Comparación de los costos del proceso de desespinado. (Elaboración propia).....	104

Índice de gráficos

Gráfico 1 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo. (Elaboración propia).....	63
Gráfico 2 Gráfico de control cortar cladodio. (Elaboración propia).....	63
Gráfico 3 Gráfica de control cortar orilla de nopal. (Elaboración propia).....	64
Gráfico 4 Gráfico de control remoción de espinas cara frontal. (Elaboración propia).....	64
Gráfico 5 Gráfico de control remoción de espinas cara trasera. (Elaboración propia).....	65
Gráfico 6 Gráfico de control inspección del desespinado. (Elaboración propia)	65
Gráfico 7 Gráfico de control almacenamiento del área de trabajo. (Elaboración propia)	66
Gráfico 8 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo proceso de corte. (Elaboración propia).....	72
Gráfico 9 Gráfico de control posiciona el nopal de forma horizontal, proceso de corte. (Elaboración propia)	73
Gráfico 10 Gráfico de control cortar el nopal en grosores similares. (Elaboración propia)	73
Gráfico 11 Gráfico de control agrupar en pares los trozos. (Elaboración propia).....	74
Gráfico 12 Gráfico de control cortar el nopal en grosores similares. (Elaboración propia)	74
Gráfico 13 Gráfico de control inspección del corte. (Elaboración propia).....	75
Gráfico 14 Gráfico de control resguardar la materia prima en un recipiente. (Elaboración propia)	75
Gráfico 15 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo proceso de desespinado semiautomatizado. (Elaboración propia)	86
Gráfico 16 Gráfico de control cortar cladodio proceso semiautomatizado. (Elaboración propia)	86
Gráfico 17 Gráfica de control cortar orilla de nopal proceso semiautomatizado. (Elaboración propia).....	87
Gráfico 18 Inspección del corte del tallo y espinas laterales. (Elaboración propia).....	87
Gráfico 19 Introducir nopal y desespinado de las caras. (Elaboración propia)	88
Gráfico 20 Gráfico de control inspección del desespinado proceso semiautomatizado. (Elaboración propia)	88
Gráfico 21 Comparación del proceso de desespinado tradicional y semiautomatizado. (Elaboración propia)	102
Gráfico 22 Desespinado manual. (Elaboración propia).....	103
Gráfico 23 Desespinado semiautomatizado. (Elaboración propia).....	103
Gráfico 24 Actividades de la mano izquierda durante el desespinado.	112

Gráfico 25 Actividades de la mano derecha durante el desespinado.	112
Gráfico 26 Actividades de la mano izquierda durante el corte.	117
Gráfico 27 Actividades de la mano derecha durante el corte.	117

Índice de anexos

Anexo A. Graficas de Actividad de valor agregado proceso desespinado.	112
Anexo B. Estudio de tiempos desespinado.	113
Anexo C. Sistema de suplementos.	116
Anexo D. Graficas de Actividad de valor agregado proceso de corte	117
Anexo E. Estudio de tiempos corte de nopal.	118
Anexo F. Diseño del prototipo.	121
Anexo G. Estudio de tiempos desespinado implementado un proceso semiautomatizado.	122
Anexo H. Hoja de trabajo estandarizado proceso de desespinado.	125
Anexo I. Comparación de los tiempos de forma porcentual.	127
Anexo J. Comparación de los procesos.	128
Anexo K. Análisis económico del proceso de corte.	129

CAPITULO I

Introducción

Todo producto o servicio lleva a cabo un proceso con el fin de eficientar estándares en los tiempos productivos, de ahí la importancia de implementar un estudio de métodos.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que permite determinar el tiempo estándar de cada operación que conforma cualquier proceso, así como analizar los movimientos del operador para realizar dicha actividad. Con el propósito de eliminar o mejorar elementos innecesarios que pueden afectar la productividad, seguridad y calidad de la producción, determinando el tiempo que se requiere para completar un proceso en particular.

El analista dispone de técnicas para establecer un estándar: estudio de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales y muestreo del trabajo. Estas técnicas tienen ciertas condiciones de aplicación con el fin de proporcionar información del desempeño del trabajador cuando ejecuta determinada tarea.

Este estudio está enfocado en el sector agroindustrial dedicados al desespinado y corte de nopal ya que resulta como una alternativa para mejorar los procesos tradicionales, detectando y analizando las acciones que se realizan durante el proceso, esto repercute en la mejora de la forma de trabajo actual con el fin de cumplir estándares y reducción de tiempos.

En el siguiente trabajo se muestra la implementación de metodologías para mejora continua y análisis de causa raíz con el propósito de resolver y comprender sistemáticamente los problemas subyacentes que origina la falta de estandarización en los procesos de corte y desespinado de nopal, logrando una solución eficaz para cada situación. Así mismo se proponen diagramas para las operaciones de los procesos, y obtener la ficha de producto proceso, además de identificar los riesgos a los que está expuesto el trabajador durante la ejecución de las actividades; brindando así

un estudio preliminar que muestra a detalle de la situación actual y futura de lo que se requiere mejorar.

Justificación

Mediante un análisis del contexto actual sobre la producción y venta del nopal como materia prima más representativa de México, se visualizó desarrollar un proceso sistematizado que facilite el desespinado y corte de dicho vegetal, favoreciendo la optimización de tiempos en las personas dedicadas a la ejecución de estas actividades a partir de un proceso semiautomatizado; realizando análisis y recolección de datos para conocer las propiedades, taxonomía y morfología del nopal, proponiendo un proceso que se adecue con las condiciones requeridas para el óptimo funcionamiento de un prototipo, basado en el círculo Deming se establece un modelo continuo para mejora del proceso y asegurar que se cumplan los estándares de calidad.

Hipótesis (opcional)

El desespinado de nopal realizado de forma semiautomatizada disminuye un 15% el tiempo del proceso.

Objetivos

General

Analizar un método de producción estándar, práctico y eficaz para el desespinado y corte de nopal, confrontando la forma tradicional y la semiautomatizada.

Específicos

- a) Conocer la taxonomía y morfología del nopal.
- b) Estandarizar el proceso mediante los pasos del círculo Deming.
- c) Analizar los tiempos y movimientos en el proceso tradicional para el desespinado y corte del nopal.
- d) Desarrollar un método que ayude al proceso de forma semiautomatizada.
- e) Analizar los tiempos y movimientos del proceso ejecutado por el prototipo propuesto para el desespinado.
- f) Realizar el comparativo de los dos métodos analizados
- g) Evaluar las opciones de mejora
- h) Proponer mejoras en el proceso semiautomatizado.

CAPITULO II

Marco Teórico

a) Conceptos clave.

- **Definición de nopal.**

El nopal -o nopalli- considerada una planta mexicana perteneciente a la familia de las cactáceas. Su nombre científico es *Opuntia ficus-indica*. Es una especie arbustiva perenne caracterizada por sus pencas verdes llenas de espinas, puede alcanzar una altura máxima de 3 m. (Cisneros, 2020)

- **Definición de taxonomía.**

Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales. (Real Academia Española, 2014)

- **Definición de morfología.**

Como morfología se denomina la rama de una disciplina que se ocupa del estudio y la descripción de las formas externas de un objeto.

Biol. Parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta. (Real Academia Española, 2014)

- **Definición de proceso.**

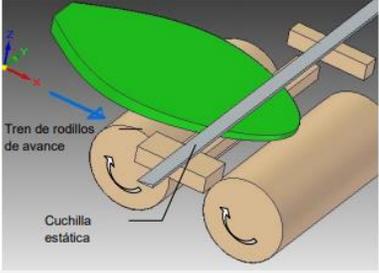
Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

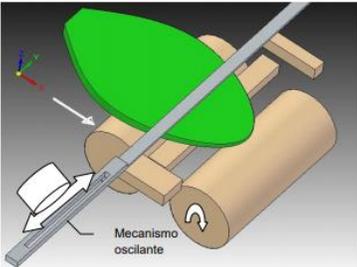
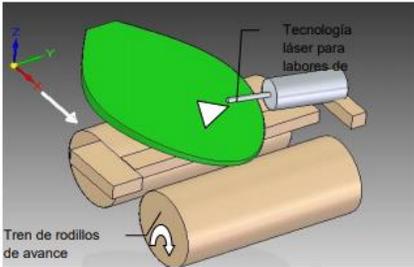
- **Definición de estandarización.**

Es el proceso de ajustar o adaptar características en un producto, servicio o procedimiento; con el objetivo de que éstos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común. (Secretaría de Economía, 2015)

b) Mecanismos existentes.

Tabla 1 Tipos de cuchillas. (Elaboración propia)

Modelo A.	Cuchilla recta fija.
<p>Imagen 1 Cuchilla recta fija. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p> 	<p>En este concepto se implementan cuchillas de corte estáticas, variando el grado de flexibilidad de cada una.</p> <p>El producto tiende a atascarse por el efecto mismo de la cuchilla, por lo que tiene que variarse constantemente la velocidad de giro del tren de rodillos.</p> <p>La presentación final del producto es buena en función del filo de las cuchillas. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
Modelo B.	Cuchilla oscilante

<p>Imagen 2 Cuchilla oscilante. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p> 	<p>Está cuchilla de corte cuenta con un mecanismo en uno de los lados que realizará un movimiento oscilante en la cual se puede variar la velocidad según los requerimientos.</p> <p>Se prueban diferentes cuchillas en función de su flexibilidad. Se observa que se reducen los atascos del nopal y la calidad de corte es buena, así como la adaptabilidad a la superficie. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
<p>Modelo C.</p>	<p>Corte laser</p>
<p>Imagen 3 Corte laser. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p> 	<p>Este concepto es retomado del trabajo desarrollado por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, que consiste en adaptar la tecnología láser para labores de limpieza, en la cual se realiza una descarga de luz sobre cada espina eliminándola del nopal. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
<p>Modelo D</p>	<p>Cuchilla tipo broca.</p>

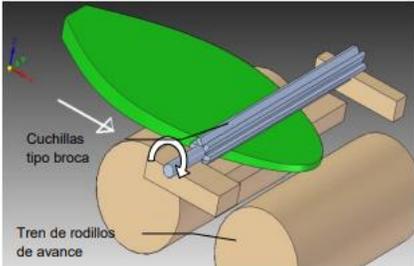
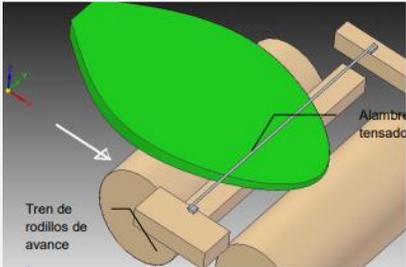
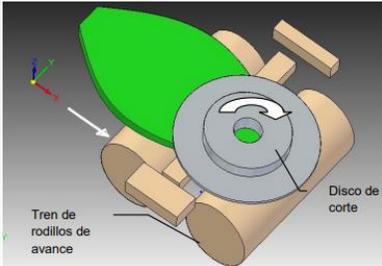
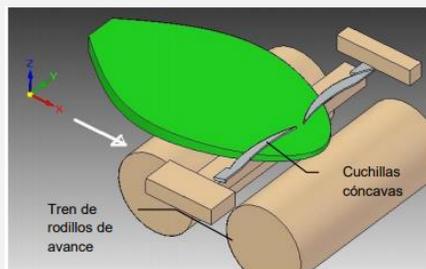
<p>Imagen 4 Cuchilla tipo broca. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>  <p>Cuchillas tipo broca Tren de rodillos de avance</p>	<p>Se utiliza un cortador tipo rima como herramienta de corte de metales. Se probó a diferentes velocidades con un resultado poco satisfactorio en la presentación final del nopal.</p> <p>Las espinas del centro de la verdura eran correctamente removidas, no así la de los extremos laterales, y en algunos casos las espinas eran arrancadas dando un resultado insatisfactorio. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
<p>Modelo E.</p> <p>Imagen 5 Cortador de alambre. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>  <p>Alambre tensado Tren de rodillos de avance</p>	<p>Cortador de alambre.</p> <p>En este concepto se implementa un alambre fino suficientemente resistente para ser tensado en sus extremos a través del cual las protuberancias representadas por las espinas del nopal quedan atrapadas y son cortadas de la superficie. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
<p>Modelo F.</p> <p>Imagen 6 Cuchilla giratoria ajustable. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>  <p>Tren de rodillos de avance Disco de corte</p>	<p>Cuchilla giratoria ajustable.</p> <p>Es un concepto retomado a partir del mecanismo de un cortador de jamón. Se desarrolló la prueba con discos de corte a diferentes velocidades y con diferente ajuste de presión sobre la cara del nopal, se obtuvieron resultados variables en la remoción de espinas que corresponden según al tamaño del nopal. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)</p>
<p>Modelo G.</p>	<p>Cuchillas cóncavas.</p>

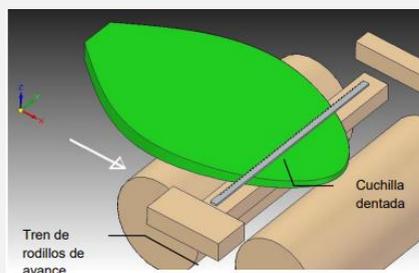
Imagen 7 Cuchillas cóncavas. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)



En este concepto se probaron cuchillas cóncavas en la configuración que se muestra en la figura, con diferentes grados de flexibilidad, se obtuvieron buenos resultados en cuchillas correctamente afiladas, en algunos casos el nopal resultaba cortado en la parte central. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)

Modelo H

Imagen 8 Cuchilla dentada. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)



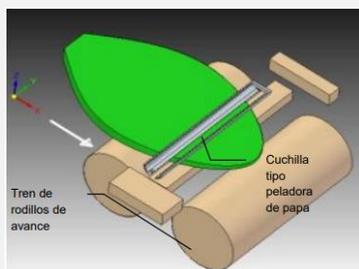
Cuchilla dentada

En este modelo se implementó un cuchillo dentado estático el cual, al cortar las espinas, las puntas de los dientes del cuchillo marcaban algunas zonas de la superficie del nopal, en forma de rayas.

Se probaron distintas cuchillas variando la característica flexible de estas y todas presentaron en común el mismo acabado en la superficie del nopal. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)

Modelo I

Imagen 9 Cuchilla tipo peladora de papa. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)



Cuchilla tipo peladora de papa.

Se realizan pruebas con distintas cuchillas especiales para pelar verduras como papas y zanahorias.

Se observa buena adaptación a la superficie del nopal, pero la calidad de corte en la superficie no es buena, lo que provoca un mal aspecto en la presentación final del producto. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)

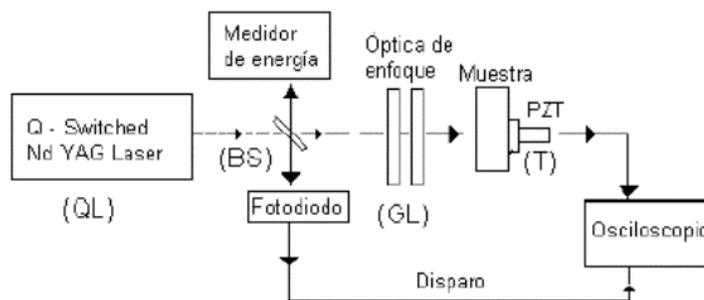
c) Procesos.

- **Informe Técnico Sobre el Estudio para el Desespinado Fotónico del Nopal.**

El artículo presenta los resultados de una investigación realizada con la finalidad de determinar la factibilidad de una nueva solución para el desespinado de nopal. El mecanismo utiliza luz láser pulsada, para asignar los parámetros apropiados del desespinado, en las muestras del estudio se aplicó pulsos repetidos al vegetal, con una frecuencia de 10Hz en un promedio de 16 minutos para eliminar completamente la espina. (Arronte Garcia, Ponce Cabrera, & Flores Reyes, 2005)

En el siguiente esquema se observa el diagrama del proceso utilizado en todos los casos:

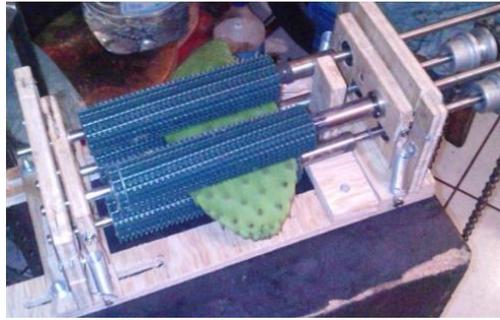
Imagen 10 Diagrama del sistema empleado para realizar el desespinado de Nopal. (QL) láser Nd:YAG, (BS) divisor de haz, (GL) óptica de enfoque, (T) transductor PZT. (Arronte Garcia, Ponce Cabrera, & Flores Reyes, 2005)



- **Diseño y desarrollo de un prototipo de módulo desespinado de nopales.**

La tesis se enfoca en el desarrollo de un mecanismo funcional de un módulo desespinado de nopales. El prototipo se compone de tres placas maquinadas con diferentes geometrías y distintos puntos de contacto entre ellas. Está constituido por dos rodillos inferiores conectados al mecanismo de tracción mediante poleas, como se observa en la siguiente imagen:

Imagen 11 Prototipo alfa del módulo desespinaador. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)



Para las pruebas se limitó a cierto tamaño de nopal, logrando resultados variables obteniendo un 87% de remoción de espinas en cada una de las caras del nopal. Sin embargo, fueron requeridos varios ajustes en el ángulo de corte de la cuchilla, así como la velocidad de operación y oscilación del cortador. (Mendoza Meza & Noriega Vergara, 2011)

d) Temas de aplicación.

- **Estudio Del Trabajo.**

De acuerdo con la de organización internacional del trabajo (OIT) el estudio del trabajo puede definirse como:

“El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar las actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando”. -OIT

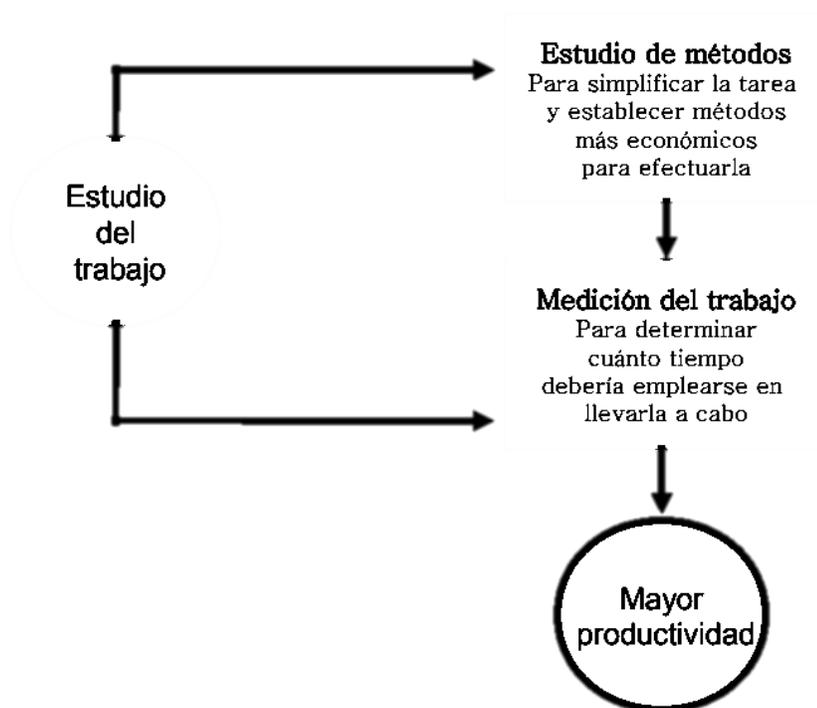
En otras palabras, es examinar cómo se ésta ejecutando una actividad con la finalidad de minimizar el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y establecer el tiempo estándar para la realización de esa actividad.

El estudio del trabajo comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo.

- **ESTUDIO DE METODOS (EM):** Es el registro y examen crítico de cómo se realizan actividades con el fin de mejorarlas
- **LA MEDICIÓN DEL TRABAJO (MT):** Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea.

Ambas están muy relacionadas. El estudio de métodos, tiene fundamentalmente la finalidad de eliminar movimientos innecesarios y sustituir métodos malos por buenos. La medición de tiempos, busca reducir y eliminar tiempos improductivos. (Dominguez Machuca, 2016)

Imagen 12 Técnicas del estudio del trabajo. (Torrecilla García, 2018)



- **Diagrama bimanual.**

Es diseñado para dar una representación sincronizada y gráfica de la secuencia de actividad de las manos del trabajador, indicando la relación entre ellas.

El registro se realiza mediante los símbolos convencionales de los diagramas de proceso (DOP, DAP), omitiendo el de la inspección, debido a que el propósito del diagrama es describir los movimientos elementales de las extremidades.

Este diagrama es importante para el registro de las tareas rutinarias, repetitivas y de ciclos breves realizadas en contextos de producción de volumen bajo o moderado. (Díaz, 2020)

Imagen 13 Símbolos a utilizar en el diagrama bimanual. (Kanawaty, 1996)

	Operación	Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, etc., una herramienta, pieza o material.
	Transporte	Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.
	Espera	Se emplea para indicar el tiempo en que la mano o extremidad no trabaja.
	Sostenimiento (Almacenamiento)	Con los diagramas bimanuales no se emplea el término <u>almacenamiento</u> , y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de <u>sostener</u> alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.

Se recomienda antes de iniciar el diagrama observar varias veces la ejecución de la tarea, para luego establecer la secuencia lógica de los movimientos de las extremidades involucradas para un solo ciclo de trabajo. (Diaz, 2020)

Ejemplo de un diagrama bimanual:

- **Diagrama de flujo.**

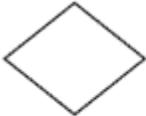
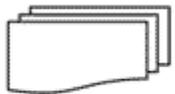
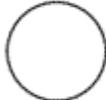
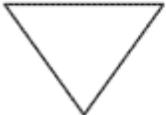
El diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía, procesos industriales y psicología cognitiva. (Máxima Uriarte, 2020)

Estos diagramas utilizan símbolos con significados definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin del proceso.

Tipos de diagramas de flujo.

- Formato vertical: En él, el flujo y la secuencia de las operaciones, va de arriba hacia abajo. Es una lista ordenada de las operaciones de un proceso con toda la información que se considere necesaria, según su propósito.
- Formato horizontal: En él, el flujo o la secuencia de las operaciones, va de izquierda a derecha.
- Formato panorámico: El proceso entero está representado en una sola carta y puede apreciarse de una sola mirada mucho más rápido que leyendo el texto, lo que facilita su comprensión.
- Formato Arquitectónico: Describe el itinerario de ruta de una forma o persona sobre el plano arquitectónico del área de trabajo. (ing. industrial, 2019)

Imagen 15 Figuras de Diagramas de Flujo. (Alteco Consultores Desarrollo y Gestión, 2020)

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Diagramar es establecer una representación visual de los procesos y subprocesos, lo que permite obtener una información preliminar sobre la amplitud de los mismos, sus tiempos y los de sus actividades.

La representación gráfica mediante el flujograma, facilita el análisis, uno de cuyos objetivos es la descomposición de los procesos de trabajo en actividades discretas. También hace posible la distinción entre aquellas que aportan valor añadido de las que no lo hacen, es decir que no proveen directamente nada al cliente del proceso o al resultado deseado. (Aiteco consultores, 2019)

Ejemplo de diagrama de flujo.

Imagen 16 Diagrama de flujo el punto azul. (Castillo Carvajal, 2015)



- **Sistema Westinghouse.**

Uno de los sistemas de calificación que se ha usado por más tiempo, que en sus inicios fue llamado de nivelación, fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation (Lowry, Maynard y Stegemerten, 1940). Este sistema de calificación Westinghouse considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. (Niegel & Freivalds, 2009)

El sistema define la habilidad como “la destreza para seguir un método dado” y después la relaciona con la experiencia que se demuestra mediante la coordinación adecuada entre la mente y las manos. Es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo. Este factor aumenta a medida que transcurre el tiempo, puede variar de un trabajo a otro e incluso de una operación a otra en un mismo trabajo. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 358)

Existen seis grados de habilidad: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior. En la se ilustran las características de los distintos grados, con sus valores porcentuales equivalentes:

Imagen 17 Sistema Westinghouse para calificar habilidades. (Niebel & Freivalds, 2009)

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Este método para calificar define el esfuerzo como una “demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz”. Es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 358)

Para propósitos de calificación, las seis clases de esfuerzo son malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, se proporcionan los valores numéricos de los diferentes grados de esfuerzo y se describen las características de las diversas categorías:

Imagen 18 Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo. (Niebel & Freivalds, 2009)

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Las condiciones que se consideran en este procedimiento de calificación del desempeño, que afectan al operario y no a la operación, incluyen la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 359)

Las seis clases generales de condiciones de trabajo con valores que van desde +6% hasta –7% son ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo. Se proporcionan los valores respectivos de estas condiciones.

Imagen 19 Sistema Westinghouse para calificar las condiciones. (Niegel & Freivalds, 2009)

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
–0.03	E	Aceptable
–0.07	F	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

La calificación del desempeño es la consistencia del operario. A menos que el analista use el método de regresos a cero, o que realice y registre las restas sucesivas durante el estudio, este factor debe evaluarse mientras está trabajando. Tiende a haber alguna variabilidad debida a la dureza del material, el filo de la herramienta de corte, los lubricantes, las lecturas de cronómetro erróneas y los elementos extraños. Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 360)

Imagen 20 Sistema Westinghouse para calificar la consistencia. (Niegel & Freivalds, 2009)

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
–0.02	E	Aceptable
–0.04	F	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

Una vez que se han asignado calificaciones a la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de la operación y se han establecido sus valores numéricos equivalentes, los analistas pueden determinar el factor de desempeño global mediante la combinación algebraica de los cuatro valores y la adición de una unidad a esa suma. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 360)

d) Estandarizar un proceso.

- **Estandarización de procesos.**

Se puede definir a la estandarización como todo aquello que está documentado y norma el “que hacer” y el comportamiento de la gente. (Demetrio, 2004)

Para lograr la correcta estandarización deben tomarse en cuenta varios aspectos de toda organización ya que van directamente ligados con la misión de la misma, como lo son: los objetivos, las políticas, los sistemas, los procedimientos, los métodos, las normas, los presupuestos, programas, manuales, entre otros. Los objetivos guían la acción; los sistemas, procedimientos y métodos indican actividades que deben realizarse para alcanzar los objetivos; las políticas y las normas ayudan a observar conductas para llegar a los objetivos; los presupuestos son la fuerza vital de la organización, entendiéndolos como presupuestos económicos para ponerla en movimiento. (Demetrio, 2004)

Harrington (1994) establece que la estandarización de procesos consiste en definir y uniformar procedimientos, de modo que todas las personas que participan en él usan permanentemente los mismos procedimientos. Un sistema estandarizado facilita el proceso de certificación de cualquier norma.

La estandarización de procesos es una especie de guía, abre pauta a actuaciones sencillas que permitirá ahorrar tiempo y gestionar procesos individuales o grupales, que se traducirá en:

- Una mejora de la eficiencia.
- Un aumento en el potencial para competir a nivel nacional e internacional.
- Un ahorro inmediato de los recursos económicos.

Tiene el objetivo de unificar los procedimientos de las organizaciones que utilizan diferentes prácticas para el mismo proceso.

- **Fabrica visual.**

Es un concepto de manufactura esbelta que hace énfasis en la necesidad de colocar información crítica justo donde se necesita. Estos visuales ayudan a crear un entorno de trabajo más seguro, elimina la necesidad de capacitación repetitiva y supervisión constante.

- **Trabajo estandarizado.**

Es la forma más eficiente de fabricar productos o realizar actividades sin desperdicio por medio de la mejor combinación de métodos de trabajo. Los estándares de trabajo pueden servir para la capacitación, monitoreo del desempeño y actividades de mejora continua.

Al dividir las tareas, es fácil identificar donde se tiene muda, para que los empleados tomen acciones y encuentren la mejor forma de hacer las cosas. Los estándares tienen un alto impacto en la calidad de los productos y servicios.

Su propósito es lograr un flujo perfecto de proceso y están determinados por:

- Takt time
- Ergonomía
- Flujo de partes o actividades
- Procedimientos de mantenimiento
- Rutinas

El estándar de trabajo es la documentación de cada acción requerida para completar una tarea específica.

Elementos de los estándares de trabajo operativos:

- Tiempos de ciclo: requerido para hacer una parte, comparado con el Takt time
- Secuencia de trabajo: para producir una actividad. Tomar, mover, sostener, etc. incluyen tiempos, layout y tabla de capacidades.
- Estándar de inventarios: inventario mínimo en cada estación para mantener un flujo continuo (spcgroup, 2015)

d) Evaluar las opciones de mejora comparando la relación costo-beneficio entre el método actual y el nuevo método (semiautomático).

- **Análisis coste/beneficio.**

El análisis coste/beneficio mide la relación entre el coste por unidad producida de un bien o servicio y el beneficio obtenido por su venta.

Variables que determinan.

- Coste de la producción.

- Arrendamiento (Alquileres).
- Suministros (insumos o materias primas necesarios para el proceso de producción).
- Empleados.
- Impuestos.
- Descuento por pronto pago y Rappel sobre ventas.
- Pago de seguros de responsabilidad civil.
- Cotizaciones a la seguridad social de los empleados.
- Precio final del bien producido y margen de beneficio unitario.
- Nivel de producción óptimo.
- Volumen de ventas.
- Provisiones por depreciación del bien o servicio.
- Coste de financiación de los créditos o préstamos solicitados.

Todas estas variables influyen en la determinación de si una inversión es rentable.

(Vázquez Burguillo, 2016)

- **Ciclo Deming.**

El ciclo PDCA (en castellano PHVA) es una contrastada metodología de mejora continua basada en cuatro específicas actividades: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). Planteado en su origen por Walter Shewhart, fue ampliamente difundido por Edwards Deming, describe los pasos esenciales para el mejoramiento continuado de la calidad (disminución

de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales.). (Jimeno Bernal, 2020)

El modelo tiene un alto predicamento en los distintos sistemas gestión de la calidad, concretamente en el modelo ISO se incluye en la introducción de la norma 9001.

Los conceptos se definen como:

- **La planificación (Plan)** consiste en el establecimiento de procesos y objetivos de tal manera que se consigan resultados de acuerdo con los requisitos establecidos.
- **La realización (Do)** hace referencia a la implementación de los procesos de acuerdo a las especificaciones dadas en la planificación.
- **La verificación (Check)** comprende el seguimiento y la medición de los procesos teniendo como referencia los requisitos (grado de cumplimiento) y los objetivos planificados (grado de consecución). Deming sustituyó el concepto Check por el de Study (él lo llamó PDSA), para resaltar que en esta fase debe prevalecer el análisis sobre lo que se puede entender una mera recopilación de datos, no obstante, el modelo se ha quedado con la C de Check.
- **La actuación (Act)** hace referencia a las acciones a realizar a partir del análisis de los datos y la posterior toma de decisiones. El modelo vuelve a empezar rectificando los procesos, modificando los objetivos a partir de los resultados dados y así sucesivamente. (García Jiménez, 2010)
- **Técnica de los 5 ¿Por qué?**

La técnica de los 5 Porqués es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos, y también se utiliza dentro de Six Sigma. (Rodríguez, 2019)

Características de la aplicación de la técnica 5 Porqués:

- Mantiene la investigación basada en los hechos preguntando: ¿por qué ocurrió?
- Genera muchas ideas enfocadas en el camino de la causa más probable
- Si hay más de una causa raíz, se deberá desarrollar más de una acción correctiva
- Es mejor usarla para incidentes simples con pocas causas
- Se debe iniciar las preguntas con el hecho último que generó el incidente (acción o condición) (Rodríguez, 2019)

CAPITULO III

Metodología

Diseño de la investigación.

Dado que el objetivo del estudio será determinar un método de producción estándar y eficaz con la finalidad de reducir un 15% del tiempo, para el despeinado de nopal en un prototipo con proceso semiautomatizado, se implementará un diseño experimental puro considerando que se analizará dos situaciones para observar los cambios ocurridos durante el uso del prototipo propuesto.

De acuerdo con Creswell (2013) y Reichardt (2004) llaman a los experimentos estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen.

Los experimentos “puros” son aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna:

- Grupos de comparación (manipulación de la variable independiente).
- Equivalencia de los grupos.

(Hernandez Sampieri, 2014)

Enfoque de la investigación

El planteamiento metodológico será diseñado mediante un enfoque mixto ya que se adapta las características y necesidades del proyecto.

Un enfoque mixto puede ser comprendido como un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio. Los dos enfoques (cuantitativo y cualitativo) utilizan cinco fases similares y relacionadas entre sí:

- a) Llevan a cabo observación y evaluación de fenómenos.
- b) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- c) Prueban y demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- d) Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- e) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar, cimentar y/o fundamentar las suposiciones o ideas; o incluso para generar otras.

(Hernandez Sampieri, 2014)

Se tomará en cuenta la técnica de observación para describir e interpretar mediante un estudio de tiempos y movimientos el desarrollo del proceso de corte y desespinado del nopal con el método tradicional (manual), así mismo se comparará los resultados con la implantación del proceso semiautomatizado.

Técnicas de recolección de datos.

La recolección de datos se refiere al enfoque sistemático de reunir y medir información en diversas fuentes a fin, para obtener un panorama completo y preciso del proyecto. Permite analizar datos cuantitativos o cualitativos de forma sencilla, para comprender el contexto en que se desarrolla el objeto de estudio. (Sordo, 2021)

La técnica que se utilizará durante el desarrollo del proyecto será el método de observación, consiste en la indagación sistemática, dirigida a estudiar los aspectos y hechos sucedidos durante el desarrollo de alguna actividad, se fundamenta en buscar el realismo y la interpretación del medio.

Sin embargo, usara la sistematización bibliográfica para el sustento teórico de la investigación.

Instrumentos de recolección de datos.

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados. (Sabino, 1992)

El instrumento que será utilizado es la técnica de la observación mediante un análisis de estudio del trabajo.

De acuerdo con la organización internacional del trabajo (OIT) el estudio del trabajo puede definirse como:

“El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar las actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando”. -OIT

En otras palabras, es examinar cómo se ésta ejecutando una actividad con la finalidad de minimizar el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y establecer el tiempo estándar para la realización de esa actividad.

El estudio del trabajo comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo.

- ESTUDIO DE METODOS (EM): Es el registro y examen crítico de cómo se realizan actividades con el fin de mejorarlas
- LA MEDICIÓN DEL TRABAJO (MT): Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea.

Ambas están muy relacionadas. El estudio de métodos, tiene fundamentalmente la finalidad de eliminar movimientos innecesarios y sustituir métodos malos por buenos. La medición de tiempos, busca reducir y eliminar tiempos improductivos. (Dominguez Machuca, 2016, pág. Capitulo 6)

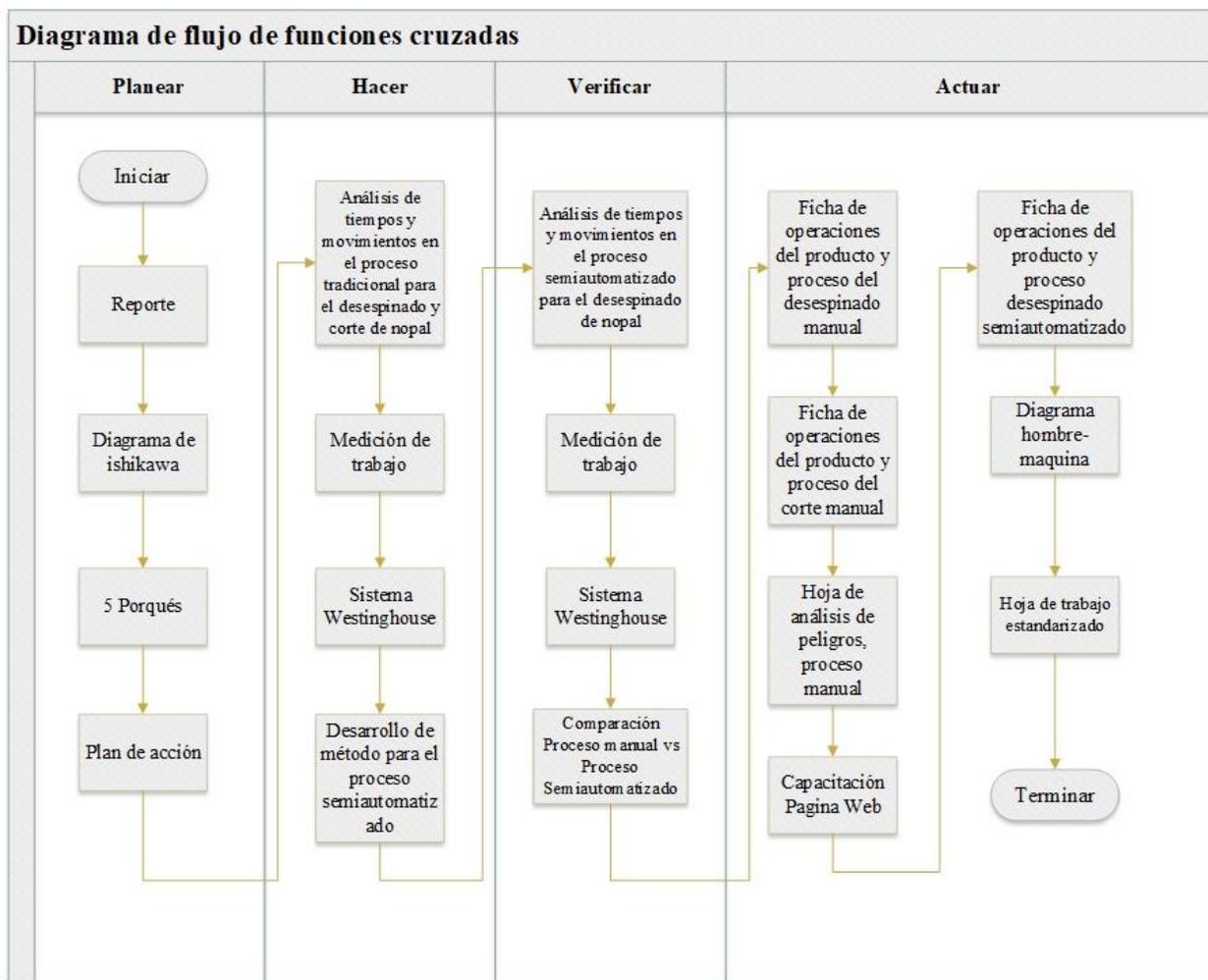
Técnicas de análisis de datos.

La técnica que se utilizara en el procesamiento de datos es la estadística descriptiva que consiste en recoger, almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos.

Sin embargo, se hace uso del círculo Deming como metodología fundamental en el desarrollo del proyecto, es una guía que permite la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución del problema, construido a partir de cuatro fases; planear, hacer, verificar y actuar donde se desarrollan según los siguientes criterios:

- **Planear:** Se da respuesta a las interrogantes ¿Qué? (identificación del problema), ¿Por qué? (Análisis del problema) y ¿Cómo? (Planear solución)
- **Hacer:** Implementa las soluciones
- **Verificar:** Evaluar soluciones
- **Actuar:** Estandarizar el proceso

Imagen 21 Diagrama de flujo de funciones cruzadas. (Elaboración propia)



CAPITULO IV

Resultados y discusión

Descripción de actividades.

A) Conocer la taxonomía y morfología del nopal.

El nopal -o nopalli- considerada una planta mexicana perteneciente a la familia de las cactáceas. Su nombre científico es *Opuntia ficus-indica*. Es una especie arbustiva perenne caracterizada por sus pencas verdes llenas de espinas, puede alcanzar una altura máxima de 3 m. (Cisneros, 2020)

La taxonomía del nopal verdura comúnmente aceptada es la siguiente según Bravo-Hollis, 1978.

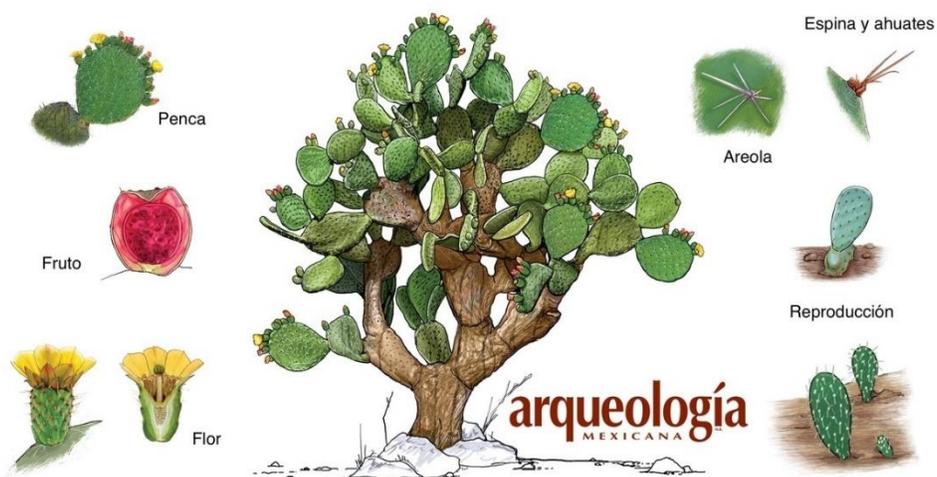
Tabla 2 Taxonomía del nopal. (Elaboración propia)

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embryophyta
División:	Angioserma
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Dialipetalas
Orden:	Opuntiales
Familia:	Cactaceae
Tribu:	Opuntiae
Subfamilia:	Opuntioideae
Género:	Opuntia y Nopalea
Subgénero:	Platyopuntia
Especie:	Opuntia spp

“El nopal, al igual que la mayoría de las cactáceas, carece de hojas, éstas existen en los renuevos de las pencas cuando están tiernas; en sus axilas se encuentran las areolas de donde brotan las espinas. Los tallos tienen forma de raquetas (llamadas, cladodios o

pencas) los cuales están saturados con agua que se encuentra retenida en un entramado de carbohidratos llamado mucílago; las raíces son pivotantes con ejes primarios que permiten fijar a la planta.” (Rodríguez Fuentes & López Jiménez , 2009)

Imagen 22 Partes del nopal. (Rios/Canabio, 2015)



El Nopal es endémico de América y existen 258 especies reconocidas, 100 de las cuáles se encuentran en México, quién cuenta con una superficie aproximada de 10,000 Ha. de plantaciones especializadas en Nopal para consumo humano. Actualmente, el nopal se ha convertido en materia prima para las industrias alimentarias, medicinal, cosmética, y artesanal, entre otras, por lo que es necesario tener regularizaciones de acuerdo a la norma NMX-FF-068-SCFI-2006 HORTALIZA FRESCA - NOPAL VERDURA (Opuntia spp.) – ESPECIFICACIONES cuyo objetivo es establecer las condiciones y características que debe reunir el nopal verdura de los géneros Opuntia spp. y Nopalea spp, destinados para el consumo humano que se comercializan en el territorio nacional. Se especifica el tamaño óptimo para reunir con los estándares de calidad adecuados, que se muestran en la siguiente ilustración:

Imagen 23 Clasificación por tamaño en función de la longitud para nopal verdura según la norma NMX-FF-068-SCFI-2006. (Secretaría de Economía, 2006)

Tamaño	Longitud (cm)
A	25,1 o más
B	18,1 a 25,0
C	11,1 a 18,0
Cambray	7,0 a 11,0

Tipos de nopal como verdura.

Tabla 3 Tipos de nopal. (Elaboración propia)

Nombre	Descripción	Hábitat y distribución	Imagen
Nopal tapón (Opuntia robusta)	Tienen numerosas flores amarillas, espinas pequeñas muy separadas entre sí. Sus flores son visitadas por abejas.	En ambiente áridos y semiáridos, selva baja, matorral xerófilo, nopaleras.	Imagen 24 Nopal tapón con flor. (Martínez Cruz, 2016) 
Nopal cardón (O.Streptacantha)	Cactus grande, forma un arbusto o pequeño árbol, hasta 4 m de alto, con un tronco robusto y una copa muy ramificada de tallos grandes, aplanados, espinosos. Las flores son amarillas o naranjas.	Nativo del este y el centro de México. Crece ampliamente en el Altiplano y serranías, tanto en laderas, abanicos aluviales y en llanuras.	Imagen 25 Nopal Cardón. (Sanchez, 2017) 

Nopal rastrero (O. Rastrera)	<p>Crece arbustiva y arrastrándose por el suelo. Los cladodios forman cadenas largas. Las aréolas son blanquecinas con varias alturas, más oscuras en la base con espinas. Las flores son de color amarillo y el fruto obovado y morado.</p>	<p>Distribuida en las áreas planas y semiplanas</p>	<p>Imagen 26 Nopal rastrero. (Aragón Piña, 2021)</p>
Nopal duraznillo (O. Leucotricha)	<p>Son cactus ramificados, tiene segmentos ovales de color verde. Las areolas son blancas y los gloquidios amarillentos con espinas blancas. Las flores son de color amarillo vivo.</p>	<p>Especie endémica del norte de México. Distribuida en zonas áridas.</p>	<p>Imagen 27 Nopal Duraznillo. (Enciclovida, 2021)</p>
Nopal chaveño (O. Hyptiacantha)	<p>Especie arbórea, 1.5-5 m de altura, ramificación abierta. Tronco definido, grisáceo, espinoso, corteza con escamas en bandas longitudinales onduladas. Cladodios anchamente obovados, brillantes, amarillos verdosos a verde oscuro azulosos, recubiertos de cera blanca, pruinosos.</p>	<p>Esta especie habita principalmente zonas donde hay suelo volcánico, de tipo pedregoso. Altitud desde el nivel del mar hasta 1900m.</p>	<p>Imagen 28 Nopal chaveño (Enciclovida, 2020).</p>



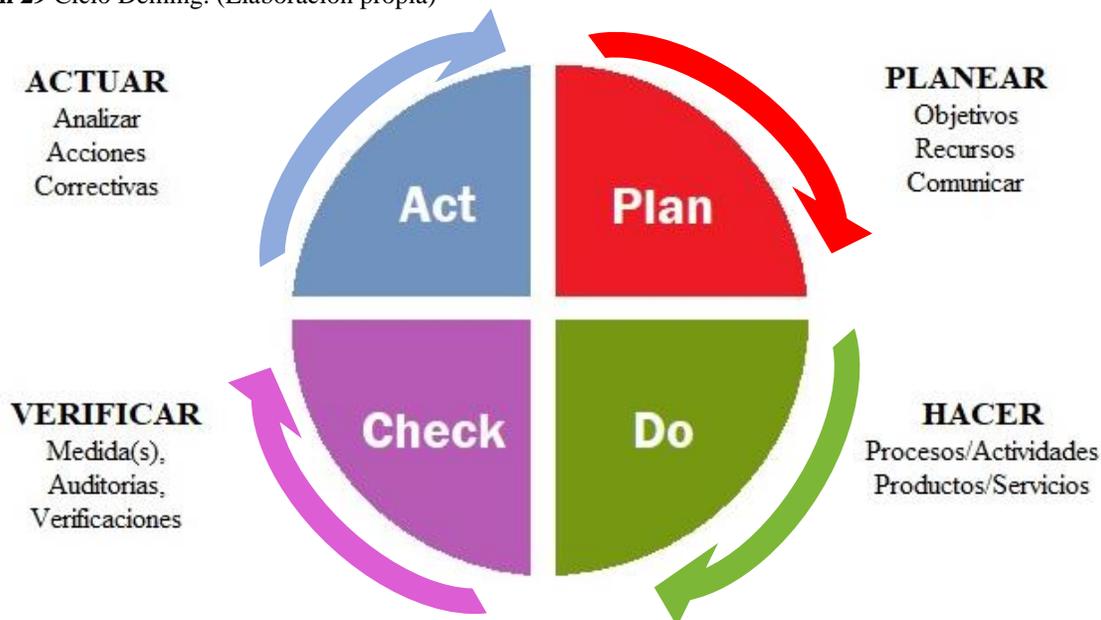
En el Estado de México se producen 92 mil 690 toneladas de nopal al año, entre las especies que se cosechan son tapón y cardón, lo que posiciona a la entidad mexiquense, en el tercer lugar a nivel nacional en la producción de dicha verdura.

B) Estandarizar el proceso mediante los pasos del círculo Deming.

El desarrollo de un proyecto es la secuencia de pasos o actividades basado en concebir, diseñar y manufacturar un producto; se inicia generando una idea y termina con la producción de un objeto físico. Sin embargo, se busca el desarrollo de un proceso implementado en una maquina cortadora y desespinaadora de nopales, con el fin de realizar un mecanismo eficiente para la remoción de espinas, ofreciendo el corte para vegetal.

Para el desarrollo del prototipo se tomará en cuenta el círculo Deming o ciclo PDCA conformado por cuatro fases: planificar, hacer, verificar y actuar. El objetivo del procedimiento es establecer un modelo continuo para mejorar procesos y, de esta manera, asegurar que se cumplan los estándares de calidad, realizando una continua mejora a través del tiempo.

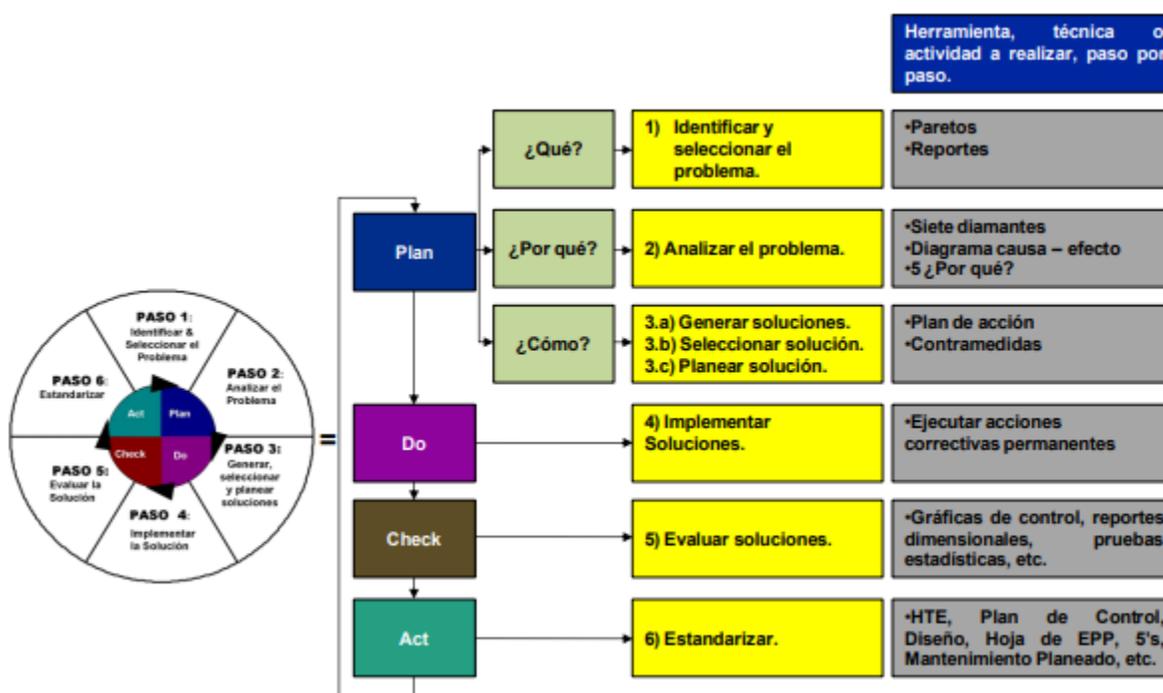
Imagen 29 Ciclo Deming. (Elaboración propia)



Pasos para la ejecución del círculo Deming

El ciclo forma parte de una guía en la planificación para ejecutar una acción, comparando el impacto entre lo planificado y lo realizado, sin embargo, propone mejoras en caso de ser necesario. Al formar parte de un evento kaizen, el ciclo vuelve a iniciar con una nueva planificación para llevar a cabo una mejora continua. A continuación, se muestra los pasos a seguir para ejecutar esta metodología.

Imagen 30 Seis pasos del ciclo PDCA. (General Motors, 2015)



Desarrollo cada uno de los pasos del ciclo, recordando que es una metodología orientada a mejorar un procedimiento, localizando la causa del problema y corrigiéndola.

Planificar.

El objetivo de esta etapa es definir el problema que se quiere mejorar. Es por ello que se desglosa en tres subprocesos para la identificación del problema, análisis de la situación y la generación de posibles soluciones.

¿Qué?

La importancia de conocer las circunstancias actuales del proceso genera una visión bajo un enfoque realista por lo cual es necesario una descripción del entorno actual. A continuación, se muestra un informe del proceso de desespinado y corte de nopal de forma tradicional.

Descripción de la situación actual del proceso de desespinado y corte de nopal.

Debido a la falta de interés hacia la innovación tecnológica en el sector agroindustrial para aumentar la productividad y mejorar el ambiente de trabajo, se visualizó un área de oportunidad dada la situación actual del proceso de desespinado y rebanado de nopal permitiendo hacer mejoras en gran parte de las actividades, así mismo llevar a cabo una investigación de las características principales del proceso.

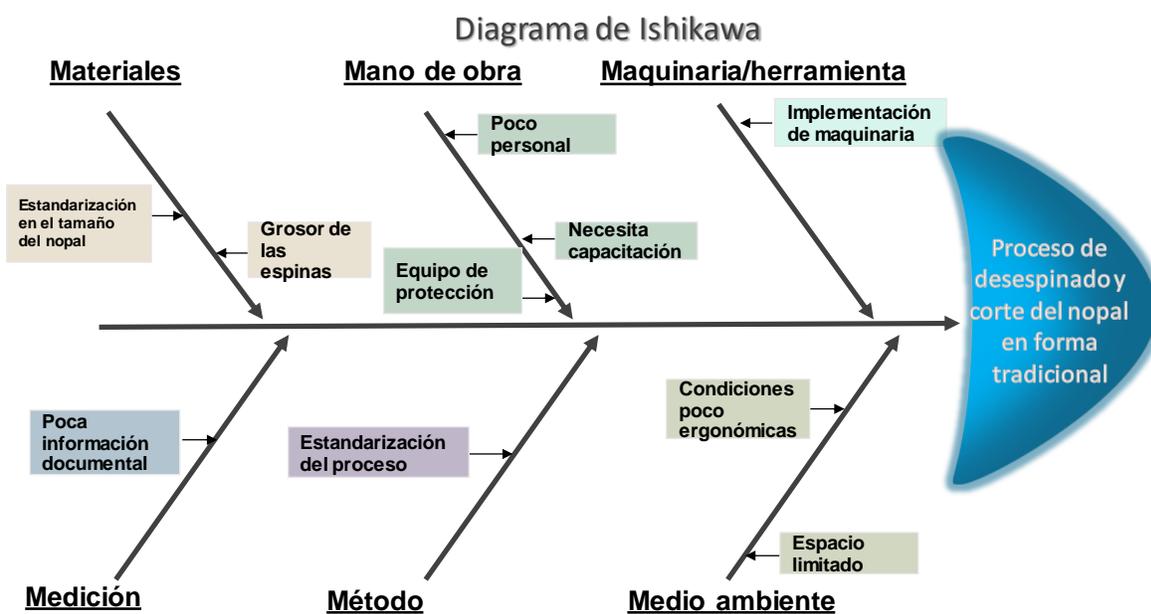
Gracias a las deficiencias encontradas durante la realización de las actividades, permite deducir que la falta de estandarización ocasiona un descontrol en las actividades influyendo en la variabilidad de los tiempos de producción lo que genera pérdidas para el establecimiento. Sin embargo, la carencia de tecnología o maquinaria ocasiona que el proceso se realice de forma tradicional, es decir, a través de un cuchillo y tabla para picar.

¿Por qué?

El análisis del problema permite determinar las causas que ocasionan inconvenientes en el proceso, además da pauta a la selección de alternativas de solución desde diferentes ángulos del problema.

Una de las técnicas más recomendadas es el diagrama de Ishikawa puesto que permite el análisis de las causas y efectos mediante una representación gráfica, además define estrategias de acción durante la investigación. El desarrollo del diagrama enfocado en el desespinado y cote de nopal queda representado de la siguiente manera:

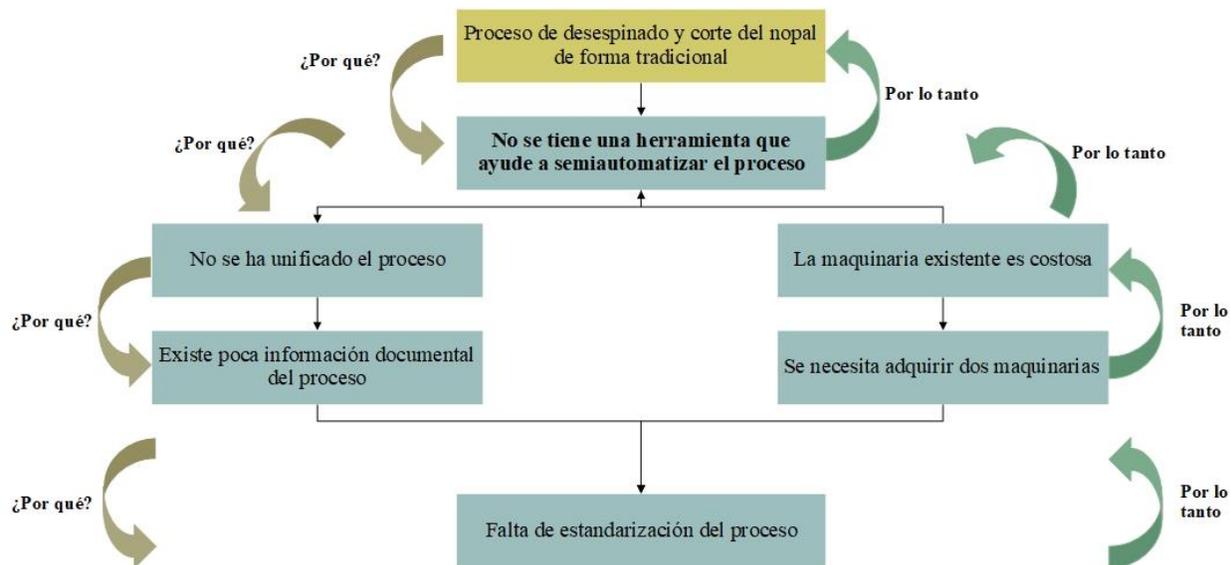
Imagen 31 Diagrama de Ishikawa en el proceso de desespinado y corte de nopal en forma tradicional. (Elaboración propia)



Concluyendo que existen diversas áreas de oportunidad una de las más importantes es la estandarización del proceso, implementación de maquinaria y la capacitación del personal.

La importancia de analizar las alternativas que ocasionan el problema es encontrar la causa raíz, por lo que es necesario emplear la técnica de los 5 Porqués, la cual consiste en un método interrogativo, en el que se pregunta por qué se produjo cada evento que precedió al daño hasta encontrar la causa raíz. En el siguiente gráfico se plasma las interrogantes a partir de la problemática analizada.

Imagen 32 5 porqués. (Elaboración propia)



Mediante la interpretación de los 5 porqués se puede concluir que la falta de estandarización del proceso manual es la principal problemática ya que existe una deficiencia de información documental, por lo tanto, el proceso no se ha unificado en consecuencia la maquinaria existente es costosa.

¿Como?

Tabla 4 Plan de acción ciclo Deming. (Elaboración propia)

No	Área de oportunidad	Acción	Responsable	Evidencia	Fecha contemplada	Avances										
1	Poca información documental	Hacer una sistematización bibliográfica sobre características del nopal.	Área de investigación y desarrollo de proyectos	Imagen 33 Evidencia de bibliografía. (Elaboración propia) 	29/09/2021	Se culminó con investigación bibliográfica.										
		Realizar un estudio de métodos sobre el desespinado y corte de nopal de forma tradicional.	Ingeniería de métodos	Imagen 34 Toma de tiempos. (Elaboración propia) 	15/10/2021	Se culminó con el estudio de tiempos de desespinado y corte de nopal.										
2	Estandarización en el tamaño del nopal	Establecer un rango de tolerancia para el nopal aceptable.	Metrología	Imagen 35 NMX-FF-068-SCFI-2006. (Secretaría de Economía, 2015) <table border="1" data-bbox="1102 1104 1449 1274"> <thead> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Longitud (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>25,1 o más</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>18,1 a 25,0</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>11,1 a 18,0</td> </tr> <tr> <td>Cambray</td> <td>7,0 a 11,0</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño	Longitud (cm)	A	25,1 o más	B	18,1 a 25,0	C	11,1 a 18,0	Cambray	7,0 a 11,0	04/10/2021	Los rangos estándares por la norma NMX-FF-068-SCFI-2006
Tamaño	Longitud (cm)															
A	25,1 o más															
B	18,1 a 25,0															
C	11,1 a 18,0															
Cambray	7,0 a 11,0															

3	Necesita capacitación	Realizar una capacitación virtual mediante una página web	Seguridad e higiene	Imagen 36 Página web, (Elaboración propia) 	17/12/2021	Se culminó con la página para capacitación de los colaboradores.
4	Implementación de maquinaria	Diseñar y elaborar un prototipo semiautomático para el corte y desespinado de nopal, ergonómico y portátil.	Diseño y manufactura	Imagen 37 Diseño del prototipo. (Elaboración propia) 	15/04/2022	Imagen 38 Prototipo NCM. (Elaboración propia) 

El ciclo de Deming permite que los procesos se reevalúen una y otra vez, periódicamente, asegurando el progreso continuo de la organización, por lo que las demás etapas de la metodología están implícitas en el desarrollo, resultados y recomendaciones del proyecto

C) Analizar los tiempos y movimientos en el proceso tradicional para el desespinado y corte del nopal.

En la actualidad las pequeñas y medianas empresas operan empíricamente ocasionando problemas en su gestión productiva, sin embargo, es necesario optimizar los recursos humanos, materiales y financieros con los que se cuentan, para garantizar una reducción de costos y una mejora de calidad en los productos.

El objetivo de realizar el estudio de tiempos y movimientos es analizar y mejorar los elementos innecesarios que podrían afectar la productividad, seguridad, y calidad de la producción. Así mismo determinar el tiempo que se requiere para completar una actividad.

La ingeniería de métodos proporciona herramientas que permiten eficientar todos los factores productivos y reducir los elementos que estén ocasionando pérdidas.

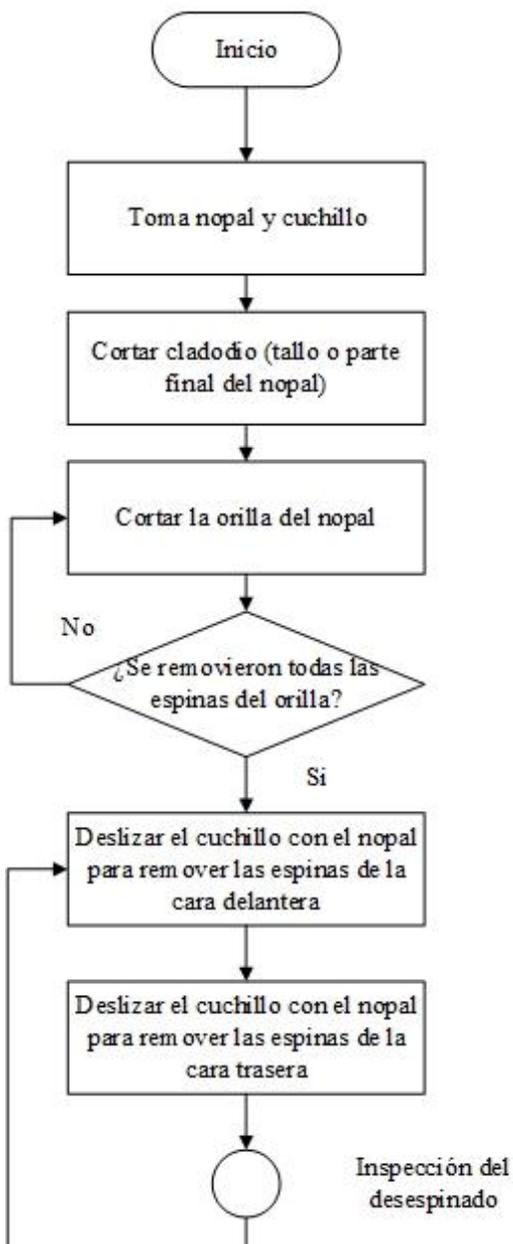
Situación actual del desespinado de nopal.

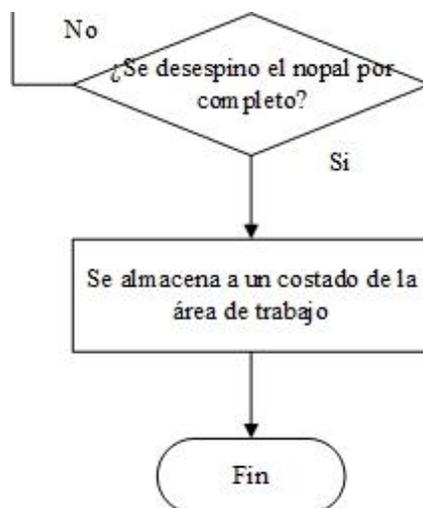
El proceso de desespinado consiste en la remoción total de las espinas del nopal, es una actividad para limpieza del vegetal como alimento o materia prima. Actualmente se lleva a cabo de manera tradicional es decir de forma manual y cuenta con las siguientes actividades principales:

- Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal): Consiste en rebanar el tallo del nopal.
- Cortar la orilla del nopal: Se realiza el desespinado del borde del nopal.
- Remover las espinas de la cara delantera: Se desliza el cuchillo con movimientos uniformes de arriba abajo para desespinar la parte delantera del nopal.
- Remover las espinas de la cara trasera: Consiste en deslizar el cuchillo con movimientos uniformes de arriba abajo para desespinar la parte trasera del nopal.

Representando las actividades de manera gráfica se generó el siguiente diagrama de flujo que servirá para identificar la secuencia del proceso.

Imagen 39 Diagrama de flujo del desespinado del nopal. (Elaboración propia)



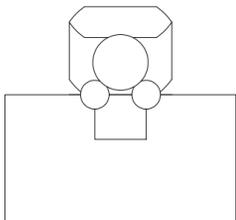


Sin embargo, la falta de estandarización del proceso ocasiona poca gestión en los recursos, aumento de desperdicios, mala calidad en los productos, pero sobre todo un bajo control en la realización de las actividades, es decir dependerá del operador la forma en que ejecute las operaciones.

Analizando los movimientos ejecutados por diferentes operadores se puede concluir que tienen similitudes para realizar el proceso de desespinado, sin embargo, se observó al colaborador que obtuvo los resultados esperados.

Obteniendo el siguiente diagrama bimanual, observando las actividades que no agregan valor, pero son necesarias (NVAN), las que si agregan valor añadido (VA) y las que no generan valor (NVA):

Imagen 40 Diagrama Bimanual proceso desespinado forma tradicional. (Elaboración propia)

Diagrama Bimanual				Resumen					
Diagrama Num	1	Hoja Num.	1 de 1						
Dibujo y Pieza:									
Proceso de desespinado de nopal									
Operación: Desespinado									
Lugar: Estacion de desespinado									
Metodo : Actual / Propuesto									
Operario (s) : Ficha Num.									
Colaborador del proyecto 1									
Compuesto por: Fecha: oct-21									
Karina Lara Baranda									
Descripcion Mano Izquierda	○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripcion Mano Derecha
Toma el nopal (Actividad de NVAN)	●				●				Toma cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de VA)
Posiciona el nopal en la tabla (Actividad de NVAN)	●				●				Corta el cladodillo del nopal (Actividad de VA)
Toma el nopal (Actividad de NVA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVA)	●				●				Sostiene el cuchillo en las espinas de costado del nopal (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)	●				●				Corta las espinas de costado del nopal hasta la mitad (Actividad de VA)
Gira la mano (Actividad de NVA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Posiciona el nopal en forma vertical (Actividad de NVAN)	●				●				Sostiene el cuchillo en las espinas de costado del nopal (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal en el aire (Actividad de NVA)	●				●				Corta las espinas de costado del nopal (Actividad de VA)
Posiciona la mano y posiciona de manera horizontal (Actividad de NVAN)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Posiciona la mano y sostiene el nopal de manera horizontal (Actividad de NVAN)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Da vuelta al nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Sostiene el nopal (Actividad de VA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)
Traslada el nopal aun costado (Actividad de NVA)	●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVA)
Total	17	3	0	0	19	1	0	0	

Se tiene un total de 20 actividades realizadas, la mano izquierda cuenta con 17 operaciones y 3 transportes los cuales un 30% son movimientos innecesarios, por otra parte, la mano derecha tiene 19 operaciones y 1 transporte con un 55% de actividades que no le aporta valor al producto. Deduciendo que se debe realizar mejoras en el proceso. Ver anexo A.

Estudio de tiempos (Medición de trabajo).

Considerando que el estudio involucra una muestra pequeña se tomara en cuenta 12 observaciones ya que indica el autor Benjamin W. Niebel en su libro Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, “cuando los estudios de tiempos suelen involucrar solo muestras pequeñas ($n < 30$)” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 342).

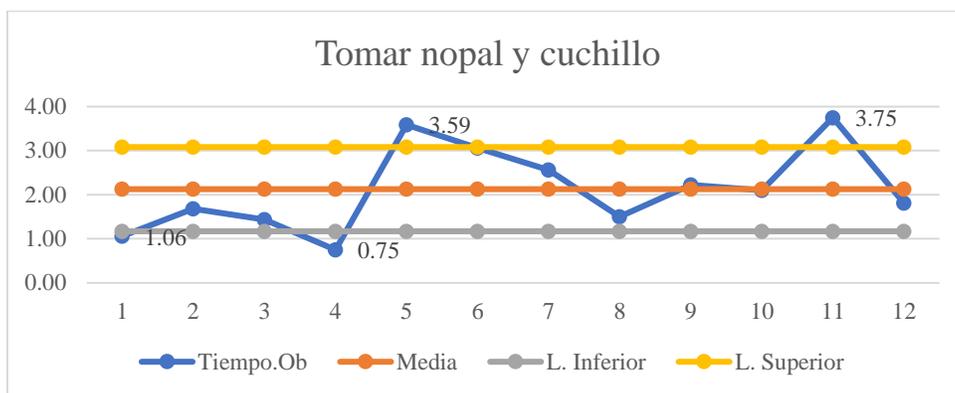
El objetivo es evaluar el desempeño del operador cuando trabaja en su entorno laboral acostumbrado a un ritmo ni muy rápido ni muy lento, de manera representativa; analiza la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia que influyen en la producción. Cabe destacar que la investigación se realizó con el método regreso a cero.

Obteniendo las siguientes lecturas:

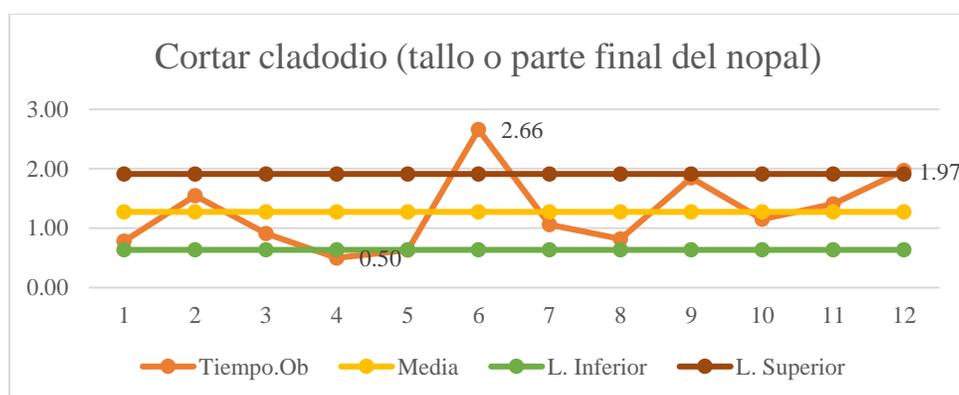
Tabla 5 Tiempos de las Observaciones de desespinado. (Elaboración propia)

Actividad		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tomar nopal y cuchillo	Tiempo Ob	1.06	1.68	1.44	0.75	3.59	3.06	2.56	1.50	2.22	2.10	3.75	1.81
Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	Tiempo Ob	0.78	1.55	0.91	0.50	0.63	2.66	1.06	0.82	1.85	1.15	1.41	1.97
Cortar la orilla del nopal	Tiempo Ob	13.85	9.03	13.74	10.15	11.62	9.56	8.50	6.78	6.44	6.03	6.90	8.75
Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara frontal	Tiempo Ob	16.10	14.53	20.00	21.25	18.66	14.43	18.63	19.62	19.63	18.30	17.19	17.12
Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara trasera	Tiempo Ob	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	Tiempo Ob	4.35	6.65	17.44	13.72	22.43	13.53	6.40	16.50	9.87	13.12	9.81	14.34
Almacenar a un costado del área de trabajo	Tiempo Ob	1.30	0.81	0.97	1.43	1.91	1.94	1.50	1.59	1.19	1.50	1.87	1.78

Para analizar el comportamiento del proceso se obtuvieron los siguientes gráficos de control correspondientes a cada una de las actividades realizadas por el colaborador.

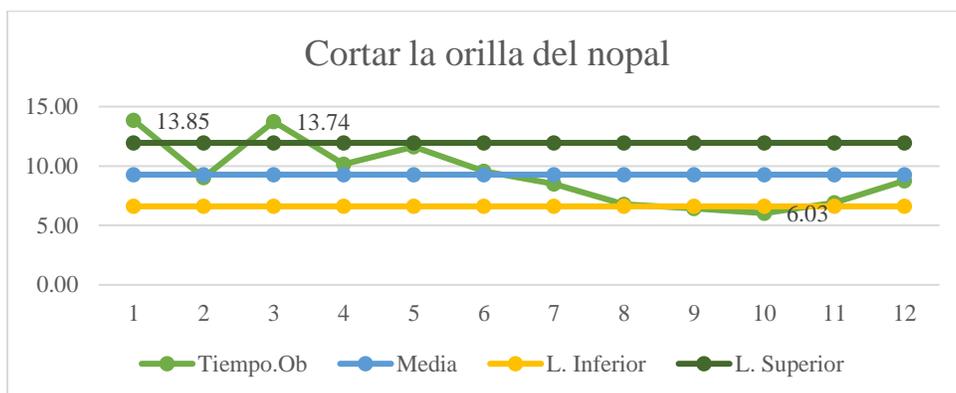
Gráfico 1 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo. (Elaboración propia)

Durante la ejecución del primer proceso la curva de resultado varía de forma aleatoria sin embargo cuatro observaciones están fuera de control.

Gráfico 2 Gráfico de control cortar cladodio. (Elaboración propia)

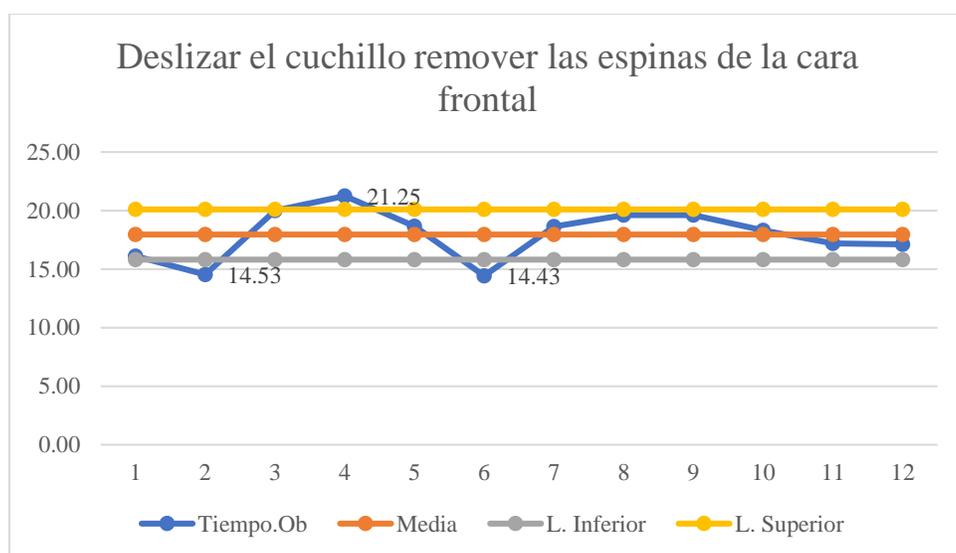
Ejecutando la segunda actividad el comportamiento de la gráfica varía en forma significativa durante tres tomas de tiempo.

Gráfico 3 Gráfica de control cortar orilla de nopal. (Elaboración propia)



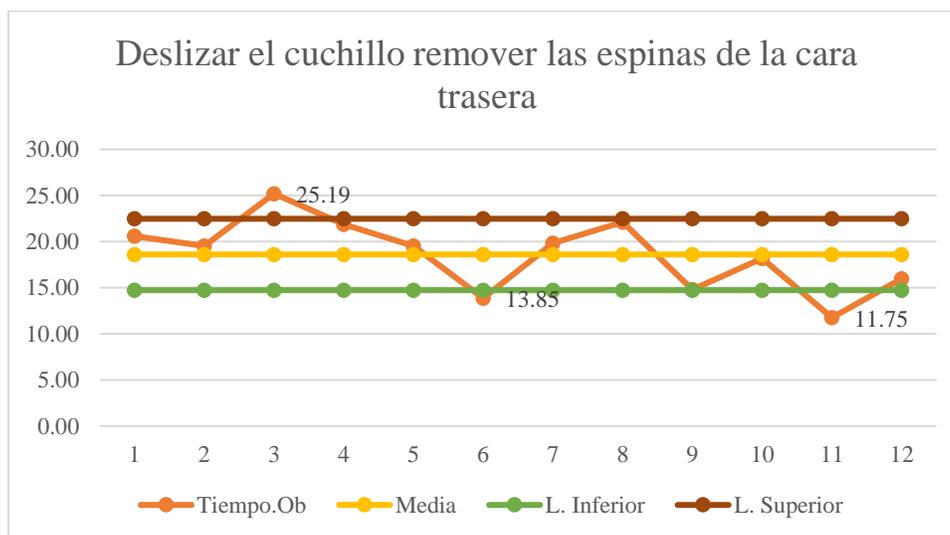
Los resultados obtenidos en el gráfico durante el desarrollo del corte de la orilla de nopal son de forma variables los cuales tres datos no se encuentran dentro de los límites aceptables.

Gráfico 4 Gráfico de control remoción de espinas cara frontal. (Elaboración propia)



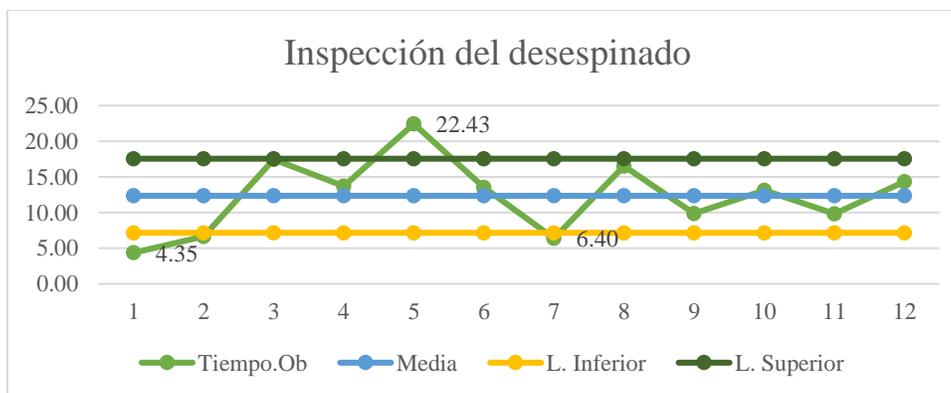
La gráfica representa la actividad de remoción de espinas para la cara frontal, los datos varían de forma aleatoria deduciendo que tres observaciones están fuera de control.

Gráfico 5 Gráfico de control remoción de espinas cara trasera. (Elaboración propia)

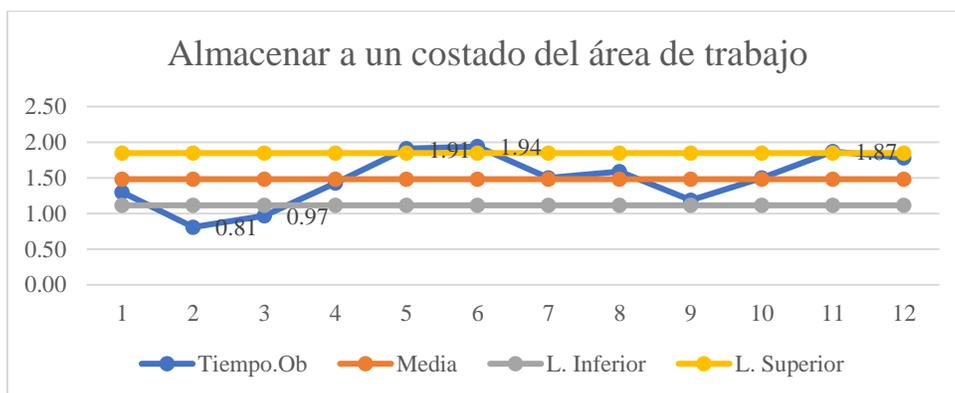


Durante la ejecución de la siguiente actividad el comportamiento de la gráfica varía de forma aleatoria ocasionando que tres datos estén fuera de control.

Gráfico 6 Gráfico de control inspección del desespinado. (Elaboración propia)



Los resultados obtenidos en la gráfica de inspección del desespinado son aleatorios deduciendo que tres datos están fuera de control.

Gráfico 7 Gráfico de control almacenamiento del área de trabajo. (Elaboración propia)

La última actividad realizada representa una gráfica de control variable con datos aleatorios de los cuales cinco están fuera de control.

En conclusión, los tiempos representados en las diferentes graficas son variables lo que ocasiona desestabilización en el proceso y por ende poco control en las actividades deduciendo que se debe realizar mejoras en el sistema para la optimización de tiempos productivos.

Sistema Westinghouse

El método considera cuatro factores a evaluar que son habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. Sin embargo, la calificación se asignó dependiendo de la eficiencia del operador durante la ejecución del proceso de desespinado; obteniendo los siguientes resultados dados con una calificación en base a la **imagen 17,18,19 y 20**. Ver anexo B

Tabla 6 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de desespinado. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	B1	C1	D	D	D	B1	C1
Esfuerzo	C2	D	C1	C2	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D	D
Consistencia	F	C	E	E	E	C	B

Determinando el factor de calificación se obtuvo los siguientes resultados para cada actividad del proceso.

Nota: Los procesos están representados de acuerdo al abecedario.

Tabla 7 Factor de calificación proceso de desespinado de forma tradicional. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0.11	0.06	0	0	0	0.11	0.06
Esfuerzo	0.02	0	0.05	0.02	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0	0
Consistencia	-0.04	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0.03
Suma	0.09	0.07	0.03	0	0	0.12	0.09
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Fac de calificación	1.09	1.07	1.03	1	1	1.12	1.09

Para el cálculo del tiempo normal (TN) se consideró la fórmula.

$$\text{TN} = \text{Tmo} \times \text{Fn}$$

donde:

Tmo: Tiempo medio cronometrado, tiempo promedio o tiempo estimado.

Fn: Factor de nivelación, de valoración o de calificación.

Es decir, resulta de la multiplicación del tiempo observado por el factor de valoración (ver Anexo B), calculando el Tn de cada actividad, posteriormente se realizó la sumatoria obteniendo que el Tiempo normal por ciclo del proceso es de 65.24 segundos. El Tiempo normal se utilizó para hallar el Tiempo estándar, por lo que se necesita el cálculo de los suplementos con ayuda de la tabla sistema de suplementos (ver Anexo C), determinando el porcentaje de suplementos.

Tabla 8 Suplementos del proceso de desespinado. (Elaboración propia)

Descripción del Suplemento (Mujer)	
Suplementos constantes	
Necesidades personales	7%
Fatiga	4%
Suplementos variables	
Suplemento por trabajar de pie	4%
Monotonía física	2%
Monotonía mental	4%
Total	21%

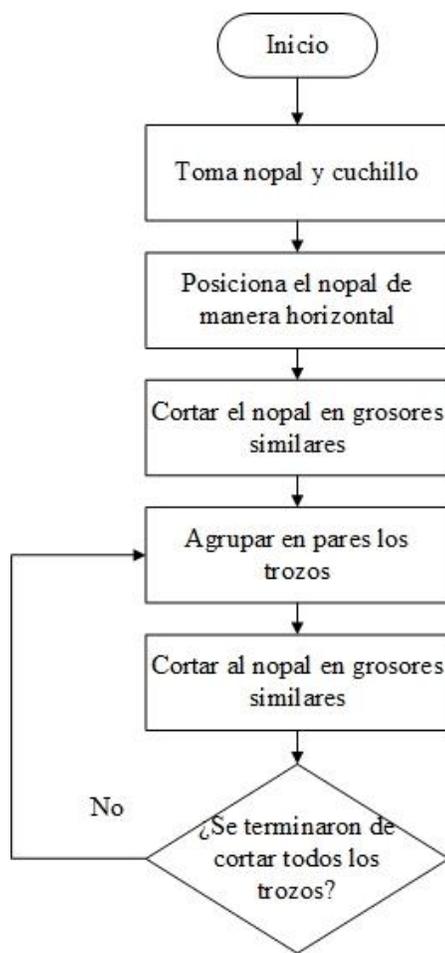
Cálculo del tiempo estándar con la formula $TE = TN (1 + S)$ obteniendo como resultado 78.94 segundos por proceso.

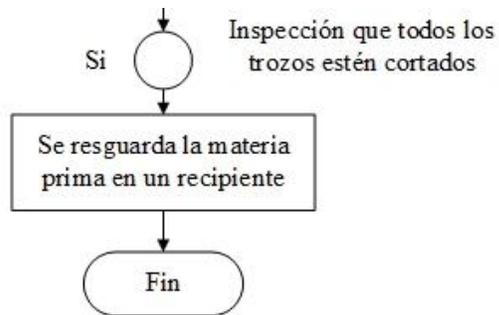
Situación actual del corte de nopal.

El proceso de corte consta en rebanar el nopal en dimensiones similares para su uso como alimento o materia prima, éste debe efectuarse con las manos higienizadas y se ejecuta de forma manual, la actividad principal es cortar el vegetal en diferentes grosores según sean las necesidades del consumidor.

Mostrando la secuencia de las actividades del proceso de manera gráfica se generó el siguiente diagrama de flujo:

Imagen 41 Diagrama de flujo del corte de nopal. (Elaboración propia)





La falta de estandarización durante el proceso ocasiona bajo control en las actividades, es decir el operador realiza el trabajo empíricamente y dependerá del criterio del colaborador la forma en que ejecutará las operaciones.

Examinando los movimientos efectuados por los operadores se visualizó semejanza en la realización de las actividades, por lo que se analizó a la persona con un rendimiento óptimo en la tarea obteniendo como resultado el siguiente diagrama bimanual:

Imagen 42 Diagrama bimanual proceso de corte. (Elaboración propia)

Diagrama Bimanual		Resumen									
Diagrama Nu	1 Hoja Num. 1 de 1										
Dibujo y Pieza:											
Proceso de corte de nopal											
Operación: Corte											
Lugar: Estacion de corte											
Metodo : Actual / Propuesto											
Operario (s) :											
Ficha Num.											
Colaborador del proyecto											
1											
Compuesto por:		Fecha:		oct-21							
Karina Joanna Lara Baranda		Simbolo		Simbolo							
Descripcion Mano Izquierda		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripcion Mano Derecha	
Toma el nopal (Actividad de NVAN)		●	→			●	→			Toma cuchillo (Actividad de NVAN)	
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Sostiene el nopal de manera horizontal (Actividad de NVAN)		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)		●				●				en ciertas dimensiones por repetidas ocasiones (Actividad de NVAN)	
Agrupa en pares los tozos (Actividad de VA)		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVA)	
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)		●				●				nopal en repetidas con dimensiones similares(Actividad de NVAN)	
Se dirige adelante (Actividad de NVA)		●	→			●	→			Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Toma los trozos de nopal (Actividad de VA)		●	→			●	→			Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Agrupa en pares los tozos		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)		●				●				nopal en repetidas con dimensiones similares(Actividad de NVAN)	
Toma los trozos de nopal (Actividad de VA)		●	→			●	→			Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Agrupa en pares los tozos		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVAN)	
Sostiene el nopal (Actividad de NVAN)		●				●				nopal en repetidas con dimensiones similares(Actividad de NVAN)	
Sostiene la tabla(Actividad de NVA)		●				●				Sostiene el cuchillo (Actividad de NVA)	
Levanta la tabla (Actividad de NVA)		●	→			●	→			Sostiene el cuchillo (Actividad de NVA)	
Sujeta la tabla en el aire (Actividad de NVA)		●				●				Desliza el cuchillo sobre la tabla (Actividad de NVA)	
Baja la tabla (Actividad de NVA)		●				●				Deja el cuchillo (Actividad de NVA)	
Deja la tabla en la mesa de trabajo (Actividad de NVA)		●				●					
Total		15	3	0	0	16	1	0	0		

El proceso cuenta con 18 actividades realizadas por la mano izquierda 15 operaciones y 3 transportes los cuales un 39% son movimientos innecesarios, por otra parte, la mano derecha tiene 16 operaciones y 1 transporte con un 55% de actividades que no le aporta valor al producto. Deduciendo que se debe realizar mejoras en el proceso. Ver Anexo D.

Estudio de tiempos (Medición de trabajo)

Dado que el estudio incluyó una muestra pequeña, se tendrán en cuenta 12 observaciones, como señala el autor Benjamin W. Nebel en su libro Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo. Considerando que el estudio involucra un método regreso a cero, evaluando el desempeño del colaborador cuando está operando en su entorno de trabajo habitual analizando sus

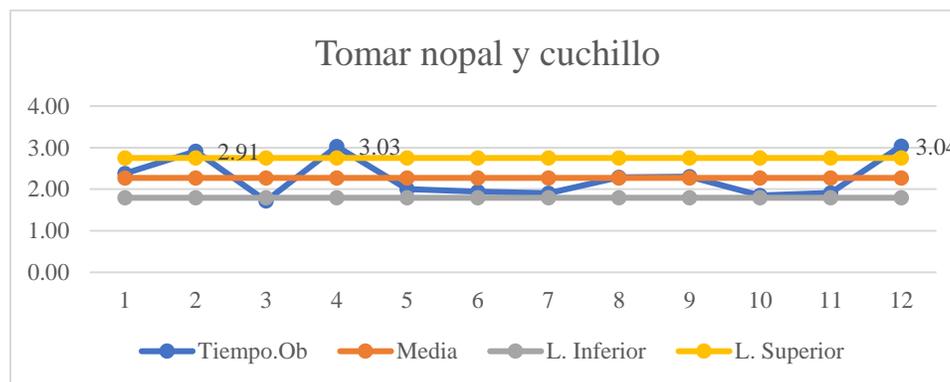
habilidades, esfuerzo, condiciones y consistencia que afectan la producción. Extrayendo las siguientes lecturas:

Tabla 9 Tiempos de las Observaciones de corte. (Elaboración propia)

Actividad		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tomar nopal y cuchillo	Tiempo Ob	2.38	2.91	1.72	3.03	2.00	1.94	1.90	2.29	2.30	1.85	1.91	3.04
Posicionar el nopal de manera horizontal	Tiempo Ob	0.53	0.88	0.53	0.65	0.75	0.69	0.50	0.75	0.66	0.53	0.59	0.69
Cortar el nopal en grosores similares	Tiempo Ob	20.00	21.90	22.41	13.59	17.56	16.97	15.15	18.09	17.74	22.87	16.91	15.34
Agrupar en pares los trozos	Tiempo Ob	1.75	3.62	1.84	5.75	8.06	7.16	3.81	8.93	2.23	6.03	5.03	7.24
Cortar al nopal en grosores similares	Tiempo Ob	18.40	17.63	22.18	12.72	27.25	14.72	22.32	25.66	26.15	16.12	13.12	25.02
Inspección del corte	Tiempo Ob	1.81	1.91	1.19	3.38	2.85	2.90	3.88	2.90	2.89	3.91	1.89	1.64
Resguardar la materia prima en un recipiente	Tiempo Ob	1.12	3.84	2.00	3.96	3.56	4.15	3.78	3.22	4.19	2.07	3.24	3.32

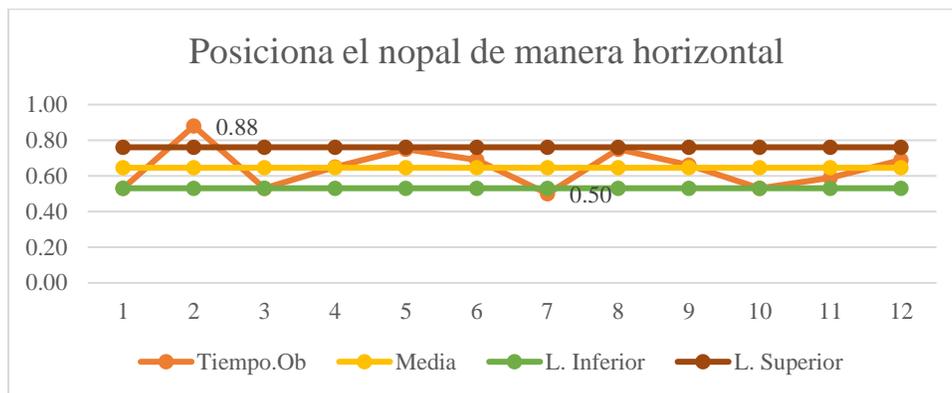
Examinando el comportamiento del proceso se obtuvieron los siguientes gráficos de control referentes a cada actividad realizada por el colaborador.

Gráfico 8 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo proceso de corte. (Elaboración propia)



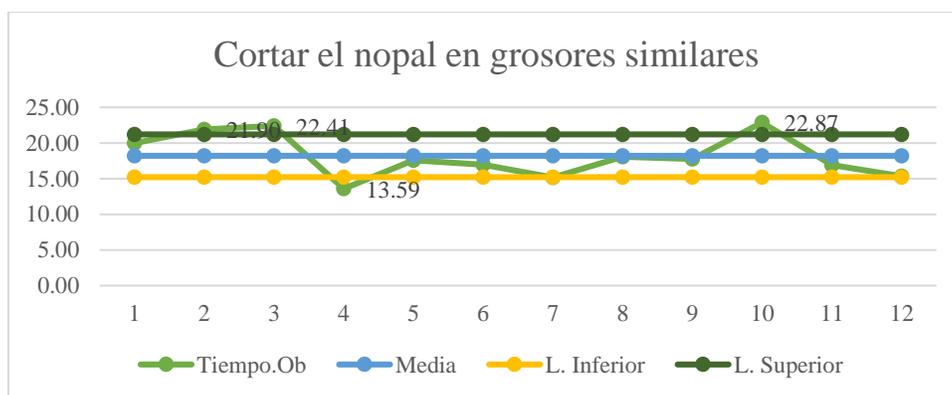
Las lecturas muestran variabilidad en los tiempos sin embargo la mayoría se encuentra dentro de los límites predecibles.

Gráfico 9 Gráfico de control posiciona el nopal de forma horizontal, proceso de corte. (Elaboración propia)



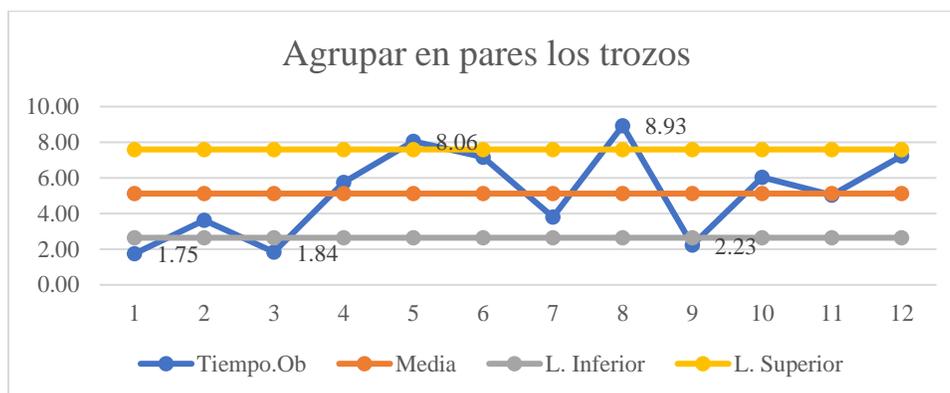
La variabilidad en los tiempos se encuentra dentro de los límites sin embargo existen dos datos fuera de control.

Gráfico 10 Gráfico de control cortar el nopal en grosores similares. (Elaboración propia)



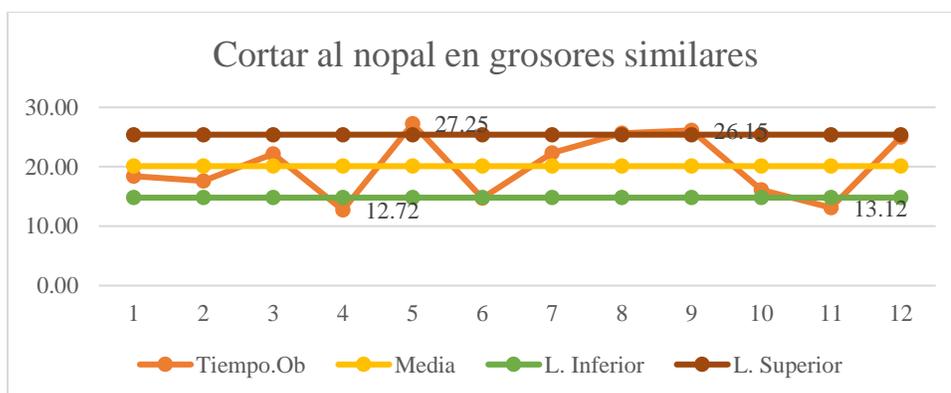
Durante el proceso la curva de resultado varia de forma aleatoria sin embargo cuatro observaciones están fuera de control.

Gráfico 11 Gráfico de control agrupar en pares los trozos. (Elaboración propia)

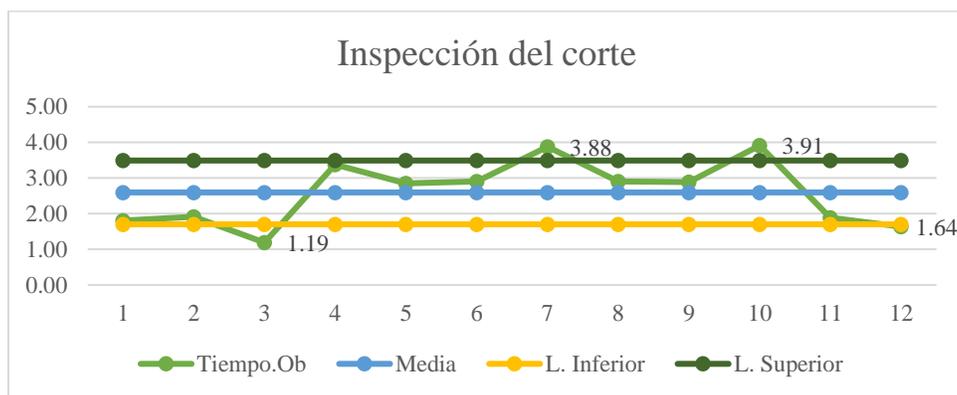


Se representa una variabilidad en los tiempos de la operación ocasionando que cuatro lecturas estén fuera de control.

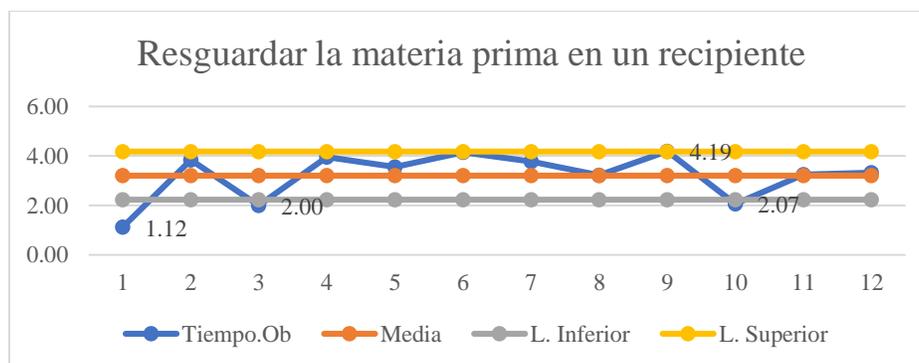
Gráfico 12 Gráfico de control cortar el nopal en grosores similares. (Elaboración propia)



Los datos en el gráfico varían de forma aleatoria deduciendo que cuatro observaciones están fuera de control.

Gráfico 13 Gráfico de control inspección del corte. (Elaboración propia)

Los resultados obtenidos en la gráfica de inspección del desespinado son aleatorios deduciendo que cuatro datos están fuera de control.

Gráfico 14 Gráfico de control resguardar la materia prima en un recipiente. (Elaboración propia)

Durante el último proceso la curva de resultado varía de forma aleatoria sin embargo cuatro observaciones están fuera de control.

En resumen, el tiempo que se muestra en los diferentes gráficos son variables, lo que provoca inestabilidad en el proceso y, por lo tanto, un control deficiente del mismo, lo que concluye que es necesaria la optimización del sistema para mejorar el tiempo de producción.

Sistema Westinghouse

El método considera cuatro factores que se evalúan como son habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. Sin embargo, se otorgó la calificación en función del desempeño del operador en la realización del corte del nopal; obteniendo los siguientes resultados en base a la **imagen 17,18, 19 y 20**. Ver anexo E.

Nota: Los procesos están representados con una letra del abecedario.

Tabla 10 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de corte. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	D	C1	D	D	D	C1	C1
Esfuerzo	C2	D	C1	C2	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D	D
Consistencia	F	C	E	E	E	C	D

Determinando el factor de calificación se obtuvo los siguientes resultados para cada actividad del proceso.

Tabla 11 Factor de calificación proceso de corte de forma tradicional. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0	0.06	0	0	0	0.06	0.06
Esfuerzo	0.02	0	0.02	0.02	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0	0
Consistencia	-0.04	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0
Suma	-0.02	0.07	0	0	0	0.07	0.06
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Fac de calificación	0.98	1.07	1	1	1	1.07	1.06

Para el cálculo del tiempo normal (TN) se consideró la fórmula.

$$TN = Tmo \times Fn$$

Es decir, resulta de la multiplicación del tiempo observado por el factor de valoración para cada actividad (ver Anexo E), obteniendo que el tiempo normal por ciclo de proceso es de 52.53 segundos. Una vez calculado el tiempo normal se agregó el porcentaje de suplementos determinados con la tabla sistema de suplementos (ver Anexo C), y de esta manera obtener el tiempo estándar con la formula $TE = TN (1 + S)$.

Tabla 12 Suplementos del proceso de corte. (Elaboración propia)

Descripción del Suplemento (Mujer)	
Suplementos constantes	
Necesidades personales	7%
Fatiga	4%
Suplementos variables	
Suplemento por trabajar de pie	4%
Monotonía física	2%
Monotonía mental	4%
Total	21%

Al desarrollar la formula se concluye que el tiempo estándar del proceso es de 63.56 segundos por proceso.

D) Desarrollar un método que ayude al proceso de forma semiautomatizada.

Planteamiento del problema.

El nopal constituye una parte fundamental dentro de la gastronomía mexicana, es por ello que existen varios productores y vendedores de este producto, implementando distintos métodos para su comercialización en distintas formas o cortes.

Basado en esta situación se planea crear un prototipo que ayude al proceso de cortado y desespinado de nopales, con la finalidad de que estas actividades se desarrollen de una manera más eficiente, así mismo disminuyendo reduciendo los tiempos que implica este proceso.

El desarrollo del mecanismo es a través de un manejo eficiente del prototipo de nopal, basado en el diseño apto para el correcto funcionamiento del dispositivo, utilizando materiales que se encuentren al alcance.

Objetivo general.

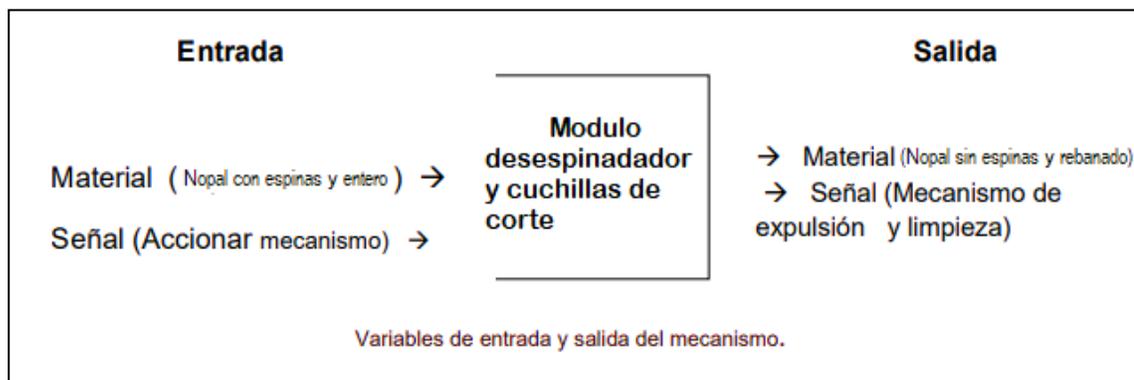
Crear un prototipo capaz de quitar las espinas y rebanar el nopal, a través de un proceso semiautomatizado, portátil y de bajo costo.

Objetivos específicos.

- Diseñar una cortadora y desespinaadora de nopales mecanizada.
- Diseñar mecanismos que permitan facilitar el corte y desespinado del nopal.
- Realizar el diseño para una producción media, según las cosechas de la región.
- Reducir el tiempo del proceso de trabajo
- Disminuir la fatiga o cansancio que provoca realizar el trabajo del corte y desespinado de nopal.

El diseño del proceso para el prototipo se enfoca en ayudar a las personas que se dedican a la producción y comercialización de nopal para su exportación, por lo cual las dimensiones aproximadas serán de 50 centímetros de ancho por 100 centímetros de largo, tomando en consideración un sistema semiautomático, identificando los siguientes elementos:

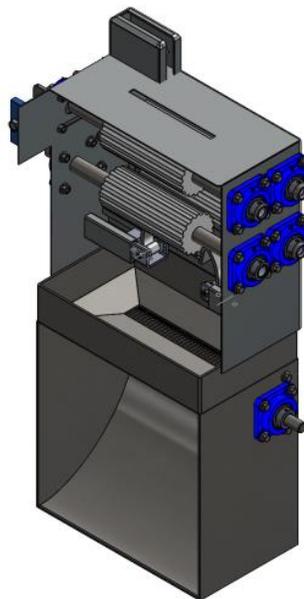
Imagen 43 Variables de entrada y salida. (Elaboración propia)



- **Entrada:** El proceso inicia cortando el cladodio (tallo de forma manual), posteriormente el operador corta las espinas laterales de forma manual.
- **Proceso:** Se introduce el nopal entero con espinas en medio de rodillos giratorios, los cuales realizarán la función de desespinar las caras del vegetal, y enseguida se pasa al proceso de corte.
- **Salida:** Una vez concluidos los procesos anteriores, la materia prima pasa al área de salida, hacia el área de recolección.

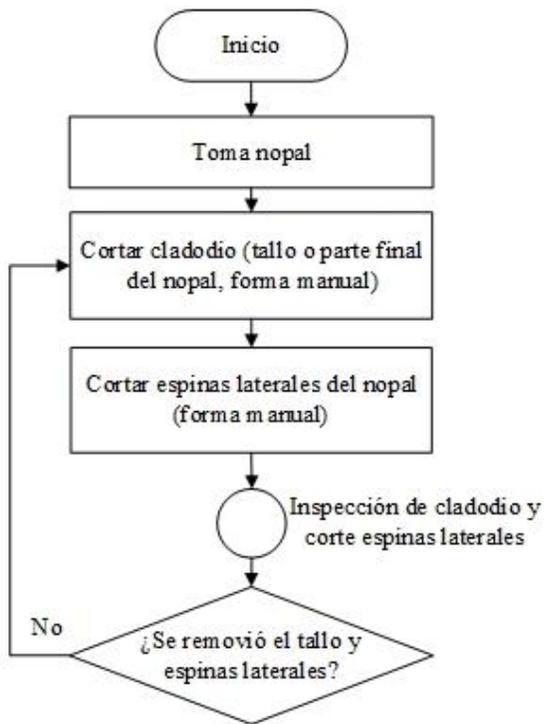
Por lo cual se tiene como propuesta el siguiente diseño: (Ver anexo F)

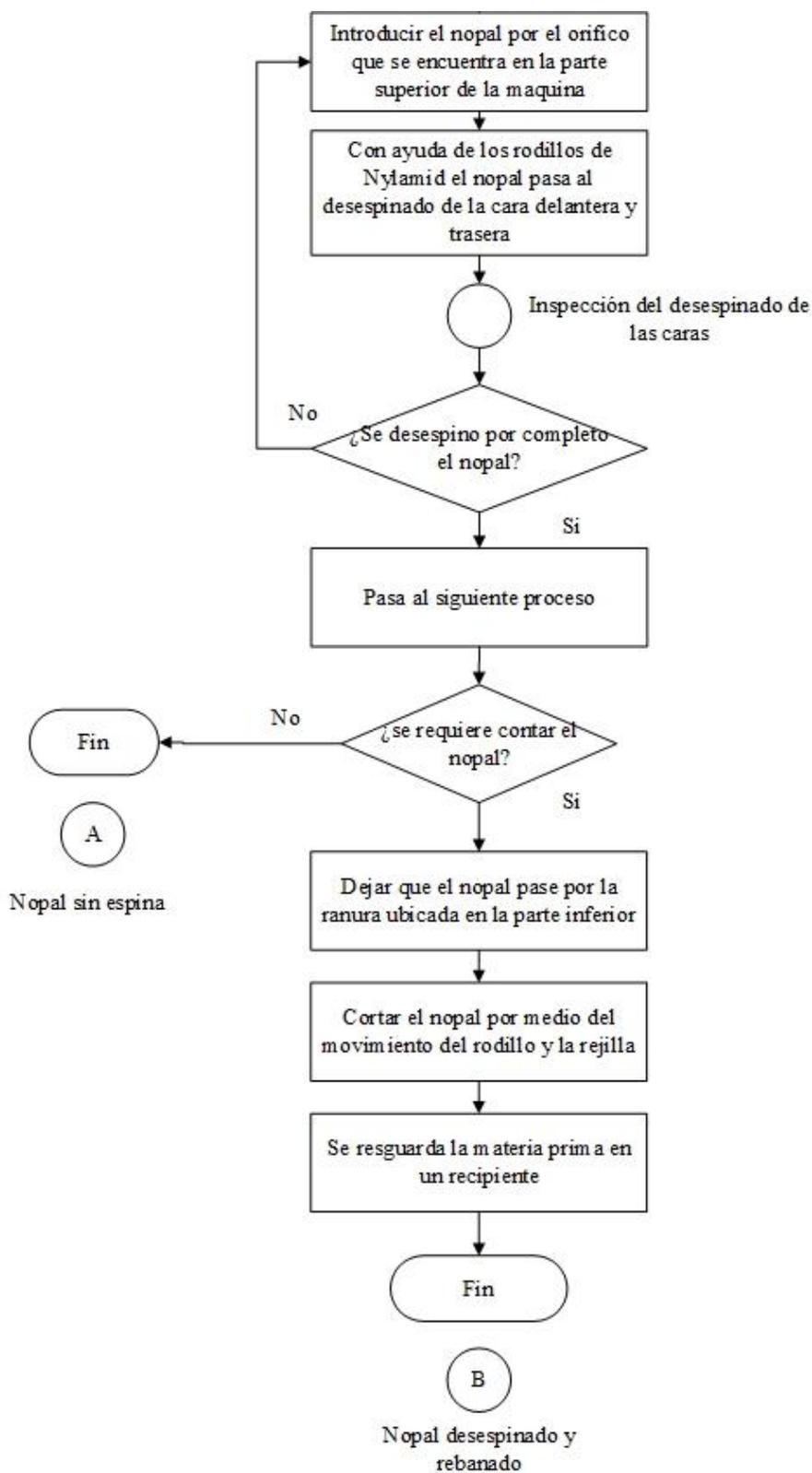
Imagen 44 Diseño del prototipo. (Elaboración propia)



A través del siguiente diagrama de flujo se señala la estructura general del proceso sugerido para el prototipo ya que es la secuencia para poder crear el sistema estandarizado.

Imagen 45 Diagrama de flujo propuesto para el prototipo. (Elaboración propia)





Para elaboración del prototipo se consideraron materiales aptos para el contacto con alimentos, de acuerdo a la norma NMX-W-152-SCFI-2005 el cuerpo del prototipo será de acero inoxidable o aluminio 3003 H14, y rodillos desespinares de Nylamid tomando en cuenta la norma NMX-E-202-1993-SCFI.

E) Analizar los tiempos y movimientos del proceso ejecutado por el prototipo propuesto para el desespinado.

Un prototipo es considerado como el primer modelo creado para verificar el diseño y funcionamiento de un producto o maquina final, permite explorar los diversos aspectos del sistema, sin embargo, su alcance es reflejado durante las pruebas analizadas ya que se asegura la calidad y optimización de los recursos, comprobando que se cumpla la eficiencia del sistema empleado.

Mediante la semiautomatización el sistema aumenta su capacidad de producción, se crean nuevos métodos de fabricación estandarizados, además de ser más rápidos, precisos y rentables. Con el objetivo de realizar el estudio métodos del proceso propuesto se analizan los tiempos y movimientos empleados para completar la actividad de desespinado del nopal, así mismo se desglosa cada actividad que realiza el operador.

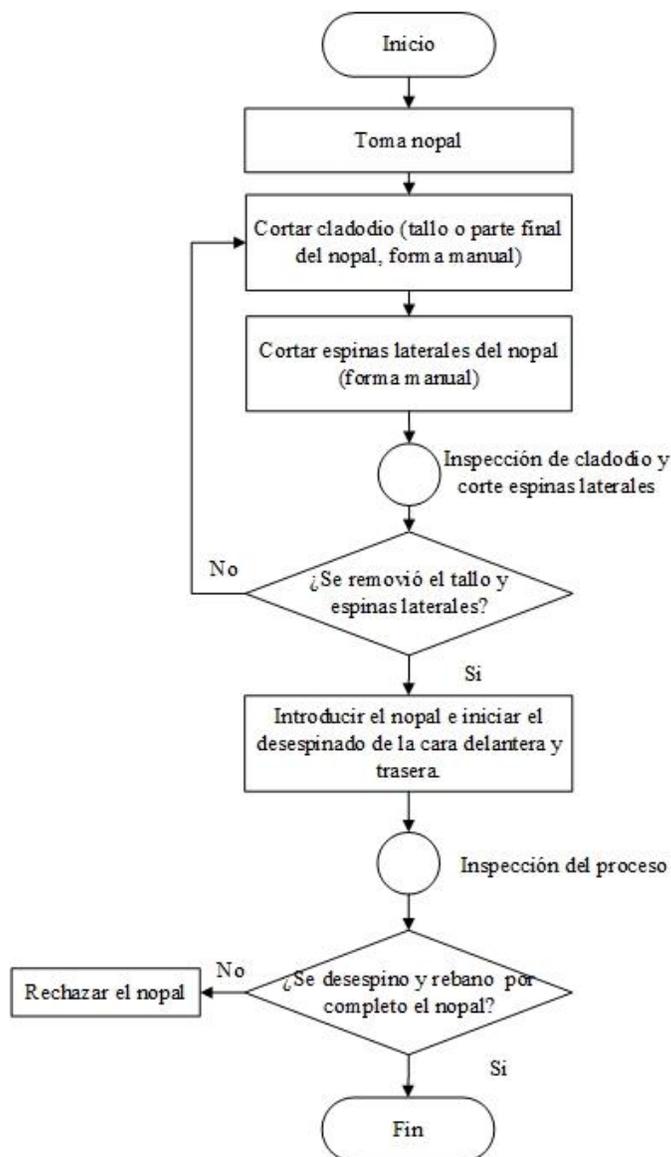
El proceso de desespinado desarrollado con prototipo consiste en la remoción total de las espinas del nopal, con el objetivo que la verdura sea de exportación. Actualmente el sistema es ejecutado por un operador que realiza las dos primeras actividades de forma manual y posteriormente se introduce al prototipo obteniendo las siguientes actividades principales:

- Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal): Consiste en rebanar el tallo del nopal de forma manual.
- Cortar la orilla del nopal: Se realiza el desespinado del borde de forma manual.

- Introducir el nopal e iniciar el desespinado de la cara delantera y trasera: A través de la abertura del prototipo con ayuda de los rodillos de nylamid se desespinan las caras del vegetal.

Representando las actividades de manera gráfica se generó el siguiente diagrama de flujo que servirá para identificar la secuencia del proceso estandarizado.

Imagen 46 Diagrama de flujo del proceso estandarizado en el prototipo. (Elaboración propia)



Estudio de tiempos (Medición de trabajo).

Ante el desarrollo de nuevos métodos de trabajo se minimiza los tiempos improductivos dando como resultado la reducción de costos y el aumento de la productividad, así como mejorar la calidad del producto. El estudio de tiempos analiza los resultados, determinando el tiempo estándar mediante un método de trabajo y se relaciona con el incremento de la productividad del operario.

Este análisis se realizó con una muestra pequeña de 25 observaciones, citando al autor Benjamin W. Niebel en su libro Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, “cuando los estudios de tiempos suelen involucrar solo muestras pequeñas ($n < 30$)” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 342).

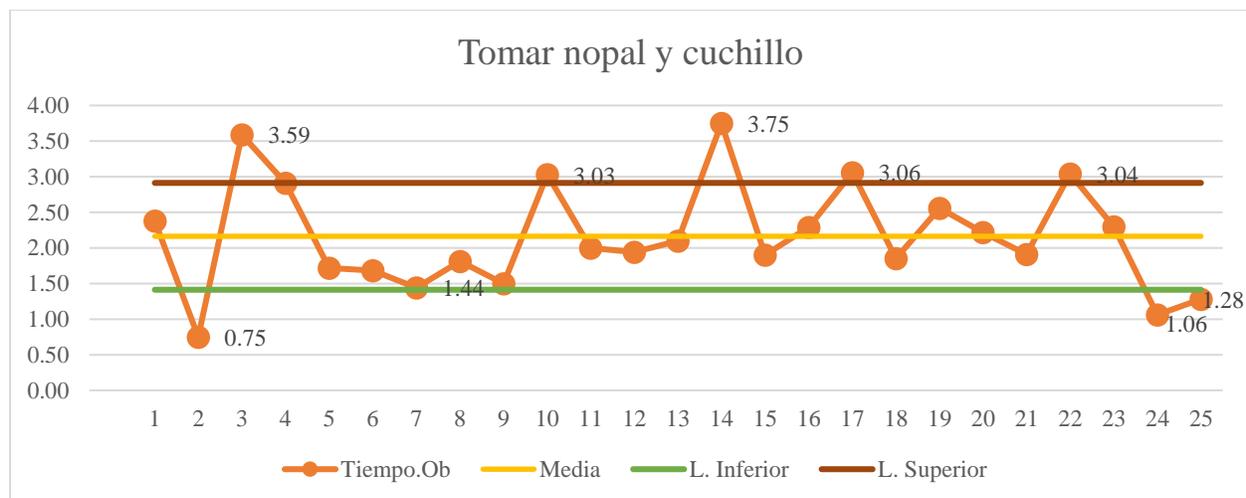
La finalidad es evaluar el desempeño del operador cuando se implementa un método de trabajo semiautomatizado, se analiza la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia que influyen en la producción. Enfatizando que la investigación se efectuó con el método regreso a cero. Obteniendo las siguientes lecturas:

Tabla 13 Tiempos de las observaciones con el prototipo para el desespinado. (Elaboración propia)

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	Tiempo Ob	2.38	0.75	3.59	2.91	1.72	1.68	1.44	1.81	1.50	3.03	2.00	1.94	2.10	3.75	1.90	2.29	3.06	1.85	2.56	2.22	1.91	3.04	2.30	1.06	1.28
Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	Tiempo Ob	1.42	1.22	1.55	1.66	1.06	1.32	1.41	1.52	1.64	1.28	1.53	1.28	1.45	1.24	1.41	1.55	1.47	1.35	0.91	1.50	1.50	1.13	1.65	1.15	1.11
Cortar espinas laterales	Tiempo Ob	13.74	9.03	11.85	9.56	11.62	7.24	6.82	11.77	7.44	6.03	7.17	8.75	10.15	12.62	8.50	6.78	11.66	6.65	6.45	6.90	6.73	9.77	10.73	12.66	8.72
Inspección del corte del tallo y espinas laterales	Tiempo Ob	1.42	1.30	1.48	1.11	1.59	1.32	1.50	1.18	1.19	1.50	1.87	1.78	1.32	1.27	1.59	1.34	1.33	1.56	1.45	1.43	1.19	1.49	1.30	1.28	1.50
Introducir nopal y desespinado de las caras	Tiempo Ob	0.42	0.48	0.53	0.39	0.34	0.62	0.34	0.55	0.56	0.42	0.47	0.47	0.41	0.51	0.37	0.45	0.50	0.53	0.53	0.40	0.50	0.40	0.43	0.38	0.55
Inspección del desespinado	Tiempo Ob	1.81	1.91	1.19	2.38	2.85	2.90	3.88	2.90	2.89	1.91	1.89	1.64	2.34	2.12	2.35	1.75	1.64	1.72	2.43	2.53	2.40	1.51	1.87	2.12	1.51

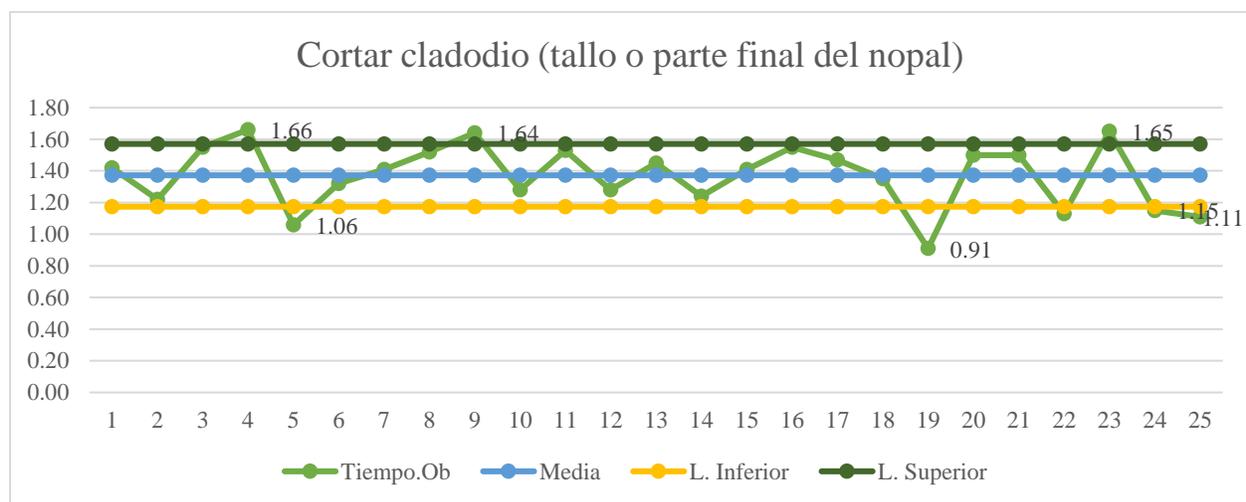
Con el análisis del proceso se obtuvieron los siguientes gráficos de control referentes a cada actividad realizada por el colaborador.

Gráfico 15 Gráfico de control tomar nopal y cuchillo proceso de desespinado semiautomatizado. (Elaboración propia)

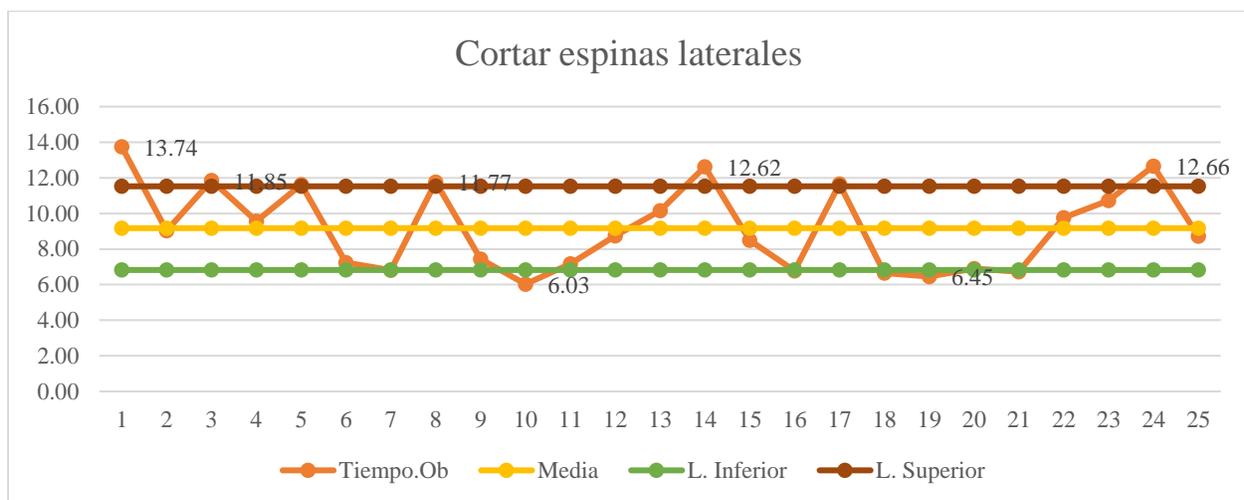


Existe gran variabilidad en los tiempos durante el desarrollo de la primera actividad provocando que nueve lecturas se encuentren fuera de control.

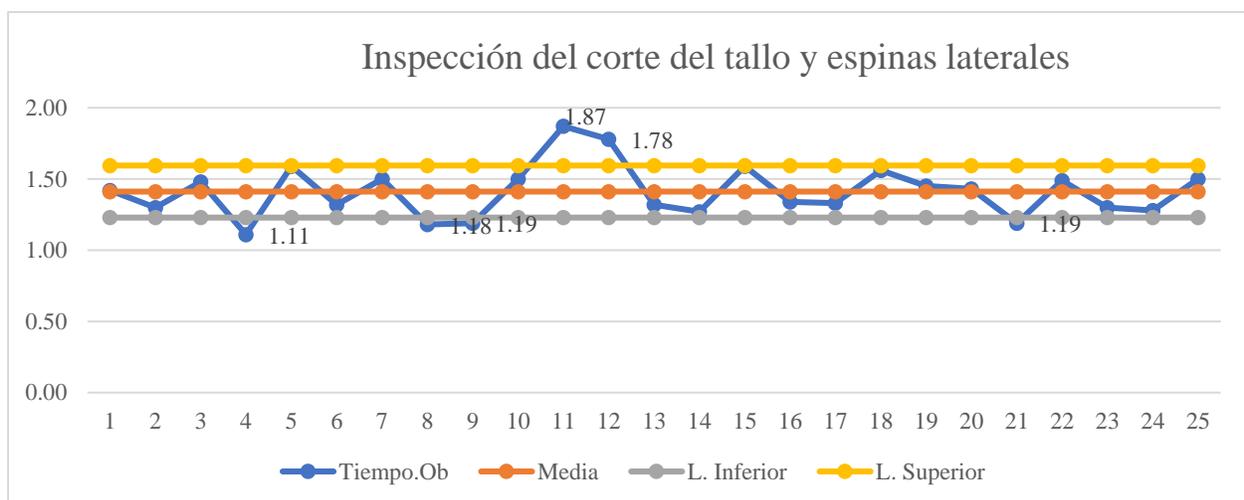
Gráfico 16 Gráfico de control cortar cladodio proceso semiautomatizado. (Elaboración propia)



Durante el desarrollo de la segunda actividad el comportamiento de la gráfica varía en forma significativa ocasionando que siete tomas de tiempo estén fuera de los límites.

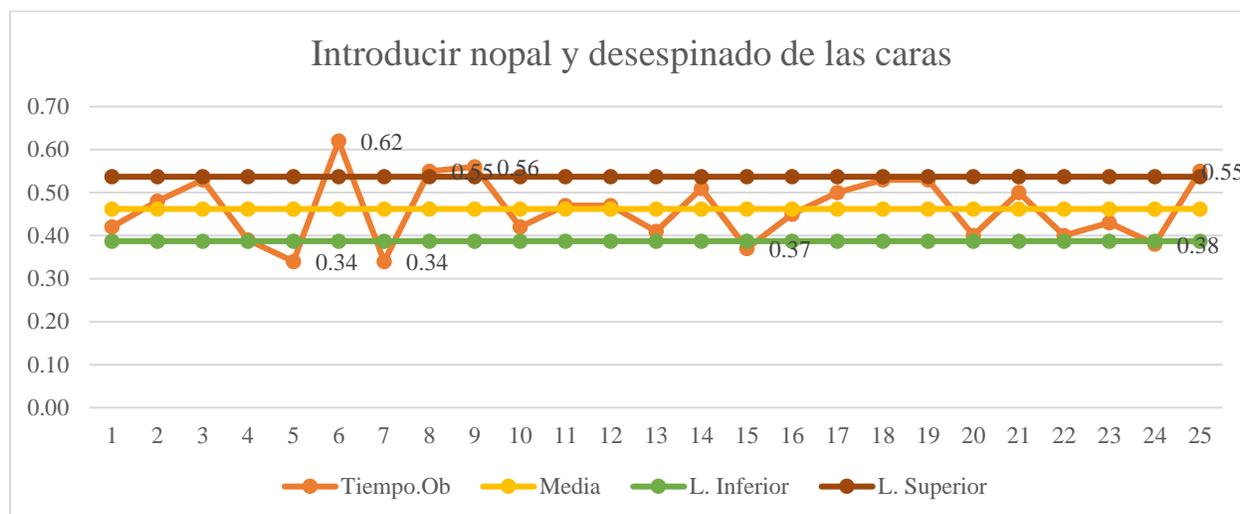
Gráfico 17 Gráfica de control cortar orilla de nopal proceso semiautomatizado. (Elaboración propia)

Los datos en el gráfico varían de forma aleatoria deduciendo que existen siete observaciones están fuera de control.

Gráfico 18 Inspección del corte del tallo y espinas laterales. (Elaboración propia)

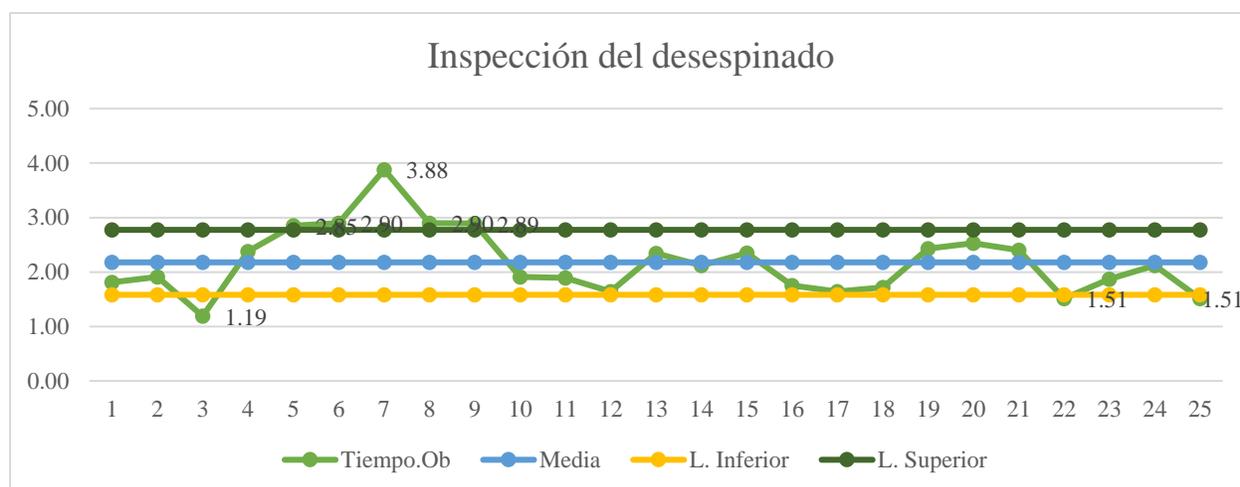
Los resultados obtenidos en la gráfica de inspección del corte y espinas laterales son aleatorios deduciendo que cinco datos están fuera de control.

Gráfico 19 Introducir nopal y desespinado de las caras. (Elaboración propia)



Durante la ejecución de la actividad el comportamiento de la gráfica varía de forma aleatoria sin embargo siete observaciones se encuentran fuera de control.

Gráfico 20 Gráfico de control inspección del desespinado proceso semiautomatizado. (Elaboración propia)



La variabilidad en los tiempos se encuentra dentro de los límites sin embargo existen ocho datos fuera de control.

En conclusión, los tiempos representados en las diferentes graficas son variables lo que ocasiona inestabilidad en el proceso, sin embargo, esto es provocado por realizar actividades de

forma manual y semiautomática provocando poco control en las actividades deduciendo que se deben implantar mejoras en el sistema.

Sistema Westinghouse

El método propone calificar cuatro factores: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. Esta técnica se realiza de acuerdo a la eficiencia del operador durante la ejecución del proceso de desespinado; al determinar la calificación de los factores se obtuvo los siguientes resultados en base a la **imagen 17, 18, 19 y 20**. Ver anexo G

Nota: Los procesos están representados con una letra del abecedario.

Tabla 14 Asignación de las categorías del Sistema Westinghouse en el proceso de desespinado implementado el prototipo. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F
Habilidad	B1	C1	D	D	B1	D
Esfuerzo	C2	D	D	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D
Consistencia	C	C	C	E	B	C

Al asignar el factor de calificación se obtuvo los siguientes resultados para cada actividad del proceso.

Tabla 15 Factor de calificación proceso de desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia)

	A	B	C	D	E	F
Habilidad	0.11	0.06	0	0	0.11	0
Esfuerzo	0.02	0	0	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0
Consistencia	0.01	0.01	0.01	-0.02	0.03	0.01
Suma	0.14	0.07	0.01	0	0.14	0.01
Factor	1	1	1	1	1	1
Fac de calificación	1.14	1.07	1.01	1	1.14	1.01

Para el cálculo del tiempo normal (TN) se consideró la fórmula.

$$\text{TN} = \text{Tmo} \times \text{Fn}$$

Es decir, resulta de la multiplicación del tiempo observado por el factor de valoración para cada actividad (ver Anexo G), obteniendo que el tiempo normal por ciclo de proceso es de 17.34 segundos. Una vez calculado el tiempo normal se agregó el porcentaje de suplementos determinados con la tabla sistema de suplementos (ver Anexo C), y de esta manera obtener el tiempo estándar con la formula $\text{TE} = \text{TN} (1 + \text{S})$.

Tabla 16 Suplementos del proceso de desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia)

Descripción del Suplemento (Mujer)	
Suplementos constantes	
Necesidades personales	7%
Fatiga	4%
Suplementos variables	
Suplemento por trabajar de pie	4%
Tensión auditiva	2%
Monotonía física	2%
Monotonía mental	4%
Total	23%

Cálculo del tiempo estándar con la formula $\text{TE} = \text{TN} (1 + \text{S})$ obteniendo como resultado 21.32 segundos por proceso.

Resultados

Proceso Tradicional.

La estandarización de procesos es de gran importancia ya que permite aplicar el enfoque para crear modelos basados en los procesos y procedimientos de alguna determinada tarea. Es por ello que se buscó implementar un patrón similar a la industrialización, dentro de un proceso tradicional, presentado la ficha de operaciones del producto y proceso del desespinado y corte de nopal de forma tradicional.

Tabla 17 Ficha de operaciones del producto y proceso desespinado. (Elaboración propia)

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 <ul style="list-style-type: none"> • Cuchillos afilados • Tabla de picar • Nopal 		
SECUENCIA DE OPERACIONES		
 1	 2	 3
 4	 5	
 6	 7	

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES		SEGURIDAD INDUSTRIAL
1	Tomar nopal y cuchillo	En el proceso actual no se cuenta con equipo de seguridad
2	Cortar cladodio (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	



CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __1__					Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>				
Proceso: Desespinado de nopal					RESUMEN				
Fecha: 15 de Octubre del 2021					SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia: Desespinado de nopal						Operación	5		
Método: Actual						Transporte	1		
Producto: Nopal como materia prima						Inspección	0		
Nombre del operario: Colaborador del proceso						Espera	1		
Elaborado por: Karina Joanna Lara Baranda						Almacenaje	0		
Tamaño del Lote: 1					Total de actividades realizadas		7.0		
					Distancia total en metros		0.0		
					Tiempo min/hombre		1.09		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Tomar nopal y cuchillo	12	0.0	2.32		•			
2	Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	12	0.0	1.36	•				
3	Cortar la orilla del nopal	12	0.0	9.56	•				
4	Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara frontal	12	0.0	17.96	•				
5	Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara trasera	12	0.0	18.60	•				
6	Inspección del desespinado	12	0.0	13.83				•	
7	Almacenar a un costado del área de trabajo	12	0.0	1.62	•				
Tiempo Minutos: 1.09		m	0.0	65.24	s				
Observaciones: El proceso se encuentra estandarizado									

Tabla 18 Ficha de operaciones del producto y proceso desespinado. (Elaboración propia)

FICHA DE OPERACIONES DEL PRODUCTO Y PROCESO		
Proceso a Estudiar: CORTE DE NOPAL Analista de tiempos: Karina Joanna Lara Baranda Operarios: Colaborador del proceso Fecha del estudio: 15 de octubre de 2021		
PRODUCTO TERMINADO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO / PROCESO	
	<p>Corte del nopal en dimensiones similares para su uso como alimento o materia prima, éste debe efectuarse con las manos higienizadas.</p>	
MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROCESO		
<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillos afilados • Tabla de picar • Nopal 		
SECUENCIA DE OPERACIONES		
		
		
		
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	SEGURIDAD INDUSTRIAL	
<ol style="list-style-type: none"> 1 Toma nopal y cuchillo 2 Posiciona el nopal de manera horizontal 3 Cortar el nopal en grosores similares 4 Agrupar en pares los trozos 5 Cortar al nopal en grosores similares 6 Inspección que todos los trozos estén cortados 7 Se resguarda la materia prima en un recipiente 	<p>En el proceso actual no se cuenta con equipo de seguridad</p>	



CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>1</u> De: <u>1</u> Diagrama N°: <u>1</u>		Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>							
Proceso: Corte de nopal		RESUMEN							
Fecha: 15 de Octubre del 2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Corte de nopal			Operación	5					
Método: Actual			Transporte	1					
Producto: Nopal como materia prima			Inspección	0					
Nombre del operario: Colaborador del proceso			Espera	1					
Elaborado por: Karina Joanna Lara Baranda			Almacenaje	0					
Tamaño del Lote: 1		Total de actividades realizadas		7.0					
		Distancia total en metros		0.0					
		Tiempo min/hombre		0.88					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Toma nopal y cuchillo	12	0.0	2.23		•			
2	Posiciona el nopal de manera horizontal	12	0.0	0.69	•				
3	Cortar el nopal en grosores similares	12	0.0	18.21	•				
4	Agrupar en pares los trozos	12	0.0	5.12	•				
5	Cortar al nopal en grosores similares	12	0.0	20.11	•				
6	Inspección que todos los trozos estén cortados	12	0.0	2.78				•	
7	Se resguarda la materia prima en un recipiente	12	0.0	3.40	•				
Tiempo Minutos: 0.88		m	0.0	52.53	s				
Observaciones: El proceso se encuentra estandarizado									

Las fichas de operaciones del producto y proceso muestran una visión más detallada de las actividades, analizando las diversas variables que influyen en el proceso. En ambas fichas se describen de forma exhaustiva las operaciones clave, con el fin de homogenizar y sistematizar dichas actividades. Así mismo se muestra el herramental que se usa para el desarrollo de las operaciones, sin embargo, durante el contexto actual el colaborador no ocupa ningún equipo de seguridad personal.

La importancia de la seguridad radica en la prevención de accidentes y ofrecer al colaborador confianza en su integridad física durante el desarrollo de sus actividades; debido a la falta de seguridad por parte del operador, se realizó un análisis de peligros con el fin de identificar los riesgos potenciales y eventos que podrían conducir a un accidente, clasificándolos según su gravedad e identificar las medidas de control de riesgos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19 Análisis de los peligros proceso manual, elaboración propia

HOJA DE TRABAJO DEL ANÁLISIS DE LOS PELIGROS

Departamento

Ingeniería de métodos

Título de Trabajo

Proceso de desespinado y corte

Clave de los Peligros	Clave de las Partes del Cuerpo	Clave del PPE Requerido
1. Cortadura	a. Cabeza	A. Casco
2. Raspadura	b. Cara	B. Gafas de protección para químicos
3. Quemadura	c. Ojo(s)	C. Lentes de seguridad
4. Caída	d. Oído(s)	D. Tapones para los oídos
5. Objetos que caen	e. Sistema Respiratorio	E. Orejeras
6. Ruido	f. Torso	F. Arnés para el cuerpo
7. Partículas volando en el aire	g. Brazo(s)	G. Guantes (especifique el tipo)
8. Inhalación	h. Mano(s)	
9. Golpe	i. Dedo(s)	H. Zapatos/Botas (especifique el tipo)
10. Resbalón	j. Pierna(s)	
11. Salpicadura	k. Pie/Pies	I. Respirador
12. Otro	l. Dedo(s) del pie	
	m. Otro	J. Otro

Actividades/Tareas	Peligros Potenciales	Partes del Cuerpo	PPE Requerido
Desespinado de nopal	1,2,5, 11	b, c, g, h, i	C, G
Corte de nopal	1,2,5, 11	b, c, g, h, i	C, G

Mediante el análisis se puede concluir que los peligros potenciales radican en una cortadura, raspadura y salpicadura en cara, ojos, brazos, manos y dedos por lo que el equipo de protección sugerido es el uso de lentes de seguridad y guantes de nitrilo aptos para el contacto con alimentos.

Sin embargo, la falta de capacitación de las personas ocasiona que se desconozcan las medidas de protección adecuadas para el proceso, por lo tanto, se implementó una página web (<https://jl2013033.wixsite.com/nopalcutmechanism>) que ofrece una capacitación gratuita con el objetivo de promover el uso de equipo de seguridad en los operadores.

Imagen 47 Bienvenida de la página web. (Elaboración propia)



El portal está constituido por tres apartados primordiales donde se mencionan características generales del prototipo desarrollado, además de la capacitación enfocada en la seguridad de las personas dedicadas a la venta de nopales.

Imagen 48 Inicio curso de capacitación en página web. (Elaboración propia)



Al llevar a cabo el proceso tradicional sin estandarización ocasiona que exista un desperdicio en los tiempos de operación por ende un aumento de costos y poco control en la merma del producto, no obstante, la maquinaria existente en el mercado es costosa con procesos no homogeneizados por lo cual se planteó innovar un proceso semiautomatizado bajo los siguientes estándares.

Proceso Semiautomatizado.

Con la implementación de un proceso semiautomatizado el operador continúa realizando algunas actividades de forma manual, sin embargo, hace uso de herramientas que le permite lograr una tarea con menor esfuerzo, de ahí la importancia de estandarizar las operaciones ya que se debe asegurar la realización del proceso de forma correcta además que las condiciones sean apropiadas para el sistema.

Tabla 20 Ficha de operaciones del producto y proceso del desespinado implementando el prototipo. (Elaboración propia)

FICHA DE OPERACIONES DEL PRODUCTO Y PROCESO		
<p>Proceso a Estudiar: DESESPINADO DE NOPAL IMPLEMENTANDO EL PROTOTIPO Analista de tiempos: Karina Joanna Lara Baranda Operarios: Colaborador del proceso Fecha del estudio: 4 de mayo de 2022</p>		
PRODUCTO TERMINADO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO / PROCESO	
	<p>Remoción total de las espinas del nopal, procedimiento de limpieza del vegetal, éste debe efectuarse con las manos higienizadas.</p>	
MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROCESO		
<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillos afilados • Tabla de picar • Prototipo NCM • Nopal 		
SECUENCIA DE OPERACIONES		
		
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	SEGURIDAD INDUSTRIAL	
<ol style="list-style-type: none"> 1 Tomar nopal y cuchillo 2 Cortar cladodio (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 		
PRINCIPALES MAQUINAS - EQUIPOS - HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL PROCESO		
 <p>Cuchillo</p>	 <p>Tabla de picar</p>	 <p>Prototipo NCM</p>
<p>Observaciones: El proceso se encuentra estandarizado</p>		

La ficha de operaciones del producto y proceso señala de forma detallada de las operaciones que realiza el trabajador, tomando en consideración las diversas variables que influyen en el proceso, el objetivo es homogenizar y sistematizar las actividades. Además, muestra el instrumental para el desarrollo de las operaciones, proponiendo el equipo de seguridad que se usara para desespinado.

Para la representación gráfica del proceso se hace uso de diagramas, ya que permite visualizar las actividades de cualquier sistema, suministra la mayor parte de la información relacionada con un proceso de fabricación; con base a la información recabada con la implementación del nuevo método de desespinado se desarrolló el diagrama hombre-máquina para determinar el tiempo empleado por cada operador y el utilizado con el prototipo.

Imagen 49 Diagrama hombre-máquina desespinado de nopal

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA							
Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°: 1				Proceso: Desespinado de nopal - Proceso semiautomatizado			
Fecha: Mayo 11 - 2022			Elaborado por: Karina Joanna Lara Baranda		Maquina 1: NCM		
El estudio Inicia: Tomar nopal y cuchillo			Operario: Colaborador del proceso				
Operario			Maquina 1				
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad			
0.5	2	Tomar nopal y cuchillo	14	Inactividad			
1							
1.5							
2							
2.5	1.5	Cortar tallo de nopal					
3							
3.5							
4	9	Cortar espinas laterales					
4.5							
5							
5.5							
6							
6.5							
7							
7.5							
8							
8.5							
9							
9.5							
10							
10.5							
11							
11.5							
12							
12.5							
13	1.5	Inspección de tallo y espinas laterales					
13.5							
14							
14.5			0.5	Desespinado			
15	2	Inspección del desespinado	2	Inactividad			
15.5							
16							
16.5							

Resumen y Análisis de la información					
Tipo	Tiempo del Ciclo Seg.	Tiempo de Acción Seg.	Tiempo de Inactividad Seg.	% de Utilización	% de Utilización Óptima
Operario	16.50	16.00	0.50	97.0%	50.0%
Maquina 1	16.50	0.50	16.00	3.0%	50.0%

■	Actividad Operario
■	Actividad Maquina 1
■	Inactividad



El diagrama representa la relación exacta en tiempo, entre el ciclo de trabajo del colaborador y el ciclo de operación del prototipo, deduciendo que el tiempo ciclo durante el proceso es de 16.5 segundos de los cuales solo 0.50 segundo utiliza el prototipo, mientras que el trabajador realiza un 97% las actividades de forma manual. Sin embargo, a pesar de la poca utilidad del prototipo se ve reflejado significativamente la reducción del tipo ciclo de la actividad, optimizando el proceso un 72.99% considerando el tiempo normal de trabajo.

Para un mayor control en las operaciones se hace uso de una hoja de trabajo estandarizado mediante la descripción de los pasos para realizar la actividad, detallando los modos de operación de la maquinaria, así como la secuencia de operaciones efectuadas, mencionando los puntos clave dentro de las actividades referidas a calidad, seguridad, 5S, ergonomía u otros. Ver anexo H.

Comparación del proceso tradicional y semiautomatizado

Hoy en día, en un entorno cada vez más competitivo es necesario el ahorro de costos y el aumento de la productividad ya que es la forma de competir en el mercado por lo que es necesario

dar un seguimiento en las actividades y operaciones del proceso, realizando continuas mejoras para tener una disminución de los tiempos.

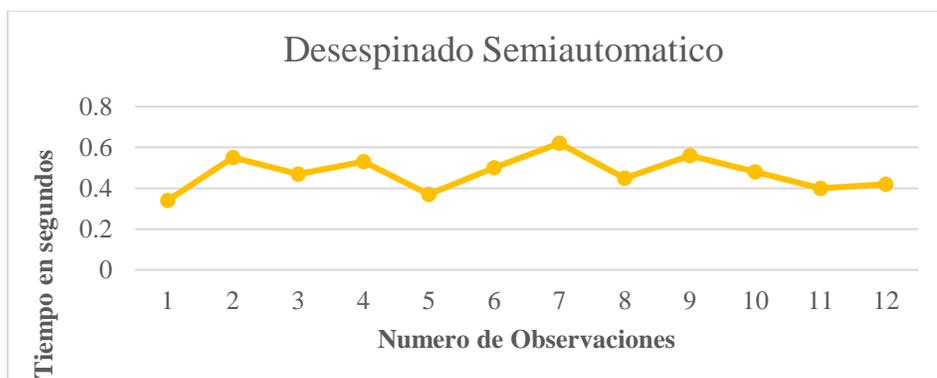
El proceso de desespinado de nopal es una actividad que consiste en la eliminación de espinas sin embargo con el análisis de los procesos manual y semiautomatizado se observa una mejora significativa en los tiempos y costos de producción.

Gráfico 21 Comparación del proceso de desespinado tradicional y semiautomatizado. (Elaboración propia)



Nota: Solo se tomaron doce observaciones para la comparación de los tiempos de desespinado.

Mediante la estandarización del proceso de desespinado se logró que la actividad de nopal sin espinas se realice de la misma forma bajo los mismos parámetros de control. Es importante mencionar que se tiene un mayor control los costos y por ende en la optimización de la operación, como se observa a continuación.

Gráfico 22 Desespinado manual. (Elaboración propia)**Gráfico 23** Desespinado semiautomatizado. (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. Ver anexo I

Comparando las actividades realizadas en los procesos de desespinado manual y semiautomatizado se visualiza que en ambos procesos se tiene seis actividades primordiales, sin embargo, los tiempos se reducen significativamente en la operación de cortar espinas de las caras del nopal factor primordial al mecanizar la actividad, impactando positivamente en la reducción de tiempos. Ver anexo J.

implementar el prototipo semiautomatizado se desespinan 1267 nopales, por lo que se deduce que la producción promedio que genera el prototipo en una jornada laboral el operador lo realiza en 4 días y considerando el mismo sueldo del operador la empresa se estaría ahorrando \$513.05 por la misma producción. En otras palabras, el ahorro semanal es de \$1,539.14 y mensual de \$6,156.57; por lo tanto, anualmente se ahorra \$73,878.90. Ver anexo K.

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El tema abordado demuestra el impacto de realizar un estudio de tiempos y movimientos en los procesos de desespinado y corte de nopal puesto, que permite conocer la duración del sistema, así mismo se identifican las operaciones que aportan valor al producto con la finalidad de disminuir las operaciones innecesarias dentro del ciclo productivo. Además, que se determina un nuevo proceso implementado para el desespinado de nopal plasmando el alcance que tendrá

Sin embargo, el análisis y toma de tiempos juegan un papel importante, la técnica usada para el cronometraje depende del criterio de cada investigador delimitando las operaciones, reiterando que el analista debe tener un enfoque imparcial del proceso otorgando una calificación de acuerdo al desempeño del colaborador.

Este proyecto se desarrolló, con el propósito de lograr obtener información acerca de los procesos de desespinado y corte de nopal conociendo las actividades primordiales durante el proceso y contrastarlas con la propuesta de implantar 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 esta actividad agroindustrial.

Concluyendo que la principal área de oportunidad presentada durante los procesos de desespinado y corte del nopal es la estandarización de las operaciones, sustentada de acuerdo a los análisis de causa raíz, mediante la metodología del círculo Deming y los cinco porqués, se deduce que la falta de información documental y las limitaciones de herramental son las principales restricciones del proceso. Además, que al ejecutar un proceso manual existe variación en los tiempos, finalmente calculando el tiempo estándar se obtiene que en promedio un operador realiza

el proceso de desespinado en 78.94 segundos mientras que el corte se realiza en 63.56 segundos visualizando que genera un aumento de desperdicio en la materia prima.

Por otro lado, el proceso semiautomático hace una reducción en las actividades que no aportan valor así mismo el proceso propuesto plantea una idea acorde a las necesidades del consumidor mediante un proceso lineal para crear un ambiente seguro y salvaguardar la integridad del operador.

Sin embargo, el impacto de este sistema se ve reflejado en la reducción de tiempos ya que se mejora un 72.99% durante el proceso de desespinado, logrando una optimización en esta actividad obteniendo una mayor productividad, superando la hipótesis planteada, debido que el tiempo estándar del proceso es de 21.32 segundos.

No obstante la principal problemática encontrada en el proceso fue lograr una eficiencia adecuada en el desespinado, ya que es necesario que el nopal cumpla con las siguientes características: el vegetal debe oscilar entre los 20 cm de largo y $\frac{1}{2}$ cm o menos de grosor, observando que el prototipo retira las espinas blancas y gruesas, deduciendo que se cumple un 70% el desespinado total del vegetal, sin embargo debido a las condiciones que se encuentra el nopal es apto para exportación, ya que no daña las caras y estructura del vegetal.

Recomendaciones

Un proceso consta de una secuencia lógica para la realización de una determinada tarea. Permite producir los resultados esperados de manera sistemática y ordenada, es decir, se logra el objetivo independientemente de la persona o personas que realicen la transformación. Sin embargo, cuando no se tiene un estándar puede ocasionar muchas demoras y hacer que la producción se vea perjudicada, por lo tanto, existirán pérdidas monetarias. Es por ello que se

sugiere seguir mejorando el prototipo propuesto, ya que se ve como un área de oportunidad para el proceso de desespinado y corte de nopal, es una estrategia que optimiza los tiempos de producción bajo un enfoque de control en las actividades, se recomienda seguir mecanizando las áreas de cortar orilla y tallo de nopal, además de realizar mejoras durante el proceso de desespinado y corte implementando un sistema más eficaz y seguro en el prototipo.

La capacitación de los colaboradores es algo que se debe dar continuidad ya que actualmente no se cuenta con equipo de protección, además que las actividades se realizan de forma empírica durante el proceso tradicional. Sin embargo, con la implementación del sistema semiautomatizado se sugiere dar seguimiento al uso de equipo de protección.

Con la mecanización de las demás áreas del prototipo se pretende hacer mejoras en todo el proceso reduciendo significativamente los tiempos de producción, creando un estándar en los procesos homogeneizados, seguros y eficaces.

Referencias

1. Alteco Consultores Desarrollo y Gestión. (2020). *Alteco Consultores Desarrollo y Gestión [Imagen]*. Obtenido de Qué es un Diagrama de Flujo de Proceso o Flujograma: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>
2. Aragón Piña, E. E. (1 de Mayo de 2021). *iNaturalist [Foto]*. Obtenido de Nopal rastrero: https://www.inaturalist.org/guide_taxa/906278
3. Arronte Garcia, M., Ponce Cabrera, L. V., & Flores Reyes, T. (13 de Julio de 2005). *Centro de Investigaciones en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Informe Técnico Sobre el Estudio para el Desespinado Fotónico del Nopal: http://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20051307_2800.pdf
4. Castillo Carvajal, S. F. (03 de Agosto de 2015). *Dokumen [Diagrama]*. Obtenido de Diagrama de flujo: <https://dokumen.tips/documents/diagrama-de-flujo-5584960fccbb4.html>
5. Dominguez Machuca, J. (2016). *Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Mc Graw Hill .
6. Enciclovida. (2020). *Enciclovida [Foto]*. Obtenido de Opuntia hyptiacantha: <https://enciclovida.mx/especies/145140-opuntia-hyptiacantha>
7. Enciclovida. (13 de Septiembre de 2021). *Wikipedia [Foto]*. Obtenido de Opuntia leucotricha: https://es.wikipedia.org/wiki/Opuntia_leucotricha
8. General Motors. (Mayo de 2015). Solución de Problemas [Documento electrónico]. pág. 44.
9. Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL.
10. Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo [Imagen]*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra.
11. Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración De Operaciones*. México: Pearson Education.
12. Martínez Cruz, J. (2016). *Ecojardín-UNAM [Foto]*. Obtenido de Nopal tapón: <https://ecojardinunam.wordpress.com/nopal-tapon/>
13. Mendoza Meza, L. A., & Noriega Vergara, C. (2011). *Diseño y desarrollo de un prototipo de módulo desespinaador de nopales*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/3295/1/Tesis.pdf>

14. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México : McGraw-Hill.
15. Rios/Canabio, R. (2015). LAS PARTES DEL NOPAL [Imagen]. *Relatos e historias en México*, 69.
16. Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Obtenido de El proceso de investigación: <https://hormigonuno.files.wordpress.com/2010/10/el-proceso-de-investigacion-carlos-sabino.pdf>
17. Salazar López, B. (20 de Junio de 2019). *Ingenieria Industrial Online [Imagen]*. Obtenido de Diagrama bimanual: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-bimanual/>
18. Sanchez, D. (16 de Septiembre de 2017). *NaturaLista Mexico [Foto]*. Obtenido de Nopal Cardón (Opuntia streptacantha): <https://www.naturalista.mx/photos/96399470>
19. Secretaria de Economía. (19 de Diciembre de 2006). *NMX-FF-068-SCFI-2006* . Obtenido de HORTALIZA FRESCA - NOPAL VERDURA (Opuntia spp.) - ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-FF-068-1988) : <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-068-scfi-2006.pdf>
20. Secretaría de Economía. (30 de Diciembre de 2015). *Gobierno de México*. Obtenido de ¿Qué es la Estandarización?: <https://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-estandariza>
21. Sordo, A. I. (31 de Agosto de 2021). *HubSpot*. Obtenido de HubSpot: <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>
22. Torrecilla García, J. A. (2018). *INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO [Diagrama]*. Obtenido de [riuma.uma.es: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13316/INTRODUCCION%20AL%20ESTUDIO%20DEL%20TRABAJO.pdf](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13316/INTRODUCCION%20AL%20ESTUDIO%20DEL%20TRABAJO.pdf)

Anexos

Anexo A. Graficas de Actividad de valor agregado proceso desespinado.

Gráfico 24 Actividades de la mano izquierda durante el desespinado.

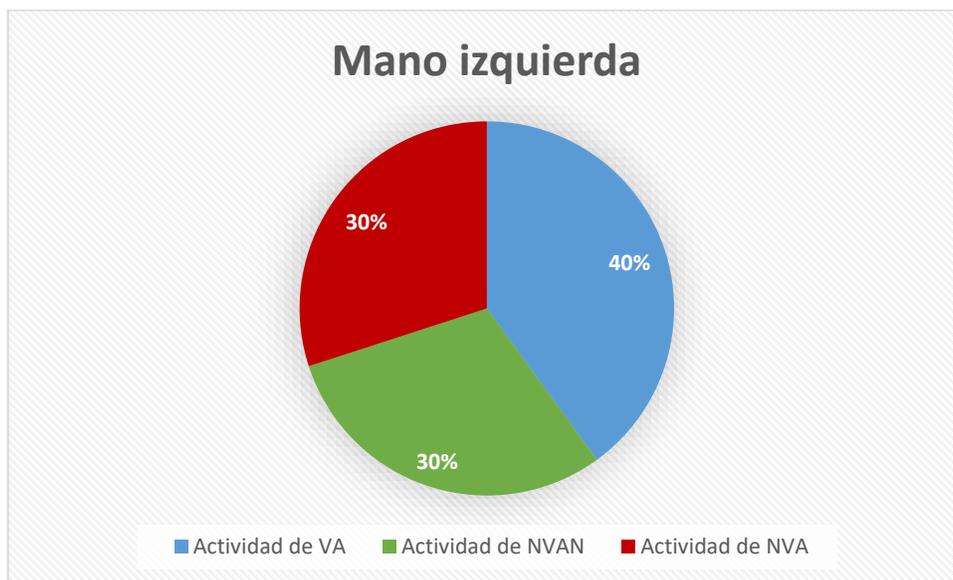
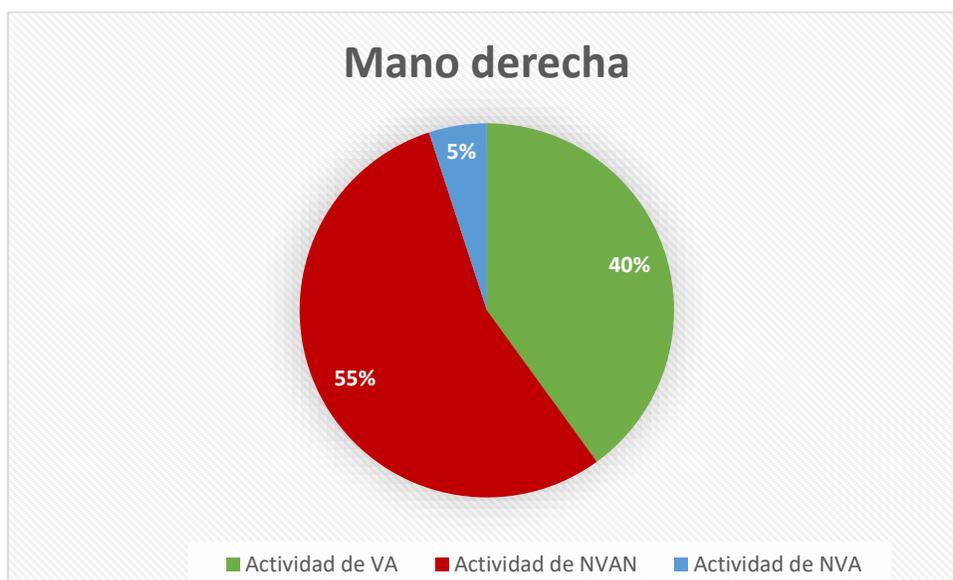


Gráfico 25 Actividades de la mano derecha durante el desespinado.



Anexo B. Estudio de tiempos desespinado.

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS (Sistema Westinghous)

Operación: Desespinado de nopal

Fecha: **Operador:** Colaborador del proceso **Aprobado por:** Karina Joanna Lara Baranda

Nota: el tiempo está dado en segundos

Actividad			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ΣT	Media	Fc	Tn
A	Tomar nopal y cuchillo	Tiempo Ob	1.06	1.68	1.44	0.75	3.59	3.06	2.56	1.50	2.22	2.10	3.75	1.81	25.52	2.13	1.09	2.32
B	Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	Tiempo Ob	0.78	1.55	0.91	0.50	0.63	2.66	1.06	0.82	1.85	1.15	1.41	1.97	15.29	1.27	1.07	1.36
C	Cortar la orilla del nopal	Tiempo Ob	13.85	9.03	13.74	10.15	11.62	9.56	8.50	6.78	6.44	6.03	6.90	8.75	111.35	9.28	1.03	9.56
D	Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara frontal	Tiempo Ob	16.10	14.53	20.00	21.25	18.66	14.43	18.63	19.62	19.63	18.30	17.19	17.12	215.46	17.96	1.00	17.96
E	Deslizar el cuchillo remover las espinas de la cara trasera	Tiempo Ob	20.59	19.53	25.19	21.88	19.53	13.85	19.82	22.12	14.81	18.16	11.75	15.97	223.20	18.60	1.00	18.60
F	Inspección del desespinado	Tiempo Ob	4.35	6.65	17.44	13.72	22.43	13.53	6.40	16.50	9.87	13.12	9.81	14.34	148.16	12.35	1.12	13.83
G	Almacenar a un costado del área de trabajo	Tiempo Ob	1.30	0.81	0.97	1.43	1.91	1.94	1.50	1.59	1.19	1.50	1.87	1.78	17.79	1.48	1.09	1.62

Tn de trabajo	65.24
---------------	-------

Sg por proceso

Tiempo Normal 65.24 segundos por proceso
Tiempo Estándar 78.94 segundos por proceso

Sistema de calificación Westinghouse o nivelación

Factor: Habilidad

+ 0.15	A1	superior
+0.13	A2	superior
+0.11	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.06	C1	bueno
+0.03	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.05	E1	aceptable
-0.10	E2	aceptable
-0.16	F1	malo
-0.22	F2	malo

Factor: Esfuerzo

+ 0.13	A1	excesivo
+0.12	A2	excesivo
+0.10	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.05	C1	bueno
+0.02	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.04	E1	aceptable
-0.08	E2	aceptable
-0.12	F1	malo
-0.17	F2	malo

Factor: Condiciones

+ 0.06	A	ideal
+0.04	B	excelente
+0.02	C	bueno
0.00	D	promedio
-0.03	E	aceptable
-0.07	F	malo

Factor: Consistencia

+ 0.04	A	perfecta
+0.03	B	excelente
+0.01	C	buena
0.00	D	promedio
-0.02	E	aceptable
-0.04	F	mala

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0.11	0.06	0	0	0	0.11	0.06
Esfuerzo	0.02	0	0.05	0.02	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0	0
Consistencia	-0.04	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0.03
Suma	0.09	0.07	0.03	0	0	0.12	0.09
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Fac de calificación	1.09	1.07	1.03	1	1	1.12	1.09

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	B1	C1	D	D	D	B1	C1
Esfuerzo	C2	D	C1	C2	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D	D
Consistencia	F	C	E	E	E	C	B

Tiempo normal o básico

$$TN = Tmo \times Fn$$

donde:

Tmo: Tiempo medio cronometrado, tiempo promedio o tiempo estimado

Fn: Factor de nivelación, de valoración o de calificación

Tiempo estándar o tipo

$$TE = TN (1 + S)$$

donde:

TN: Tiempo normal o básico

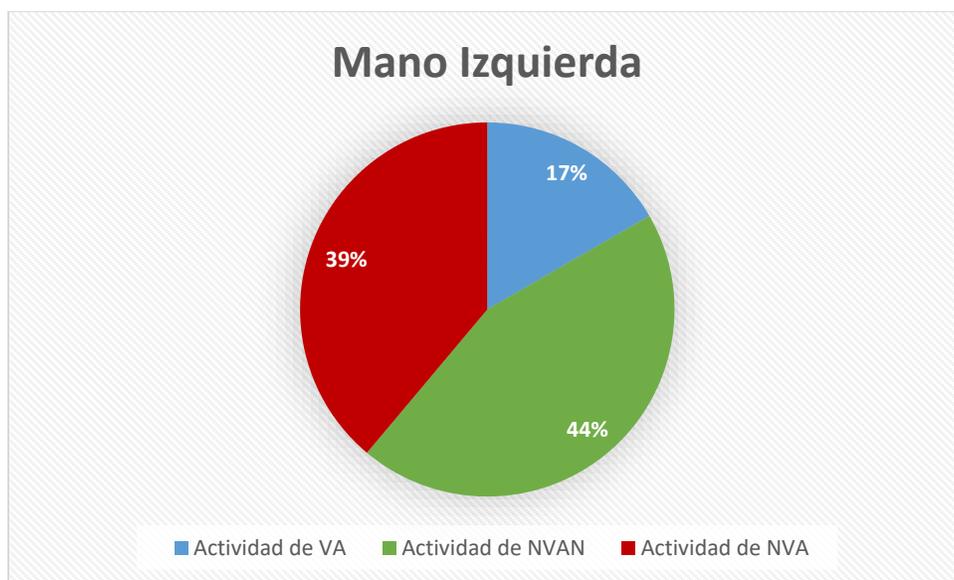
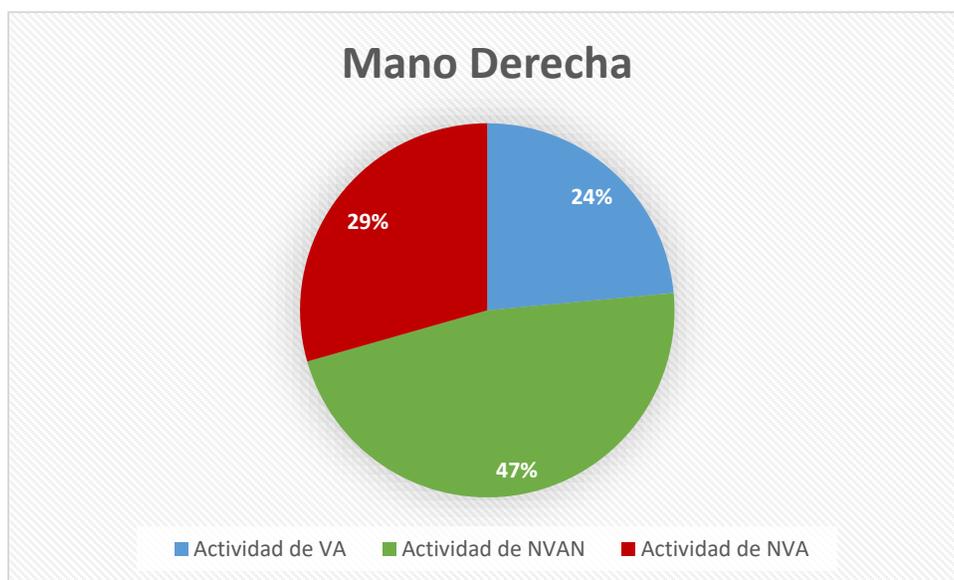
S: Suplementos (consultar Tabla 3. Sistema de suplementos)

Descripción del Suplemento (Mujer)	
Suplementos constantes	
Necesidades personales	7%
Fatiga	4%
Suplementos variables	
Suplemento por trabajar de pie	4%
Monotonía física	2%
Monotonía mental	4%
Total	21%

Anexo C. Sistema de suplementos.

Descripción del Suplemento	%	
	H	M
1. Suplementos constantes	5	7
Suplementos por necesidades personales		
Suplemento por fatiga	4	4
Suma	9	11
2. Suplementos variables		
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4
B. Suplemento por postura anormal		
I. Ligeramente incómoda	0	1
II. Incómoda (inclinado)	2	3
III. Muy incómoda (Echado, estirado)	7	7
C. Levantamiento de peso		
2.5	0	1
5.0	1	2
7.5	2	3
10.0	3	4
12.5	4	6
15.0	6	9
17.5	8	12
20.0	10	15
22.5	12	18
25.0	14	-
30.0	19	-
40.0	33	-
50.0	58	-
D. Intensidad de la luz	0	0
I. Ligeramente por debajo de lo recomendado	2	2
II. Bastante por debajo de lo recomendado	5	5
III. Absolutamente insuficiente	0	0
E. Calidad del aire	5	5
I. Buena ventilación o aire libre	5-15	5-15
II. Mala ventilación sin emanaciones tóxicas y nocivas		
III. Proximidad de hornos, escaleras, etc.	0	0
F. Tensión visual	2	2
I. Trabajos de cierta precisión	5	5
II. Trabajos de precisión fatigosos		
III. Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	0	0
G. Tensión auditiva	2	2
I. Sonido continuo	5	5
II. Intermitente y fuerte	5	5
III. Intermitente y muy fuerte		
IV. Estridente y fuerte	1	1
H. Tensión mental	4	4
I. Proceso bastante complejo	8	8
II. Proceso complejo o atención muy dividida		
III. Muy complejo	0	0
I. Monotonía mental	1	1
I. Trabajo algo monótono	4	4
II. Trabajo bastante monótono		
III. Trabajo muy monótono		
J. Monotonía física		
I. Trabajo algo aburrido	0	0
II. Trabajo aburrido	2	2
III. Trabajo muy aburrido	5	5

(Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C, 2020)

Anexo D. Graficas de Actividad de valor agregado proceso de corte**Gráfico 26** Actividades de la mano izquierda durante el corte.**Gráfico 27** Actividades de la mano derecha durante el corte.

Anexo E. Estudio de tiempos corte de nopal.

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS (Sistema Westinghous)

Operación: Corte de nopal

Fecha: **Operador:** Colaborador del proceso **Aprobado por:** Karina Joanna Lara Baranda

Nota: el tiempo esta dado en segundos

	Actividad		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ΣT	Media	Fc	Tn	
A	Tomar nopal y cuchillo	Tiempo Ob	2.38	2.91	1.72	3.03	2.00	1.94	1.90	2.29	2.30	1.85	1.91	3.04	27.27	2.27	0.98	2.23	
B	Posicionar el nopal de manera horizontal	Tiempo Ob	0.53	0.88	0.53	0.65	0.75	0.69	0.50	0.75	0.66	0.53	0.59	0.69	7.75	0.65	1.07	0.69	
C	Cortar el nopal en grosores similares	Tiempo Ob	20.00	21.90	22.41	13.59	17.56	16.97	15.15	18.09	17.74	22.87	16.91	15.34	218.53	18.21	1.00	18.21	
D	Agrupar en pares los trozos	Tiempo Ob	1.75	3.62	1.84	5.75	8.06	7.16	3.81	8.93	2.23	6.03	5.03	7.24	61.45	5.12	1.00	5.12	
E	Cortar al nopal en grosores similares	Tiempo Ob	18.40	17.63	22.18	12.72	27.25	14.72	22.32	25.66	26.15	16.12	13.12	25.02	241.29	20.11	1.00	20.11	
F	Inspección del corte	Tiempo Ob	1.81	1.91	1.19	3.38	2.85	2.90	3.88	2.90	2.89	3.91	1.89	1.64	31.15	2.60	1.07	2.78	
G	Resguardar la materia prima en un recipiente	Tiempo Ob	1.12	3.84	2.00	3.96	3.56	4.15	3.78	3.22	4.19	2.07	3.24	3.32	38.45	3.20	1.06	3.40	
																	Tn de trabajo	52.53	segundos por proceso

Tiempo Normal 52.53 segundos por proceso

Tiempo Estandar 63.56 segundos por proceso

Factor: Habilidad

+ 0.15	A1	superior
+0.13	A2	superior
+0.11	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.06	C1	bueno
+0.03	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.05	E1	aceptable
-0.10	E2	aceptable
-0.16	F1	malo
-0.22	F2	malo

Factor: Esfuerzo

+ 0.13	A1	excesivo
+0.12	A2	excesivo
+0.10	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.05	C1	bueno
+0.02	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.04	E1	aceptable
-0.08	E2	aceptable
-0.12	F1	malo
-0.17	F2	malo

Factor: Condiciones

+ 0.06	A	ideal
+0.04	B	excelente
+0.02	C	bueno
0.00	D	promedio
-0.03	E	aceptable
-0.07	F	malo

Factor: Consistencia

+ 0.04	A	perfecta
+0.03	B	excelente
+0.01	C	buena
0.00	D	promedio
-0.02	E	aceptable
-0.04	F	mala

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	D	C1	D	D	D	C1	C1
Esfuerzo	C2	D	C1	C2	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D	D
Consistencia	F	C	E	E	E	C	D

	A	B	C	D	E	F	G
Habilidad	0	0.06	0	0	0	0.06	0.06
Esfuerzo	0.02	0	0.02	0.02	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0	0
Consistencia	-0.04	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0
Suma	-0.02	0.07	0	0	0	0.07	0.06
Factor	1	1	1	1	1	1	1
Fac de calificacion	0.98	1.07	1	1	1	1.07	1.06

Tiempo normal o básico

$$TN = T_{mo} \times F_n$$

donde:

T_{mo}: Tiempo medio cronometrado, tiempo promedio o tiempo estimado

F_n: Factor de nivelación, de valoración o de calificación

Tiempo estándar o tipo

$$TE = TN (1 + S)$$

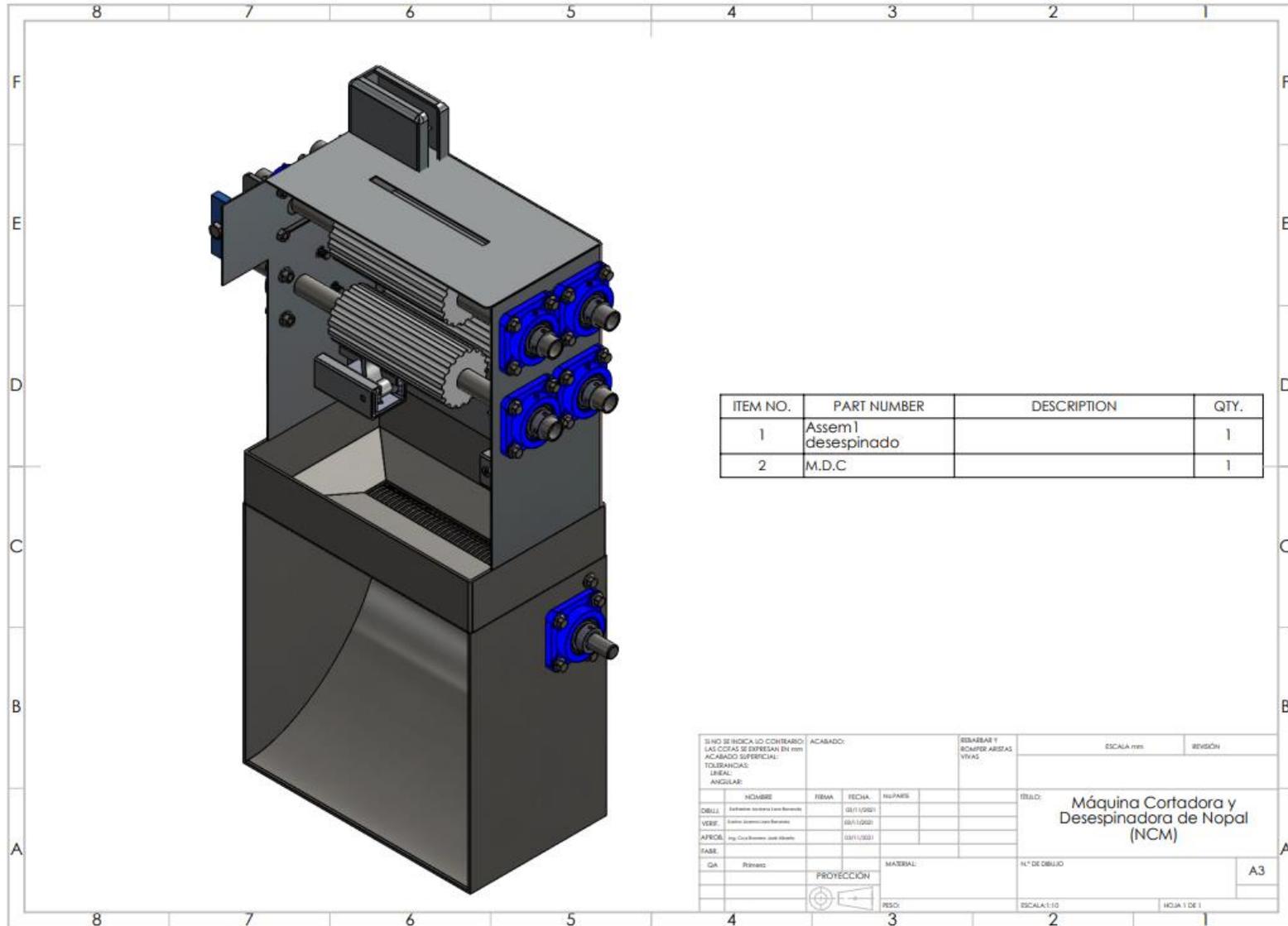
donde:

TN: Tiempo normal o básico

S: Suplementos (consultar Tabla 3. Sistema de suplementos)

Descripción del Suplemento (Mujer)	
Suplementos constantes	
Necesidades personales	7%
Fatiga	4%
Suplementos variables	
Suplemento por trabajar de pie	4%
Monotonía física	2%
Monotonía mental	4%
Total	21%

Anexo F. Diseño del prototipo.



Anexo G. Estudio de tiempos desespinado implementado un proceso semiautomatizado.

HOJA DE OBSERVACIONES DE ESTUDIO DE TIEMPOS (Sistema Westinghous)

Operación: Desespinado de nopal implementando el prototipo

Fecha: Mayo de 2022 **Operador:** Colaborador del proceso **Aprobado por:** Karina Joanna Lara Baranda

Nota: el tiempo está dado en segundos

Actividad			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Tomar nopal y cuchillo	Tiempo Ob	2.38	0.75	3.59	2.91	1.72	1.68	1.44	1.81	1.50	3.03	2.00	1.94	2.10	3.75	1.90
B	Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	Tiempo Ob	1.42	1.22	1.55	1.66	1.06	1.32	1.41	1.52	1.64	1.28	1.53	1.28	1.45	1.24	1.41
C	Cortar espinas laterales	Tiempo Ob	13.74	9.03	11.85	9.56	11.62	7.24	6.82	11.77	7.44	6.03	7.17	8.75	10.15	12.62	8.50
D	Inspección del corte del tallo y espinas laterales	Tiempo Ob	1.42	1.30	1.48	1.11	1.59	1.32	1.50	1.18	1.19	1.50	1.87	1.78	1.32	1.27	1.59
E	Introducir nopal y desespinado de las caras	Tiempo Ob	0.42	0.48	0.53	0.39	0.34	0.62	0.34	0.55	0.56	0.42	0.47	0.47	0.41	0.51	0.37
F	Inspección del desespinado	Tiempo Ob	1.81	1.91	1.19	2.38	2.85	2.90	3.88	2.90	2.89	1.91	1.89	1.64	2.34	2.12	2.35

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	ΣT	Media (promedio)	Fc	Tn	
2.29	3.06	1.85	2.56	2.22	1.91	3.04	2.30	1.06	1.28	24.09	2.16	1.14	2.47	
1.55	1.47	1.35	0.91	1.50	1.50	1.13	1.65	1.15	1.11	34.31	1.37	1.07	1.47	
6.78	11.66	6.65	6.45	6.90	6.73	9.77	10.73	12.66	8.72	229.34	9.17	1.01	9.27	
1.34	1.33	1.56	1.45	1.43	1.19	1.49	1.30	1.28	1.50	35.29	1.41	1.00	1.41	
0.45	0.50	0.53	0.53	0.40	0.50	0.40	0.43	0.38	0.55	11.55	0.46	1.14	0.53	
1.75	1.64	1.72	2.43	2.53	2.40	1.51	1.87	2.12	1.51	54.44	2.18	1.01	2.20	
												Tn de trabajo	17.34	sg por proceso

Tiempo Normal 17.34 sg por proceso
Tiempo Estándar 21.32 sg por proceso

Factor: Habilidad

+ 0.15	A1	superior
+0.13	A2	superior
+0.11	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.06	C1	bueno
+0.03	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.05	E1	aceptable
-0.10	E2	aceptable
-0.16	F1	malo
-0.22	F2	malo

	A	B	C	D	E	F
Habilidad	B1	C1	D	D	B1	D
Esfuerzo	C2	D	D	C2	D	D
Condiciones	D	D	D	D	D	D
Consistencia	C	C	C	E	B	C

Factor: Esfuerzo

+ 0.13	A1	excesivo
+0.12	A2	excesivo
+0.10	B1	excelente
+0.08	B2	excelente
+0.05	C1	bueno
+0.02	C2	bueno
0.00	D	promedio
-0.04	E1	aceptable
-0.08	E2	aceptable
-0.12	F1	malo
-0.17	F2	malo

Factor: Condiciones

+ 0.06	A	ideal
+0.04	B	excelente
+0.02	C	bueno
0.00	D	promedio
-0.03	E	aceptable
-0.07	F	malo

Factor: Consistencia

+ 0.04	A	perfecta
+0.03	B	excelente
+0.01	C	bueno
0.00	D	promedio
-0.02	E	aceptable
-0.04	F	mala

	A	B	C	D	E	F
Habilidad	0.11	0.06	0	0	0.11	0
Esfuerzo	0.02	0	0	0.02	0	0
Condiciones	0	0	0	0	0	0
Consistencia	0.01	0.01	0.01	-0.02	0.03	0.01
Suma	0.14	0.07	0.01	0	0.14	0.01
Factor	1	1	1	1	1	1
Fac de calificación	1.14	1.07	1.01	1	1.14	1.01

Descripción del Suplemento (Mujer)**Suplementos constantes**

Necesidades personales 7%

Fatiga 4%

Suplementos variables

Suplemento por trabajar de pie 4%

Tensión auditiva 2%

Monotonía física 2%

Monotonía mental 4%

Total 23%

Anexo H. Hoja de trabajo estandarizado proceso de desespinado

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO													
TITULO		PRUEBAS DESESPINADO DE NOPAL EN PROTOTIPO SEMIAUTOMATIZADO											
SPM		METODO DEL PROCESO ESTANDARIZADO						APROBADORES:		CALIDAD		KARINA JOANNA LARA BARANDA	
REVISION		1								MEJORA CONTINUA		KARINA JOANNA LARA BARANDA	
AREA		CORTE Y DESESPINADO DE NOPAL								DISEÑO		KATHERINE JORDANA LARA BARANDA	
PROCESO		DESESPINADO											
PROPOSITO		ESTANDARIZAR MÉTODO DE DESESPINADO DE NOPAL MEDIANTE UN PROTOTIPO SEMIAUTOMATIZADO											
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL AREA		KARINA JOANNA LARA BARANDA											
NOMBRE DE QUIEN REALIZA LA ACTIVIDAD		COLABORADOR DEL PROCESO											
DOCUMENTOS DE REFERENCIA		DIAGRAMACIÓN DEL PROCESO											
SEGURIDAD													
MATERIAL PELIGROSO & EPP						EPP PARA PRUEBAS DE DESESPINADO DE NOPAL				RESIDUOS PELIGROSOS			
PROCESO	PELIGRO	EPP ASIGNADO POR ACTIVIDAD				Lentes	Guantes	Mandil	Ropa de trabajo	Mascarilla	Protección auditiva		
Cortar cladodio													
Cortar orilla													
Desespinar nopal													
HERRAMIENTA & EPP						RIESGO EN EQUIPOS				RIESGOS AMBIENTALES			
Prototipo NCM													
Cuchillo													
Tabla de picar						Punto de pellicio	Cortaduras	Salpicadura					
PREPARACION DEL AREA DE TRABAJO / 5S													
1	Localizar el área de trabajo para la ejecución de la actividad y realizar inspección visual (identificar y eliminar riesgos).	2	En caso de existir algún objeto, material, o herramienta que estorbe retirarla del lugar.	3	El área de trabajo debe estar libre de residuos de materia prima, en caso de existir retirarla del lugar.	4	Durante la actividad se debe colocar el material usado en el lugar asignado manteniendo el orden y limpieza.	5	Al término de la actividad retirar el material rechazado y se coloca los nopales en los contenedores asignados.				
OPERACIÓN													
SIMBOLOGIA		1	Tomar nopal y cuchillo		2	Cortar cladodio (tallo del nopal) de forma manual		3	Cortar la orilla del nopal de forma manual				
	¡ATENCIÓN! Actividad indispensable para el proceso, realízalo conforme a las especificaciones.												
	¡PRECAUCIÓN! Si la actividad no es realizada de manera correcta se pueden sufrir lesiones graves.												
	Es necesario contar con el equipo de protección personal para realizar la actividad.												
	AYUDA VISUAL Revisar ayudas visuales correspondientes a la actividad.												
	Revisar el CHECK LIST DE REFERENCIA.	Se toma el cuchillo y la materia prima que se encuentra en el área de trabajo (ver indicación N° 1 de 5'S).			Colocar el nopal de forma horizontal y rebanar el tallo del nopal. Esta actividad se ejecuta de forma manual.			Nota: Colocar el nopal de forma inclinada y cortar las espinas laterales del nopal. Esta actividad se realiza de forma manual.	Nota:				

4	Inspección del corte del tallo y espinas laterales	5	Introducir nopal para el desespinado de las caras	6	Inspección del desespinado
 		   		   	
<p>Realizar inspección para identificar si se realizaron bien las dos actividades anteriores.</p> <p>Nota: ver el check list "PRUEBA E INSPECCIÓN (VISUAL) PARA EL DESESPINADO" y generar el registro.</p>		<p>Una vez encendido el prototipo se introduce el nopal en ranura de la parte superior, se deja caer para que inicie proceso de desespinado de la cara frontal y trasera del nopal (ver indicación N° 1, 2 y 3 de 5'S).</p>		<p>Realizar inspección del proceso, si el desespinado se realiza de forma incorrecta rechazar la materia prima (ver indicación N° 4 y 5 de 5 S).</p> <p>Nota: ver el check list "PRUEBA E INSPECCIÓN (VISUAL) PARA EL DESESPINADO" y generar el registro. Fin del proceso.</p>	

CHECK LIST DE REFERENCIA

PRUEBA E INSPECCIÓN (VISUAL) PARA EL DESESPINADO

CHECK LIST			
Operación: Desespinado de nopal		Cargo:	
Fecha:	Inspeccionado por:		
Hora:	Jefe o supervisor:		
ELEMENTOS A INSPECCIONAR			
Inspección de las herramientas	Condición		Acción correctiva
Existe desgaste en el filo del cuchillo.	Buena	Mala	
La tabla se encuentra en buenas condiciones.			
El prototipo se encuentra sin desgaste en los cables.			
Los rodillos del prototipo se encuentran en buenas condiciones.			
El funcionamiento del prototipo es el correcto.			
Inspección del proceso	Si	No	Acción correctiva
Se corto el tallo del nopal			
Se realizo el desespinado de las espinas laterales de forma correcta			
Se desespinaron las caras del nopal de forma correcta			

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

ACCIDENTES (lesiones)
 Cubra la lesión con un trapo limpio
 Avise a emergencia

HISTORIAL DE REVISION

REVISION	FECHA	REVISADO POR	CAMBIOS
1	12 de Mayo del 2022	Lara Baranda Karina Joanna	No se realizó ningún cambio porque es la primera propuesta para realizar el proceso de desespinado en forma semiautomatizada

Anexo I. Comparación de los tiempos de forma porcentual.

Desespinado Tradicional	
Tiempo Normal	65.24
Tiempo Estándar	78.94

100 %

Desespinado Semiautomatizado	
Tiempo Normal	17.34
Tiempo Estándar	21.32

Mejora **72.99** %
27.01 %

Anexo J. Comparación de los procesos.

COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS															
Hoja N° <u> 1 </u> De: <u> 1 </u> Diagrama N°: <u> 1 </u>			Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>			Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input checked="" type="checkbox"/>									
Proceso: Desespinado de nopal			RESUMEN					RESUMEN					Proceso: Desespinado de nopal		
Fecha: 16 de Mayo del 2022			SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Fecha: 16 de Mayo del 2022						
El estudio Inicia: Desespinado de nopal			●	Operación	4	●	Operación	4	El estudio Inicia: Desespinado de nopal						
Método: Manual			→	Transporte	1	→	Transporte	1	Método: Semiatomizado						
Producto: Nopal como materia prima			■	Inspección	0	■	Inspección	0	Producto: Nopal como materia prima						
Nombre del operario: Colaborador del proceso			D	Espera	1	D	Espera	1	Nombre del operario: Colaborador del proceso						
Elaborado por: Karina Joanna Lara Baranda			▼	Almacenaje	0	▼	Almacenaje	0	Elaborado por: Karina Joanna Lara Baranda						
Tamaño del Lote: 1			Total de actividades realizadas		6.0	Total de actividades realizadas		6.0	Tamaño del Lote: 1						
			Distancia total en metros		0.0	Distancia total en metros		0.0							
			Tiempo min/hombre		1.09	Tiempo min/hombre		0.29							
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	Diferencia de Tiempos Segundos	Observaciones	
					●	→	■	D	▼						
1	Tomar nopal y cuchillo	12	0.0	2.32		•					25	0.0	2.47	-0.15	El proceso manual se realiza en un tiempo menor
2	Cortar cladodio (tallo o parte final del nopal)	12	0.0	1.36	•						25	0.0	1.47	-0.11	El proceso manual se realiza en un tiempo menor
3	Cortar la orilla del nopal	12	0.0	9.56	•						25	0.0	9.27	0.29	
4	Inspección del corte del tallo y espinas laterales										25	0.0	1.41	-1.41	Esta actividad no la realiza el proceso manual
5	Desespinado de las caras	12	0.0	36.56	•						25	0.0	0.53	36.03	
6	Inspección del desespinado	12	0.0	13.83				•			25	0.0	2.20	11.63	
7	Almacenar a un costado del área de trabajo	12	0.0	1.62	•									1.62	Esta actividad no la realiza el proceso semiautomatizado
Tiempo Minutos: 1.09		m	0.0	65.25 s						Tiempo Minutos: 0.29	m	0.0	17.35	47.90	Ahorro de tiempo entre los dos procesos en segundos.

Observaciones:
Comparación de los tiempos del proceso manual y semiautomatizado

Anexo K. Análisis económico del proceso de corte.

PRECIO DE NOPAL

	Proveedores	Nopal	Precio	Características
Locales	Proveedor 1	6	\$10	con/sin espinas
	Proveedor 2	7	\$10	sin espinas
		8	\$10	con espinas
	Proveedor 3	7	\$10	sin espinas
Mayoreo	Proveedor 4	100	\$200	sin espinas
		100	\$150	con espinas

Salario mínimo en Toluca 141.7 a \$172.87 diarios

∴Paga por nopal \$0.50 cent

De acuerdo la ley general del trabajo se trabaja

7.5 horas por jornada mixta
1 hora = 3600 segundos

Segundos por jornada 27000

Proceso Tradicional

T. Normal 65.24 segundos
T. Estándar 78.94 segundos

Nopales por hora 45.604 nopales
Nopales por jornada 342.03 nopales
Sueldo por jornada \$171.02

Proceso Semiautomático

T. Normal 17.34 segundos
T. Estándar 21.32 segundos

Nopales por hora 168.86 nopales
Nopales por jornada 1266.4 nopales

El prototipo desespina la misma cantidad de nopales que el operador en
7291.44 segundos 2.0254 horas

El operador desespina la misma cantidad de nopales que el prototipo en
3.70175439 es igual 4 jornadas

Impacto económico

\$684.06 se pagaría al operado por la misma cantidad de nopales
∴ se ahorra con el prototipo **\$513.05**

	5 días			
	Producción por jornada	1 semana Jornada mixta	1 mes	1 año
Proceso tradicional	342	1710	6840	82080
Proceso Semiautomático	1267	6335	25340	304080

4625

Diferencia de producción anual 222000

Salario mínimo semanal	\$855.08
-------------------------------	----------

Días	días	
13.5	14	\$2,394.22

Ahorro semanal	\$1,539.14
Ahorro mensual	\$6,156.57
Ahorro anual	\$73,878.90