



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Elaboración de un prototipo de maquina expeller para la
extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso
comestible**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial**

AUTOR:

Siancas Velez, Jhon Randy (ORCID: 0000-0002-3075-7528)

ASESOR:

Mg. Zevallos Vilchez Maximo Javier (ORCID: 0000-0003-0345-9901)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres y por su amor incondicional, apoyo constante y por ser ejemplo de perseverancia, por enseñarme que todas las metas que me proponga en la vida las puedo lograr con honestidad, esfuerzo, trabajo duro, por su motivación constante para alcanzar tan anhelado sueño.

A mi esposa por su apoyo y comprensión, por estar a mi lado hombro a hombro en los momentos de adversidad y prosperidad, por su amor incondicional y confianza brindada en todos nuestros años de casados.

A mis hermanos por estar siempre unidos en los momentos difíciles y por su apoyo desinteresado a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por alentarme en situaciones difíciles a lo largo de esta investigación, fue todo un reto llevar a cabo con éxito mi tesis, sin embargo, fueron ustedes y su ejemplo de perseverancia que me motivaron para salir adelante y son ustedes los protagonistas de mis logros obtenidos.

A mi esposa por su apoyo y comprensión, por estar a mi lado hombro a hombro en los momentos de adversidad y prosperidad, por su amor incondicional y confianza brindada en todos nuestros años de casados.

Mi sincero agradecimiento al ingeniero MSc. Fernando Madrid Guevara quien con su experiencia y conocimientos dedico un espacio de su tiempo, paciencia y apoyo constante en el desarrollo de esta Investigación.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido	iv
Índice de Tablas	v
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Tipo y diseño de investigación	8
3.2. Variables y operacionalización.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	24
VII. RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS.....	27
ANEXOS.....	30

Índice de tablas

Tabla 1:Población, muestra y muestreo.....	11
Tabla 2:Técnicas e instrumentos de los indicadores	12
Tabla 3:Técnica e instrumentos de los indicadores	14
Tabla 4:Lista de exigencias	15
Tabla 5:Matriz Morfológica	16
Tabla 6:Matriz de evaluación técnica	17
Tabla 7:Ficha de registro	18
Tabla 8:Ficha de costos.....	20
Tabla 9:Características organolépticas y fisicoquímicos	21

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general la elaboración de un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite de la pepa de mango para uso comestible.

Esta investigación se realiza de manera aplicada debido a que se va a elaborar la máquina extractora de aceite de mango, teniendo en cuenta el método de ingeniería para la recolección e interpretación de los datos. El diseño se inicia con la evaluación de los requerimientos de operación esenciales por medio de las cuales se elaboran combinaciones obteniendo distintas alternativas de diseño para la fabricación del prototipo empleando la matriz morfológica de Zwicky y su matriz de evaluación técnica para determinar la alternativa óptima de diseño obteniendo como resultado la alternativa 2 con una puntuación total de 29 y un nivel de aceptación de requerimiento del 91%, dando lugar a un prototipo de máquina de presión continua con eje sin fin, camisa de prensado, motor eléctrico, transmisión de engranajes donde se tuvo en cuenta el procesamiento de grandes cantidades de materia prima, así mismo para el caculo y dimensionamiento de los componentes esenciales de la maquina en la que se consideró los parámetros geométricos del sin fin , camisa de prensado y el cálculo de la velocidad de giro del sin fin. Para determinar el costo de fabricación se ha tenido en cuenta los requerimientos de diseño de la maquina establecidos por la lista de exigencias, también se utilizó la ingeniería de detalle para dar viabilidad a la ejecución de la máquina y finalmente se realizó un examen fisicoquímico al aceite extraído demostrando en la comparación con la norma codex stan19-1981 que el aceite se encuentra dentro de los parámetros de la norma garantizando de esta manera su consumo humano.

Palabras clave: prototipo, diseño de máquina, requerimientos de operación, parámetros geométricos, caja morfológica de Zwicky, sin fin, camisa de prensado.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation is the development of a prototype expeller machine for the extraction of oil from the mango peel for edible use.

This investigation is carried out in an applicative manner due to the fact that the mango oil extractor machine will be developed, taking into account the engineering method for the collection and interpretation of the data. The design begins with the evaluation of the essential operation requirements by means of which combinations are elaborated obtaining different alternatives of design for the manufacture of the prototype using the morphological matrix of Zwicky and its matrix of technical evaluation to determine the optimal alternative of design obtaining as result the alternative 2 with a total score of 29 and a level of acceptance of requirement of 91%, giving rise to a prototype of continuous pressure machine with endless shaft, pressing sleeve, electric motor, transmission of gears where took into account the processing of large quantities of raw material, also for the calculation and sizing of the essential components of the machine in which the geometrical parameters of the endless, press shirt and the calculation of the rotation speed of the endless. To determine the manufacturing cost, the design requirements of the machine established by the list of requirements have been taken into account, the detailed engineering was also used to make the execution of the machine viable and finally a physico-chemical oil test was carried out. extracted showing in the comparison with the standard codex stan19-1981 that the oil is within the parameters of the standard thus guaranteeing its human consumption.

Keywords: prototype, machine design, operation requirements, geometrical parameters, Zwicky morphological box, endless, press shirt.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú actualmente ocupa el segundo puesto como exportador a nivel mundial, con 372,900 toneladas de mango anuales, teniendo un incremento de un 7.8% a comparación del año 2016, siendo México el país que se consolida en el primer puesto como exportador mundial. Los principales destinos a los que se exporta el mango peruano son: Europa, Estados Unidos y los Países Bajos, debido a la alta demanda del mango y como destinos secundarios se exporta a: China, Japón, Corea del Sur, Nueva Zelanda, Canadá y Chile. (ComexPerú, 2017).

Siendo el departamento de Piura a nivel nacional el mayor productor de mango en la cual se encuentran sembrados alrededor de 18 mil hectáreas teniendo un rendimiento de cosecha aproximado de 15 toneladas por hectárea, teniendo en cuenta que la variedad de mango más sobresaliente es el mango Kent, teniendo un incremento sostenible en su exportación en los últimos años. (Dirección Regional Agraria. CENAGRO).

Destacando la ubicación estratégica de las importantes empresas exportadoras de mango situadas en los diferentes distritos y provincias del departamento de Piura, las cuales exportan diferentes presentaciones empleando solo la pulpa como: IQF en mitades de mango, IQF en cubos de mango, pulpa de mango concentrada y congelada, teniendo como descarte restos de pulpa adherida a la pepa de mango que representa aproximadamente el 20 – 60% del peso del mango entero, desperdiciando las propiedades que contiene la pepa como: aminoácidos esenciales, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, que podrían ser beneficiosas para la salud.(Agrojugos S.A.C).

Teniendo en cuenta el inminente aumento de la demanda del mango en sus diferentes presentaciones como: IQF en mitades, IQF en cubos, pulpa concentrada y congelada, se generará también el incremento del descarte de la pepa del mango, la cual de seguir siendo arrojadas y acumuladas en alguna área al interior de las empresas o de forma directa en botaderos improvisados sin ningún tipo de tratamiento se seguirán generando peligrosas fuentes de contaminación en los

distintos puntos de la ciudad o áreas en los alrededores de las fabricas agroexportadoras por las concentraciones elevadas de compuestos fenólicos, que de no ser tratados adecuadamente pueden conllevar a desencadenar efectos ambientales que perjudiquen la salud de la población. (Municipalidad de Tambogrande, 2018).

Por lo tanto, lo que se busca con la elaboración del prototipo de maquina expeller, es el manejo , control y reducción de estos compuestos orgánicos, brindando una solución a un problema de contaminación y brindando como resultado un subproducto de valor agregado a partir de residuos, el cual por sus características y propiedades se puede incorporar a diferentes productos como a los jabone corporales, cosméticos o como ingrediente en postres dándole valor agregado que pueden ser comercializados por los pobladores generando nuevas fuentes de ingresos económicos.

De este modo se presenta el objetivo general: Elaboración un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite de la pepa de mango para uso comestible, como primer objetivo específico: evaluar los requerimientos de operación del diseño para el prototipo de maquina expeller, como segundo objetivo específico: elaborar alternativas de diseño para la fabricación del prototipo de maquina expeller mediante la caja morfológica de Zwicky, como tercer objetivo específico: realizar la selección de la alternativa optima de diseño mediante la matriz de avaluación técnica, como cuarto objetivo específico tenemos: establecer características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo de máquina, como Quinto objetivo específico tenemos: determinar el costo de elaboración mediante los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller y finalmente como Sexto objetivo específico tenemos: contrastar los parámetros de calidad de la norma CODEX STAN 19-1981 y los resultados del análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango, determinando si es aceptable para uso comestible.

El presente estudio a realizar tiene como justificación teórica debido a que se utilizará técnicas para evaluar de forma eficiente los componentes principales para

la elaboración prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso comestible, como justificación metodológica se recopilará información y se analizarán los datos obtenidos de la investigación científica con el propósito de comprender el problema y poder brindar una solución adecuada, como justificación práctica al considerar la mitigación y haciendo un tratamiento diferenciado de los residuos orgánicos de las empresas agroindustriales, tomando en cuenta la presente investigación donde se tiene como elemento de estudio la elaboración de aceite de la pepa de mango a partir de un prototipo de maquina expeller, finalmente como justificación social porque permitirá dar un tratamiento adecuado a los residuos orgánicos mejorando la calidad de vida y la salud de la población y de manera directa generar subproductos que pueden ser comercializados por los pobladores generando nuevas fuentes de ingresos.

Se tuvo como hipótesis general: Con la elaboración del prototipo de maquina expeller se podrá extraer aceite de la pepa de mango para uso comestible, como primera hipótesis específica: con los requerimientos de operación se podrá evaluar el diseño del prototipo de maquina expeller, como segunda hipótesis específica: con la caja morfológica de Zwicky se podrá elaborar alternativas de diseño para el prototipo de máquina expeller, como tercera hipótesis específica: con la matriz de evaluación técnica se podrá seleccionar la alternativa optima de diseño, como cuarta hipótesis específica: estableciendo las características de diseño se podrá calcular y dimensionar los componentes esenciales para el prototipo de maquina expeller, como quinta hipótesis específica: con los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller se podrá determinar los costos de elaboración, finalmente como sexta hipótesis específica: con un análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango y la norma CODEX STAN 19-1981 se podrá contrastar y determinar si el aceite es aceptable para uso comestible.

II. MARCO TEÓRICO

Las siguientes investigaciones fueron escogidas para considerar los diferentes modelos para la extracción de aceite, por lo cual se eligieron los antecedentes previos:

(GALARRAGA, 2015), en su investigación *“DISEÑO DE UNA PRENSA DE TORNILLO TIPO EXPPELLER PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE VEGETAL VIRGEN DE LA SEMILLA DE MAÍZ, PARA USO COMESTIBLE”* desarrollado, como trabajo de investigación en la Universidad Tecnológica de Pereira-Colombia para obtener el título Ingeniero Mecánico, teniendo como objetivo el diseño para la elaboración de estas prensas y generar un procedimiento de selección. Llegando a la conclusión que si bien no es frecuente hallar una prensa expeller en la industria nacional para la extracción de aceite virgen de diferentes semillas oleaginosas; el uso de esta máquina sería una elección positiva para su implementación en las empresas agroindustriales, por su producción elevada de aceite y la facilidad de extraer en frío, tiene un bajo costo de implementación, es de dimensión compacta; se recomienda disminuir la humedad entre un 10 % y 12% del total de su peso de las semillas a procesar en la prensa, garantizando la conservación de la textura, color y olor del aceite.

Esta investigación fue elegida por estar relacionada en el cálculo de potencia, dimensionamientos de las piezas para una extracción óptima de aceite teniendo en cuenta las características iniciales que tienen que tener las semillas oleaginosas para ser procesadas en la máquina sin perder sus propiedades organolépticas, como se encuentra especificado en un objetivo específico de la investigación realizada.

(ARCE, 2015), realizó la investigación *“DISEÑO DE UNA PRENSA TIPO EXPPELLER PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE SEMILLAS OLEAGINOSAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE INGENIERÍA INVERSA”* desarrollado como trabajo de investigación en la Universidad EAFIT de Medellín-Colombia”, para obtener el título Ingeniero Mecánico teniendo como objetivo elaborar partiendo de un modelo físico de una Expeller y empleando la

metodología de ingeniería inversa, el diseño 3D adicionando mejoras y el costo de una expeller del igual modelo elaborada en Antioquia, llegando a la conclusión que los costos de materia prima varían de proveedor a proveedor, por lo que para realizar un proyecto y buscar el menor costo posible lo mejor es que se cotice con varios proveedores y elegir el menor costo que tengan cada uno de ellos y recomendando que se debe desarrollar o fabricar el sistema de calentamiento que se diseñó en este proyecto y por medio de experimentos obtener los datos de cuanto mejora el porcentaje de aceite extraído de las semillas usando este sistema, posteriormente evaluar la factibilidad de esta solución teniendo en cuenta los costos que esta modificación genera para luego comparar con el porcentaje de extracción de aceite que se aumenta y plantear en cuanto tiempo se libra la inversión al incluir este nuevo sistema.

Esta investigación fue seleccionada dado que se relaciona a la elaboración de un sistema de calentamiento acoplado a la máquina para mejorar el proceso de extracción de aceite, como se menciona en un objetivo específico de la investigación realizada, indicando también que se adquiriera los materiales eligiendo de cada proveedor el menor costo.

(CASTRO, 2008), realizó la investigación *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA DE ACEITE DE SEMILLAS PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL”* desarrollado como trabajo de investigación en la Escuela Politécnica Nacional de Quito-Ecuador, teniendo como objetivo el diseño y la construcción de una máquina para extraer aceite de las semillas oleaginosas, siendo empleada como materia prima para la obtención de biodiesel, llegando a la conclusión que el reductor varíe la velocidad hasta 120 rpm, utilizando un motor para el expeller de 7,5 Hp empleando una velocidad nominal de 1700 rpm. Al igual que el huso de un variador de frecuencia para la realización de cambios en la velocidad de hasta 180 rpm para determinar la condición de operación óptima, también se recomienda utilizar resistencias eléctricas alcanzando una temperatura de 80°C para que se facilite el proceso de extracción de aceite.

Esta investigación fue seleccionada dado que tiene relación con la velocidad y potencia del motor, teniendo en cuenta que el reductor no es uno de los objetivos específicos de esta investigación realizada, teniendo en cuenta la implementación

de un variador de frecuencia para alcanzar a la extracción óptima de operación mediante un ajuste en la velocidad.

(CULEBRO, 2017), realizó la investigación *“EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DEL MANGO TOMMY ATKINS”* desarrollado como trabajo de investigación en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas-México, teniendo como objetivo optimizar las condiciones de extracción de aceite presente en la semilla del mango Tommy Atkins utilizando diferentes solventes llegando a la conclusión que los parámetros fisicoquímicos evaluados están dentro de los rangos establecidos por la legislación alimentaria excepto por la densidad que fue un poco superior que las citas consultadas, los resultados variaron un poco con el Hexano siendo los valores menores excepto por el índice de acidez y recomendando realizar la purificación del aceite obtenido para evaluar la estabilidad oxidativa a través del método de Rancimat pudiéndose con esto determinar el tiempo de vida de anaquel y los usos que podría tener el producto obtenido.

Esta investigación fue seleccionada dado que se relaciona en los parámetros fisicoquímicos a evaluar para verificar que el aceite a extraer se encuentre entre los parámetros permisibles para su uso, como se menciona en un objetivo específico de la investigación realizada, indicando también una filtración del aceite para la eliminación de impurezas.

(ROJA, MARIN y OROPEZA, 2010), realizaron la investigación *“EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE MANGO UTILIZANDO SOLVENTES ORGÁNICOS”*, desarrollado como trabajo de investigación en el Ministerio del Poder Popular para la Educación U.E.P. "Dr. Rafael Andreani Pieretti" El Tigre-Venezuela, teniendo como objetivo el diseño de un proceso para extraer el aceite de la semilla del mango (*mangifera Indica*), utilizando solventes orgánicos (acetona - etanol), llegando a la conclusión que el aceite obtenido de la semilla de mango puede ser utilizada en la industria sin ningún problema debido a que se asemeja al aceite de cacao.

Esta investigación fue elegida por estar relacionada con la utilización del aceite de la pepa de mango en procesos industriales para la elaboración de subproductos,

como se encuentra especificado en uno de los objetivos específicos de esta investigación.

(GUILLÉN, 2016), realizó la investigación “*OBTENCION Y CARACTERIZACION FISICOQUÍMICA DEL ACEITE DE PALTA HASS (Persea Americana) EXTRAÍDO POR MÉTODO EN FRIO (Prensado) y CALIENTE (Soxhlet)*” como trabajo de investigación en la Universidad Nacional del Santa Nuevo Chimbote-Perú, teniendo como objetivo establecer las características de calidad y el rendimiento del aceite utilizando dos métodos de extracción, con la finalidad de obtener un producto de calidad en condiciones óptimas, determinando las características fisicoquímicas del producto final, llegando a la conclusión que las muestras recogidas de aceite prensado en frio; como el punto de fusión, acidez y índice de refracción, según sus características fisicoquímicas indican que están dentro del rango de aceptación según el Codex Alimentarius y la Norma técnica Mexicana para aceite de palta, también recomienda el uso de la prensa expeller para la extracción de aceite de palta, evitando el uso de solventes para disminuir la contaminación y el costo de producción.

Esta investigación fue elegida por estar relacionada con el análisis fisicoquímico y la comparación que se realiza a los resultados con la Codex Alimentarius garantizando la calidad del aceite extraído por el prensado en frio como se encuentra especificado en uno de los objetivos específicos de esta investigación.

(MOYA, 2017), realizó la investigación “*EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE VEGETAL DE LAS SEMILLAS DE UVA BORGONA (Vitis vinífera) UTILIZANDO ENZIMAS*” desarrollado como trabajo de investigación en la Universidad Nacional Agraria La Molina Lima-Perú, teniendo como objetivo extraer y caracterizar el aceite vegetal de la semilla de uva Borgoña empleando enzimas, al cual se le realizó un análisis fisicoquímico, determinando diferencia significativa en el índice de peróxido, índice de acidez, índice de saponificación y densidad al contrastar el aceite de uva extraído sin emplear enzimas y el aceite de uva extraído en óptima condiciones empleando enzimas, teniendo como recomendación la realización de un estudio del efecto que puede tener las enzimas sobre las semillas de uva con respecto a la vida en anaquel del aceite.

Esta investigación fue seleccionada dado que se relaciona con el control del proceso de extracción para que se pueda determinar la vida del aceite extraído tal como está especificado en uno de los objetivos específicos de esta investigación.

(QUISPE, 2012), realizó la investigación “*EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE TARWI (Lupinus mutabilis Sweet)*” desarrollado como trabajo de investigación en la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú, teniendo como objetivo determinar los parámetros de extracción y las características fisicoquímicas para la obtención de aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), llegando a la conclusión que las características fisicoquímicas del aceite de tarwi tales como: El índice de acidez expresado en ácido oleico fue de 0.18%, índice de Yodo 78g de I₂/100 Wijs, índice de peróxido 5.12 meq de O₂/kg, índice de saponificación 184mgKOH/g, índice de insaponificación 0.18% de I. Ins., densidad 0.919 g/ml., todo estos parámetros mencionados está dentro de las normas de los aceites más comerciales; El color del aceite se determinó por espectrofotómetro fue Rojo: 74.1 y Amarillo: 77; es evidente que estos colores son debido a algunas vitaminas como A y B y recomendando realizar los análisis faltantes como Ácidos grasos, índice de refracción, punto de fusión y cantidad de carotenoides presentes en el aceite y la Absorbancia Ultravioleta (K270).

Esta investigación fue elegida por estar relacionada el análisis fisicoquímico y la comparación con los indicadores de las normas para la elaboración de los aceites comercializados, tal cual se aprecia en uno de los objetivos específicos de la investigación en curso.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Por su finalidad, la investigación fue aplicada; según (Murillo, 2008), busca el uso del intelecto alcanzado en el transcurso del tiempo, al mismo tiempo que se adquieren otros. El uso de estos conocimientos da como resultado una formato organizado, riguroso y sistemático de conocer la realidad según:

Por su nivel la investigación fue explicativa, porque tiene como objetivo argumentar que la variación en la variable dependiente son ocasionados por la variable independiente. Dicho de otra manera, que se establece una relación causa efecto Según, (Fidias G. Arias, 2012).

El diseño en la investigación fue experimental, para (Fleiss, 2013), debido a que se manipulara a propósito una a más variables independientes, para examinar los efectos que se verán reflejadas en una o más variables dependientes, según:

El diseño se interpreta de la siguiente manera:

G: O1 X O2

G: Elaboración del aceite de la pepa de mango.

O1: desechos de la pepa de mango sin la máquina.

X: Elaboración del prototipo de máquina expeller.

O2: obtención de aceite de la pepa de mango con la máquina.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Prototipo de Maquina Expeller.

Definición conceptual: Pueden cambiar desde su movimiento simple y el estudio de su operación, hasta enlazar un numero de instrumentos para medir con precisión los desplazamientos, las velocidades, aceleraciones, fuerzas, temperaturas y otros parámetros (...) (Norton 2009) siendo de tipo expeller por la aplicación de presión a las semillas empleando un tornillo sin fin que al girar en el interior de un cilindro hueco de drenaje, por el cual el aceite chorrea al tiempo que conserva el material residual dentro del cilindro. (HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 71-72).

Definición operacional: Presenta 5 dimensiones.

- Se elabora una lista de exigencias en la cual se determinan las exigencias o deseos a considerar en el diseño.
- Se elabora las alternativas de diseño utilizando la caja morfológica de Zwicky
- Se selecciona los elementos de extracción teniendo en cuenta los requerimientos necesarios de diseño utilizando la caja morfológica de Zwicky, el cual mide el nivel de aceptación de requerimientos por medio de puntuaciones de 0 al 4.
- Se establecen las características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo.
- Se determina el costo de elaboración mediante los requerimientos del diseño con la fórmula: $\text{Costo Total} = \text{Costo M.P} + \text{Costo M.O}$

Variable Dependiente: Aceite a partir de la Pepa de Mango.

Definición conceptual: Es una mezcla orgánica graso adquirido por medio de semillas u otras partes de la planta, algunos aceites no son apropiados para el consumo humano, depende del tipo de semilla que se emplee en el proceso de obtención del aceite, lo cual determina si es comestible o no. (ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011).

Definición operacional: Presenta 2 dimensión.

- Se realizará un examen organoléptico siguiendo la norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales según: CODEX STAN 19-1981.
- Se realizará un examen físico químico siguiendo la Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales según: CODEX STAN 19-1981.

la operacionalización de las variables de estudio se puede ver en el ANEXO N°01.

3.3 Población, muestra y muestreo

Según Hernández (2018), la población es un grupo de personas que comparten características comunes y que sirven como referencia de información en la investigación. La presente investigación posee una población de 1 maquina la cual extraerá el aceite de la pepa de mango que se tomará como muestra el total. En la

tabla 2 se presenta cada uno de los indicadores con su pertinente Unidad de análisis, población, muestra y muestreo a utilizar en el estudio.

Tabla 1: Población, muestra y muestreo

Indicador	Unidad de análisis	Población	Muestra	Muestreo
Cumplimiento de la lista de exigencias	Máquina	1	-	-
Número de alternativas de diseño				
% de nivel de aceptación de requerimientos				
Volumen de la pepa de mango Presión de extrusor Tiempo de extracción				
Costo de prototipo				
Color	Aceite extraído de la pepa de mango	1	-	-
Olor				
Sabor				
Materia volátil a 105°C	Aceite extraído de la pepa de mango	1	-	-
Impurezas insolubles				
Contenido de jabón				
Hierro (Fe)				
Cobre (Cu)				
Índice de ácido				
Índice de peróxido				

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.4 Técnicas de recolección de instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

según (CASTRO, 2016, “señala que las técnicas se relacionan directamente con el método de recopilación de datos”. En la tabla 3 se presenta cada uno de los indicadores con su pertinente técnica e instrumento a aplicar para la recolección de datos.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de los indicadores

Indicador	Técnica	Instrumento
Cumplimiento de la lista de exigencias	Observación	Lista de exigencias (Anexo 05 tabla 05)
Número de alternativas de diseño	Observación	Matriz morfológica (Anexo 05 tabla 06)
% de nivel de aceptación de requerimientos	Observación	% de nivel de aceptación de requerimientos (Anexo 05 tabla 07)
Volumen de la pepa de mango Presión de extrusor Tiempo de extracción	Observación	Ficha de registro (Anexo 05 tabla 08)
Costo de prototipo	Análisis cuantitativo de contenido	Ficha de costo (Anexo 05 tabla 09)
Color	Análisis de laboratorio organoléptico del aceite extraído de la pepa de mango	Ficha de observación del análisis organoléptico (Anexo 05 tabla 10)
Olor		
Sabor		
Materia volátil a 105°C	Análisis de laboratorio fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango	Ficha de observación del análisis fisicoquímico (Anexo 05 tabla 10)
Impurezas insolubles		
Contenido de jabón		
Hierro (Fe)		
Cobre (Cu)		
Índice de ácido		
Índice de peróxido		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Validación y Confiabilidad del Instrumento

Según (Hernández Sampieri et al., 2013), los instrumentos de recogimiento de datos utilizados en el transcurso de la investigación han sido validados mediante el juicio crítico de expertos en el tema, ver anexo 08 y 09.

3.5 Procedimientos

Para realizar esta investigación se requirió el uso de la caja morfológica de Zwicky siendo el objetivo de este método la resolución de problemas por medio del análisis de las partes que lo componen, explorando nuevos campos de posibles soluciones que de alguno u otra manera existen o se encuentran cercanos al problema en cuestión. La caja morfológica de Zwicky nos da posibilidades reales de aplicación inmediata. (Reyes, 2010).

Para el caso específico de diseño, esta técnica nos brinda la posibilidad de generar rápidamente, distintas opciones funcionales basándose en tres etapas fundamentales:

- 1) **Análisis:** consiste en encontrar el problema y darle solución analizando todos los elementos que lo conformen.
- 2) **Combinación:** consiste en la realización de todas posibles combinaciones que se puedan realizar, teniendo en cuenta los atributos de cada variante, teniendo como un número de combinaciones al cual se le denomina producto morfológico.
- 3) **Búsqueda morfológica:** consiste en el análisis y la observación de las combinaciones realizadas, teniendo en cuenta la probabilidad de ser seleccionada.

El desarrollo de la caja morfológica se realiza mediante los pasos siguientes:

- 1) Selección del problema a solucionar u objeto a mejorar.
- 2) Examinar los elementos que lo componen teniendo en cuenta sus partes físicas, procesos, funciones.
- 3) Analizar los cambios que se puede realizar a cada atributo.
- 4) Realizar todas las combinaciones posibles, seleccionando una característica por cada atributo.
- 5) Analizar combinaciones y determinar la posibilidad creativa.

3.6 Método de análisis de datos

En este procedimiento los datos se recopiló en el formato de la tabla 4 la cual nos indica los indicadores a seguir y el análisis de datos para cada indicador, para ello se ayudó del programas como Microsoft Excel y análisis de laboratorio.

Tabla 3: Técnica e instrumentos de los indicadores

N°	Indicador	Análisis de datos
1	Cumplimiento de la lista de exigencias	Análisis descriptivos (Cuadro comparativo, utilizando Software Excel)
2	Número de alternativas de diseño	
3	% de nivel de aceptación de requerimientos	
4	Volumen de la pepa de mango Presión de extrusor Tiempo de extracción	
5	Costo de prototipo	
6		
7	Color	
8	Olor	
9	Sabor	
10	Materia volátil a 105°C	
11	Impurezas insolubles	
12	Contenido de jabón	
13	Hierro (Fe)	
14	Cobre (Cu)	
15	Índice de ácido	
16	Índice de peróxido	

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.7 Aspectos éticos

La existente investigación no ocasionará ningún tipo de daños a la moral, personales, ni psicológico a las personas, debido a que la información son adquiridos mediante el uso de formular científicas. Asimismo, no causara perjuicios al medio ambiente ni la zona donde se realizaran las actividades, antes lo que se quiere lograr es ayudar a mejorar las condiciones ambientales.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluar los requerimientos de operación del diseño para el prototipo de maquina expeller.

Se elaboró una lista de exigencias donde se determinaron las exigencias o requerimientos los cuales se tenían que cumplir en el diseño del prototipo de máquina.

Este análisis y evaluación se presenta en la tabla N° 4.

Tabla 4: Lista de exigencias

	LISTA DE EXIGENCIAS	
	Escuela: Ingeniería Industrial	
	Fecha:	
		Autor: Randy Siancas Velez
Características	Deseo o Exigencia	Condiciones
Función	E	Elaborar una máquina que pueda extraer 250 lb/h de aceite de la pepa de mango de manera continua, buscando que el sistema sea lo más funcional, simple y económico posible.
Geometría	E	Las dimensiones del prototipo no debe de superar los 50cm de largo, 30cm de alto y 20cm de ancho, siendo lo más compactas posibles para su fácil transporte.
Fuerza	E	El prototipo debe mostrar una estructura con un espesor no mayor a los 3 mm, para que tenga rigidez y estabilidad.
Energía	E	La máquina deberá ser accionada por energía eléctrica de 220 v, con una frecuencia de 60 Hz, siendo el tipo de energía más utilizada en el medio.
Materia	E	El prototipo deberá poseer piezas de acero inoxidable en los componentes que tengan contacto con la materia, evitando afectar las propiedades de la materia entre la entrada y salida de la máquina.
Cinemática	E	La velocidad de trabajo de la máquina se determinará en rpm generando la potencia necesaria para permitir una extracción óptima en el menor tiempo posible.
Fabricación	E	El prototipo de maquina debe poder ser fabricada en talleres de Sullana que cuenten con los servicios de torno, fresadora, soldadura por arco eléctrico, tig, al igual que el material a utilizar debe poder encontrarse en el mercado local.
Señales	E	Los dispositivos del prototipo de máquina extractora debe contar con señales visibles o sonoras indicando que la maquina se encuentra en funcionamiento o en parada siendo fáciles de entender por el operador.
Seguridad	E	El prototipo debe contar con guardas de seguridad, puesta a tierra, disminuyendo el riesgo a que el operario sufra alguna lesión.
Montaje	E	El tiempo de montaje y desmontaje del prototipo no debe de ser mayor a 5 minutos, permitiendo un fácil acceso a sus componentes para el mantenimiento de los mismos.
Mantenimiento	E	Los mantenimientos de los componentes del prototipo se deben realizar cada 3 a 4 horas de trabajo, iniciando con el mantenimiento preventivo, correctivo sin el uso de sofisticados instrumentos. Las piezas deberán ser de fácil recambio.
Costo	E	En los costos de fabricación se deberán ser los mínimos, teniendo en cuenta el precio de los materiales a utilizar y el costo de fabricación y ensamblaje de las piezas en talleres de metalmecánica en el mercado local.

Fuente: Elaboración propia, 2018

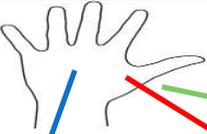
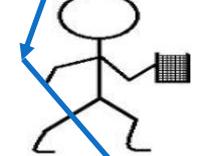
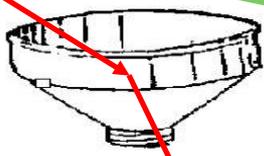
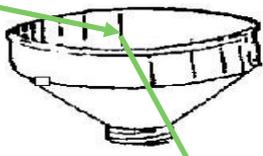
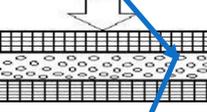
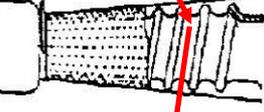
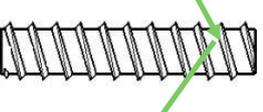
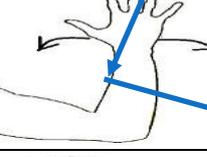
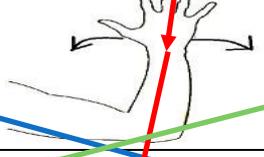
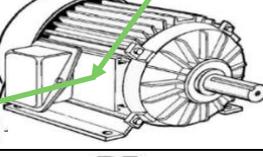
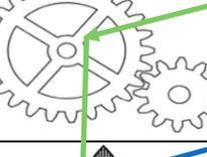
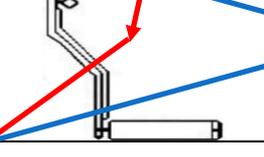
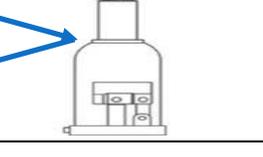
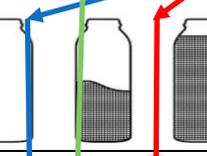
La información que se obtuvo de la lista de exigencias ayudo a la evaluación de los componentes para el diseño del prototipo de máquina.

4.2. Elaborar alternativas de diseño para la fabricación del prototipo de maquina expeller mediante la caja morfológica de Zwicky.

Con la información obtenida de la lista de exigencias se inició con la selección de los distintos componentes que conforman el prototipo de máquina, agrupándose según sus funciones a la matriz morfológica donde se realizaron distintas combinaciones de diseño.

En la tabla N°5 se presenta la matriz morfológica.

Tabla 5: Matriz Morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA			
Funciones	PORTACIONES DE FUNCIONES		
	A	B	C
Preparar			
Alimentar			
Extracción			
Generar Fuerza			
Transmitir Fuerza			
Almacenar			

Fuente: Elaboración propia, 2018

S1 (Alternativa 1)

S2 (Alternativa 2)

S3 (Alternativa 3)

4.3. Realizar la selección de la alternativa óptima de diseño mediante la matriz de evaluación técnica.

Se utilizó la información de la matriz morfológica del **Anexo 3 tabla 5** en la cual se logró obtener tres alternativas de diseño, las cuales fueron analizadas en la matriz de evaluación técnica donde se pondero del 0 al 4 según el grado de importancia de cada requerimiento.

En la tabla N°6 se muestra la matriz de evaluación técnica.

Tabla 6: Matriz de evaluación técnica

0: No aceptable	1: Poco aceptable	2: Regularmente aceptable	
3: Aceptable	4: Muy Aceptable		
Porcentaje = (Total*100)/32= % De Nivel de aceptación de Requerimientos			
REQUERIMIENTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Manipulación	2	3	3
Rapidez	1	4	2
Calidad de trabajo	2	4	3
Mantenimiento	3	2	3
Fácil Seguridad	4	4	4
Montaje	3	3	3
Ergonomía	2	4	2
Costo de materiales	4	2	4
TOTAL	21	26	24
%	65.6%	81.25%	75%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Con la obtención de los resultados de las tres alternativas presentadas en la matriz de evaluación se concluyó que la alternativa óptima para el diseño y elaboración fue la alternativa 2 con una puntuación total de 29 y un nivel de aceptación de requerimiento del 81.25%, dando lugar a un prototipo de máquina de presión continua con eje sin fin, camisa de prensado, motor eléctrico, transmisión de engranajes donde se tuvo en cuenta el procesamiento de grandes cantidades de materia prima.

4.4. Establecer características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo de máquina.

Para el cuarto objetivo, se establecieron los parámetros de la máquina los cuales han sido calculados y se presenta en la Tabla N° 7 el resumen de la evaluación.

Tabla 7: Ficha de registro

Parámetros geométricos del sinfín				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
Ds	Diámetro del sinfín	20	mm	—
Hcs	Holgura camisa – sinfín	0,33	mm	—
Hs	Altura del hilo del sinfín	1.46	mm	—
Bs	Ancho del hilo del sinfín	1.69	mm	—
Ps	Paso del sinfín	13,6	mm	—
Ls	Longitud del sinfín	150	mm	—
Ls / Ds	Relación L/D (Corte bajo)	7.5	—	—
Ws	Ancho del canal del sinfín	12.62	mm	$W_s = (\pi \cdot D_s \cdot \tan(\theta_s) - bs) \cdot \cos(\theta_s)$
r_m	Radio medio del sinfín	9.275	mm	$r_m = \frac{D_s - H_s}{2}$
θ_s	Ángulo de hélice del sinfín	13.13	—	$\theta_s = \tan^{-1}\left(\frac{P_s}{2 \cdot \pi \cdot r_m}\right)$

Parámetros y cálculo de velocidad del sinfín				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
R	Flujo másico requerido	250	lb/h	–
D _{sp}	Diámetro del sinfín en pulgadas	0.78	plg	–
H _{sp}	Altura del hilo en pulgadas	0.05	plg	–
G _{pm}	Gravedad específica	0.85		–
N	Velocidad de rotación del tornillo	1611.42	rpm	$N = \frac{R}{2.3 \cdot D_{sp}^2 \cdot H_{sp} \cdot g_{pm}}$
Diseño de las camisas				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
e_c	Espesor de la camisa	6.30	mm	
r_{ic}	Radio interno de la camisa	8.7	mm	
r_{ic}/e_c	Relación r/e	1.38		
P_{ic}	Presión interna en la camisa	20	MPa	
σ_τ	Esfuerzo tangencial	40.27	MPa	$\sigma_\tau = \frac{r_i^2 \cdot P_i}{r_o^2 - r_i^2} x \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2} \right)$
σ_r	Esfuerzo radial	-20	MPa	$\sigma_r = \frac{r_i^2 \cdot P_i}{r_o^2 - r_i^2} x \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2} \right)$
σ_l	Esfuerzo longitudinal	10	MPa	$\sigma_l = \frac{P_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2}$
σ'	Esfuerzo equivalente	43.86	MPa	$\sigma' = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_l^2 + \sigma_r^2 - \sigma_t \cdot \sigma_r - \sigma_l \cdot \sigma_r - \sigma_l \cdot \sigma_t}$

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Estos datos obtenidos en estos cálculos son datos necesarios e imprescindibles para dar forma y dimensión a los mecanismos o componentes de la máquina extractora.

4.5. Determinar el costo de elaboración mediante los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller.

Tabla 8: Ficha de costos

Asesorías, materiales utilizados y análisis de laboratorio	Cantidad	Costo x Unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Asesorías	10 UND	100	S/.1,000
Barra diámetro de 45 mm, longitud de 155 mm, acero inoxidable Aisi 304 redondeado	½ Metro	S/.100.00	S/.100.00
Barra diámetro de 20 mm, longitud de 170 mm, acero inoxidable Aisi 304 redondeado	½ Metro	S/.80.00	S/.80.00
Plancha espesor 0,3 mm de acero inoxidable Aisi 304	1/2 UND	S/.150.00	S/.150.00
Torno sin fin	1 UND	S/.250.00	S/.250.00
Torno camisa	1 UND	S/.250.00	S/.250.00
Torno base	1 UND	S/.50.00	S/.50.00
Soldador	1 UND	S/.150.00	S/.150.00
Electrodo punto azul espesor de 1/8" (3.25 mm), modelo (AWS E 6011)	1 Kg	S/.20.00	S/.20.00
Engranajes diámetro externo de 32 mm, diámetro interno de 20 mm.	2 UND	S/.50.00	S/.50.00
Motor monofásico 220 v, 750w de potencia	1 UND	S/.600.00	S/.600.00
Variador de frecuencia de 220 v de 50Hz-60Hz.	1 UND	S/.2000.00	S/.2000.00
Resistencias eléctricas Calefactoras de 100w	1 UND	S/.50.00	S/.50.00
Análisis de laboratorio externo	1 UND	S/.400.00	S/.1200.00
Total de materiales e instrumentos			S/. 5950.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6 Contrastar los parámetros de calidad de la norma CODEX STAN 19-1981 y los resultados del análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango, determinando si es aceptable para uso comestible.

Tabla 9: Características organolépticas y fisicoquímicos

Ficha de observación del análisis organoléptico	
Determinación	Descripción
Color	Amarillo claro
Olor	Sui generis
Sabor	Sui generis
Aspecto	Líquido aceitoso

Ficha de observación del análisis fisicoquímico			
FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN	Unidad	Resultados	
		Norma	Muestra
Materia volátil a 105°C	(% m/m)	0,2	0.32
Impurezas insolubles	(% m/m)	0,05	–
Contenido de jabón	(% m/m)	0,005	0.197
Hierro (Fe)	(mg/kg)	5,0	1.19
Cobre (Cu)	(mg/kg)	0,4	1.43
Índice de ácido	(mg de KOH/g)	4,0	1.20
Índice de peróxido		hasta 15	1.09

Fuente: Elaboración propia, 2018

V. DISCUSIÓN

Al realizar la técnica empleada para el primer objetivo que fue evaluar los requerimientos de operación del diseño para el prototipo de maquina expeller se obtuvo como datos en la evaluación los requerimientos que permitieron el

diseño y la elección de las partes del prototipo de máquina extractora ; así mismo tiene coincidencia con la técnica utilizada por Arce (2015), en el trabajo de investigación titulado “Diseño de una prensa tipo expeller para el proceso de extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas, mediante la metodología de ingeniería inversa” quien empleando un método de diseño 3D le adiciona mejoras necesarias reduciendo los costos de fabricación y mejorando la calidad del aceite extraído.

Así mismo para el segundo objetivo que fue elaborar alternativas de diseño para la fabricación del prototipo de maquina expeller mediante la caja morfológica de Zwicky, teniendo en cuenta la evaluación de requerimientos realizada, se obtuvieron tres alternativas de diseño, esto coincide con la teoría de elaboración de alternativas escritas por Reyes, (2010), donde nos dice que es fundamental porque nos permite una búsqueda de soluciones e interpretar de una manera sencilla un lenguaje de diseño y la posibilidad de generar rápidamente distintas opciones funcionales.

Para el tercer objetivo que fue realizar la selección de la alternativa optima de diseño mediante la matriz de evaluación técnica, se consideró las tres alternativas de diseño obtenidas por la matriz morfológica, obteniendo como la mejor opción la alternativa dos, siendo un prototipo de maquina conformada por un sinfín, camisa de prensado, sistema de engranajes, motor eléctrico y variador de frecuencia la cual obtuvo una puntuación del 91%; así mismo esta técnica tiene coincidencia con la utilizada por castro, (2008), en su trabajo de investigación titulado “Diseño y construcción de una maquina extractora de aceite de semillas para la elaboración de biodiesel” quien considera que para poder lograr la extracción de aceite se tiene que emplear un motor eléctrico con un sistema de engranajes o reductor de velocidad con la finalidad de obtención de potencia adecuada para ejercer la presión necesaria y la velocidad rpm optima de alimentación; dando como resultado un prototipo de maquina con un sistema de engranajes como reductor de velocidad para un proceso de extracción de aceite óptimo de la pepa y un motor eléctrico para la potencia de prensado.

Por otra parte, en el cuarto objetivo que fue establecer características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo de máquina, se obtuvieron los datos necesarios para dar forma y dimensión a cada parte que conforma la maquina extractora de aceite de la pepa de mango, tiene coincidencia con la técnica utilizada por Galarraga (2015), en el trabajo de investigación titulado “Diseño de una prensa de tornillo tipo expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible” en la cual realiza el cálculo y dimensionamiento de las distintas piezas de la máquina para una extracción optima de aceite teniendo en cuenta las características iniciales que tiene que tener las semillas para ser procesadas sin perder sus propiedades.

Para el costo de elaboración mediante los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller, no se hubieran podido realizar sin la aplicación de la ingeniería de detalle etapa esencial en un diseño donde por un informe se detalla todo lo referido con la viabilidad de un proyecto, donde se encuentran incluidos los costos de material, especificaciones, dimensiones y los planos de los componentes que conforman la máquina, tiene relación con la ingeniería de detalle escrita por A. González Marcos; F. Alba Elías; J-Ordieres Meré (2014), en el cual nos indica que la ingeniería de detalle es la etapa final en un diseño de maquina en la cual quedara definido mediante un documento cada uno de los componente que integran un proyecto, sienta suficiente para llevarlo a practica y analizar si el proyecto es rentable.

Por lo tanto, con la ficha de costos se tiene en cuenta los materiales que se emplearon en el diseño de la maquina extractora de aceite de la pepa de mango en donde el material utilizado es acero inoxidable AISI 304, en el cual también se ha tenido en cuenta un motor eléctrico, reductor, servicios de torno, soldadura y análisis de laboratorio teniendo un costo total de S/. 5950.00 nuevos soles.

Al contrastar la norma Codex stan 19-1981 con los análisis fisicoquímicos del aceite de la pepa de mango para uso comestible, llegando a la conclusión que la muestra recogida se encuentra dentro de los parámetros de la norma Codex Alimentarius garantizando la calidad del aceite obtenido; así mismo tiene

coincidencia con Guillen (2016), en el trabajo de investigación titulado “obtención y caracterización fisicoquímica del aceite de palta has extraído por método en frío y caliente” quien empleando la norma Codex Alimentarios y la norma técnica Mexicana llego a la conclusión que sus muestras recogidas de aceite prensado en frío como el punto de fusión, acidez y índice de refracción según sus características fisicoquímicas indican que están dentro del rango de aceptación para que sea de consumo humano.

VI. CONCLUSIÓN

1. Para la evaluación de los requerimientos de operación del diseño se utilizó la técnica de lista de exigencias donde se obtuvo como resultado los parámetros y condiciones de operación necesarios a cumplir en el diseño para que el prototipo de maquina extractora de aceite de la pepa de mango a elaborar sea el óptimo.
2. Para la elaboración de las alternativas de diseño, contando con la información brindada por la lista de exigencias y mediante la técnica llamada matriz morfológica se a llegando a determinar las diferentes piezas, mecanismos y elementos los que al combinarse se logró obtener tres alternativas de diseño cada una con mecanismos diferentes a las otras para la elaboración del prototipo de maquina extractora de aceite de la pepa de mango.
3. Para la selección de la alternativa optima se utilizó la matriz de evaluación técnica la cual por medio de la ponderación de los requerimientos se logró determinar como la alternativa optima una extractora de aceite con un sistema continuo de extracción con un 91% de aceptación, conformado por un sin fin, camisa de prensado, engranajes como transmisión de fuerza y motor eléctrico como fuente de potencia para el funcionamiento óptimo de la máquina.

4. Las características y dimensionamiento de los materiales esenciales calculados en el diseño de la maquina prensadora de aceite se implicaron los parámetros geométricos del sin fin, el diseño de la camisa de prensado al igual que los parámetros y cálculo de velocidad de giro del sin fin, siendo datos importantes para la construcción, selección y montaje de las piezas de la máquina.
5. Los costos de elaboración de la máquina que se generan de los requerimientos de diseño tiene un costo total de S/. 5950.00 nuevos soles siendo rentable y económica debido a su rendimiento, fácil mantenimiento y su prolongada vida útil a comparación de la extracción por solvente la cual tiene como desventaja el uso de equipos de laboratorio caros como el soxhlet y el solvente como material esencial.
6. Al contrastas los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la muestra con la norma codex stan 19-1981 se determinó que el aceite extraído por la máquina cumple con los parámetros de calidad de la norma, garantizando el funcionamiento óptimo de la maquina extractora de aceite de la pepa de mango.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer medidas de control contra posible riesgo eléctrico antes de poner en funcionamiento la maquina extractora de aceite de la pepa de mango, para corregir y disminuir los posibles daños a la salud del operario.
2. Se recomienda para futuros proyectos de investigación que el proceso de deshidratado y trozado del embrión de mango sean incorporados al proceso de extracción de aceite de manera automatizada, debido a que esta actividad en la actualidad se realiza en un proceso separado y de manera manual por el operario.

3. Se recomienda la implementación de un sistema automatizado para el retiro del recipiente en el cual se contiene el aceite extraído y la fibra de descarte por la alta temperatura que estos poseen, debido a que esta actividad en la actualidad se realiza por el operario de forma manual por lo que está expuesto a quemaduras.
4. Se recomienda cambiar el sistema de engranajes por una caja reductora y un sistema eléctrico de regulación de velocidad para intentar extraer aceite de otras pepas como la de la palta.
5. Se recomienda realizar un análisis microbiológico al aceite extraído de la pepa de mango para determinar la dosificación adecuada a consumir sin perjudicar la salud humana.

REFERENCIAS

- ABDALLA, A.; DARWISH, S.; AYAD, E.; ELHAMAHMY, R. 2007.** *Egyptian mango by-product 1: Compositional quality of mango seed kernel.* *Food Chemistry*, Atlanta, v. 103, n. 4, p. 1134-1140, 2007a.
- BAMGBOYE, A., & ADEBAYO, S. 2012.** *Seed moisture dependent on physical and mechanical properties of *Jatropha curcas*.* *Journal of Agricultural Technology*. 2012. p.13–26.
- GARCÍA-MAGAÑA, M.L., GARCÍA, H.S., BELLO-PEREZ, L.A., SAYAGO-AYERDI, S.G. y MATA-MONTES DE OCA, M. 2013.** *Functional Properties and Dietary Fiber Characterization of Mango Processing By-products (*Mangifera indica* L., cv *Ataulfo* and *Tommy Atkins*).* *Plant Foods Hum Nutr*, 2013; 68(3): 254–258.
- MICHAEL MICHALKO.1999.** *Thinkertoys, Cap. Once, La Caja de las Ideas, págs. 137-145, Ed. Gestión 2000, Barcelona, 1999.*
- MYRON S. ALLEN. 1967.** *Morphological Creativity: The Miracle of Your Hidden Brain Power*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1967.
- MIKELL. P GROOVER. 1997.** *Fundamentos de manufactura moderna, Editorial HISPANOAMÉRICA, México 1997. pp 311 – 320.*
- NZIKOU, J.; KIMBONGUILA, A.; MATOS, L.; LOUMOUAMOU, B.; PAMBOU-TOBI, N.; NDANGUI, C.; ABENA, A.; SILOU, T.; SCHER, J.; DESOBRY, S. 2010.** *Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica* L.).* *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, Pakistan, v. 2, n. 1, p. 31-35, 2010.
- NAZIR, N., RAMMLI, N., MANGUNWIDJAJA, D., HAMBALI, E., SETYANINGSIH, D., YULIANI, D., y otros. 2009.** *Extraction, transesterification and process control in biodiesel production from *Jatropha curcas*.* *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2009.
- PUTTEN, ERIC, V., YWE, J., FLEMMING, N., JAN de JONGH, WINFRIED, R., y otros. 2010.** *The *jatropha* handbook: From cultivation to application.* *FACT Foundation*. 2010.
- PIERSON, J. T., MONTEITH, G. R., ROBERTS-THONSON, S. J., DIETZGEN, R. G., GIDLEY, M. J., y SHAW, P. N. 2014.** *Phytochemical extraction, characterisation and comparative distribution across four mango (*Mangifera indica* L.) fruit varieties.* *Food Chem*. 2014; 15 (149): 253-263.
- ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI. 2014.** *Metodología de la Investigación. 6ta ed. MacGraw Hill. 2014.***Bonnet. 1967.** *Clasificación de Aceros inoxidable . 1967.*

Carbotecnia S.A de C.V. 2017. Carbotecnia S.A de C.V. *Carbotecnia S.A de C.V.* [En línea] 18 de Enero de 2017. [Citado el: 19 de Noviembre de 2016.] <https://www.carbotecnia.info/producto/toberas-johnson-1-recta-en-acero-inoxidable-316/>.

Cifa. 2005. Utilización de infrarrojos para la determinación de la cantidad de limonina. [En línea] Mayo de 2005. [Citado el: 18 de Setiembre de 2016.] https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=2eYVWLzqJOWCoga9gbTIDA#q=Utilizaci%C3%B3n+de+infrarrojos+para+la+determinaci%C3%B3n+de+la+cantidad+de+limonina. ISSN.

Distribuidora e Importadora de Inoxidables SA de CV. 2017. DIISA MR. [En línea] 10 de febrero de 2017. [Citado el: 16 de Diciembre de 2016.] <http://www.diisa.net/index.html>.

Escurra Gamboa, Julio Alfredo. 2011. Implementación de la Función y prevención de riesgos , en la gestión de una empresa de servicios gráficos. Piura. Piura : s.n., 2011.

estado, Boletin oficial del. 2011. ley 29783 Ley de seguridad y salud en el trabajo . 20 de 08 de 2011.

Estado, Boletin Oficial del. 2011. Perú Normas Legales Artículos 54,55,56 y 57. Diario el Peruano. 20 de 08 de 2011, págs. 54-57.

Gardey, Julián Pérez Porto y Ana. 2011. Definición de la Resina . *Definición de la Resina* . [En línea] 2011. [Citado el: 15 de Octubre de 2016.] (<http://definicion.de/resina/>). ISBN.

Haccp Limones Piuranos SAC, Manual. 2011. [En línea] 20 de Octubre de 2011. [Citado el: 18 de Octubre de 2016.]

HACCP Limones Piuranos SAC, Manual. 2011. [En línea] 20 de Octubre de 2011. [Citado el: 18 de Octubre de 2016.]

Hernández Ramos, Franciosco. 1999. Control de Calidad de Zumos cítricos mediante tecnología de Infrarojo cercano. Córdoba : s.n., 1999.

Hernández, Fernandez Batipsta. 1998. [En línea] 1998.

Ingalimentos. 2008. A que se debe el Amargor de los cítricos. [En línea] 2008. [Citado el: 20 de Setiembre de 2016.] <https://ingalimentos.files.wordpress.com/2008/10/a-que-se-debe-el-amargor-en-los-citricos.pdf>. ISSN.

Josawa. 2010. Josawa. [En línea] 2010. [Citado el: 19 de Noviembre de 2016.] <http://www.josawa.com/index.php/acerca-josawa>.

Limones Piuranos . 2012. Limones Piuranos S.A.C . *Limones Piuranos S.A.C* . [En línea] 20 de Marzo de 2012. [Citado el: 30 de Setiembre de 2016.] <http://www.limonespiuranos.com/index.html>. ISBN.

Limonina. 2015. Wikipedia. [En línea] 02 de Abril de 2015. [Citado el: 05 de Octubre de 2016.] <https://es.wikipedia.org/wiki/Limonina>.

Luzzisa. 2006. Tanque des amargado de Zumos Cítricos. Valencia : s.n., 2006. ISBN.

Luzzysa. 2012. Tanque de desamargado . 2012.

Méndez. 1995. [En línea] 1995.

Moragues, Beatriz. 2015. La hesperidina que es y paque que sirve . [En línea] 05 de Febrero de 2015. [Citado el: 10 de Enero de 2017.] <http://beatrizmoragues.blogspot.pe/2015/02/la-hesperidina-que-es-y-para-que-sirve.html>.

Morales, Frank. 2012. [En línea] 2012.

Oficial, Estado Boletín. 2013. Perú Normas Legales 012-2013-TR, Reglamento de Inspección del trabajo. *Diario El Peruano*. 06 de 12 de 2013, págs. 42-43.

Rojas. 2006. Determinación por hplc de naringina , hesperidina y limonina en jugos cítricos. Santader : Universidad Industrial de Santader, 2006. ISSC.

RWL water . 2006. Tecnología de tratamientos y bebidas . [En línea] Des amargado de Zumo , 18 de Agosto de 2006. [Citado el: 1 de Octubre de 2016.] <https://www.rwlwater.com/?lang=es>.

Sampieri. 2010. Metodología de la Investigación . *Metodología de la Investigación* . Mexico : Mc Graw Hill, 2010.

Tejerina, Alejandra. 2010. La conductividad en resinas de Intercambio Iónico. 2010.

wikipedia, PH. 2015. PH. [En línea] 16 de Mayo de 2015. [Citado el: 19 de Noviembre de 2016.]

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente	Prototipo de Maquina Expeller	Pueden variar desde su funcionamiento simple y la observación de su operación, hasta conectar un conjunto de instrumentos para medir con precisión los desplazamientos, las velocidades, aceleraciones, fuerzas, temperaturas y otros parámetros (...) (Norton 2009) siendo de tipo expeller por la aplicación de presión a las semillas por medio de un tornillo que se hace girar dentro de un cilindro hueco, este tornillo se encuentra dentro de un barril de drenaje, a través del cual el aceite puede fluir al tiempo que conserva el material sólido dentro de ella. (HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 71-72).	Se elabora una lista de exigencias en la cual se determinan las exigencias o deseos a considerar en el diseño.	Cumplimiento de la lista de exigencias	Ordinal
			Se elabora las alternativas de diseño utilizando la caja morfológica de Zwicky	Número de alternativas de diseño	Ordinal
			Se selecciona los elementos de extracción teniendo en cuenta los requerimientos necesarios de diseño utilizando la caja morfológica de Zwicky, el cual mide el nivel de aceptación de requerimientos por medio de puntuaciones de 0 al 4.	% de nivel de aceptación de requerimientos	Razón
			Se establecen las características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo.	cálculo y dimensionamiento de los componentes para el prototipo	Intervalo
			Se determina el costo de elaboración mediante los requerimientos del diseño con la fórmula: Costo Total = Costo M.P + Costo M.O	Costo de prototipo	Razón

Fuente: Elaboración Propia

Variable Dependiente	Aceite a partir de la Pepa de Mango	Es un compuesto orgánico graso obtenido a partir de semillas u otras partes de la planta, algunos no son aptos para consumo humano, depende de la materia prima que se utilice para el proceso de obtención del aceite, lo cual define si es comestible o no. (ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011).	Se realizará un examen organoléptico siguiendo la norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales según: CODEX STAN 19-1981	Color	Ordinal		
				Olor			
				Sabor			
					Se realizará un examen físico químico siguiendo la Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales según: CODEX STAN 19-1981	Materia volátil a 105°C	Razón
					Impurezas insolubles		
					Contenido de jabón		
					Hierro (Fe)		
					Cobre (Cu)		
					Índice de ácido		
					Índice de peróxido		

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANEXO 2: Matriz de consistencia

Titulo	Problema General	Objetivo General	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de Análisis	Población	Muestra	Técnicas	Instrumentos
"Elaboración de un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso comestible"	¿De qué forma se extrae el aceite de la pepa de mango para uso comestible con la elaboración de un prototipo de maquina expeller?	Elaboración un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite de la pepa de mango para uso comestible	¿De qué forma los requerimientos de operación podrán evaluar el diseño del prototipo de maquina expeller?	Evaluar los requerimientos de operación del diseño para el prototipo de maquina expeller.	V.I Prototipo de maquina expeller	Diseño	Cumplimiento de la lista de exigencias	Maquina	1	-	Observación cualitativa	lista de exigencias (Anexo 03, figura 1)
			¿De qué manera la caja morfológica de Zwicky podrá elaborar alternativas de diseño para el prototipo de maquina expeller?	Elaborar alternativas de diseño para la fabricación del prototipo de maquina expeller mediante la caja morfológica de Zwicky.		Diseño	Número de alternativas de diseño	Maquina	1	-	Observación cualitativa	Matriz morfológica (Anexo 03, figura 2)
			¿De qué forma la matriz de evaluación técnica podrá seleccionar la alternativa optima de diseño?	Realizar la selección de la alternativa optima de diseño mediante la matriz de evaluación técnica.		Diseño	% de nivel de aceptación de requerimientos	Maquina	1	-	Observación cualitativa y Razón	Matriz de evaluación técnica (Anexo 03, figura 3)
			¿Cómo estableciendo las características de diseño se podrá calcular y	Establecer características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los		Diseño	cálculo y dimensionamiento de los componentes para el prototipo	Maquina	1	-	Razón	Ficha de registro (Anexo 03, figura 4)

			dimensionar los componentes esenciales para el prototipo de maquina expeller?_	componentes esenciales para el prototipo de máquina.								
			¿Cómo los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller permite determinar los costos de elaboración?	Determinar el costo de elaboración mediante los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller.		Costo	Costo de prototipo	Maquina	1	-	Análisis cuantitativo de contenido	Ficha de costos (Anexo 03, figura 5)
			¿De qué forma el análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango y la norma CODEX STAN 19-1981 podrá contrastar y determinar si el aceite es aceptable para uso comestible?	Contrastar los parámetros de calidad de la norma CODEX STAN 19-1981 y los resultados del análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango, determinando si es aceptable para uso comestible.	V.D Aceite a partir de la Pepa de Mango	Características organolépticas	Color, olor y sabor	Aceite	1	-	Observación cualitativa	Ficha de observación del análisis organoléptico (Anexo 03, figura 6)
						Análisis fisicoquímico	Índice de peróxido, Índice de ácido, Cobre (Cu), Hierro (Fe), Contenido de jabón,	Aceite	1	-	Observación experimental	Ficha de observación del análisis fisicoquímico (Anexo 03, figura 7)

Fuente: Elaboración Propia, 2018

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos

Tabla 4: Lista de exigencias

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	LISTA DE EXIGENCIAS		Escuela: Ingeniería Industrial
			Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o Exigencia	Condiciones	Responsable
Función			
Geometría			
Fuerza			
Energía			
Materia			
Cinemática			
Fabricación			
Señales			
Seguridad			
Montaje			
Mantenimiento			
Costo			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 5: Matriz morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA			
Funciones	PORTACIONES DE FUNCIONES		
	A	B	C
Preparar			
Alimentar			
Extracción			
Generar Fuerza			
Transmitir Fuerza			
Almacenar			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 6: Matriz de evaluación técnica

0: No aceptable	1: Poco aceptable	2: Regularmente aceptable
3: Aceptable	4: Muy Aceptable	
Porcentaje = (Total*100)/32= % De Nivel de aceptación de Requerimientos		

REQUERIMIENTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Manipulación			
Rapidez			
Calidad de trabajo			
Mantenimiento			
Fácil Seguridad			
Montaje			
Ergonomía			
Costo de materiales			
TOTAL			
%			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 7: Ficha de registro

Parámetros geométricos del sinfín				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
Ds	Diámetro del sinfín			
Hcs	Holgura camisa – sinfín			
Hs	Altura del hilo del sinfín			
Bs	Ancho del hilo del sinfín			
Ps	Paso del sinfín			
Ls	Longitud del sinfín			
Ls / Ds	Relación L/D (Corte bajo)			
Ws	Ancho del canal del sinfín			
r_m	Radio medio del sinfín			
θ_s	Ángulo de hélice del sinfín			
Parámetros y cálculo de velocidad del sinfín				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
R	Flujo másico requerido			
Dsp	Diámetro del sinfín en pulgadas			
Hsp	Altura del hilo en pulgadas			
Gpm	Gravedad específica			
N	Velocidad de rotación del tornillo			
Diseño de las camisas				
Símbolo	Variable	Valor	Unidad	Ecuación
e_c	Espesor de la camisa			
r_{ic}	Radio interno de la camisa			
r_{ic}/e_c	Relación r/e			
P_{ic}	Presión interna en la camisa			
σ_τ	Esfuerzo tangencial			
σ_r	Esfuerzo radial			
σ_l	Esfuerzo longitudinal			
σ'	Esfuerzo equivalente			
FS_c	Factor de seguridad			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 9: Características organolépticas y fisicoquímicos

Ficha de observación del análisis organoléptico	
Determinación	Descripción
Color	Amarillo claro
Olor	Sui generis
Sabor	Sui generis
Aspecto	Líquido aceitoso

Ficha de observación del análisis fisicoquímico			
FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN	Unidad	Resultados	
		Norma	Muestra
Materia volátil a 105°C			
Impurezas insolubles			
Contenido de jabón			
Hierro (Fe)			
Cobre (Cu)			
Índice de ácido			
Índice de peróxido			

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO 4: Validación de los instrumentos

Figura 1: Constancia de validación



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luciana Mercedes Torres Ludeña con DNI N° 02854952, Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, con N° CIP 94321, de profesión Ingeniera Industrial, desempeñándome actualmente como Docente Adscrita en el Departamento de Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Cumplimiento de la lista de exigencias
- Matriz morfológica
- Matriz de evaluación técnica
- Ficha de registro
- Ficha de costos
- Ficha de observación del análisis organoléptico
- Ficha de observación del análisis fisicoquímicos

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Cumplimiento de la lista de exigencias	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	

7.Consistencia				✓	
8.Coherencia				✓	
9.Metodología				✓	
Matriz morfológica	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad				✓	
2.Objetividad				✓	
3.Actualidad				✓	
4.Organización				✓	
5.Suficiencia				✓	
6.Intencionalidad				✓	
7.Consistencia				✓	
8.Coherencia				✓	
9.Metodología				✓	
Matriz de evaluación técnica	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad				✓	
2.Objetividad				✓	
3.Actualidad				✓	
4.Organización				✓	
5.Suficiencia				✓	
6.Intencionalidad				✓	
7.Consistencia				✓	
8.Coherencia				✓	



9. Metodología				✓	
Ficha de registro	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	
Ficha de costos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	
Ficha de observación del análisis organoléptico	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE

1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	
Ficha de observación del análisis fisicoquímicos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	



En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 08 días del mes de junio del dos mil dieciocho.

Mgtr. : Ing. MBA LUCIANA MERCEDES TORRES LUDEÑA
DNI : 02854952
Especialidad : Ingeniera Industrial
E-mail : ing.lucianatorres@gmail.com



Luciana Mercedes Torres Ludeña
Ingeniero Industrial
Registro CIP N° 94321

Figura 2: Constancia de validación



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Fernando Madrid Guevara con DNI N° 02858742, Magister en Ciencias de la Educación Superior, con N° de CIP 82266, de profesión Ingeniero Mecatrónico, desempeñándome actualmente como Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- Cumplimiento de la lista de exigencias
- Matriz morfológica
- Matriz de evaluación técnica
- Ficha de registro
- Ficha de costos
- Ficha de observación del análisis organoléptico
- Ficha de observación del análisis fisicoquímicos

M8

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Cumplimiento de la lista de exigencias	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Suficiencia			/		
4. Coherencia			/		

Matriz morfológica	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Suficiencia			/		

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

4.Coherencia			✓		
--------------	--	--	---	--	--

Matriz de evaluación técnica	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad			✓		
2.Objetividad			✓		
3.Suficiencia			✓		
4.Coherencia			✓		

Ficha de registro	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad			✓		
2.Objetividad			✓		
3.Suficiencia			✓		
4.Coherencia			✓		

Ficha de costos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad			✓		
2.Objetividad			✓		
3.Suficiencia			✓		
4.Coherencia			✓		

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Ficha de observación del análisis organoléptico	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Suficiencia			/		
4. Coherencia			/		

Ficha de observación del análisis fisicoquímicos	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			/		
2. Objetividad			/		
3. Suficiencia			/		
4. Coherencia			/		

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 08 días del mes de junio del dos mil dieciocho.

Mg. : Ing. Fernando Madrid Guevara
 DNI : 02858742
 Especialidad : Ingeniero Mecatrónico
 E-mail : renzomecatronic@hotmail.com



 FERNANDO MADRID GUEVARA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP. N° 82266

ANEXO 5: Método de ingeniería caja morfológica de zwicky

Título: “Elaboración de un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso comestible”.

1. Evaluar los requerimientos de operación del diseño para el prototipo de maquina expeller.

Identificar las exigencias necesarias para el diseño del prototipo.

En un diseño lo principal es tener en cuenta las exigencias, las cuales son datos importantes que permitirá realizar una búsqueda de soluciones.

Tabla 4: Lista de exigencias

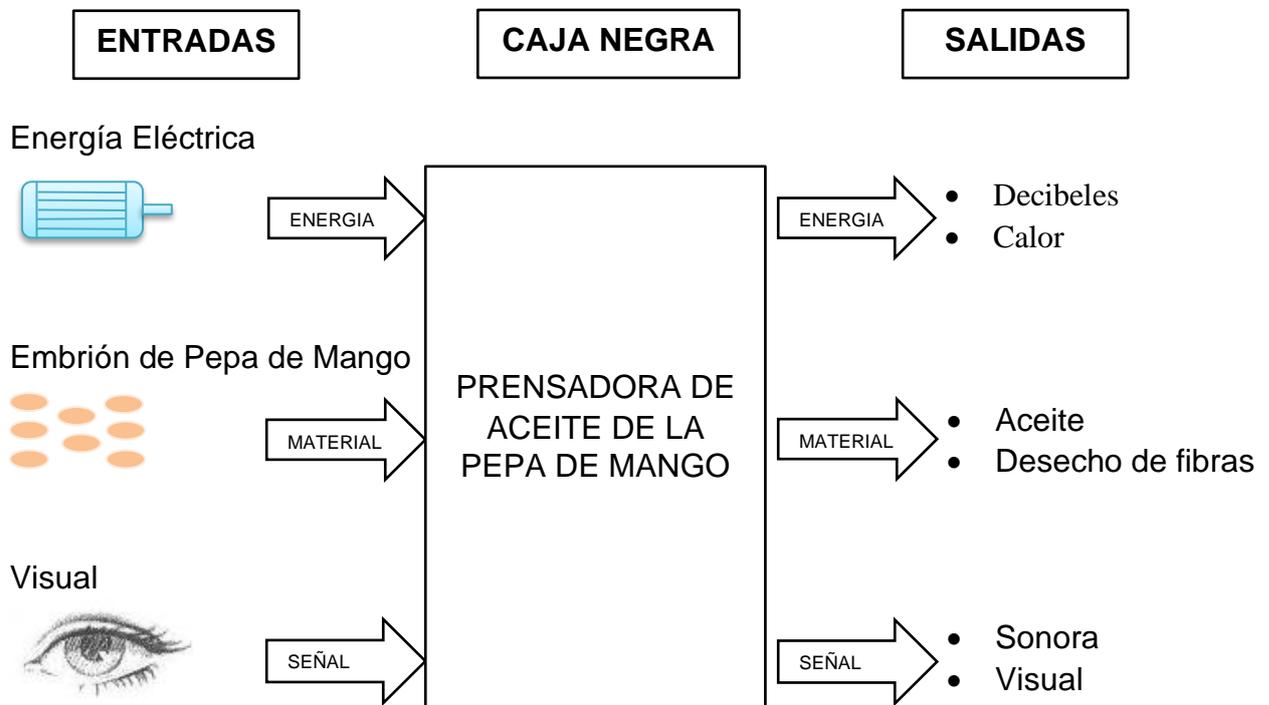
	LISTA DE EXIGENCIAS		Escuela: Ingeniería Industrial
			Fecha:
			Autor: Randy Siancas Velez
Características	Deseo o Exigencia	Condiciones	
Función	E	Elaborar una máquina que pueda extraer gran cantidad de aceite de la pepa de mango de manera continua, buscando que el sistema sea lo más funcional, simple y económico posible.	
Geometría	E	Las dimensiones del prototipo no debe de superar los 50cm de largo, 30cm de alto y 20cm de ancho, siendo lo más compactas posibles para su fácil transporte.	
Fuerza	E	El prototipo debe mostrar una estructura con un espesor no mayor a los 3 mm, para que tenga rigidez y estabilidad.	
Energía	E	La máquina deberá ser accionada por energía eléctrica de 220 v, con una frecuencia de 60 Hz, siendo el tipo de energía más utilizada en el medio.	
Materia	E	El prototipo deberá poseer piezas de acero inoxidable en los componentes que tengan contacto con la materia, evitando afectar las propiedades de la materia entre la entrada y salida de la máquina.	

Cinemática	E	La velocidad de trabajo de la máquina se determinará en rpm generando la potencia necesaria para permitir una extracción óptima en el menor tiempo posible.
Fabricación	E	El prototipo de maquina debe poder ser fabricada en talleres de Sullana que cuenten con los servicios de torno, fresadora, soldadura por arco eléctrico, tig, al igual que el material a utilizar debe poder encontrarse en el mercado local.
Señales	E	Los dispositivos del prototipo de máquina extractora debe contar con señales visibles o sonoras indicando que la maquina se encuentra en funcionamiento o en parada siendo fáciles de entender por el operador.
Seguridad	E	El prototipo debe contar con guardas de seguridad, puesta a tierra, disminuyendo el riesgo a que el operario sufra alguna lesión.
Montaje	E	El tiempo de montaje y desmontaje del prototipo no debe de ser mayor a 5 minutos, permitiendo un fácil acceso a sus componentes para el mantenimiento de los mismos.
Mantenimiento	E	Los mantenimientos de los componentes del prototipo se deben realizar cada 3 a 4 horas de trabajo, iniciando con el mantenimiento preventivo, correctivo sin el uso de sofisticados instrumentos. Las piezas deberán ser de fácil recambio.
Costo	E	En los costos de fabricación se deberán ser los mínimos, teniendo en cuenta el precio de los materiales a utilizar y el costo de fabricación y ensamblaje de las piezas en talleres de metalmeccánica en el mercado local.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

2. Elaborar alternativas de diseño para la fabricación del prototipo de maquina expeller mediante la caja morfológica de Zwicky.

2.1. Estructura de funciones



2.1.1 Entradas

Señales

- Señal visual de abastecimiento de pepa de mango a procesar en la maquina prensadora.
- Señal sonora y visual que la máquina esta energizada y en funcionamiento.
- Señal visual que la maquina fue alimentada en su totalidad.

Energía

- Energía humana para conectar la máquina al fluido eléctrico y ponerla en marcha.
- Energía mecánica para poner en marcha los sistemas de trabajo de la máquina prensadora, que será alimentada por energía eléctrica.
- Energía humana para colocar las pepas de mango dentro de la máquina prensadora.

Materia

- Entrada de la pepa de mango deshidratada.

2.1.2 Salidas

Señales

- Señal visual de la fibra compactada al salir de la prensadora.
- Señal visual del aceite extraído al salir de la prensadora.
- Señal visual de que la maquina termino de procesar.
- Señal sonora y visual de que la maquina se ha apagado.

Energía

- Energía como desgaste, calor, fricción y decibeles.

Materia

- Fibra del embrión del mango compactada.
- Aceite extraído al salir de la prensadora.

2.2. Secuencia

1. Suministro de energía requerida por la máquina para su funcionamiento óptimo.
2. Encendido del prototipo de maquina prensadora.
3. Transmisión de energía a los mecanismos de la maquina prensadora.
4. Alimentación de pepa de mango a procesar.
5. Separación de la pepa de mango deshidratada en dos subproductos: aceite y fibra (maquina prensadora).
6. Traslado del aceite para su embotellado.
7. Almacenamiento del aceite embotellado.
8. Traslado de la fibra de la pepa de mango para subproceso.
9. Almacenamiento de la fibra.
10. Repetir a partir del paso 4 al 10.
11. Apagado de la maquina cuando la producción concluya.

2.3. Descripción de procesos técnicos

2.3.1. Preparación

- Revisar que las partes de la maquina no dañen la producción de aceite.
- Revisión del correcto estado de los componentes de transmisión de potencia.
- Revisión de correcto estado del sin fin y camisa de prensado.
- Revisión de los elementos de seguridad mecánicos como eléctricos.

2.3.2. Ejecución

- Encendido de máquina.
- acoplamiento de la transición de potencia y alimentación de pepa de mango en la máquina.
- Transmisión de fuerza del motor al sin fin y camisa de prensado.
- Separación del aceite de la fibra de mango.
- Recolección del aceite y la fibra de mango.
- Apagado de máquina.

2.3.3. Control

- Comprobar que la pepa de mango no atasque a la maquina por saturación de materia prima.
- Controlar que la velocidad sea la óptima para el prensado.
- Controlar que no se genere un cortocircuito en el calentador eléctrico.
- Controlar que el aceite no sea dañado por sobrecalentamiento de la pepa de mango.

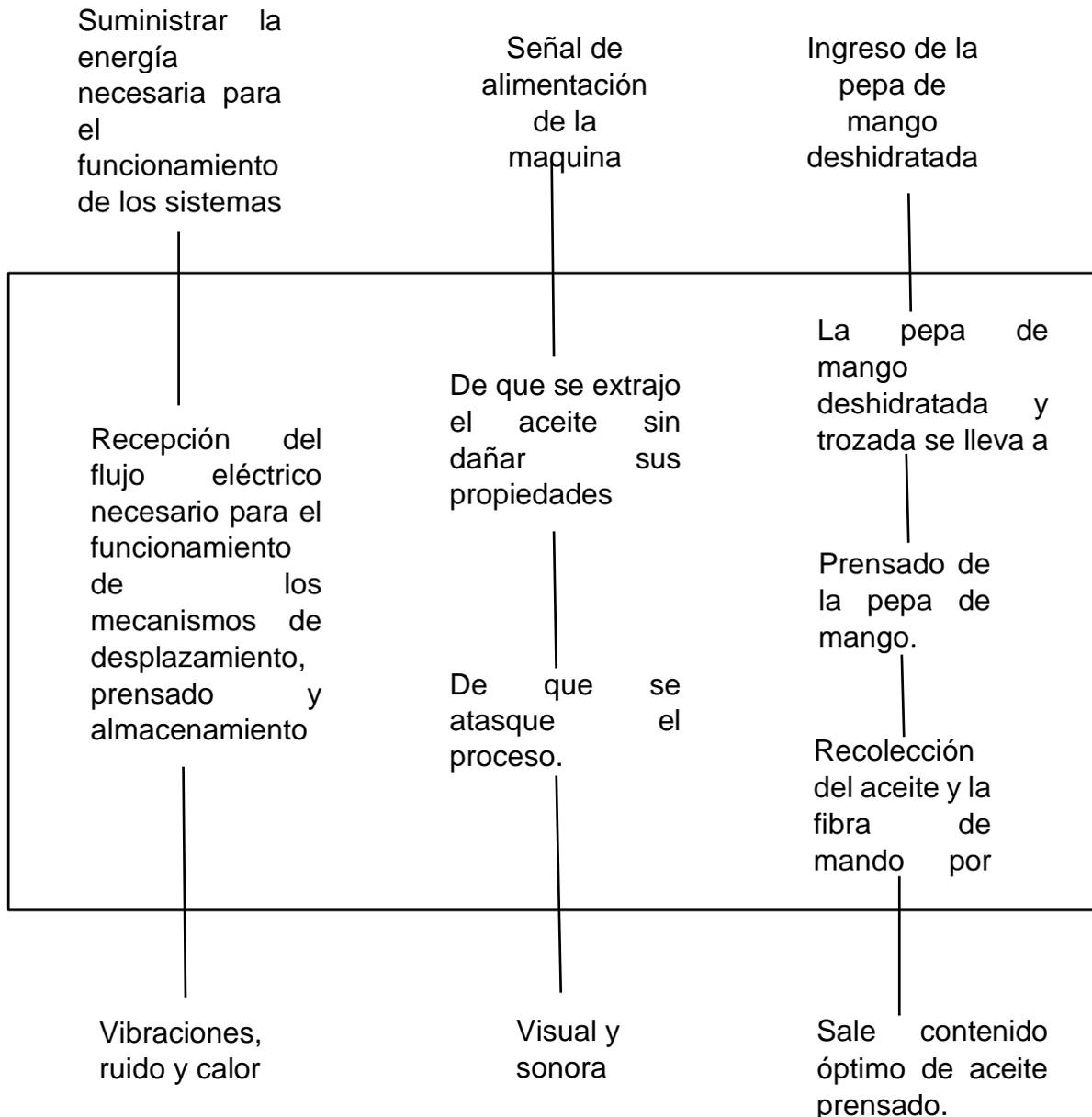
2.3.4. Fase final

- Salida del aceite separado de la fibra.
- Recolección del aceite y fibra de mango por separado.
- Apagado de la máquina.
- Limpieza de todos los componentes de la máquina.

2.4. Aplicación de sistemas técnicos y limitaciones

- Extracción del embrión, deshidratación y trozado de la pepa de mango a procesar.
- El abastecimiento de la pepa de mango en la máquina prensadora se realizará manualmente, dando al operario tiempo suficiente para realizar otras operaciones correspondientes al proceso.
- Tanto el aceite como la fibra de la pepa de mango deben ser de fácil transporte hacia otros procesos sin necesidad de modificar el diseño de la máquina prensadora.
- El tipo de energía a considerar deberá ser eficiente, teniendo en cuenta aspectos de seguridad y ambientales, por lo cual se empleará un motor eléctrico.
- La transición de potencia a las diferentes piezas de la máquina prensadora se ejecutarán mediante mecanismos existentes en el mercado local, evitando el aumento del costo del prototipo de máquina prensadora.
- La máquina deberá estar sujeta a una base sólida, brindando estabilidad y seguridad al iniciar el proceso de producción.

2.5. Representación de la estructura de funciones



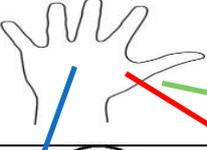
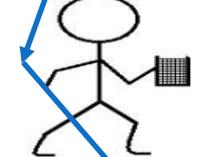
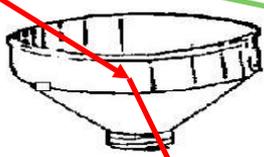
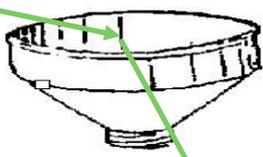
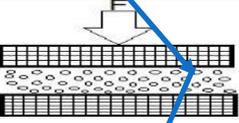
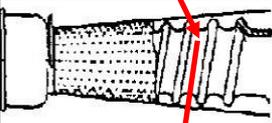
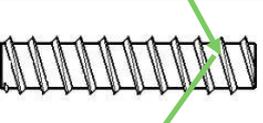
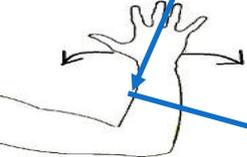
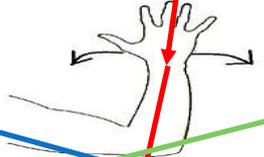
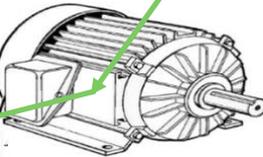
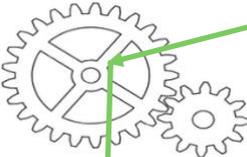
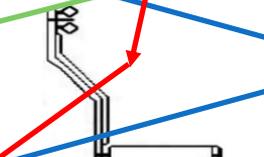
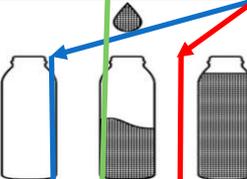
2.6. Estructura de funciones

Las funciones se ordenaron de la siguiente manera:

1. Preparar disminuyendo la humedad de la pepa de mango, se a quitar la cobertura de la pepa quedando el embrión de mango para su trozado.
2. Abastecer la maquina con el embrión de mango deshidratada y trozada.
3. Extracción del aceite del embrión del mango deshidratada y trozada mediante el mecanismo de sin fin y camisa de prensado.
4. Fuente de energía requerida para separar la pepa de mango deshidratada y trozada en aceite y fibra.
5. Transmisión de potencia mediante mecanismos existentes en el mercado local.
6. Trasladar el aceite de la pepa de mango extraído para su embotellamiento y almacenamiento.

A continuación, se muestra en la **Tabla N° 6, las** diferentes alternativas obtenidas usando la caja de ZWICKY, en donde se exploró para cada uno las diferentes funciones.

Tabla 5 Matriz morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA			
Funciones	PORTACIONES DE FUNCIONES		
	A	B	C
Preparar			
Alimentar			
Extracción			
Generar Fuerza			
Transmitir Fuerza			
Almacenar			

Fuente: Elaboración Propia

S1 (Alternativa 1)

S2 (Alternativa 2)

S3 (Alternativa 3)

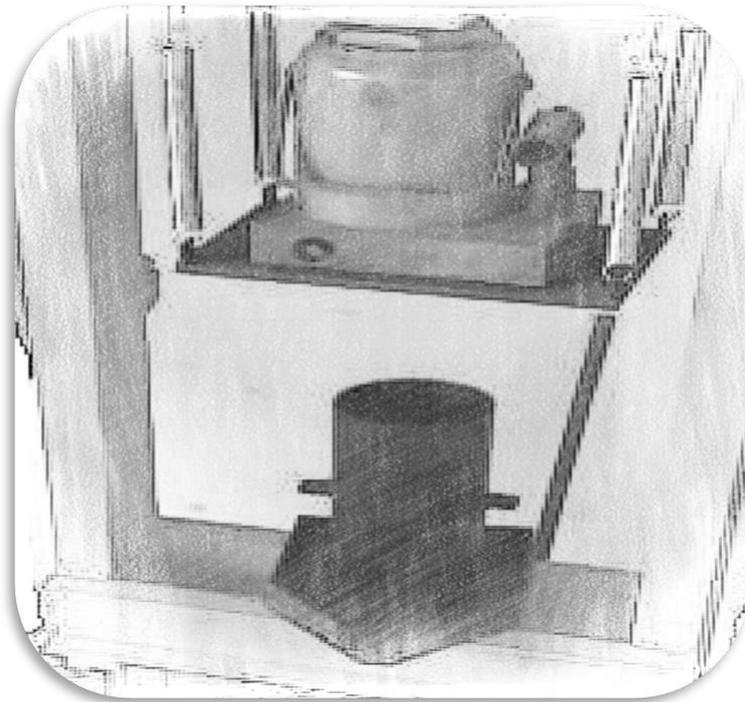
2.7. Alternativas de solución

De la **Tabla 5** se seleccionaron 3 alternativas las cuales se describen a continuación:

2.7.1. Alternativa 1: “Diseño de un prototipo de maquina prensadora hidráulica”.

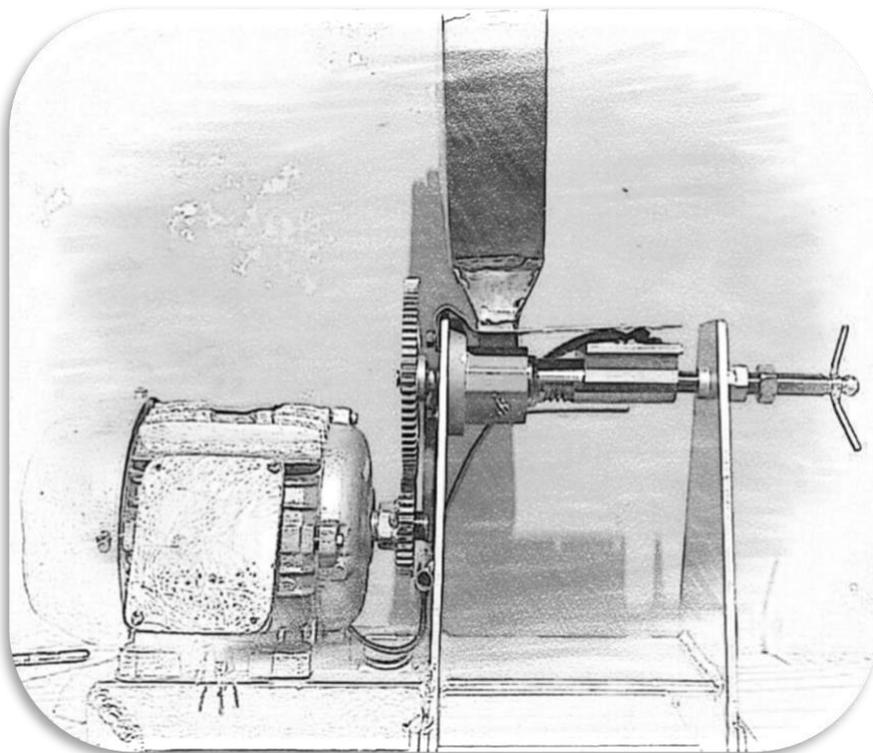
Esta alternativa de diseño inicia con la preparación de la pepa de mango para alimentar manualmente el cilindro de la prensa hasta una capacidad optima, posteriormente se coloca en la parte superior del cilindro un pistón el cual ira bajando gradualmente por la fuerza transmitida de la gata hidráulica la cual es accionada manualmente por el operario.

Al finalizar el proceso de extracción del aceite el operario procede a disminuir la presión de la gata hidráulica hasta su punto inicial, posteriormente retira el pistón al igual que el desecho que se encuentra en el interior del cilindro volviendo a repetir el proceso inicial.



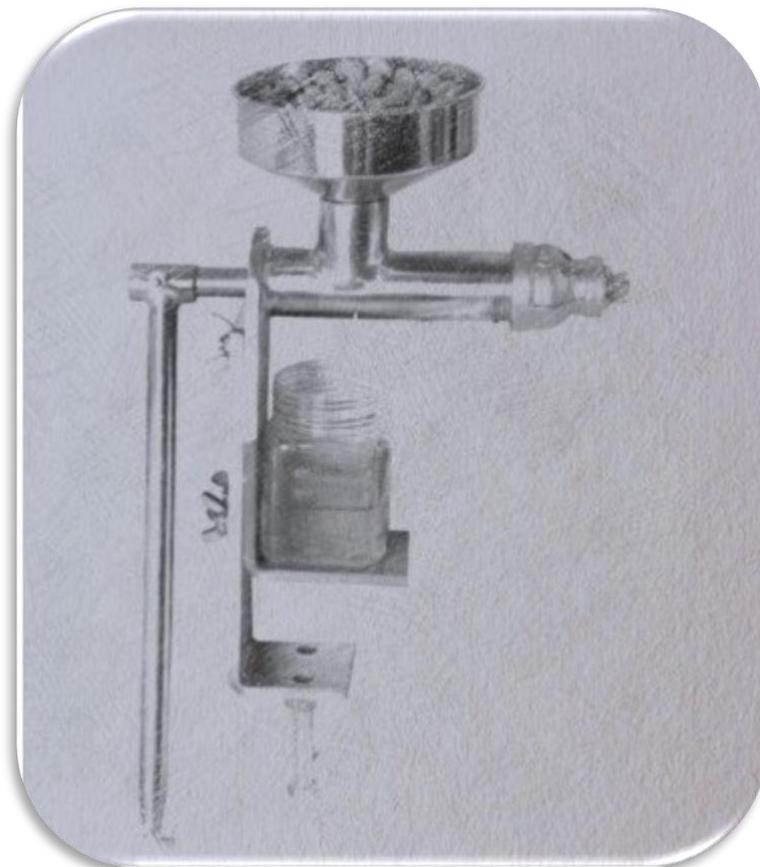
2.7.2. Alternativa 2: “Diseño de un prototipo de maquina prensadora de sin fin con camisa de prensado”

Esta alternativa de diseño inicia con la preparación de la pepa de mango para alimentar la tolva hasta el límite descendiendo hasta el sinfín el cual transporta la pepa de mango reduciendo el espacio entre las paredes de la camisa de prensado gracias a la fuerza generada por el motor monofásico eléctrico que el operario tendrá que poner en marcha por medio de un pulsador, este transfiere la fuerza por unos engranajes interconectados entre sí para ejercer la presión y velocidad suficiente para lograr la extracción del aceite de la pepa de mango siendo recibido en un recipiente al igual que es desperdicio que sale por el extremo opuesto.



2.7.3. Alternativa 3: “Diseño de un prototipo de maquina prensadora con dado de presión y sin fin”

Esta alternativa de diseño inicia con la preparación de la pepa de mango para alimentar la tolva hasta el límite la cual por medio de la transición de fuerza de la manilla generada por el movimiento circular y repetitivo del operario inicia a hacer girar el sin fin el cual va transportando el material hacia el extremo del dado, por medio del aumento de la materia prima incrementara la presión logrando extraer el aceite de la pepa de mango gradualmente el cual cae a un recipiente, al igual que el desecho va saliendo por otro extremo conforme se va ejerciendo presión, el tiempo de procesamiento de la materia prima dependerá directamente de la de la energía que el operario ejerza.



3. Realizar la selección de la alternativa optima de diseño mediante la matriz de evaluación técnica.

A continuación, se explicó la ponderación dada para cada criterio evaluado:

- En la manipulación la alternativa 1 tiene una ponderación de 2 debido a que el operario insertar la materia prima en la camisa después de cada proceso de extracción de aceite en comparación con la alternativa 2 y 3 tiene una ponderación de 3 debido a que el operario procesa directamente el material de la tolva.
- En la rapidez la alternativa 1 tiene una ponderación de 1 debido a que el operario tiene que generar la fuerza por medio de una palanca transmitiendo la fuerza a la gata hidráulica la cual hace que el tiempo de extracción de aceite sea más prolongado, la alternativa 2 tiene una ponderación de 4 debido a que la fuerza generada es por un motor eléctrico maximizando el tiempo de extracción del aceite, la alternativa 3 tiene una ponderación de 2 porque el operario es el que genera la fuerza transmitida a la manilla por lo tanto la producción de aceite dependerá de la energía que el operario posea.
- En la calidad de trabajo la alternativa 1 tiene una ponderación de 2 debido a que el operario se encontrara en constante movimiento generándole fatiga disminuyendo la calidad de trabajo, en la alternativa 2 la ponderación es de 4 por que el operario solo enciende la máquina y se encarga de realizar otras actividades sin generarle ningún tipo de cansancio y en la alternativa 3 la ponderación es de 3 debido a que porque el operario solo se limita a procesar el contenido de la tolva reduciendo el cansancio.
- En cuanto al mantenimiento la alternativa 1 y 3 tienen una ponderación de 3 debido a que el mantenimiento aplicado es sencillo sin problema a desgaste de las piezas a comparación de la alternativa 2 el cual tiene una ponderación de 2 debido a que las piezas de sus componentes tienden a desgastarse por el tiempo prolongado de uso.

- En cuanto a seguridad las tres alternativas son seguras sin ningún riesgo crítico para el operario por eso tienen ponderación de 4.
- En cuanto a montaje las tres alternativas presentan un ponderado de 3 debido a que los componentes que los conforman se ensamblan en un tiempo no mayor a 2 minutos.
- En cuanto a ergonomía la alternativa 1 y 3 presentan una ponderación de 2 debido a que el trabajo físico lo realiza el operario en todo el proceso, lo cual genera trabajo repetitivo perjudicando las extremidades del operario mientras que la alternativa 2 tiene un ponderado de 4 debido a que el operario no realiza mucho movimiento repetitivo, ni sobre esfuerzos.
- En cuanto el costo la alternativa 1 y 3 tiene una ponderación de 4 debido a que las piezas a emplear son analógicas y no requieren de energía eléctrica, mientras en la alternativa 2 tiene una ponderación de 2 debido a que los componentes que la conforman trabajan con electricidad y usan tecnología avanzada.

Según el resultado obtenido la solución óptima es la alternativa 2, la cual dio lugar a un diseño de máquina extractora de sin fin simple obteniendo una puntuación de 29 y un porcentaje de 81.25%.

Tabla N°6 Matriz de evaluación técnica

0:No aceptable	1: Poco aceptable	2: Regularmente aceptable
3: Aceptable	4: Muy Aceptable	
Porcentaje = (Total*100)/32= % De Nivel de aceptación de Requerimientos		

REQUERIMIENTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Manipulación	2	3	3
Rapidez	1	4	2
Calidad de trabajo	2	4	3
Mantenimiento	3	2	3
Fácil Seguridad	4	4	4
Montaje	3	3	3
Ergonomía	2	4	2
Costo de materiales	4	2	4
TOTAL	21	26	24
%	65.6%	81.25%	75%

4. Establecer características de diseño mediante el cálculo y dimensionamiento de los componentes esenciales para el prototipo de máquina.

La geometría de los componentes del prototipo de maquina extractora consta de un sin fin el cual se caracteriza por unas aspas espirales con un canal entre ellas, el cual transporta la materia prima hacia adelante donde se estrangula debido a que las paredes de la camisa de prensado y el diámetro del sin fin es más grande dejando una pequeña holgura entre la camisa y el fin fin permitiendo la extracción del aceite de la pepa de mango.

4.1 Parámetros geométricos del sinfín

La pared del hilo tiene un ancho bs, y está hecha de acero inoxidable para resistir el desgaste al girar y al rozar contra el interior de la cámara de prensado, el diámetro

de la paleta es más pequeño que el de la cámara de prensado D_s con un pequeño claro, H_c , La función de este claro es limitar la fuga de la fusión hacia atrás, a través del canal conductor.

El canal tiene un ancho W_s y una profundidad H_s . El radio medio r_m es la media de la altura del hilo y el diámetro del sin fin.

Diámetro del sinfín	20 mm
Holgura camisa – sinfín	0.33 mm
Altura del hilo del sinfín	1.46 mm
Ancho del hilo del sinfín	1.69 mm
Paso del sinfín	13,6 mm
Longitud del sinfín	150 mm
Relación L/D (Corte bajo)	7.5

Radio medio del sinfín

$$r_m = \frac{20 - 0.33}{2} = 9.83 \text{ mm}$$

Ángulo de hélice del sinfín

$$\theta_s = \tan^{-1} \left(\frac{13.6}{2 \cdot \pi \cdot 9.83} \right) = 13.13$$

Ancho del canal del sinfín

$$W_s = (\pi \cdot 20 \cdot \tan(13.13) - 1.69) \cdot \cos(13.13) = 12.62 \text{ mm}$$

4.2 Parámetros y cálculo de velocidad del sinfín

Flujo másico requerido	$R = 250 \text{ lb/h}$
Diámetro del sinfín en pulgadas	$D_{sp} = \frac{20}{25.4} = 0.78 \text{ plg}$
Altura del hilo en pulgadas	$H_{sp} = \frac{1.46}{25.4} = 0.05 \text{ plg}$
Gravedad específica	0.85

Velocidad de rotación del tornillo

$$N = \frac{250}{2.3 \cdot 0.78^2 \cdot 0.05 \cdot 0.85} = 1611.42 \text{ rpm}$$

4.3 Diseño de las camisas

Espesor de la camisa 6.30 mm

Diámetro de la camisa exterior 30 mm

Radio interno de la camisa

$$r_{ic} = \frac{30 - 2 \times 6.30}{2} = 8.7 \text{ mm}$$

Esfuerzo tangencial

$$\sigma_{\tau} = \frac{8.7^2 \cdot 20}{15^2 - 8.7^2} \times \left(1 + \frac{15^2}{8.7^2}\right) = 40.27 \text{ MPa}$$

Esfuerzo radial

$$\sigma_r = \frac{8.7^2 \cdot 20}{15^2 - 8.7^2} \times \left(1 - \frac{15^2}{8.7^2}\right) = -20 \text{ MPa}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_l = \frac{20 \times 8.7^2}{15^2 - 8.7^2} = 10 \text{ MPa}$$

Esfuerzo equivalente

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sqrt{40.27^2 + 10^2 + (-20)^2 - 40.27 \times -20 - 10 \times -20 - 10 \times 40.27} \\ &= 43.86 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Determinar el costo de elaboración mediante los requerimientos de diseño del prototipo de maquina expeller.

Tabla 8: Ficha de costos

Asesorías, materiales utilizados y análisis de laboratorio	Cantidad	Costo x Unidad (S/.)	Costo total (S/.)
Asesorías	10 UND	100	S/.1,000
Barra diámetro de 45 mm, longitud de 155 mm, acero inoxidable Aisi 304 redondeado	½ Metro	S/.100.00	S/.100.00
Barra diámetro de 20 mm, longitud de 170 mm, acero inoxidable Aisi 304 redondeado	½ Metro	S/.80.00	S/.80.00
Plancha espesor 0,3 mm de acero inoxidable Aisi 304	1/2 UND	S/.150.00	S/.150.00
Torno sin fin	1 UND	S/.250.00	S/.250.00
Torno camisa	1 UND	S/.250.00	S/.250.00
Torno base	1 UND	S/.50.00	S/.50.00
Soldador	1 UND	S/.150.00	S/.150.00
Electrodo punto azul espesor de 1/8" (3.25 mm), modelo (AWS E 6011)	1 kilo	S/.20.00	S/.20.00
Engranajes diámetro externo de 32 mm, diámetro interno de 20 mm.	2 UND	S/.50.00	S/.50.00
Motor monofásico 220 v, 750w de potencia	1 UND	S/.600.00	S/.600.00
Variador de frecuencia de 220 v de 50Hz-60Hz.	1 UND	S/.2000.00	S/.2000.00
Resistencias eléctricas Calefactoras de 100w	1 UND	S/.50.00	S/.50.00
Análisis de laboratorio externo	1 UND	S/.400.00	S/.1200.00
Materiales			S/. 5950.00

6. Contrastar los parámetros de calidad de la norma CODEX STAN 19-1981 y los resultados del análisis fisicoquímico del aceite extraído de la pepa de mango, determinando si es aceptable para uso comestible.

Tabla 9: Características organolépticas y fisicoquímicos

Ficha de observación del análisis organoléptico	
Determinación	Descripción
Color	Amarillo claro
Olor	Sui generis
Sabor	Sui generis
Aspecto	Líquido aceitoso

Ficha de observación del análisis fisicoquímico			
FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN	Unidad	Resultados	
		Norma	Muestra
Materia volátil a 105°C	(% m/m)	0,2	0.32
Impurezas insolubles	(% m/m)	0,05	–
Contenido de jabón	(% m/m)	0,005	0.197
Hierro (Fe)	(mg/kg)	5,0	1.19
Cobre (Cu)	(mg/kg)	0,4	1.43
Índice de ácido	(mg de KOH/g)	4,0	1.20
Índice de peróxido		hasta 15	1.09

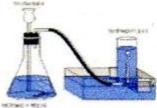
ANEXO 6: Informe de análisis N° 908-CP-D.A.I.Q.-UNP

Figura 3: Informe de análisis organolépticas y fisicoquímicos



Universidad Nacional de Piura

CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2018

INFORME DE ANÁLISIS N°908-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR	: JHON RANDY SIANCAS VELEZ
MUESTRA	: ACEITE DE SEMILLA DE MANGO
TIPO DE EXTRACCIÓN	: Prensado en frío
PROCEDENCIA	: PIURA
N° DE MUESTRAS	: 01
CANTIDAD DE MUESTRA	: 20 mL
PROCEDENCIA	: Piura
ENSAYOS SOLICITADOS	: Físicoquímicos
MUESTREO	: Realizado por el cliente
PROYECTO	: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA EXPELLER PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE LA PEPA DE MANGO PARA USO COMESTIBLE".
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12 de OCTUBRE del 2018.
FECHA DE ENSAYOS	: del 12 al 13 de OCTUBRE del 2018

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

DETERMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
COLOR	Amarillo claro
OLOR	Sui géneris
SABOR	Sui géneris
ASPECTO	Líquido aceitoso

RESULTADO FISICOQUIMICOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de Acidez	(% Ác. Oleico)	1.20
Índice de Saponificación	(mg KOH/ g. aceite)	197.82
Índice de Peróxidos	(meq. O ₂ /Kg aceite)	1.09
Índice de Yodo	(g. I ₂ /100 g. aceite)	28.62
Índice de Refracción (a 25° C)	---	1.464
Densidad Relativa (a 25° C)	(g/mL)	0.9096
Ácidos Grasos Saturados	(%)	47.87
Ácidos Grasos Insaturados	(%)	52.13
Materia Volátil	(%)	32.2
Hierro (Fe)	(mg/100 g.)	11.9
Plomo (Pb)	(mg/100 g.)	<0.01
Cadmio (Cd)	(mg/100 g.)	0.00
Zinc (Zn)	(mg/100 g.)	1.57
Arsénico (As)	(mg/100 g.)	0.00
Cobre (Cu)	(mg/100 g.)	14.3

PIURA, 13 DE OCTUBRE DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Medios Pareda

Ing. Hernán Dedios Fernández
PRESIDENTE
DIRECTORIO CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

URB. MIRAFLORES S/N, CASTILLA, CAMPUS UNIVERSITARIO

ANEXO 7: Prototipo de maquina elaborada

Figura 4: Máquina de extracción de aceite de la pepa de mango elaborada

