

Validación de prueba de diseño de arado customizado de manera sustentable para la cosecha de tubérculos

RESUMEN: La producción de camote en el país se ha ido incrementando, ya que se han estado explorando otras aplicaciones médicas y para alimento animal de este tubérculo, lo que hace que en diferentes estados de la república mexicana se comience con la siembra, para el estado de San Luis Potosí, específicamente en el municipio de Santa María del Río, resulta factible la siembra del mismo.

Por lo que el objetivo de la presente investigación busca validar la prueba de diseño customizado de manera sustentable a través de un dispositivo extractor de tubérculos para eficientar de forma sostenible los procesos recolectivos de los agricultores en el municipio de Santa María del Río del Estado de San Luis Potosí.

La investigación se desarrolló con estudio de tipo descriptivo y una metodología deductiva, con un enfoque mixto en el cual se utiliza la recolección y análisis de datos para construir el prototipo e implementar el sistema aplicando el uso de herramientas estadísticas, para validar la viabilidad del sistema mediante dos etapas (Estudio Preliminar y Diseño Conceptual).

Entre los resultados obtenidos se encuentra en las necesidades del cliente que buscan un dispositivo que no requiera electricidad, que se adapte a cualquier vehículo y que pueda recolectar cualquier tipo de tubérculo. Se presenta la propuesta de las dimensiones de la máquina extractora de tubérculos así como el diseño de la misma.

PALABRAS CLAVE: Prueba de diseño, arado, customización, tubérculos, validación de diseño, Ingeniería en Administración.



Colaboración

Lya Adlih Oros Méndez, Hulda Zulema del Ángel López, Adela Marisol Sierra Guerrero, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí

ABSTRACT: The sweet potato production in this country has been increasing, since other medical applications and for animal feed of this tuber have been explored, which means that in different Mexican states, planting begins, for the state of San Luis Potosí, specifically in the municipality of Santa María del Río, it is feasible to plant those.

Therefore, the objective of this research seeks to validate the custom design test in a sustainable way through a tuber extractor device to sustainably efficient the collection processes of farmers in the municipality of Santa María del Río in the State of San Luis Potosí.

The research was developed with a descriptive study and a deductive methodology, with a mixed approach in which the collection and analysis of data is used to build the prototype and implement the system applying the use of statistical tools, to validate the feasibility of the system. through two stages (Preliminary Study and Conceptual Design).

Among the results obtained are the needs of the customer who are looking for a device that does not require electricity, that adapts to any vehicle and that can collect any type of tuber. The proposal for the dimensions of the tuber extracting machine is presented as well as its design.

KEYWORDS: Design test, plow, customization, tubers, design validation, Administration Engineering.

INTRODUCCIÓN

Partiendo de un enfoque global, hoy en día las empresas transnacionales enfrentan desafíos sustanciales con respecto a conceptos orientados de la Industria 4.0 punta. [1] focalizado a los sistemas cyber físicos o manufactura basada en la optimización de procesos y satisfacción del cliente, lo que propicia la inquietud de anticiparse mediante la gestión integral que abarque capacidades organizativas, productivas, tecnológicas y clientelares [2]. Por lo que la presente investigación se enfocará a la capacidad productiva a

través de la customización; [3] por donde se abarcarán la primera y segunda fase del proceso de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto APQP (Advanced Product Quality Planning, por sus siglas en inglés), generando una propuesta de optimización de recursos a través del diseño y prototipado de una máquina extractora de tubérculos, para contribuir en un impacto social, económico y sustentable del municipio de Santa María en el Estado de San Luis Potosí.

La gestión integral es necesaria para combatir la escasez y la contaminación, para esta finalidad puede utilizarse un conjunto variado de métodos y técnicas, [4]. Además se requiere un marco legal o institucional que favorezca la aplicación de estos principios, acompañados de herramientas de trabajo y de metodologías para su implementación. La gestión integrada persigue que los aspectos económicos, sociales y ecológicos se interrelacionen de manera equilibrada, por tanto, su objetivo es desarrollar esquemas de ordenación y regulación de los recursos naturales que maximicen el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad ambiental. La gestión integral de recursos naturales a través de sus diversas formas de planeación debe permitir el manejo sistémico de los ecosistemas de un territorio, la conservación del ambiente para las generaciones presentes y futuras y por ende, el desarrollo sustentable de una región. Por lo que se busca con la presente investigación identificar materiales idóneos y sustentables para la propuesta de diseño de una máquina recolectora, a través de identificar una proveeduría local de alguno de ellos con la intención de beneficiar a la sociedad local, y al mismo tiempo buscando la optimización de costos.

Podemos entender a un tubérculo como aquellos tallos subterráneos modificados y engrosados, en los que se tienden a acumular los nutrientes, los cuales son utilizados como reserva para la planta. Su recolección se realiza en diferentes momentos del año, y entre los principales tubérculos comestibles que se recolectan cada cierto tiempo y que a día de hoy son sumamente consumidos en todo el mundo, destacan: las papas, los boniatos, el camote, la yuca, o la remolacha, entre otros. [5]

Propiamente para el desarrollo de la presente investigación, nos centramos en la cosecha y recolección de camote, encontrando que en México se siembran en promedio 3,000 hectáreas y se cosechan alrededor de 50,000 toneladas al año. El camote se produce en 26 estados del país y en el 2015 se cosecharon más de 2,560 has, con un rendimiento promedio de 17.72 ton/ha, para una producción cercana a las 46,000 toneladas y un valor total de la producción de 170 millones de pesos.

Debido a lo anterior, en México, específicamente en el municipio de Santa María del Río, S.L.P. se cuenta con agricultores que se dedican a la siembra y cosecha del

camote tanto como para consumo interno, así como para exportación debido a las características que se adecúan a los estándares internacionales para venta; por lo que las familias de ese municipio se dedican a la siembra de camote, que son alrededor de 20 familias y cada una llega a sembrar hasta 1 ha, dadas las condiciones de cuidado del camote que son muy apropiados para el clima en SLP.

La población que integra al municipio de Santa María del Río es de 40,326 personas contando con un total de viviendas de 9,509, con un grado promedio de escolaridad de 7.1 años. de los cuáles el 15.1% cuentan con instrucción media superior, el 66.7% cuenta con escolaridad básica, un 6% con instrucción superior y un 11.7 % sin escolaridad. El total de ingresos por suministros de bienes y servicios es de 617,421 miles de pesos, así como cuenta con un total de gastos por consumo de bienes y servicios de 510,447 miles de pesos. El personal que cuenta con un empleo es de 2,649 personas. [6].

Planteamiento del problema

Debido a las características de este tubérculo, ha resultado sencillo para la población femenina y masculina (en edad de trabajar), el dedicarse a la siembra y cosecha del mismo, y por consecuencia algunos de ellos se han visto en la necesidad de abandonar sus estudios de educación superior, para ayudar al sostenimiento económico de sus familias, ya que son, por lo general, muy numerosas.

El dispositivo (máquina para arado) que se pretende diseñar para el apoyo a estos pequeños agricultores, puede ser utilizado para la cosecha de diferentes tubérculos, como la papa, remolacha, zanahoria, etc. Ya que tienen una forma parecida y se puede remover de la tierra con el mismo método. Para el caso del camote, se debe tener especial cuidado al no dañar la corteza, ya que es un fruto suave y se puede llegar a rasgar, lo cual provocaría que no pudiera cumplir con los estándares de la exportación.

Por lo que la necesidad que se busca atender consiste en eficientar el proceso de recolección de tubérculos, en particular del camote, por medio de una máquina recolectora (dispositivo) partiendo de la validación de su diseño contemplando la customización en su desarrollo de manera sustentable; al utilizar este dispositivo el operador podrá reducir en un 50% el tiempo de recolección, por lo que, si en la actualidad invierte 8 días hábiles para su trabajo podrá hacerlo en 4 días y recibir su remuneración económica en menor tiempo, permitiéndole ser contratado en otra parcela para mejorar sus ingresos.

Pregunta de investigación:

¿Qué relación existe entre la optimización del proceso de recolección de tubérculos de manera sustentable y

la gestión integral del diseño de un dispositivo extractor de tubérculos contemplando la customización sustentable?

Objetivo general:

Validar la prueba de diseño customizado a través de un dispositivo extractor de tubérculos para eficientar de manera sustentable los procesos recolectivos de los agricultores en el municipio de Santa María del Rio del Estado de San Luis Potosí.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con un estudio de tipo descriptivo y una metodología deductiva, mediante una validación de dos etapas de la Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto (APQP).

ETAPA 1: Estudio diagnóstico

En esta etapa, se realizó una visita a los agricultores del Rancho “La Purísima” para conocer sus necesidades principales para la recolección de tubérculos, específicamente camotes, y así determinar las especificaciones que tendrá la máquina para la recolección de tubérculos, considerando los siguientes aspectos:

- Principales modos de operación y accidentales del producto (funcionamiento habitual, transporte, reparación, incidencias y accidentes)
- Entorno donde operará (atmósfera húmeda, seca, corrosiva, lugar de resguardo)
- Servicios de entorno (dónde y cómo va a alimentarse, infraestructuras requerida, mantenimiento y reparación).

Para el diseño mecánico se consideró el proceso de despliegue de la función de calidad QFD (Quality Function Deployment por sus siglas en inglés), dónde se consiguió la información subsecuente, en el que se obtuvo la tabla que muestra las necesidades desde el punto de vista del cliente y las especificaciones que resultan de esas necesidades, entendiendo a I=Ingeniería, C=Cliente, R=Requerido, D=Deseable. Ver tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones para el Diseño

Producto: DISPOSITIVO PARA LA RECOLECCIÓN DE TUBÉRCULOS.			
ESPECIFICACIONES INICIALES			
CONCEPTO	C/I	R/D	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	C/I	R	Realizar la recolección de tubérculos por surco.
	I	R	Realizar la operación en forma segura y ergonómica.
	C	R	Separar los tubérculos entre sí.
OPERACIONES NECESARIAS	I	R	Recolectar todos los frutos que se encuentran en el surco.
	I	D	Eliminar piedras y ramas sueltas.
CALIDAD FINAL	C	R	Verificación de la condición de la piel del tubérculo.

Fuente: Elaboración propia

Se consideró apoyarse del QFD dado que contempla las especificaciones del cliente lo que permite hacer evidenciar una customización con respecto a las especificaciones y requerimientos técnicos por parte del cliente, contemplando 10 necesidades que se convirtieron en 10 parámetros de diseño para realizar las comparaciones y ver cuáles son las que impactan más en el diseño y que se consideren todos los requerimientos del cliente, Ver tabla 2.

Tabla 2. Características para considerarse en el QFD

N°	NECESIDADES DE CLIENTE	PARÁMETROS DE DISEÑO
1	Altura adecuada	Recolector de tubérculo
2	Sencillo de operar	Cortadores/Cuchillas
3	No esfuerzo físico	Contenedor de fruto
4	No electricidad	Contenedor de residuos
5	Cualquier vehículo	Sujetador de fruto
6	Cualquier tamaño de fruto	Mantenimiento
7	Compacto	Seguridad
8	No herramientas adicionales	Desmontable
9	Poco peso	Portátil
10	Económico	Escalable

Fuente: Elaboración propia

Posterior la documentación de necesidades e identificación de parámetros, se realizó una comparativa entre ambos para validar las especificaciones por parte del cliente con respecto al diseño del dispositivo.

ETAPA 2: Diseño conceptual del dispositivo

Para dar paso a esta segunda etapa se revisaron las especificaciones preliminares y así se obtuvieron diversas alternativas de solución, permitiendo elegir la más factible.

Derivado de los resultados planteados en el QFD se puede observar que como entrada se cuenta con el tubérculo y con la energía que será necesaria para que funcione el dispositivo; contemplando que en el proceso se tiene que sujetar la herramienta de recolección para posteriormente recoger el tubérculo y posteriormente colocarlo en el contenedor, y así consecutivamente realizar esta operación para obtener a el tubérculo ya separado de la guía.

RESULTADOS

Partiendo de los resultados más sobresalientes de los métodos y herramientas utilizadas, encontramos los siguientes por etapa.

Etapa 1: Estudio diagnóstico

Partiendo de la interpretación del QFD que se desarrolló podemos visualizar la siguiente gráfica de Pareto que muestra las ponderaciones que tienen mayor valor según las necesidades del cliente. (figura 1). Como re-

sultado podemos observar que los parámetros de “No electricidad” refiriéndose a que el dispositivo no utilice energía eléctrica para su funcionamiento, “cualquier vehículo” contemplando a que el dispositivo tenga versatilidad de poder ser utilizado tanto en un tractor como en cualquier camioneta y “cualquier tamaño de fruto” partiendo de que el dispositivo debe ser útil para cualquier tubérculo. Son los más importantes para que se consideren en el diseño, es decir no pueden faltar en el dispositivo propuesto.

Para el resto de los parámetros, también se deben considerar en el diseño aunque no sean tan relevantes como los mencionados.

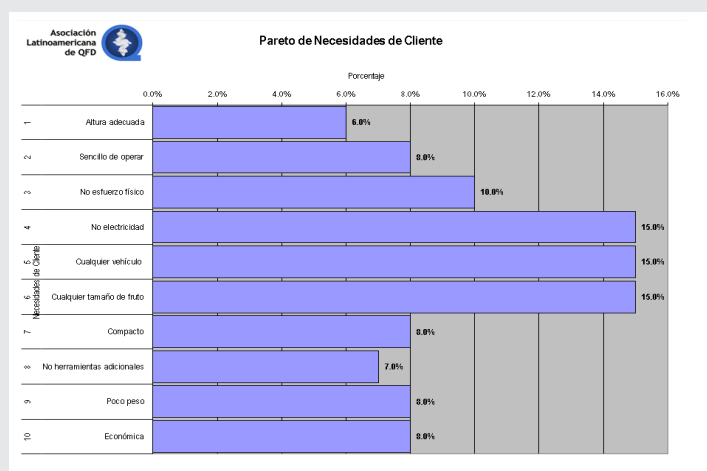


Figura 1. Pareto de necesidades del cliente. Fuente: Elaboración Propia

Etapa 2: Diseño Conceptual. Dibujos y especificaciones del dispositivo, detallados, como resultaron, el software que se utilizó.

El resultado de las funciones que deberán ser realizadas por los componentes del dispositivo, contempla la operación de sujetar herramienta de recolección mediante unos clamps de sujeción y cortadores; por lo que la operación de recoger el tubérculo podrá ser realizada por un mecanismo de recolección, sujetadores manuales o mordazas y para la contención de piedras y raíces sueltas, permitiendo así llevar a cabo la recolección en una canastilla de metal.

Revisando estos diagramas, se comenzaron a generar las propuestas para los elementos que conformarían la máquina/dispositivo, por lo que para tener un diseño más asertivo se realizó una evaluación cualitativa para cada elemento, las cuáles se pueden verificar en la tabla 2.

Una vez revisado el diagrama de funciones del dispositivo, se buscaron las opciones de los elementos para llevar a cabo las operaciones dentro de todo el dispositivo recolector, proponiendo los siguiente pasos que llevará a cabo el dispositivo contemplando la cus-

tomización sustentable: Para la función de sujeción se propuso utilizar sujetadores o clamps para la función de recolección, así como cortadores manuales para hacerlo de manera manual, y para los dispositivos recolectores también cuentan con la opción de dos tipos de recolectores para elegir uno de ellos.

Se puede visualizar el Pareto de los requerimientos de diseño que se deben enfocar para realizar la customización del dispositivo (figura 2). Al evaluar los parámetros de diseño, se puede observar que los puntos más importantes a considerar son los de “recolector de tubérculo”, “cortadores” y “contenedor de fruto”, lo que significa que estos componentes no pueden faltar al diseñar un dispositivo recolector de tubérculos.

Estos 3 componentes o mecanismos son indispensables para la fabricación del dispositivo recolector de tubérculos, para el resto de los componentes que cuentan con ponderación más bajas, serán incluidos de igual manera en el dispositivo aunque cabe resaltar que no son tan relevantes. [7]

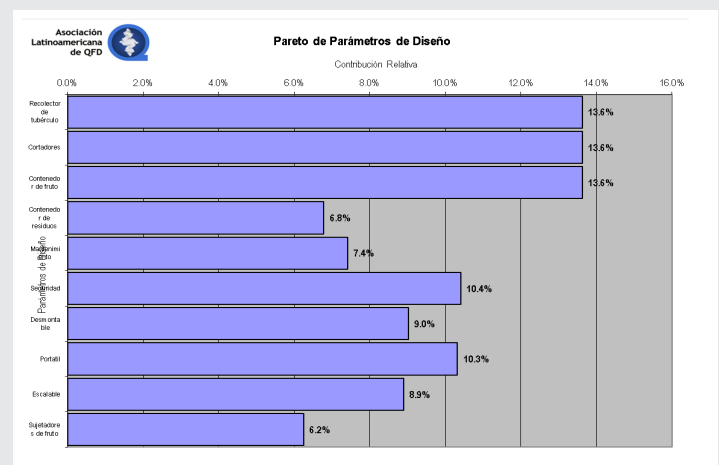


Figura 2. Pareto de diseño de la máquina recolectora de tubérculos. Fuente: Elaboración Propia

Una vez seleccionados los materiales para el diseño del dispositivo recolector, se buscó el dimensionamiento general del dispositivo, por lo que se utilizó el software de diseño Solid Works, como se puede ver en figura 3.

En la figura 4, se muestra el dimensionamiento general de la máquina propuesta, lo que indica que puede ser jalada por cualquier vehículo de trabajo, ya sea una camioneta o un tractor de trabajo.

Una de las ventajas competitivas del presente dispositivo es que el agricultor ya no tiene que estar en el campo realizando la operación de corte y tener que inclinarse para recolectar el fruto, solo tendrá que recoger de la canasta los frutos y separarlos de acuerdo a los requerimientos de su cliente.

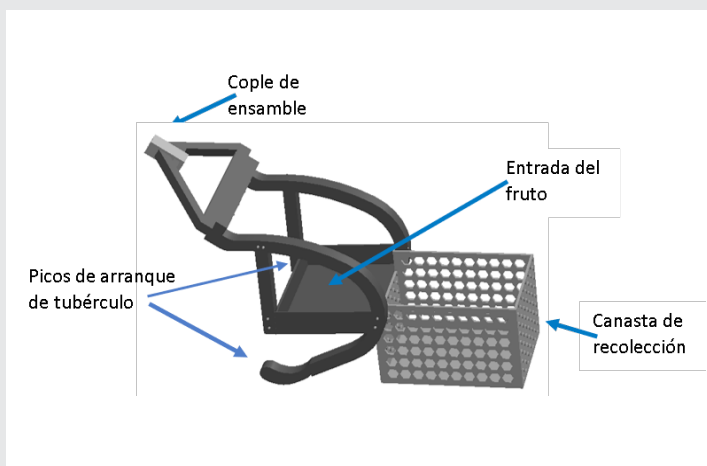


Figura 3. Propuesta de máquina extractora de tubérculos.
Fuente: Elaboración Propia

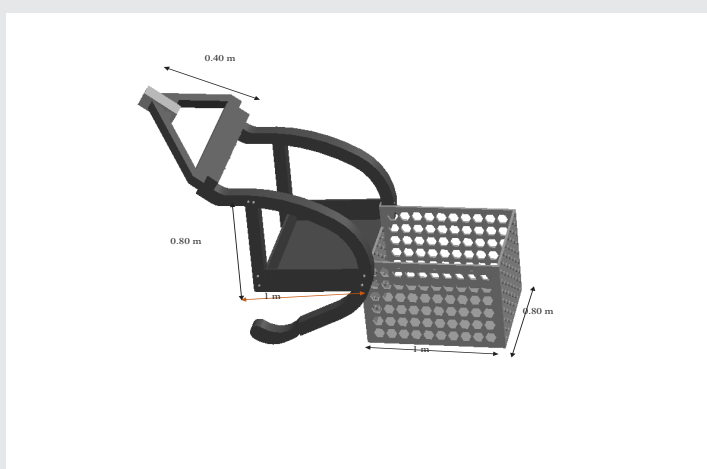


Figura 4. Dimensiones de la máquina extractora de tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

- Se obtuvieron alrededor de 100Kg de camote recolectado por surco.
- La profundidad a la que se encontró el fruto, fue aproximadamente de 10 cma ras del suelo.
- Todo lo anterior se cubrió en un tiempo de 8 hrs, lo que anteriormente tomaba casi dos días de trabajo de 8hrs.

El agricultor pudo reducir el tiempo de recolección de fruto y por lo tanto, cumplió con sus entregas a tiempo y sobre todo, con el menor esfuerzo del operador.

BIBLIOGRAFÍA

[1] C.-M. V. Alcácer V, «Scanning de Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems,» vol. 22, nº 3, pp. 899-919, June 2019.

[2] R. K. a. J. P. J. Becker, «Developing Maturity Models for IT Management: A Procedure Model and its Application.,» Business & Information Systems Engineering, vol. 1, nº 3, pp. 213-222, June 2009.

[3] W. y. McDonald, «"la supremacía de la marca, la ubicuidad de las comunicaciones y el entretenimiento,» vol. 12, nº 185, 2008.

[4] K. Chang, «E-Design,» pp. 743-786, 2015.

[5] C. Pérez, «Naturesan,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.naturesan.net/tuberculos-beneficios-y-propiedades/>.

[6] INEGI, «Instituto Nacional de Estadística y Geografía,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx>.

[7] E. M. L. A.-E. F.-È. Bordeleau, «Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities.,» de Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, 2018.

CONCLUSIONES

Deben basarse solamente en los datos presentados en el trabajo de investigación. En este apartado se debe incluir las recomendaciones o hacer alusión a trabajos futuros.

Podemos concluir con la investigación realizada, que el dispositivo primeramente cubre las expectativas del cliente, (Figura 1) ya que se ha realizado el diseño en base a sus necesidades, como segundo lugar, se considera un modelo sustentable, que no requiera de gasto de energía extra para ser utilizado, sino solo la del vehículo que moverá el dispositivo a través de los surcos para ir recolectando el fruto, y como tercer punto, se puede validar el diseño a través de software que pueda realizar pruebas mecánicas mucho antes de ser probado en campo, para garantizar sus resultados.

Al momento de ser utilizado el dispositivo, se obtuvo lo siguiente:

- Se cubrió un área de 1600 m2, ya que se pasó a través de 40 surcos de 40 m c/u.