



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO
EN LA EMPRESA L'OLIO DI COCO**

Autores:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

Morales Pinto, Alexis Daniel

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE
DE COCO EN LA EMPRESA L'OLIO DI COCO**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

C.I. 27.211.235

Morales Pinto, Alexis Daniel

C.I. 21.030.567

Tutor:

Dr. Fredy Barragán Suescún

C.I: 11.151.678

San Diego, abril del 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO EN LA EMPRESA
L'OLIO DI COCO

Realizado por el (la) Br. AUGUSTO CARREÑO

C.I. N° 27.211.235 cursante de la carrera de ING. MECÁNICA


hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO

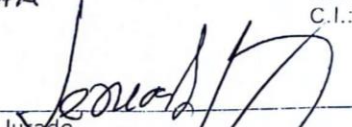
NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: FREDDY BARAHONA
C.I.: 11.151.678

El Jurado


Jurado
Nombre: GÁLMAN FERNÁNDEZ
C.I.: 08.848.220




Jurado
Nombre: LEONARDO RUIZ
C.I.: 12.377.806

Fecha: 12 / 04 / 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO EN LA EMPRESA
L'OLIO DE COCO


Realizado por el (la) Br. ALEXIS MORALES

C.I. N° 21.030.567 cursante de la carrera de ING. MECÁNICA


hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

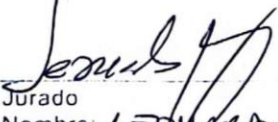
APROBADO

NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: FREDDY BARRAGÁN
C.I.: 11.151.678

El Jurado


Jurado
Nombre: GERMÁN FALCÓN
C.I.: 08.848.220


Jurado
Nombre: LEONARDO RUIZ
C.I.: 12.377.508

Fecha 12/04/2024





UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-N-002-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):
CARREÑO DÍAZ, AUGUSTO MANUEL
C.I.: 27211235
MORALES PINTO, ALEXIS DANIEL
C.I.: 21.030.567

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 17-2023 de fecha 3/11/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EXTRACCIÓN
DE ACEITE DE COCO EN LA EMPRESA L'OLIO DI COCO**

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto al profesor Barragán Suescún, Fredy, titular de la cédula de identidad V-11151678.



Atentamente,

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

El presente trabajo especial de grado está dedicado con un inmenso cariño a mis padres, **Augusto Antonio Carreño** y **Priscilla Estefanía Díaz**, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis abuelos, **Augusto José Carreño** y **Neida Mercedes García**, por inculcarme el amor por el estudio y desarrollo profesional.

A ustedes les dedico este y todos los logros por venir.

Augusto Manuel Carreño

DEDICATORIA

Hoy quiero dedicarle este trabajo especial de grado primeramente a mi **Dios Todopoderoso**, por darme la fuerza para seguir adelante cada día.

A mi madre **Amelia Pinto** por apoyarme en todo momento, por sus correcciones, por haberme dado todo su amor y por haber estado conmigo hasta el momento en que Dios lo permitió, siempre recordare todos sus consejos, y sé que hoy ella estaría muy orgullosa de este logro. Siempre te voy amar.

A mi padre **José Alexis Morales** por transitar junto a mi cada paso de esta carrera, por sus consejos y enseñanzas, por darme su apoyo incondicional y todo su amor, por estar presente para levantarme en mis caídas.

A mi hermana **Joalys Morales** y a mi cuñado **Johnny García** por brindarme su apoyo, alentarme y escucharme en todo momento, haciéndome ver que puedo lograr lo que me proponga con la ayuda de Dios.

Alexis Daniel Morales

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a mis padres, **Augusto Antonio Carreño** y **Priscilla Estefanía Díaz**, por su amor incondicional, por siempre estar para mí y por su gran deseo y apoyo para que logre cumplir los objetivos que me proponga.

Agradezco a mi abuelo, **Augusto José Carreño**, por ser un ejemplo a seguir al ser una persona íntegra y de valores inquebrantables. También, agradezco a mi abuela, **Neida Mercedes García** (Mema), quien vive en mi corazón y pensamiento, cuyo amor y deseo de verme logrando grandes cosas son motivación en mi vida. Por otra parte, agradezco a mi familia por sus palabras de aliento y motivación.

Agradezco a mi novia, **Sofía Valentina Arrieche**, por su compañía durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, por ayudarme con amor y paciencia, por inspirar en mí el deseo de esforzarme al máximo.

Agradezco a mi tutor, el **Dr. Fredy Barragán**, por ser un guía fundamental al momento de desarrollar la investigación. También, agradezco a la familia Pandares Bordones por tratarme como familia y apoyarme siempre. Agradezco a mis amistades, por siempre desear lo mejor para mí y estar presentes. Por último, quiero agradecer a todas las personas que han contribuido con mi educación, gracias a ellos ha sido posible este logro.

Augusto Manuel Carreño

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a **Dios**, por ser mi sustento y creador.

A mis padres **José Alexis Morales** por estar junto a mí en cada etapa de esta carrera y de mi vida y **Amelia Pinto** que siempre me impulso a seguir adelante sin rendirme y por darme su amor incondicional hasta el ultimo momento.

También quiero agradecer a mi hermana **Joalys Morales** y a mi cuñado **Johnny García** por estar presentes durante esta etapa, por su apoyo y aliento en los momentos difíciles.

A mi sobrina **Madeleine García** por alegrar mis días con su sonrisa y su ternura, porque llegaste en el momento preciso para darle color a nuestras vidas.

A mis tíos, **Maribel Pinto, Hilda Pinto, María Pinto, Luisa Pinto, Rafael Pérez** y **Pedro Mendoza** que han cuidado de mí y me han visto crecer, por sus consejos y por ayudarme en los momentos en que los necesité.

A mis primos, **Rafael Pérez, Aura Soledad Mendoza, Orbely Lugo, Nathalie Flórez, María Gabriela Flórez, Nayibe Pinto, Ingrid Ortega** y **Leida Ortega**, por ese cariño y ser parte de mi vida y ayudarme. También a mis primitas **Gabriela Riera, Camila Riera** e **Isabella Delgado** por hacerme reír con sus ocurrencias e inocencia y recordarme lo bonito que es la niñez, siempre estarán en mi corazón.

A mis amigos, **Andrés Fernández, Joseline Cáceres, Raima Guedez, Daniel Bolívar, Gabriel García, Cesar Mendoza, Cristóbal Gonzales, Efren Petruccelli, José García, Andrea Guevara, José Luke** y **Augusto Carreño** por brindarme su amistad, su apoyo, por haber compartido alegrías y tristezas durante el transitar por esta vida, a todos ellos gracias.

Y por último y no menos importante a los profesores **Freddy Barragán** y **Giovanni Pizzela** por compartir y enseñarme sus conocimientos necesarios para lograr esta meta.

Para todos ellos mi más profundo agradecimiento.

Alexis Daniel Morales

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE GRÁFICOS.....	xvii
LISTA DE TABLAS.....	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	7
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance.....	9
1.6 Limitaciones y/o Delimitaciones.....	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Teorías Centrales de la investigación.....	14
2.3 Bases Teóricas.....	15
2.3.1 Cocotero.....	15
2.3.2 Coco.....	15
2.3.3 Almendra, pulpa o carne del coco.....	14
2.3.4 Copra.....	16
2.3.5 Aceite de coco.....	16
2.3.6 Tipos de aceite de coco.....	16
2.3.7 Propiedades físicas del aceite de coco.....	17

2.3.8 Propiedades químicas del aceite de coco.....	17
2.3.9 Métodos de extracción de aceite de coco.....	17
2.3.9.1 Proceso de secado.....	18
2.3.9.2 Método de prensado en caliente.....	18
2.3.9.3 Método de prensado en frío.....	19
2.3.9.4 Método de extracción con solventes.....	19
2.4 Bases Legales.....	20
2.5 Definición de Términos.....	21

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Paradigma de la Investigación.....	22
3.2 Tipo de Investigación.....	23
3.3 Diseño de la Investigación.....	23
3.4 Nivel de la Investigación.....	24
3.5 Población y Muestra.....	24
3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	24
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	24
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	25
3.7 Técnicas de análisis de resultados.....	26
3.8 Validez de los instrumentos.....	27
3.9 Fases Metodológicas.....	27
3.10 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	29

IV RESULTADOS

4.1 Fase I: diagnóstico de la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco.....	30
4.1.1 Inspección realizada en la empresa L'olio di coco.	30
4.1.2 Entrevistas realizadas a expertos en el área de la extracción de aceites vegetales.....	35
4.2 Fase II: análisis de las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco.....	39
4.2.1 Cuadro comparativo de las entrevistas realizadas a los expertos.....	39

4.2.2 Matriz FODA aplicada a la situación actual de la empresa L'olio di coco.....	41
4.2.3 Diagrama causa efecto aplicado al problema de baja capacidad de producción de la empresa L'olio di coco.....	42
4.2.4 Diagrama de Pareto aplicado al problema del trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores en la empresa L'olio di coco	42
4.2.5 Método de extracción.....	44
4.2.6 Materia prima.....	44
4.2.7 Temperatura.....	45
4.2.8 Presión.....	45
4.2.9 Tiempo de procesamiento.....	45
4.2.10 Proceso de filtrado.....	46
4.2.11 Mano de obra.....	46
4.2.12 Energía utilizada.	46
4.2.13 Rendimiento de aceite.....	47
4.2.14 Calidad del aceite.....	47
4.3 Fase III: selección de la mejor alternativa de solución para el sistema de extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di Coco.....	48
4.3.1 Posible alternativa de solución 1.....	49
4.3.2 Posible alternativa de solución 2.....	50
4.3.3 Posible alternativa de solución 3.....	51
4.3.4 Selección de la mejor posible alternativa de solución.....	51
4.4 Fase IV: diseño del sistema automatizado para la extracción de aceite de coco seleccionado	55
4.4.1 Diseño mecánico del sistema para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco.....	55
4.4.2 Diseño de la automatización del sistema para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco.....	92
4.5 Fase V: evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica de la propuesta diseñada	102
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES.....	109
REFERENCIAS.....	110

ANEXOS..... 113

LISTA DE CUADROS
DESCRIPCIÓN

CUADRO		pp.
1	Operacionalización de variables.....	29
2	Información sobre la producción actual de la empresa L'olio di coco.....	30
3	Datos sobre el proceso de extracción de aceite actual de la empresa L'olio di coco.....	35
4	Resultados de la entrevista realizada al jefe de producción Adolfo Pandares.....	36
5	Resultados de la entrevista realizada al ingeniero en alimentos Luis Pinto.....	37
6	Resultados de la entrevista realizada al ingeniero mecánico Andrés Fernández.....	38
7	Cuadro comparativo de las entrevistas realizadas a los expertos.....	40
8	Matriz FODA aplicada a la situación actual de la empresa L'olio di coco.....	41
9	Criterios y restricciones para el sistema a diseñar	52
10	Comparación entre las posibles alternativas de solución y las restricciones.	52
11	Ponderación de los criterios.....	53
12	Parámetros de puntuación de los criterios	53
13	Ponderación de soluciones de acuerdo a cada criterio.....	53
14	Ponderación final de soluciones.....	54
15	Propiedades físicas del tornillo sin fin.....	86

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Prensa expulsora de la empresa L'olio di coco.....	4
2	Cocos Nucifera L., y su fruto	15
3	Copra.....	16
4	Aceite de coco.....	16
5	Copra en la empresa L'olio di coco.....	31
6	Máquina ralladora de la empresa L'olio di coco.....	32
7	Prensa expulsora de la empresa L'olio di coco.....	32
8	Zona de entrada de la copra rallada a la cámara de extracción.....	33
9	Tornillo sinfín de la prensa de la empresa L'olio di coco.....	34
10	Interior del cilindro o camisa de la prensa de la empresa L'olio di coco.	34
11	Posible alternativa de solución 1.....	49
12	Posible alternativa de solución 2.....	50
13	Posible alternativa de solución 3.....	51
14	Método de iteraciones en Python para calcular el radio menor de la tolva	59
15	Modelado de la tolva en SolidWorks	60
16	Reductor RG07-211-29.68-B3.....	69
17	Dimensiones del eje 1.....	77
18	Dimensiones del eje 2.....	77
19	Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el eje 1.....	78
20	Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el eje 2.....	78
21	Análisis estático del tornillo sinfín.....	87
22	Mallado de solido del tornillo sinfín.....	88
23	Análisis de deformación del tornillo sinfín.....	89
24	Análisis de tensiones del tornillo sinfín.....	90
25	Modelado del sistema diseñado.....	91
26	Modelado del sistema diseñado, en vista explosionada.....	91
27	Interruptores de paleta giratoria.	92
28	Termocuplas tipo T.....	93

29	Conjunto con las marcas de memoria que serán utilizadas en el programa.....	96
30	Programación del arranque inicial de la máquina.	97
31	Programación del arranque del motor, modo manual y automático.....	97
32	Parte del código para configurar la alarma y sus respectivas señales....	98
33	Pantalla de bienvenida con el logo de la empresa.	99
34	Pantalla de monitoreo de procesos.	100
35	Pantalla de parámetros de temperatura.....	101

LISTA DE GRÁFICOS
DESCRIPCIÓN

GRÁFICO		pp.
1	Diagrama causa efecto aplicado al problema de baja capacidad de producción de la empresa L'olio di coco.....	42
2	Diagrama de Pareto aplicado al problema del trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores en la empresa L'olio di coco	43
3	Velocidad de la máquina.....	65
4	Selección de la sección de correa.....	71
5	Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el eje 1.....	81
6	Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el eje 2.....	82

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Calificación de los operadores de las actividades realizadas manualmente en la empresa L'olio di coco.....	43
2	Coeficientes de resistencia del material transportado.....	61
3	Coeficiente de inclinación de canalón.....	63
4	Factores de servicio para la selección de acoples.....	75
5	Costo de potencia de la máquina.....	103
6	Costo de estructura de prensa expeller.....	104
7	Costo de piezas para transmisión de potencia.....	104
8	Costo de elementos de Prensa.....	104
9	Elementos para la automatización.....	105



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO EN LA EMPRESA L'OLIO DI COCO

Autores:

Carreño Díaz, Augusto Manuel
Morales Pinto, Alexis Daniel

Tutor:

Dr. Fredy Barragán Suescún

Fecha: marzo 2024

RESUMEN

El presente proyecto de trabajo especial de grado titulado "**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO EN LA EMPRESA L'OLIO DI COCO**" se centra en el estudio de los procesos de extracción de aceite de coco y las máquinas utilizadas para este propósito. El objetivo principal es diseñar un sistema automatizado que permita la extracción eficiente y rentable de aceite de coco en la empresa mencionada. La investigación se enmarca bajo el paradigma tecnológico, con un diseño de proyecto factible que incluye la recolección de información documental y de campo, utilizando técnicas como revisión documental, observación directa y entrevistas. Los instrumentos utilizados incluyen un diario de campo, registro fotográfico y guiones de entrevista. El análisis de la información se realizó utilizando herramientas como el cuadro comparativo, el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la matriz FODA. Para la selección de la mejor alternativa de solución del sistema automatizado, se aplicó el método de Vélchez, concluyendo que la prensa expulsora automatizada es la mejor alternativa. Se ha llegado a la conclusión de que, a pesar de que la inversión inicial puede ser sustancial, se proyecta que los beneficios a largo plazo sobrepasarán los costos iniciales, justificando así la decisión de proceder con la ejecución del proyecto.

Descriptor: Sistema automatizado, extracción de aceites vegetales, aceite de coco.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DESIGN OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE EXTRACTION OF COCONUT
OIL IN THE COMPANY L'OLIO DI COCO**

Authors:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

Morales Pinto, Alexis Daniel

Tutor:

Dr. Fredy Barragán Suescún

Date: march 2024

ABSTRACT

The present undergraduate thesis project entitled "DESIGN OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR COCONUT OIL EXTRACTION AT L'OLIO DI COCO COMPANY" focuses on the study of coconut oil extraction processes and the machinery used for this purpose. The main objective is to design an automated system that allows efficient and profitable extraction of coconut oil at the mentioned company. The research is framed under the technological paradigm, with a feasible project design that includes the collection of documentary and field information, using techniques such as documentary review, direct observation, and interviews. The instruments used include a field diary, photographic record, and interview scripts. The analysis of the information was carried out using tools such as the comparative table, Ishikawa diagram, Pareto diagram, and SWOT matrix. For the selection of the best alternative for the automated system solution, the Vílchez method was applied, concluding that the automated expeller press is the best alternative. It has been concluded that, despite the initial investment being substantial, long-term benefits are projected to outweigh initial costs, thus justifying the decision to proceed with the project execution.

keywords: Automated system, vegetable oil extraction, coconut oil.

INTRODUCCIÓN

El aceite de coco es un producto el cual en los últimos años ha experimentado un aumento en su demanda a nivel mundial, esto se debe a que se han realizado estudios que demuestran que su consumo puede tener un impacto positivo en la salud de las personas. Es una realidad, que los seres humanos cada vez se preocupan más por llevar un estilo de vida saludable lo que impulsa la utilización de productos que contribuyan con esto, como el aceite de coco. En este mismo orden y dirección, se tiene que, en Venezuela no existen grandes industrias para producir aceite de coco. Sin embargo, existen emprendedores que han decidido iniciar un negocio en este rubro, al observar el aumento de la demanda de este producto tanto a nivel nacional como internacional, formando empresas para buscar satisfacer la demanda de aceite de coco exigida por la sociedad, este es el caso de la empresa L'olio di coco.

Se debe destacar que, para la extracción de aceite de coco existen varios métodos, los cuales generalmente se clasifican en función del estado de la materia prima y de la temperatura del proceso. En este mismo orden de ideas, se tiene a los métodos de extracción secos y húmedos, dependientes del porcentaje de humedad de la pulpa de coco al momento de la extracción. También, a los métodos de extracción en frío y en caliente, dependientes de la temperatura utilizada durante el proceso de extracción.

Todavía cabe señalar que, existen muchas otras variables importantes para los distintos métodos de extracción de aceite de coco, las cuales afectan el rendimiento del proceso y la calidad del producto obtenido. Por otra parte, La empresa L'olio di coco, para la extracción de aceite de coco, utiliza el método de prensado en frío, el cual consiste en comprimir copra (pulpa de coco seca) en una máquina a temperaturas inferiores de 60°C para extraer el aceite, la máquina utilizada por la empresa es una prensa expulsora.

Hay que destacar también, que los avances de la humanidad en el área de la tecnología han permitido desarrollar procesos de producción automatizados los cuales presentan ventajas como el aumento de la producción, la disminución del riesgo en las plantas de producción y la estandarización de la calidad de los productos producidos. En vista de que existen ciertos problemas de producción en la empresa L'olio di coco, surge el presente trabajo de investigación, el cual se desarrolla a través de cuatro capítulos explicados a continuación.

El Capítulo I, especifica el problema y objetivos de la investigación, así como la formulación, justificación y delimitaciones de la misma. Su objetivo es describir el objeto de estudio.

El Capítulo II, aborda el marco teórico que encierra los antecedentes, los cuales son estudios realizados que guardan estrecha relación con el perfil metodológico del trabajo de investigación. También, se establecen las bases teóricas sobre las cuales se soporta este trabajo y se definen los términos básicos que se manejan para el desarrollo del mismo.

El Capítulo III, explica lo referente al marco metodológico, estableciendo el tipo y diseño de la investigación, definiendo la población y muestra, detallando cada una de las fases, las estrategias utilizadas, así como los recursos con los que se cuenta en cada periodo del desarrollo de las actividades.

El Capítulo IV, presenta los resultados obtenidos al llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

El capítulo V contiene el estudio de la viabilidad técnica, operativa, económica y ambiental del proyecto.

Por último, se encuentran las conclusiones, recomendaciones, anexos y apéndices.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial, la industria alimentaria ha experimentado un aumento en la demanda de productos saludables debido a una mayor conciencia sobre la importancia de una alimentación sana y equilibrada para mantener una buena salud, por ello, muchas personas buscan mejorar su dieta a través de la inclusión de alimentos que contengan nutrientes esenciales, que se complementen entre sí y que ofrezcan beneficios para el organismo. Además, existe una creciente preocupación por los efectos negativos de muchos alimentos procesados y de los aditivos químicos utilizados en estos, lo que ha generado no solo una mayor demanda de alimentos naturales y orgánicos sino también un crecimiento del mercado de productos de esta índole.

A su vez, la demanda mundial de aceite de coco ha aumentado en los últimos años debido, principalmente, a la capacidad que tiene el producto de beneficiar la salud de las personas que lo utilizan y a las múltiples formas en las que puede ser utilizado. En lo que respecta a los beneficios en la salud de las personas, se destaca como evidencia, la capacidad que posee de promover la cetogénesis, la oxidación de grasas, la actividad microbiana beneficiosa, el incremento del colesterol HDL y la disminución del apetito. Por otra parte, con respecto a la versatilidad que presenta al momento de ser utilizado, se tiene que es muy útil en la cocina para preparar una gran variedad de platillos, y también como producto de uso personal para el cuidado de la piel y el cabello, contribuyendo con la salud de los mismos. De hecho, algunas industrias lo aplican en la producción de una gran variedad de productos como cremas hidratantes, exfoliantes, champús, acondicionadores, e incluso se ha probado para producir biodiesel.

Cabe destacar también, que este producto posee un punto de humo (232 °C) el cual es más elevado que el de muchos otros aceites vegetales, por ello, es más estable térmicamente y resistente a la degradación de su estructura al ser calentado. Esta propiedad lo vuelve un producto muy interesante para utilizar al cocinar debido a que puede ser calentado a temperaturas mayores que algunos otros aceites utilizados en el área culinaria y aun así conservar las moléculas que le atribuyen sus características saludables.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, resulta evidente el crecimiento del mercado mundial de aceite de coco. Según el Observatorio de la Complejidad Económica entre 2020 y 2021 las exportaciones de este producto crecieron en un 53,50 % desde 5.240.000.000

\$ a 8.040.000.000 \$, dando cabida a que en el año 2021 fuera el producto número 412 más comercializado en el mundo, representando un 0,038 % del total de comercio mundial, y siendo los principales exportadores: Indonesia (3.010.000.000 \$), Filipinas (1.550.000.000 \$), Malasia (1.540.000.000 \$), Países Bajos (473.000.000 \$) y Tailandia (236.000.000 \$), mientras que los principales importadores fueron Estados Unidos (1.120.000.000 \$), Países Bajos (1.120.000.000 \$), China (1.110.000.000 \$), Malasia (722.000.000 \$) y Alemania (572.000.000 \$).

Con respecto al mercado internacional de aceite de coco en Venezuela, el Observatorio de la Complejidad Económica afirma que en 2021 se exportaron 2.790.000 \$ de este producto, convirtiendo al país en el exportador número 47 de aceite de coco en el mundo y al aceite de coco en el producto número 57 más exportado en Venezuela, siendo el principal destino de estas exportaciones Colombia (2.790.000 \$), señalando que este mercado de exportación es el de más rápido crecimiento. Ese mismo año Venezuela importó 81.600 \$, convirtiendo al país en el importador número 157 de Aceite de coco en el mundo y al aceite de coco en el producto número 795 más importado en Venezuela, siendo las principales fuentes de importaciones Guayana (56.600 \$) y Sri Lanka (25.000 \$).

Se debe agregar que, la producción de aceite de coco en Venezuela se encuentra limitada debido principalmente a la escasa inversión en la industria del coco, la falta de tecnología adecuada para el procesamiento del coco, la falta de capacitación y conocimiento sobre el cultivo y procesamiento del coco y a problemas políticos y económicos, los cuales afectan la producción, distribución y comercialización del coco y sus derivados. Se debe añadir también, como factor limitante de la producción de aceite de coco en Venezuela, a la competencia extranjera, ya que muchos consumidores de aceite de coco prefieren comprar marcas extranjeras debido a su calidad, precio y disponibilidad.

En contraste a lo anteriormente descrito, la demanda de este producto es cada vez mayor, no solo en el mundo sino también en Venezuela, razón por la cual ciertos emprendedores venezolanos han observado una oportunidad de negocio en este rubro, lo que los ha llevado a incursionar en él, creando empresas con el objetivo de ofrecer a la población un producto de calidad, para competir e intentar consolidarse en el mercado nacional e incluso en el internacional. Un modelo de esto es la empresa L'olio di coco, la cual inició sus actividades en el año 2022 y se encuentra ubicada en San Diego, Carabobo, Venezuela. El objetivo de esta empresa es lograr consolidarse en el mercado nacional a través de la oferta de aceite de coco con la mejor relación posible entre la calidad y el precio para que sus clientes puedan beneficiarse de los atributos de dicho producto.

Por otra parte para lograr su objetivo, la empresa L'olio di coco cuenta con una pequeña planta de procesamiento que está conformada por un almacén para la materia prima, una báscula, una máquina ralladora, una prensa expulsora (tipo expeller) la cual se puede ver en la figura 1, múltiples recipientes de plástico para el almacenamiento, no solo del aceite sino también de la materia prima en sus distintas etapas, botellas plásticas y de vidrio de distintos tamaños para el embotellado del aceite de coco en las distintas presentaciones que ofrecen al mercado, algunos productos de limpieza, algunas herramientas de corte y el personal.



Figura 1. Sistema de extracción de aceite de la empresa L'olio di coco

Fuente: Carreño y Morales (2024)

Es mandatorio destacar también que la materia prima utilizada es la copra (pulpa de coco seca) y que el proceso de transformación de la misma en aceite de coco se realiza en diversos pasos: en primer lugar, la copra es recibida, pesada y almacenada; en segundo lugar, se separa manualmente la copra según su calidad, la cual se determina a través de una inspección visual del personal; en tercer lugar, se determina si se va a extraer aceite de la copra de buena calidad (el cual es comestible) o de la copra de menor calidad (que se utiliza para el cabello o la piel); en cuarto lugar, la copra seleccionada es rallada y almacenada en recipientes plásticos; en quinto lugar, la copra rallada es introducida en la tolva y presionada con una prensa manual tipo palanca hacia el cilindro de la prensa expulsora; en sexto lugar, la copra es

extruida en la prensa expulsora para obtener aceite de coco y la torta de coco (residuo de la extracción); en séptimo lugar, el aceite es almacenado en recipientes plásticos; por último, el aceite es envasado en sus distintas presentaciones para su posterior comercialización.

Teniendo en cuenta que el aceite de coco virgen es el tipo de aceite de coco que posee la mayor cantidad de propiedades beneficiosas para la salud, resulta evidente que este haya sido el seleccionado por la empresa L'olio di coco para ofrecer en el mercado. De igual modo, su planta de procesamiento fue establecida con el objetivo de producir este tipo de aceite, es por esto que, el método de extracción que se utiliza en dicha planta de procesamiento es el prensado en frío (proceso llevado a cabo a baja temperatura para preservar las propiedades naturales del aceite). Aunque, existen otros métodos de extracción que generan como producto final aceite de coco virgen.

Hay que tener presente que, actualmente existen ciertos problemas en la empresa L'olio di coco referente, al proceso de producción de aceite de coco, los cuales no le permiten a la misma cumplir con sus objetivos de la manera deseada. Precisando de manera inmediata, estos problemas son: la baja capacidad de producción y el trabajo repetitivo, pesado y peligroso realizado por el personal. Cabe destacar que los problemas anteriormente mencionados se encuentran relacionados entre sí y que a continuación, se profundiza en los mismos.

Primeramente, está la baja capacidad de producción que tiene la empresa L'olio di coco, situación que no permite el desarrollo de la empresa. La cantidad de aceite que se extrae está por debajo de lo esperado por la empresa, por ello, los ingresos obtenidos de las ventas de aceite son menos de lo planeado. También, se genera una pérdida de clientes debido a que la empresa no puede cumplir con la demanda actual del mercado. Este problema puede tener graves consecuencias a largo plazo.

Luego, se tiene que el trabajo realizado por los operadores es pesado, repetitivo y peligroso. En lo referente al trabajo pesado, el personal debe aplicar fuerza sobre la prensa manual tipo palanca lo que implica un esfuerzo físico considerable, condición que puede generar fatiga muscular, lesiones a corto plazo y enfermedades a largo plazo, como problemas de espalda y articulaciones. Por otro lado, el trabajo es repetitivo debido a que el personal debe surtir y presionar con la prensa manual tipo palanca a la copra rallada en la entrada de la prensa expulsora constantemente lo que puede provocar aburrimiento, desgano y baja motivación en el trabajo. Con respecto al trabajo peligroso, la dificultad de la entrada de la copra rallada en el cilindro de la prensa expulsora, ocasiona que en ciertos momentos la materia prima se comprima en dicho lugar, situación que genera que los operadores la descompriman

removiéndola con cuchillos, lo que puede ocasionar accidentes, daños a la máquina e incluso perjudicar la salud del operador.

1.2 Formulación del Problema

En función a los problemas descritos en los párrafos anteriores, surge la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede mejorar el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di coco.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di Coco.
- Analizar las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco.
- Seleccionar la mejor alternativa de solución para el sistema de extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di Coco.
- Diseñar el sistema automatizado para la extracción de aceite de coco seleccionado.
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica de la propuesta diseñada.

1.4 Justificación

El aceite de coco ha sido utilizado durante siglos en diversas culturas por sus propiedades beneficiosas para la salud y la belleza. Sin embargo, su popularidad ha experimentado un aumento significativo en las últimas décadas. Como consecuencia de esto, se crea la empresa L'olio di coco, pero, en su primer año de actividad surgen algunos problemas relacionados con el proceso de extracción de aceite. En este sentido, el diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco es necesario, así, la empresa tiene una posible solución a sus problemas, dicho sistema va a permitir mejorar la capacidad de producción y la eficiencia del proceso, además, va a permitir reducir el tiempo de procesamiento y eliminar el trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores.

Desde el punto de vista investigativo, ofrecer una alternativa de solución a través del diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco para la empresa L'olio

di coco, dando a conocer las variables que intervienen en el proceso y como se relacionan entre sí, permite mejorar el conocimiento sobre este ámbito y sirve de fuente de información para todos los interesados en el proceso de extracción de aceite de coco. Además, permite el desarrollo tecnológico y el aumento de la industrialización en el país.

Desde la perspectiva social, se busca beneficiar a las comunidades que dependen de la producción de coco como fuente de ingresos, al aumentar la capacidad y la eficiencia de producción de la empresa L'olio di coco se puede ayudar a generar más empleos y mejorar los ingresos para los agricultores y trabajadores de las costas de Venezuela. Además, eliminar el trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores puede tener un impacto positivo en su salud y les brinda tiempo que pueden utilizar para realizar otras actividades.

Desde la perspectiva económica, el diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di coco puede ayudar a aumentar los ingresos y reducir los costos de la empresa, lo que genera una mayor rentabilidad. También, al aumentar la capacidad de producción se puede llegar a más personas, generando una mayor conciencia en la población sobre la comercialización de aceite de coco por parte de empresas locales.

En cuanto al aspecto académico, este estudio permite a los investigadores aplicar los conocimientos brindados por los excelentes profesores de la Universidad José Antonio Páez, adquiridos sobre las diferentes áreas de estudio que se ofrecen en la carrera Ingeniería Mecánica, además, contribuye al avance de la investigación en la producción de aceite de coco y en la implementación de sistemas automatizados en la industria alimentaria, por lo que va a permitir poner en práctica las habilidades en el uso de técnicas para el diseño de cualquier maquinaria que ofrezca la solución a problemas de ingeniería.

Desde el punto de vista metodológico, todo estudiante debe desarrollar aptitudes investigativas, pues a través del desarrollo de un estudio de investigación puede transformar la realidad y con ello contribuir al desarrollo humano y mejorar la calidad de vida de la población, el diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di coco requiere de una investigación exhaustiva sobre los procesos de extracción de aceite de coco por lo que la investigación que se realiza se traduce en un medio valioso y significativo para lograr cualquier transformación en el ámbito profesional.

En última instancia, el diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco no solo va a respaldar los objetivos de crecimiento, competitividad y eficiencia del proceso de extracción de la empresa, sino que también servirá

como un ejemplo para otras pequeñas empresas en la industria que buscan modernizar sus operaciones para enfrentar los desafíos del mercado actual.

1.5 Alcance

El alcance del presente trabajo de investigación se ajusta al diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di coco, el cual debe ser capaz de realizar la extracción del aceite de coco preservando la mayor cantidad posible de sus atributos naturales y propiedades organolépticas de manera eficiente.

1.6 Limitaciones y/o Delimitaciones

La limitación que se puede presentar durante el desarrollo del presente trabajo de investigación es: el tiempo disponible el cual consta de 32 semanas académicas lo que puede ser insuficiente para cubrir todos los aspectos necesarios para diseñar un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para comenzar con el marco teórico, se define al mismo como el conjunto de teorías y conceptos interrelacionados y organizados sistemáticamente con el fin de contextualizar el tema a tratar y, además, establecer las bases teóricas y legales que permiten el desarrollo de la investigación a realizar. Para Bavaresco, A., el marco teórico “representa el soporte inicial de la investigación” (2013, p. 51). Su propósito según Sabino, C., es “dar a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema” (1992, p. 64).

En este orden de ideas, Hernández, Fernández y Baptista, afirman que “es recomendable revisar lo que se ha hecho antes. Esto ayudará a concebir un estudio mejor y más completo” (2010, p. 65). También, concluyen que:

Un buen marco teórico no es aquel que contiene muchas páginas, sino que trata con profundidad únicamente los aspectos relacionados con el problema, y que vincula de manera lógica y coherente los conceptos y las proposiciones existentes en estudios anteriores (2010, p. 66).

2.1 Antecedentes

En este marco, los antecedentes son una recopilación de los estudios y trabajos de investigación que se han realizado previamente y están relacionados con el problema a tratar. Respecto a los mismos, Tamayo y Tamayo, M., afirma que “todo hecho anterior a la formulación del problema que sirve para aclarar, juzgar e interpretar el problema planteado, constituye los antecedentes del problema” (2003, p. 146). Es cierto que, una correcta revisión de los antecedentes permite establecer la evolución del conocimiento al estudiar los postulados de otros autores referentes al problema que se investiga, en este sentido, Bavaresco, A., dice que “los acervos documentales o bibliográficos constituirán los antecedentes al problema en estudio, lo que representará el soporte que permitirá estar bien informado” (2013, p. 55). Por lo tanto, para el desarrollo del presente trabajo se estudiaron distintos trabajos de investigación, relacionados con el problema en estudio en donde se pueden mencionar a:

Leonardo Y., y Veliz A. (2022), presentaron ante la Universidad Peruana Los Andes la tesis titulada “**Efecto del prensado en frío y extracción termomecánica sobre las propiedades fisicoquímica del aceite de copra de Cocos nucifera “COCO”**” para optar por el título profesional de químico farmacéutico, este estudio evaluó el efecto de los métodos de prensado en frío y extracción termo mecánica sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido de copra de cocos nucifera “coco”.

El aceite virgen obtenido por extracción termo mecánica, presentó las siguientes características fisicoquímicas: 0,117% ácidos grasos libres, 0,312 (*mg KOH/g aceite*) índice de acidez, 0,235 (*meq O₂/kg*) índice de peróxido, yodo número 5.803, índice de saponificación 264.77 (*mg KOH/g de aceite*), índice de refracción 1.44 a 20°C, humedad 0,219%, densidad 0,99(*g/cc*) a 20°C. Mientras que, las propiedades fisicoquímicas para el aceite obtenido por extracción por prensado en frío fueron: 3.33% ácidos grasos libres, 0,06 (*mg KOH/g aceite*) índice de acidez, 0,44 (*meq O₂/kg de aceite*) índice de peróxido, yodo número 4.81, índice de saponificación 252.69 (*mg KOH/g de aceite*), índice de refracción 1.44 a 20°C, humedad 0,09%, densidad 0,98(*g/cc*) a 20°C. Por otro lado, el rendimiento de extracción del aceite obtenido por termo mecánica resultó un valor de 28.347%, este valor fue mayor al que se obtuvo por el método de extracción por prensado en frío teniendo este un valor de 18.388%.

Debido a esto, se concluyó que existen diferencias en las características del producto final en función del tipo de extracción de aceite realizado y que la extracción termo mecánica del aceite de copra de coco representa una buena alternativa tecnológica para el sector agroindustrial de este cultivo, ya que es un proceso simple y asequible que brinda un producto final con una excelente calidad y alto potencial agrícola. Todo lo anterior es información valiosa para el presente trabajo de investigación.

De igual forma, Siancas, J. (2022), realizó un trabajo de investigación titulado **“Elaboración de un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso comestible”**. Este trabajo de investigación fue realizado como requisito para optar por el título profesional de ingeniero industrial en la Universidad César Vallejo de Piura, Perú. Para lograr su objetivo, se elaboró 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 cálculo 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.

Este proyecto surge buscando una alternativa para el manejo, control y reducción de la pepa de mango, 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 jabones corporales, cosméticos o como ingrediente en postres dándole valor agregado que pueden ser

comercializados por los pobladores generando nuevas fuentes de ingresos económicos. En el trabajo se encuentra el proceso de diseño de una prensa expulsora.

De manera similar, López J. (2021), dio a conocer el trabajo final de grado titulado **“Diseño de un sistema de extracción de aceite de cáñamo para su uso en la industria farmacéutica y cosmética”** ante la Universidad Politécnica de Valencia para optar al grado en ingeniería química, el objetivo de dicho trabajo fue diseñar un proceso industrial eficiente, dentro del marco legal europeo, para producir aceite procedente del cáñamo con alto contenido en cannabiodil para la posterior venta al por mayor a diferentes industrias como la farmacéutica o cosmética.

En ese sentido, la investigación realizada por López, J. (2021), al utilizar como materia prima el cáñamo, brinda al presente trabajo de investigación una perspectiva más amplia en cuanto a los distintos procesos de extracción de aceites vegetales debido a que exhibe distintos métodos que se suelen utilizar para dicha materia prima los cuales resultan interesantes de analizar y pueden servir como base para generar ideas alternativas en cuanto al proceso de extracción de aceite de coco, además muestra cómo se diseñó la instalación y como son las leyes europeas relacionadas al diseño de este tipo de procesos industriales.

Igualmente, se encuentra la tesis realizada por Conde, J. (2019), la cual lleva por título **“Desarrollo de un sistema automatizado mediante un controlador lógico programable para mejorar el prensado y decantado de la extracción de aceite de oliva en la planta aceitunas de ILO SA”** y fue presentada ante la Universidad Privada de Tacna para optar al título profesional de ingeniero electrónico. El método utilizado para lograr dicho objetivo fue el siguiente: primeramente, se visitó la planta para observar el funcionamiento de la empresa; luego, se procedió a crear el código para automatizar el proceso de prensado y decantado de la extracción de aceite de oliva en lenguaje ladder, enlazando un PLC emulado dentro de una máquina virtual por medio de programas de comunicación y programación propios del fabricante RSLogix; finalmente, se realizaron las pruebas para ver el funcionamiento del sistema automatizado.

Este estudio concluyó que automatizar el proceso en la empresa aceitunas de ILO SA mediante la implementación de un PLC y demás dispositivos sensoriales mejorará la producción y la calidad del producto, evitando errores humanos y/o accidentes que pudieran suceder en la planta aceitunas de ilo SA. Además, concluye que al programar con el software RSLogix 5000 y el software factory yalk view se logrará una mejora del control del proceso y una rápida adaptación del operador y que con el uso de estos programas se obtendrá la información en tiempo real sobre el avance del proceso. También, generará una reducción en

la cantidad de operadores, de emplear 5 personas para realizar las tareas de prensado y decantado ahora solo se contará con un operador el cual se encargará de interactuar de acuerdo a los datos mostrados en el HMI.

Todo lo anterior, sustenta y contextualiza el presente trabajo de investigación, ya que exhibe meticulosamente como es el desarrollo de un sistema automatizado mediante un controlador lógico programable, sirviendo como ejemplo para la toma de decisiones acertadas durante el proceso de desarrollar un sistema automatizado similar. Además, muestra los efectos que tiene la aplicación de dicho sistema en el proceso de producción, destacando los beneficios de automatizar.

Por otra parte, Noli, A., y Chamorro, C. (2019), dieron a conocer el trabajo de investigación titulado **“Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de aceite de coco”** para optar por el título profesional de ingeniero industrial ante la Universidad de Lima, a su vez, el objetivo de dicha investigación fue determinar la viabilidad técnica, económica, social, de mercado y financiera para la instalación de una planta productora de aceite de coco apto para uso alimenticio. Para cumplir su objetivo; en primer lugar, se realizó un estudio de mercado donde se determinó la demanda del proyecto y se estableció el mercado meta; en segundo lugar, se analizó dónde se ubicaría la planta de producción mediante el método ranking de factores; en tercer lugar, se seleccionó el tamaño de planta.

En cuarto lugar, se definió técnicamente al producto, se describió la tecnología existente para el proceso de producción, se detallaron las máquinas y equipos a utilizar, se analizó la inocuidad del producto mediante una matriz HACCP, se estudió el impacto ambiental mediante una matriz EIA, se evaluó la seguridad y salud ocupacional mediante una matriz IPER y se definió el sistema de mantenimiento; en quinto lugar, se explicó la formación organizacional, el perfil del personal y se realizó un organigrama que ubica de forma visual a los trabajadores de la planta; en sexto lugar, se determinó la inversión requerida para implementar el proyecto; en séptimo lugar, se realizó la evaluación económica del proyecto utilizando las herramientas brindadas por la ingeniería económica; en octavo lugar, se determinó el impacto social del proyecto en la zona del mercado meta y la de proveedores mediante indicadores sociales.

Todo lo anterior demuestra la importancia de los múltiples aspectos técnicos, económicos, sociales, de mercado y financieros que se tienen que considerar al realizar la instalación de una planta productora de aceite de coco, de existir carencias en algunos de estos factores puede que el proyecto que se lleva a cabo no sea viable. También, exhibe múltiples

técnicas y herramientas que ayudan a estudiar la viabilidad de cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

2.2 Teorías Centrales de la Investigación

Según oxford languages una teoría es un “conjunto organizado de ideas que explican un fenómeno, deducidas a partir de la observación, la experiencia o el razonamiento lógico”. En relación con la labor investigativa, estas teorías son las bases conceptuales que se utilizan para entender el fenómeno que se está investigando, indiscutiblemente, deben ser coherentes y estar bien fundamentada. Para el presente trabajo de investigación las teorías centrales son: la teoría ambientalista, la teoría de la energía de Von Mises y la teoría de control.

2.2.1 Teoría ambientalista

El ambientalismo es una corriente de pensamiento que busca proteger el medio ambiente y los recursos naturales, considera que el entorno natural tiene un valor intrínseco y debe ser cuidado, independientemente de su utilidad para el ser humano. En este sentido, se busca generar una solución al problema planteado que minimice su impacto ambiental. Es decir, que sea sostenible y respetuosa con el medio ambiente, utilizando recursos naturales de forma responsable y minimizando la huella de carbono.

2.2.2 Teoría de Von Mises

La teoría central de Von Mises, también conocida como Criterio de Von Mises, es una herramienta fundamental en la mecánica de materiales para determinar cuándo un material comenzará a deformarse de forma permanente (fluencia) bajo la acción de fuerzas multiaxiales. En esencia, establece que la deformación plástica se produce cuando la energía de distorsión acumulada en el material alcanza un valor crítico. Dicho valor es una propiedad del material y se conoce como límite de fluencia o resistencia a la fluencia. Esta teoría se utiliza ampliamente en el diseño de estructuras y componentes para garantizar que los materiales empleados no se deformen plásticamente bajo las condiciones de carga esperadas.

2.2.3 Teoría de control

La Teoría de Control se erige como una disciplina fundamental en la ingeniería, abarcando un conjunto de principios y técnicas para analizar y diseñar sistemas dinámicos. Su objetivo principal reside en la regulación y el control del comportamiento de dichos sistemas, con el fin de alcanzar objetivos específicos de manera eficiente y precisa. Esta área del conocimiento se caracteriza por su enfoque holístico, considerando el sistema como un todo, incluyendo sus componentes, interconexiones y el entorno en el que opera. A partir de este análisis integral, esta teoría busca comprender la dinámica del sistema y desarrollar estrategias para manipular sus variables de entrada y así obtener la respuesta deseada.

2.3 Bases Teóricas

Refiriéndose a este apartado, Arias, F., dice que “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado para sustentar o explicar el problema planteado” (2016, p. 107) y que “esta sección puede dividirse en función de los contenidos que integran la temática tratada o de los variables que serán analizadas” (2016, p. 107). Por ello, los siguientes conceptos propuestos son fundamentales para respaldar y simplificar la comprensión de la investigación a medida que se va desarrollando.

2.3.1 Cocotero

Con respecto a la palma de coco, Pradeepkumar, T., Sumajyothibhaskar, B., y Satheesan, K., dicen que “el cocotero (*Cocos nucifera*) pertenece a la familia arecaceae y es una palmera alta típica de zonas tropicales y subtropicales, que crece hasta 30 m y produce hasta 75 frutos al año con prácticas y condiciones de cultivo adecuadas” (2008, p. 539-587).

2.3.2 Coco

El nombre que recibe el fruto del cocotero es coco, este está compuesto por una cáscara dura, una capa fibrosa y una pulpa blanca comestible. En relación con este último, Pradeepkumar, T., Sumajyothibhaskar, B., y Satheesan, K., explican que “botánicamente, el fruto del cocotero se considera una drupa, en la que el exocarpio y el endocarpio rodean una única cáscara de endocarpio endurecido que contiene una almendra en su interior” (2008, p. 539-587). A continuación, en la figura 2 se pueden observar el cocotero y su fruto el coco.



Figura 2. *Cocos Nucifera* L., y su fruto.

Fuente: Leonardo, Y., y Veliz, A. (2022).

2.3.3 Almendra, pulpa o carne del coco

La almendra, pulpa o carne del coco es la parte blanca y carnosa que se encuentra en el interior del coco, es comestible y tiene un sabor dulce y suave. Con respecto a esta, Canapi, E., Agustín, Y., Moro, E., Pedrosa Jr., E., Bedaño, M., afirman que “la almendra también se conoce como la "carne" del coco” y que “genera la mayoría de los productos como la leche, el aceite y el coco seco, entre otros” (2005, p. 123–147).

2.3.4 Copra

La copra es la pulpa seca del coco, en este sentido, Canapi, E., Agustín, Y., Moro, E., Pedrosa Jr., E., Bedaño, M., declaran que “La almendra tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 50% y con frecuencia se seca hasta un contenido de humedad del 6%-8% con fines de extracción de aceite, denominándose copra a la almendra seca” (2005, p. 123–147). En la figura 3 que se puede observar a continuación, se muestra la copra.



Figura 3. Copra.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

2.3.5 Aceite de coco

El aceite de coco es un aceite vegetal extraído de la pulpa del coco. A continuación, en la figura 4 se puede ver una botella con aceite de coco.



Figura 4. Aceite de coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

2.3.6 Tipos de aceite de coco

El aceite de coco se presenta en una variedad de tipos que se diferencian en su procesamiento, sabor, aroma y propiedades. Sin embargo, desde un punto de vista general se pueden reducir a dos tipos, Marina, A., Che Man, Y., y Amin, I., afirman lo siguiente:

Existen básicamente dos tipos de aceite de coco (CO por sus siglas en inglés); el refinado, blanqueado y desodorizado (RBDCO por sus siglas en inglés) y el virgen (VCO por sus siglas en inglés). Tanto el RBDCO como el VCO tienen un perfil similar de ácidos grasos y triglicéridos. Por otro lado, el aceite de coco virgen presenta un mayor contenido de compuestos bioactivos como la vitamina E, los esteroides y los polifenoles, ya que el refinado elimina una parte de estos compuestos. (2009, p. 481-487).

2.3.7 Propiedades físicas del aceite de coco

El departamento de agricultura de los estados unidos manifiesta que “el aceite de coco es un líquido incoloro a una temperatura de 30 °C o superior” y que “se solidifica a una temperatura de 25 °C” volviéndose de color blanco. También, explican que “sin refinar alcanza su punto de humeo a una temperatura de 170 °C, mientras que el aceite de coco refinado lo hace a 232 °C” (2019).

Por otra parte, Nagdeve, M., afirma que “el aceite de coco tiene una densidad de 924,27 kg/m^3 ” (2020). En lo referente al comportamiento del aceite de coco como fluido, Marina, A., Che Man, Y., y Amin, I., comentan que “el aceite de coco muestra el comportamiento de flujo de los verdaderos líquidos newtonianos” y que “cuando se acerca al punto de fusión del aceite de coco, puede producirse un comportamiento no newtoniano debido a la presencia de cristales de grasa” (2009, p. 481-487).

2.3.8 Propiedades químicas del aceite de coco

Químicamente, el aceite de coco se compone principalmente de ácidos grasos saturados, con un alto contenido de ácido láurico, ácido mirístico, ácido caprílico y ácido cáprico. En este sentido, el departamento de agricultura de los estados unidos afirma lo siguiente:

En una muestra de 100 g, hay 41,84 g de ácido graso saturado C12 (láurico), 16,65 g de ácido graso saturado C14 (mirístico), 8,64 g de ácido graso saturado C16 (palmítico), 6,80 g de ácido graso saturado C8 (caprílico) y 2,52 g de ácido graso saturado C18 (esteárico) (2019).

2.3.9 Métodos de extracción de aceite de coco

En la actualidad existen muchos métodos para extraer aceite de coco. En este sentido, Seneviratne, K., Hapuarachchi, C., & Ekanayake, S., dicen que “se han desarrollado varios métodos para extraer el aceite de coco, los cuales incluyen técnicas en caliente y en frío, así como métodos secos y húmedos. Además, algunos métodos también incluyen el empleo de disolventes orgánicos” y que “el método más común consiste en extraer el aceite a partir de la copra por expresión de la misma” (2009, p 1444-1449).

Con referencia a lo anterior, el proceso de extracción de aceite de coco desde el punto de vista de la naturaleza de la materia prima puede realizarse de dos maneras: mediante el

proceso seco que utiliza la copra o mediante el proceso húmedo que emplea la pulpa de coco fresca. A causa de que la materia prima utilizada en la empresa L'olio di coco es la copra, a continuación, se profundiza sobre el proceso de secado y los principales métodos de extracción secos los cuales son: el prensado en frío, prensado en caliente y la extracción con solventes.

2.3.9.1 Proceso de secado

El proceso de secado de la pulpa de coco para obtener copra implica la extracción, lavado y corte de la pulpa, seguido de su secado al sol o de forma artificial. En este orden de ideas se puede citar a Seneviratne K., y Jayathilaka N., quienes afirman que “el primer paso de la extracción en seco del aceite de coco es el secado de la almendra de coco” y que “normalmente, la almendra de coco fresca contiene aproximadamente un 50% de agua, un 34% de aceite, un 7,3% de carbohidratos, un 3,5% de proteínas, un 3,0% de fibra y un 2,2% de cenizas”. También, añaden que “el contenido de agua en la almendra de coco debe reducirse del 50% a aproximadamente el 6% durante el proceso de secado para la extracción de aceite por prensado” (2015, p. 104).

2.3.9.2 Método de prensado en caliente

En este método, la copra se encuentra a alta temperatura durante el prensado. Con respecto a este proceso a nivel industrial, Seneviratne K., y Jayathilaka N., comentan lo siguiente:

La copra se prensa en grandes prensas expulsoras que generan calor y presión. El aceite de coco crudo resultante es marrón y de aspecto turbio. Este aceite puede purificarse aún más filtrándolo y refinándolo para eliminar los ácidos grasos libres (un producto de descomposición del aceite), cualquier resto de humedad y cualquier mal sabor u olor. El aceite de coco elaborado de esta manera es el menos caro de todos los aceites de coco, que se utiliza en preparaciones alimenticias (2015, p.107).

El proceso de prensado en caliente implica los siguientes pasos:

1. Preparación de la copra: La pulpa del coco se seca para obtener copra. El secado se puede realizar al sol o en hornos
2. Molienda: La copra se muele o tritura hasta obtener una textura fina.
3. Prensado: La copra molida se coloca en una prensa y se calienta a una temperatura de entre 70°C y 90°C. La presión y el calor trabajan juntos para extraer el aceite de la copra.
4. Separación: El aceite se separa de la torta de coco (residuo sólido) mediante centrifugación o filtración.
5. Refinación: El aceite crudo puede ser refinado para eliminar impurezas, olores y sabores no deseados.

2.3.9.3 Método de prensado en frío

En este método, la copra es prensada mecánicamente a baja temperatura. Sobre esta técnica, Seneviratne K., y Jayathilaka N., dicen lo siguiente:

El prensado también se utiliza para producir aceite de coco virgen en el proceso de extracción en seco. La copra utilizada en la extracción de aceite de coco virgen debe ser de alta calidad y estar libre de contaminaciones fúngicas. Se pueden utilizar secadores especiales para preparar la copra con este fin y la parte marrón de la copra no se utiliza para preparar aceite de coco virgen mediante el prensado de la copra. En este caso, el prensado puede considerarse un prensado en frío, ya que la temperatura está controlada (2015, p.107).

El proceso del prensado en frío se compone de los siguientes pasos:

1. Preparación de la copra: La pulpa del coco se seca para obtener copra. El secado se puede realizar al sol o en hornos a baja temperatura (máximo 40°C).
2. Molienda: La copra se muele o tritura hasta obtener una textura fina.
3. Prensado: La copra molida se coloca en una prensa mecánica y se prensa a baja temperatura (entre 20°C y 40°C). La presión separa el aceite de la copra.
4. Separación: El aceite se separa de la torta de coco (residuo sólido) mediante decantación o filtración.

2.3.9.4 Método de extracción con solventes

En este método la copra se tritura y se trata con solvente el cual disuelve el aceite y luego se elimina mediante evaporación, dejando el aceite de coco. Con respecto al solvente, Seneviratne K., y Jayathilaka N., comentan que “el n-hexano se considera el disolvente más eficaz para la extracción de aceite” y que “la extracción con disolventes deja bajos niveles de residuos de disolvente en el aceite, que es seguro pero indeseable para fines alimentarios” (2015, p.107).

En lo referente al método, afirman que “durante la extracción, el aceite de la copra se lixivia con el disolvente y la harina de copra insoluble se mantiene inalterada” y que “La extracción de aceite mediante disolventes es más adecuada para las semillas oleaginosas que contienen cantidades relativamente bajas de aceite. Dado que la copra contiene aproximadamente un 70% de aceite, la extracción mecánica por prensado es más eficaz y económica”. Además, dicen que “varias etapas de alta temperatura en el proceso de extracción con disolvente pueden degradar térmicamente el aceite en un grado muy pequeño y también permanecerán en el aceite concentraciones de disolvente de 500-1000 ppm después de la purificación” (2015, p107).

El proceso se compone de las siguientes etapas:

1. Preparación de la copra: La pulpa del coco se seca para obtener copra. El secado se puede realizar al sol o en hornos.
2. Molienda: La copra se muele o tritura hasta obtener una textura fina.
3. Extracción: La copra se coloca en un extractor y se mezcla con el solvente. El solvente disuelve el aceite y lo separa de la copra.
4. Separación: La mezcla de aceite y solvente se separa por centrifugación o decantación.
5. Evaporación: El solvente se evapora del aceite a baja temperatura, dejando el aceite puro.
6. Refinación: El aceite crudo puede ser refinado para eliminar impurezas, olores y sabores no deseados.

2.4 Bases Legales

Las bases legales se refieren a las normas, leyes y regulaciones que rigen el desarrollo de una investigación científica y establecen los requisitos éticos y legales que deben cumplirse. Algunas normas que se deben cumplir durante el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: establece los principios fundamentales que rigen el Estado venezolano, incluyendo la protección del medio ambiente, el desarrollo económico y social, y la propiedad intelectual.
- Ley Orgánica del Ambiente: esta ley es aplicable a todas las actividades que puedan tener un impacto ambiental, incluyendo el diseño y la operación de sistemas industriales.
- Normas COVENIN: son normas técnicas venezolanas que establecen requisitos de calidad para productos y procesos. Para el presente trabajo de investigación las normas COVENIN 2269:2003, la COVENIN 4001:2004, la COVENIN 3546:1999 y la COVENIN ISO 14001:2015 son muy importantes.
- El Codex Alimentarius: es una colección de normas alimentarias internacionales adoptadas por la Comisión del Codex Alimentarius (CAC), un organismo intergubernamental creado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). De este libro, para la presente labor investigativa la norma CODEX STAN 212-1997 destaca.

- Las normas ISO (International Organization for Standardization): son un conjunto de estándares internacionales que establecen requisitos para la gestión de la calidad, la seguridad ambiental, la seguridad alimentaria, la seguridad industrial y otros aspectos de la gestión empresarial. De las normas ISO para la presente investigación las normas ISO 12100:2010 y la ISO 14121-1:2007 se tienen en consideración.

2.5 Definición de términos básicos

Automatización: se refiere al uso de tecnología para realizar tareas sin la intervención humana. Puede implicar la utilización de maquinaria, software o sistemas para automatizar procesos y mejorar la eficiencia.

Cámara de extracción: zona donde se separa el aceite de la torta de residuo.

Molienda: es un proceso de reducción de tamaño que se utiliza en la industria para triturar, moler o pulverizar materiales sólidos en partículas más pequeñas.

n-hexano: es un líquido incoloro, altamente inflamable y con un olor ligeramente desagradable.

PLC: son las siglas de "Programmable Logic Controller" o "Controlador Lógico Programable". Es un dispositivo electrónico programable utilizado en la automatización industrial para controlar y supervisar procesos.

Prensa hidráulica: es una máquina que utiliza la fuerza generada por un sistema hidráulico para comprimir o deformar materiales. Consiste en un cilindro hidráulico que ejerce presión sobre un pistón, el cual transmite esa presión a través de un fluido hidráulico hacia un émbolo que aplica la fuerza sobre el material a ser prensado.

Prensa de tornillo: es un tipo de máquina que utiliza un tornillo sin fin para aplicar presión y comprimir materiales. El tornillo gira dentro de un cilindro, empujando el material hacia adelante y comprimiéndolo.

Prensa expeller: es un tipo específico de prensa de tornillo diseñada para la extracción de aceites vegetales a partir de semillas oleaginosas.

Programación: Es el proceso de escribir código para crear software o sistemas informáticos. Los lenguajes de programación se utilizan para crear instrucciones que un ordenador puede interpretar y ejecutar.

Solvente: es una sustancia líquida, sólida o gaseosa que tiene la capacidad de disolver otras sustancias, formando una mezcla homogénea.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El fin esencial del marco metodológico es dar a conocer qué tipo de investigación se va a realizar y precisar a través de un lenguaje claro y sencillo los métodos, técnicas, estrategias, procedimientos e instrumentos que serán utilizados por el investigador para lograr sus propósitos. Al construir el marco metodológico es importante la sustentación del mismo por medio de autores reconocidos de libros de metodología (Expertos), para ello se utilizan citas parafraseadas o textuales con sus correspondientes soportes de autor. Según Balestrini, el marco metodológico:

Es el conjunto de procedimientos lógicos, tecno operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados. (2006, p. 125).

En otras palabras, el marco metodológico representa la hoja de ruta que el investigador sigue para lograr los objetivos de su estudio. Este enfoque implica la búsqueda, la comparación y la aplicación de datos a lo largo del proceso de recolección y procesamiento de información. Así, para la presente investigación que lleva por título diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, el marco metodológico representa el conjunto de procedimientos, técnicas y estrategias que los investigadores emplean para abordar y resolver las cuestiones planteadas. Además, proporciona la estructura y la dirección necesarias para garantizar la confiabilidad y la solidez de los resultados, lo que facilita la consecución exitosa de los objetivos de la investigación.

3.1 Paradigma de la Investigación

Según Barrera, M., un paradigma es “una manera particular de ver, juzgar y actuar [...] tiene que ver con la actitud perspectivista referida a la ubicación de cualquier persona con respecto a la realidad, desde su manera de ver las cosas.” (2008, p. 106). Según Llamas, J., “la investigación tecnológica sirve en esencia para la búsqueda de soluciones a problemas del ámbito tecnológico que den respuesta a un problema concreto” (2020). También, Fidiás, A., estableciendo definiendo a la tecnología afirma que “la tecnología es la actividad que utiliza los conocimientos generados por la ciencia para satisfacer necesidades mediante la producción de bienes y servicios” (2016, p. 17).

En este sentido, como el objetivo de esta investigación es diseñar un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, lo que implica

buscar soluciones tecnológicas, innovadoras y eficientes que respondan a los desafíos y necesidades concretos de la empresa en el proceso de extracción de aceite, que permitan aumentar la productividad, reducir la intervención del personal y obtener un aceite de coco virgen con la mayor cantidad de propiedades posible, el paradigma de la presente investigación es la investigación tecnológica.

3.2 Tipo de Investigación

Para Arias Galicia, F., “la investigación puede ser definida como una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidas a través de una serie de operaciones lógicas, tomando como punto de partida datos objetivos”(1971, p. 28), esta definición nos brinda una perspectiva del método científico aplicado a la resolución de problemas a partir de datos tomados de la realidad.

Un proyecto factible es aquel que se considera viable y realizable en términos de recursos, tiempo y conocimientos. En este sentido, implica la identificación de un problema o necesidad específica que pueda ser abordado mediante la investigación, y la definición de objetivos claros y alcanzables. Además, debe contar con un plan de trabajo detallado y una metodología adecuada para la recolección y análisis de datos, así como con un presupuesto y recursos disponibles para su ejecución. Por ello, la presente labor de investigación es considerada un proyecto factible.

3.3 Diseño de la Investigación

Según Arias, F., “el diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado” (2016, p. 27). Es decir, es el conjunto de acciones que elige el investigador realizar con el fin de cumplir los objetivos de su investigación y resolver la problemática planteada. En este sentido, se concibe que el diseño del presente trabajo de investigación es de campo, por supuesto, con apoyo documental. Esto se debe a que los objetivos de la presente investigación cumplen los principios de dichos diseños de investigación los cuales son explicados a continuación.

Según Fidias, A. “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (2016, p. 31). Por otro lado, Palella, S., y Martins, F., indican que la investigación documental “está basada en el análisis e interpretación de fuentes documentales de diversos autores. Se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas

fuentes. Indaga sobre un tema en documentos escritos u orales, uno de los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia” (2010, p. 90).

3.4 Nivel de la Investigación

Arias, F., afirma que “el nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objetivo estudio” (2016, p. 23). Además, según Hernández, Fernández y Baptista, “la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo de población” (2010). Por su parte, Simonovis, J., al referirse a la investigación descriptiva explica que tiene como principal función “describir las características del problema que se está investigando; también puede describir el problema y sus características, relacionándolo con algún factor o diferenciándolo” (2001).

En este mismo orden de ideas, se define a la presente investigación como descriptiva, debido a que se pretende identificar y estudiar las causas de los problemas de la empresa L’olio di coco y analizar las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Según Arias (2016):

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio. (p.81)

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se puntualiza que los elementos seleccionados con características comunes, para llevar a cabo la presente investigación, son todos los sistemas de prensado y extracción de aceite.

3.5.2 Muestra

Según Silva la muestra es “parte de un colectivo, un subconjunto de unidades de análisis representativo de la población, que el investigador selecciona con la finalidad de obtener información precisa para que caracteriza el colectivo” (2006, p.27). Por tal motivo, la muestra del presente trabajo de investigación es, específicamente, las máquinas de prensado y extracción de aceite a partir de copra.

3.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias, F., “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información” (1999, p. 25). En la presente investigación se utilizan el análisis documental, la entrevista y la observación libre o no estructurada.

Así, Castillo explica sobre el análisis documental:

Es una operación intelectual que da lugar a un subproducto o documento secundario que actúa como intermediario o instrumento de búsqueda obligado entre el documento original y el usuario que solicita información. El calificativo de intelectual, se debe a que el documentalista debe realizar un proceso de interpretación y análisis de la información de los documentos y luego sintetizarlos (2004).

Por otra parte, Fidias, A., dice sobre la entrevista lo siguiente:

La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación "cara o cara", entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador puede obtener la información requerida (2016, p. 73).

También Fidias, A., define a la observación como “una técnica que consiste en visualizar o captar, mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (2016, p. 69). Con respecto a la observación libre dice “es la que se ejecuta en función de un objetivo, pero sin una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados” (2016, p. 69-70).

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos

Es cierto que, en la actualidad la investigación documental ha evolucionado considerablemente, ya no se limita únicamente a fuentes impresas gracias al acceso generalizado a Internet. Se han multiplicado los recursos disponibles en línea, abarcando una amplia variedad de materias y temas de interés. La investigación documental se ha beneficiado del uso de computadoras y dispositivos de almacenamiento, lo que ha facilitado la recopilación y organización de información. En este contexto, la tecnología informática desempeñará un papel fundamental al permitir a los investigadores acceder a una gran cantidad de datos y documentos electrónicos. Los motores de búsqueda en línea, las bibliotecas digitales y los repositorios en línea serán valiosas fuentes de información.

Por otro lado, para la realización de la entrevista estructurada se utilizará una guía de preguntas la cual se puede visualizar en el apéndice A del presente trabajo de investigación, Fidias, A., explica que la entrevista estructurada “es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado”. También, “la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video” (2016, p. 73).

En relación con la observación libre, se usará una cámara fotográfica que permitirá el registro visual detallado de las máquinas y un diario de campo que facilitará el registro escrito de las observaciones, reflexiones y detalles relevantes.

3.7 Técnicas de análisis de resultados

Fidias, A., define las técnicas de análisis de resultados de la siguiente manera:

En este punto se describe las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuera el caso. En lo referente al análisis, según el enfoque del estudio, se definirán las técnicas: cuantitativos (estadísticos) o cualitativos que, serán empleados para descifrar lo que revelan los datos recolectados. (2016, p. 111).

3.7.1 Matriz FODA

La matriz FODA es una herramienta de análisis estratégico que se utiliza en ingeniería para evaluar la situación actual de una organización o proyecto. Consiste en identificar y analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que afectan a la entidad en cuestión. Su aplicación en la presente investigación, puede permitir identificar los elementos internos y externos que influyen en la empresa L'olio di coco y en el proceso de extracción de aceite de coco. Esto confiere la posibilidad de diseñar un sistema automatizado que aproveche las fortalezas internas, aborde las debilidades existentes, aproveche las oportunidades del entorno y minimice las amenazas potenciales.

3.7.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que se utiliza para identificar y priorizar los problemas o causas más significativas en un proceso o situación. Se basa en el principio de que un pequeño número de causas (generalmente el 20%) suele ser responsable de la mayoría de los problemas (el 80%). Este método resulta esencial para identificar y priorizar los problemas críticos en el proceso de diseño. Para la presente labor investigativa, puede ayudar a enfocar las causas más significativas de los problemas actuales de la empresa L'olio di coco y permite priorizar el esfuerzo en el diseño del sistema automatizado para abordar estas causas principales.

3.7.3 Diagrama de Ishikawa o causa y efecto

Es una herramienta que se utiliza para identificar y visualizar las posibles causas de un problema específico. Se representa gráficamente con una línea principal que representa el problema a analizar, y ramas que se desprenden de esta línea principal para identificar diferentes categorías de posibles causas. En el contexto del presente trabajo de investigación, puede ser útil para identificar las diversas causas que contribuyen a los problemas de baja capacidad de producción y al trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores.

3.7.4 Cuadro comparativo

Es una herramienta visual que permite contrastar y analizar de manera sistemática las diferencias y similitudes entre dos o más elementos, como variables, conceptos o situaciones.

En este contexto, se utiliza para organizar y presentar de forma estructurada la información recopilada en entrevistas a expertos, facilitando la identificación de patrones, problemas y recomendaciones relevantes para el diseño de un sistema automatizado en la empresa L'olio di coco. Su utilidad radica en la claridad y concisión con la que presenta los datos, facilitando la toma de decisiones informadas y la elaboración de conclusiones significativas para la investigación.

3.8 Validez de los instrumentos

Según Palella y Martins (2006), “validez se define como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir” (p. 173). La validez de los instrumentos en un trabajo de investigación se refiere a la capacidad de medir de manera precisa y confiable aquello que se pretende evaluar. En otras palabras, se busca que los instrumentos utilizados en la recolección de datos realmente midan lo que se supone que están midiendo. Para lograr la validez de los instrumentos en un trabajo de investigación, es importante seguir algunos pasos:

1. Validez de contenido: se refiere a que el instrumento realmente evalúe todos los aspectos relevantes del fenómeno que se está estudiando.
2. Validez de criterio: se refiere a la capacidad del instrumento para predecir o correlacionar con otros criterios o medidas ya establecidas que miden el mismo fenómeno.
3. Validez de constructo: se refiere a la medida en que un instrumento mide un constructo teórico específico.

Para lograr esta validez en el presente trabajo de investigación es fundamental contar con la opinión de expertos en el tema, quienes pueden revisar el instrumento y asegurar que abarca todos los aspectos necesarios.

3.9 Fases Metodológicas

Fase I: Diagnóstico de la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco.

Para empezar, se realizó una visita a la empresa donde se aplicó la observación simple para recopilar información detallada sobre el proceso actual de extracción de aceite de coco. Además, se llevaron a cabo entrevistas estructuradas a tres expertos del área utilizando una guía de preguntas la cual se puede ver en el apéndice A del presente trabajo de investigación. Estas entrevistas, permitieron obtener información valiosa sobre algunos de los procedimientos existentes de extracción de aceite de coco, identificar posibles problemas y necesidades de

mejora de la empresa referentes a dicho proceso, y comprender los aspectos clave del proceso que son fundamentales para el diseño del sistema automatizado.

Fase II: Análisis de las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco.

Seguidamente, se realizó un análisis exhaustivo de las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco. Esto incluyó la aplicación de las técnicas de análisis de resultados a las entrevistas y a los problemas observados en la empresa L'olio di coco. Además, implicó la identificación, recopilación y organización de datos sobre las variables del proceso para su interpretación, averiguar cuáles son las más influyentes y como afecta la forma en que se relacionan. Este análisis permitió comprender a fondo las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la empresa, así como identificar posibles áreas de mejora y la posibilidad de implementar un sistema automatizado para permitir mejorar el proceso de extracción de aceite de coco.

Fase III: Selección de la mejor alternativa de solución para el sistema de extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di coco.

Luego, se generaron múltiples alternativas de solución a la problemática planteada con el fin de llevar a cabo una comparación analítica de las opciones propuestas. Esto implicó evaluar cada alternativa en función de criterios previamente establecidos, se utilizó el criterio de Vólchez en función de los requerimientos y objetivos específicos de la empresa L'olio di coco. La alternativa que demostró ser la más adecuada en términos de cumplimiento de objetivos, eficiencia operativa y beneficios sostenibles es la seleccionada como solución definitiva para mejorar el sistema de extracción de aceite de coco en L'olio di Coco.

Fase IV: Diseño del sistema automatizado para la extracción de aceite de coco seleccionado.

Posteriormente, se realizó el diseño mecánico y el diseño del sistema de control del sistema automatizado seleccionado, para luego proceder con la integración de ambos. Se empleó SolidWorks para llevar a cabo el diseño y comprobar el funcionamiento.

Fase V: Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica de la propuesta diseñada.

Finalmente, se evaluó la viabilidad técnica, económica, operativa, y ambiental del sistema automatizado propuesto para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco a través del cálculo de la relación entre los costos y beneficios.

3.10 Cuadro de Operacionalización de Variables

Según a Arias (2016), “La operacionalización de variables se emplea en investigación científica para designar el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores” (p. 62). La operacionalización de variables se emplea para crear herramientas que posibiliten y simplifiquen el análisis cuantitativo de los datos, lo que permite presentar de manera estructurada el procedimiento que define un evento a partir de información cualitativa. Este proceso convierte variables abstractas en medidas concretas, lo que facilita la realización de mediciones objetivas y cuantificables, siendo fundamental para la investigación. En la presente investigación, la operacionalización de variables está detallada en el cuadro 1, el cual lleva por nombre cuadro técnico metodológico y se puede observar a continuación:

Cuadro 1. Operacionalización de variables.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di Coco.	Características del proceso de extracción de aceite de coco	Proceso de extracción de aceite de coco	Método de extracción	1	Entrevista Estructurada Con Guía de Preguntas
			Calidad	2	
			Temperatura	3	
			Presión	4	
			Velocidad	5	
			Eficiencia	7	
		Eficiencia	8		
		Sistema automatizado	Tiempo	6	

Fuente: Carreño y Morales (2024).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: diagnóstico de la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco

L'olio di coco es una empresa pequeña ubicada en el municipio San Diego del estado Carabobo de Venezuela la cual fue fundada en el año 2022 con el fin de comercializar aceite de coco. Para la obtención de dicho producto, los miembros de la empresa decidieron que el método de extracción más conveniente era el prensado en frío y, con este fin solicitaron a una empresa local el diseño y la construcción de una prensa expulsora.

A fin de determinar los problemas presentes en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, fue necesario recopilar la mayor información posible sobre este; en tal sentido, se realizó una visita a la empresa y una entrevista estructurada a tres expertos en el tema, lo que pudo permitir observar la situación actual y compilar datos importantes de la experiencia de expertos sumamente relacionados con el proceso.

4.1.1 Inspección realizada en la empresa L'olio di coco

Durante la actividad de inspección, primero se obtuvo información pertinente referente a la producción real de la empresa L'olio di coco y luego pudo evidenciarse dónde ocurren los problemas en el proceso de extracción de aceite de coco; además, fue elaborada la reseña fotográfica respectiva de los distintos equipos del sistema y la condición en la que se encuentran.

Para iniciar, se recopilaban datos sobre producción real de la empresa. A continuación, en el cuadro 2 se puede observar la información obtenida:

Cuadro 2. Información sobre la producción actual de la empresa L'olio di coco.

VARIABLE	SIGNIFICADO	DATO OBTENIDO
Caudal	Se refiere a la capacidad de producción actual de aceite de coco.	La capacidad de producción actual es de entre 18 L y 20 L por 8 h.
Tiempo	Se refiere al tiempo que conlleva el proceso de extracción de aceite por 1 saco o 30 kg de copra.	El tiempo para extraer el aceite de 30 kg de copra es de alrededor de 8 h.
Rendimiento	Se refiere al rendimiento del proceso de extracción de aceite por 1 saco o 30kg de copra.	De 30 kg de copra se extraen 18 L de aceite de coco aproximadamente.
Tipo de extracción	Se refiere al método de extracción que utiliza la empresa.	Prensado en frío.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Luego, se realizó una observación general del lugar, identificando que cuenta con dos espacios que son: el almacén de copra y la sala de procesamiento. En el almacén de copra se guarda a la misma en sacos y en la sala de procesamiento están los equipos implicados en la transformación de la copra en aceite de coco, los cuales son: la máquina de rallar y la prensa expulsora. Seguidamente, se realizó una observación detallada de la materia prima y de los equipos anteriormente mencionados con el fin de identificar los problemas que afectan a la empresa.

En lo que respecta a la copra, se pudo apreciar su manejo, calidad y estado. La copra es almacenada en sacos que contienen 30 kg de la misma, antes es clasificada manualmente en dos tipos según una inspección visual realizada por el personal: En primer lugar, está la considerada de alta calidad que es de color blanco y genera un aceite de coco virgen apto para el consumo humano, en segundo lugar, está la de menor calidad que es de un color blanco con amarillo o marrón y genera un aceite de coco que se utiliza para el cuidado de la piel y el cabello. Por otro lado, el estado de la copra es uniforme, con un porcentaje de humedad entre 5% y 10%, óptimo para los procesos de extracción de aceite de coco en seco. En la figura 5 se puede ver la copra recibida por la empresa L'olio di coco.



Figura 5. Copra en la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

En lo referente a la máquina para rallar la copra, se observó que genera copra rallada con un tamaño de partícula de alrededor de 12 mm de longitud. En la figura 6 se puede observar la máquina utilizada por la empresa L'olio di coco para rallar la copra.



Figura 6. Máquina ralladora de la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Con respecto a la prensa expulsora la cual se puede ver en la figura 7, primeramente, se identificaron las partes que la conforman, siendo estas: la tolva, la camisa o cilindro, el tornillo sinfín, el eje, las ruedas dentadas, la resistencia eléctrica, la zona de extrusión, la zona de salida del aceite, el motorreductor, la cadena de transmisión de potencia y el cojinete; cabe destacar también a la estructura y la prensa manual tipo palanca. Luego, se procedió a examinar dichas partes para conocer si cumplen con su rol establecido correctamente y para descubrir ciertos valores de algunas de las variables implicadas en el proceso de extracción de aceite de coco llevado a cabo por la empresa en función de las partes de la prensa.

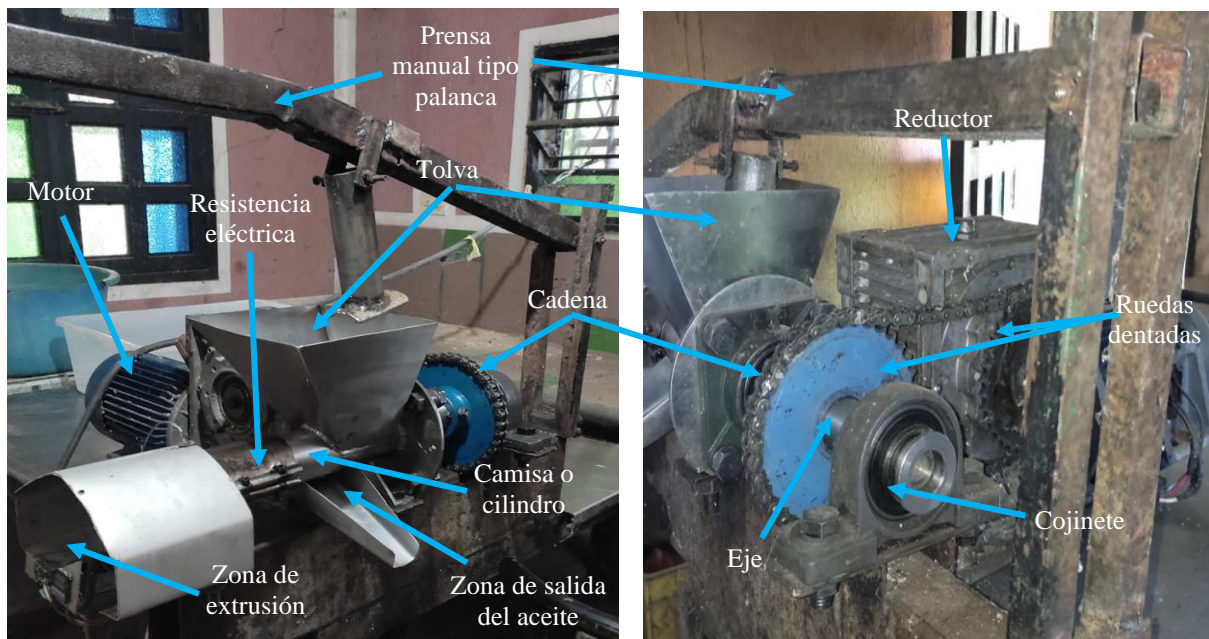


Figura 7. Prensa expulsora de la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

En lo referente al cumplimiento del rol de las partes de la prensa expulsora, se presenta la siguiente información: el eje, las ruedas dentadas, la resistencia eléctrica, la zona de extrusión, la zona de salida del aceite, el motorreductor, la cadena de transmisión de potencia y los rodamientos cumplen con su función. Sin embargo, existe un problema en la zona de entrada de la copra rallada a la cámara de extracción (ver figura 8), en la que intervienen la tolva, la camisa y el tornillo sinfín; se presenta dificultad para el ingreso de la misma, por lo tanto, un operador debe accionar la prensa manual tipo palanca para empujar a la materia prima hacia adentro del cilindro y mantener la velocidad de la producción. Debido a esto, se procedió a desarmar la prensa expulsora para examinar detalladamente esta zona.

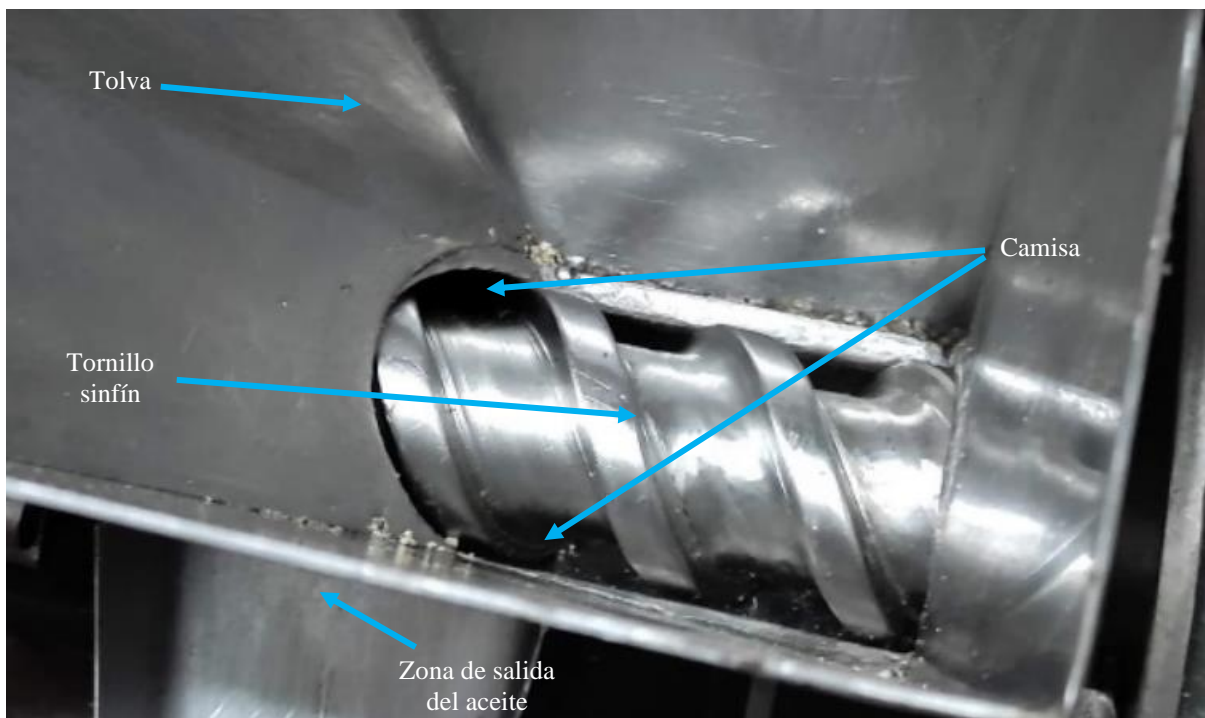


Figura 8. Zona de entrada de la copra rallada a la cámara de extracción.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Con respecto a la tolva, se observó que posee capacidad para aproximadamente 2 kg de copra rallada y un ángulo de inclinación de alrededor de 60° . Por otro lado, se examinó al tornillo sinfín, el cual se puede observar en la figura 9, obteniendo como datos que posee rosca cuadrada, diámetro 21.69 mm, largo de 300 mm y un paso constante de aproximadamente 20 mm. Respecto a la cámara de extracción, se observó que posee diámetro constante de 51 mm desde la abertura por donde entra la copra hasta el comienzo de la zona de extrusión donde se reduce el diámetro a un tamaño de 12.5 mm, la cámara de extracción se puede ver en la figura 10.



Figura 9. Tornillo sinfín de la prensa de la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

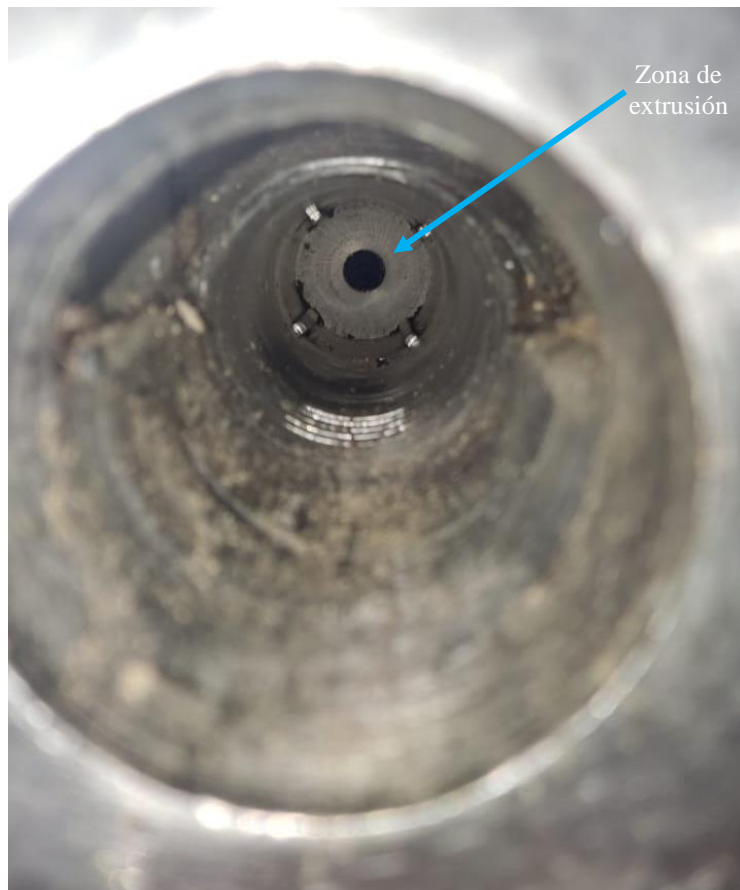


Figura 10. Interior del cilindro o camisa de la prensa de la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Al mismo tiempo, se identificaron variables fundamentales que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco de la empresa en función de las partes que componen la prensa. A continuación, en el cuadro 3 se pueden observar los datos obtenidos.

Cuadro 3. Datos sobre el proceso de extracción de aceite actual de la empresa L'olio di coco.

PARTE DE LA PRENSA	DATO OBTENIDO
Motor	La potencia es 2.4 hp, la velocidad de giro es 1720 rpm y es trifásico.
Reductor	Reducción de 50:1.
Cadena	La longitud es de 90cm.
Ruedas dentadas	Poseen 38 dientes y una distancia entre centros de 40 cm.
Eje	Gira a una velocidad de 34.4 rpm (es la misma velocidad para el tornillo sinfín).
Resistencia	Mantiene la temperatura del proceso entre 55 y 60°

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.1.2 Entrevistas realizadas a expertos en el área de la extracción de aceites vegetales

Después, se realizaron tres entrevistas estructuradas; en primer lugar, a Adolfo Pandares, luego al Ing. Luis Pinto y por último al Ing. Andrés Xavier Fernández, quienes han desarrollado conocimiento sobre el tema a través de años de estudio y trabajo en el área. Adolfo Pandares desempeña el cargo de jefe de producción en la empresa L'olio di coco y está constantemente en contacto con el sistema de extracción de la empresa. Por otro lado, Luis Pinto es ingeniero en alimentos y se especializa en el área de producción alimenticia. A su vez, Andrés Xavier Fernández es ingeniero mecánico y su trabajo se enfoca en el diseño de maquinaria relacionada con los procesos de extracción de aceites vegetales.

Dichas entrevistas permitieron obtener información sumamente valiosa sobre el proceso de extracción de aceite de la empresa L'olio di coco y el proceso de extracción de aceite de coco en general. A continuación, en los cuadros 4, 5 y 6 se detalla la información obtenida de la entrevista realizada a Adolfo Pandares, al Ing. Luis Pinto y al Ing. Andrés Xavier Fernández respectivamente:

Cuadro 4. Resultados de la entrevista realizada al jefe de producción Adolfo Pandares.

PREGUNTA	RESPUESTA
Desde su experiencia en la obtención de aceite ¿Cómo considera usted que debería ser el proceso de extracción de aceite en la empresa L'olio di coco?	El proceso actual de extracción de aceite me parece el adecuado. Sin embargo, debería aumentarse el tamaño de la prensa y corregirse el problema del ingreso de la copra en la misma.
Desde su óptica ¿Puede describir de qué manera el proceso actual de extracción de aceite de coco influye en las propiedades del mismo?	En el prensado en frío, la temperatura y presión aplicadas permiten mantener las propiedades naturales beneficiosas del aceite.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera influye la temperatura aplicada durante el prensado en caliente en las propiedades del aceite de coco?	Es importante tener en cuenta que temperaturas extremadamente altas pueden dañar las propiedades del aceite de coco al cambiar su estructura molecular.
Desde su experiencia en la industria del aceite de coco ¿Cómo influye la presión en los procesos de prensado para la extracción de aceite?	En general, una presión más alta puede aumentar la cantidad de aceite extraído, ya que ayuda a romper las células de coco y liberar el aceite de manera más efectiva.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera se ve afectado el proceso de obtención de aceite si se aumenta la velocidad de extracción?	La capacidad de producción aumenta. Sin embargo, disminuye el rendimiento del proceso debido a que la copra pasa a mayor velocidad por la cámara de extracción lo que no permite extraer la cantidad de aceite habitual de la misma.
Desde su experiencia en la empresa ¿Cuál considera que sería el tiempo de procesamiento óptimo para obtener 1L de aceite de coco?	Considero que el tiempo óptimo sería 4 minutos.
Desde su experiencia en el comprimido de copra ¿Cuál considera usted que es el tipo de tornillo sinfín ideal para los procesos de prensado y cómo influye en el proceso?	Un diámetro mayor y un paso amplio es adecuado para copra con partículas grandes, un canal profundo y mayor longitud es adecuado para copra con un alto contenido de aceite.
Desde su experiencia en la extracción de aceites vegetales ¿Cuál considera usted que es el tipo de solvente ideal para el proceso de extracción de aceite de coco y cómo influye en el producto final?	El hexano es el solvente más utilizado. Sin embargo, no tengo suficientes conocimientos sobre la extracción con solventes.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Cuadro 5. Resultados de la entrevista realizada al ingeniero en alimentos Luis Pinto.

PREGUNTA	RESPUESTA
Desde su experiencia en la obtención de aceite ¿Cómo considera usted que debería ser el proceso de extracción de aceite en la empresa L'olio di coco?	El proceso por prensado al frío es el que nos garantiza un aceite libre de químicos y aditivos, garantizando su pureza. Por lo que sería el proceso ideal.
Desde su óptica ¿Puede describir de qué manera el proceso actual de extracción de aceite de coco influye en las propiedades del mismo?	Al utilizar el proceso de extracción por prensado al frío, se está garantizando la pureza de todos sus componentes y propiedades.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera influye la temperatura aplicada durante el prensado en caliente en las propiedades del aceite de coco?	Este aceite soporta altas temperaturas sin perder sus propiedades y nutrientes, solo se ve afectado su estado, al bajar de los 21 grados centígrados, este pasa de líquido a sólido.
Desde su experiencia en la industria del aceite de coco ¿Cómo influye la presión en los procesos de prensado para la extracción de aceite?	Según la presión que se aplique, va a influir directamente en la cantidad de aceite extraído.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera se ve afectado el proceso de obtención de aceite si se aumenta la velocidad de extracción?	Para aumentar la velocidad de extracción, se debe garantizar una alimentación continua de la copra, así como la eliminación de la fibra o desecho para evitar tapar los filtros.
Desde su experiencia en la empresa ¿Cuál considera que sería el tiempo de procesamiento óptimo para obtener 1L de aceite de coco?	Para la empresa L'olio di coco entre 3 y 5 minutos.
Desde su experiencia en el comprimido de copra ¿Cuál considera usted que es el tipo de tornillo sinfín ideal para los procesos de prensado y cómo influye en el proceso?	Tornillo expeler, prensa de tornillo refinada y mejorada, una máquina integral (todo en uno), tritura, prensa y extrae aceite.
Desde su experiencia en la extracción de aceites vegetales ¿Cuál considera usted que es el tipo de solvente ideal para el proceso de extracción de aceite de coco y cómo influye en el producto final?	Generalmente se utiliza el pentano o el hexano, pero hay que aplicar diferentes métodos para su posterior eliminación del producto final, lo que haría aumentar el costo de producción y la calidad final del producto no es la mejor.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Cuadro 6. Resultados de la entrevista realizada al ingeniero mecánico Andrés Fernández.

PREGUNTA	RESPUESTA
Desde su experiencia en la obtención de aceite ¿Cómo considera usted que debería ser el proceso de extracción de aceite en la empresa L'olio di coco?	Considero que el prensado en frío es correcto, pero debería ser cuidadosamente optimizado para garantizar la máxima eficiencia en la extracción y la calidad del producto final.
Desde su óptica ¿Puede describir de qué manera el proceso actual de extracción de aceite de coco influye en las propiedades del mismo?	El prensado en frío de copra permite conservar mejor los nutrientes y compuestos beneficiosos presentes en el aceite de coco.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera influye la temperatura aplicada durante el prensado en caliente en las propiedades del aceite de coco?	Aumentar la temperatura puede acelerar la extracción, pero también puede provocar la degradación de compuestos sensibles al calor y afectar la calidad del producto final.
Desde su experiencia en la industria del aceite de coco ¿Cómo influye la presión en los procesos de prensado para la extracción de aceite?	Una presión insuficiente puede resultar en una menor eficiencia de extracción y un rendimiento reducido, mientras que una presión excesiva puede afectar negativamente la calidad del aceite.
Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera se ve afectado el proceso de obtención de aceite si se aumenta la velocidad de extracción?	Un aumento brusco en la velocidad puede generar un mayor estrés mecánico en la maquinaria y en los materiales, lo que podría afectar la extracción del aceite y la calidad del mismo.
Desde su experiencia en la empresa ¿Cuál considera que sería el tiempo de procesamiento óptimo para obtener 1L de aceite de coco?	Considero que entre 4 y 6 minutos.
Desde su experiencia en el comprimido de copra ¿Cuál considera usted que es el tipo de tornillo sinfín ideal para los procesos de prensado y cómo influye en el proceso?	Considero que debe ser de paso corto y diámetro grande ya que permite una mayor compresión y extracción del aceite de copra, garantizando una mayor eficiencia en el proceso.
Desde su experiencia en la extracción de aceites vegetales ¿Cuál considera usted que es el tipo de solvente ideal para el proceso de extracción de aceite de coco y cómo influye en el producto final?	El hexano, esta forma de extracción puede tener el mayor rendimiento. Sin embargo, puede quedar residuos de solvente en el aceite comprometiendo su calidad. Además, a pequeña escala resulta costoso.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.2 Fase II: análisis de las variables que intervienen en el proceso de extracción de aceite de coco

Una vez recopilada la información necesaria sobre el proceso de extracción de aceite de coco y la situación actual de dicho proceso en la empresa L'olio di coco, a través de una exhaustiva revisión de documentos, la visita a la planta de producción de la empresa y las entrevistas estructuradas a expertos en el tema, se procedió a identificar los datos y variables más relevantes para el presente trabajo de investigación y a realizar un estudio detallado de dicha información, con el fin de evaluar su impacto en el proceso, identificar posibles áreas de optimización y proponer alternativas de solución para el sistema de extracción de aceite de coco. Ante la situación planteada, la información obtenida se va a analizar haciendo uso del cuadro comparativo, la matriz FODA, el diagrama de Ishikawa y el de Pareto. Las variables del proceso de extracción de aceite de coco consideradas son las siguientes:

1. Método de extracción.
2. Materia prima.
3. Temperatura.
4. Tiempo de procesamiento.
5. Presión.
6. Proceso de filtrado.
7. Mano de obra.
8. Energía utilizada.
9. Rendimiento de aceite.
10. Calidad del aceite.

Cabe destacar que la importancia de cada variable es muy dependiente del caso particular que se observe, puede variar según el método de extracción utilizado, la tecnología disponible y las características específicas de cada empresa.

4.2.1 Cuadro comparativo de las entrevistas realizadas a los expertos

A continuación, se presenta el cuadro 4, un cuadro comparativo entre las tres entrevistas hechas durante la fase I. Dicho cuadro se realiza con el fin de comparar y analizar de manera sistemática las diferencias y similitudes entre las respuestas de los entrevistados. La información recopilada se presenta de manera organizada y estructurada para facilitar la identificación de patrones, problemas y recomendaciones relevantes referentes a la situación de L'olio di coco y al diseño del sistema automatizado para dicha empresa. El cuadro está constituido por las preguntas de la entrevista, las respuestas de los tres entrevistados y los comentarios de los investigadores sobre dichas respuestas.

Cuadro 7. Cuadro comparativo de las entrevistas realizadas a los expertos.

Experto Pregunta	Experto 1 Adolfo Pandares	Experto 2 Luis Pinto	Experto 3 Andrés Xavier Fernández	Comentarios
¿Cómo considera usted que debería ser el proceso de extracción de aceite en la empresa L'olio di coco?	Prensado en frío con una prensa de mayor tamaño.	Prensado en frío libre de químicos y aditivos.	Prensado en frío cuidadosamente optimizado.	Se observa consenso en el uso de prensado en frío. Los expertos 1 y 2 consideran que el proceso actual debe mejorar.
¿Puede describir de qué manera el proceso actual de extracción de aceite de coco influye en las propiedades del mismo?	Mantiene sus propiedades naturales beneficiosas.	Garantiza la pureza de todos sus componentes y propiedades.	Conserva mejor los nutrientes y compuestos beneficiosos.	Se puede ver que los tres están de acuerdo sobre las propiedades del aceite extraído por prensado en frío.
¿De qué manera influye la temperatura aplicada durante el prensado en caliente en las propiedades del aceite de coco?	Las temperaturas extremadamente altas pueden dañar las propiedades.	Este aceite soporta altas temperaturas sin perder sus propiedades.	Puede provocar la degradación de compuestos sensibles al calor.	Los expertos 1 y 3 dicen que el prensado en caliente puede dañar las propiedades. Pero, el experto 2 dice que el aceite no pierde sus propiedades.
¿Cómo influye la presión en los procesos de prensado para la extracción de aceite?	Puede aumentar la cantidad de aceite extraído.	Influye directamente en la cantidad de aceite extraído.	Poca puede reducir la eficiencia y rendimiento. Demasiada puede afectar la calidad del aceite.	Los tres señalan que, a mayor presión, mayor eficiencia y rendimiento. Pero, el experto 3 dice que presión excesiva puede dañar las propiedades.
¿De qué manera se ve afectado el proceso de obtención de aceite si se aumenta la velocidad de extracción?	La capacidad de producción aumenta. Sin embargo, disminuye el rendimiento del proceso	Se debe garantizar una alimentación continua de la copra, así como la eliminación de la fibra o desecho para evitar tapar los filtros.	Un aumento brusco en la velocidad puede afectar la extracción del aceite y la calidad del mismo.	Los tres brindan información distinta sobre lo que pasa al aumentar la velocidad de extracción.
¿Cuál considera que sería el tiempo de procesamiento óptimo para obtener 1L de aceite de coco?	Considero que el tiempo óptimo sería 4 minutos.	Para la empresa L'olio di coco entre 3 y 5 minutos.	Considero que entre 4 y 6 minutos.	El promedio del tiempo considerado por los tres expertos es 10.5 minutos.
¿Cuál considera usted que es el tipo de tornillo sinfín ideal para los procesos de prensado y cómo influye en el proceso?	Diámetro mayor y paso amplio para partículas grandes. Canal profundo y mayor longitud para copra con un alto contenido de aceite.	Tornillo expeler, tritura, prensa y extrae aceite.	Considero que debe ser de paso corto y diámetro grande.	Los tres brindan información distinta sobre el tipo de tornillo sinfín.
Desde su experiencia en la extracción de aceites vegetales ¿Cuál considera usted que es el tipo de solvente ideal para el proceso de extracción de aceite de coco y cómo influye en el producto final?	El hexano es el solvente más utilizado.	Pentano o hexano. Aumenta el costo de producción y la calidad final del producto no es la mejor.	Hexano. Puede tener el mayor rendimiento. Pueden quedar residuos de solvente en el aceite. Resulta costoso.	Se observa un consenso en el tipo de solvente, el mayor rendimiento del método, que el aceite puede contener residuos y que el proceso es costoso a baja escala.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.2.2 Matriz FODA aplicada a la situación actual de la empresa L'olio di coco

Una vez recopilada la suficiente información sobre la situación actual de la empresa L'olio di coco, a través de la visita que se realizó a la empresa y las entrevistas estructuradas a expertos en el área de la extracción de aceite de coco, se procede a evaluar dicha situación en el cuadro 8 a través de una matriz FODA. Para ello, se van a identificar y analizar los elementos internos y externos que influyen en la empresa y en el proceso de extracción de aceite de coco. Observar gráficamente las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que afectan a la entidad en cuestión permite desarrollar el diseño del sistema automatizado aprovechando las fortalezas internas, abordando las debilidades existentes, aprovechando las oportunidades del entorno y minimizando las amenazas potenciales.

Cuadro 8. Matriz FODA aplicada a la situación actual de la empresa L'olio di coco.

FACTORES INTERNOS	
FORTALEZAS +	DEBILIDADES –
Conocimiento del proceso de prensado en frío y manejo de la prensa expeller.	Dependencia de un proceso manual en la extracción actual.
Posibilidad de adquirir e integrar tecnologías de automatización y control.	Limitaciones en la capacidad de producción con el método actual.
Preservación de la calidad del aceite y sus propiedades nutricionales.	Posible variabilidad en la calidad del aceite y mayor riesgo de errores humanos.
Reconocimiento del aceite de coco de L'olio di coco por su calidad.	Posible necesidad de adaptar o mejorar la infraestructura actual para la automatización.
FACTORES EXTERNOS	
OPORTUNIDADES +	AMENAZAS –
Implementación de tecnologías innovadoras para optimizar el proceso extracción.	Dificultad para competir con empresas que tienen mayor capacidad de inversión en tecnología.
Colaboración con empresas de tecnología y proveedores de maquinaria para el desarrollo de soluciones personalizadas.	Posibles fluctuaciones en el precio de la copra.
Optimización del proceso para reducir el tiempo de extracción y el consumo de energía.	Disminución de la demanda de aceite de coco por cambios en las tendencias del mercado.
Aumento de la demanda de aceite de coco por sus beneficios para la salud.	Posibles regulaciones ambientales que afecten el proceso de extracción.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.2.3 Diagrama causa efecto aplicado al problema de baja capacidad de producción de la empresa L'olio di coco

Tal como se ha visto, uno de los principales problemas presentes en la empresa L'olio di coco es la baja capacidad de producción de aceite de coco. Con el fin de identificar y visualizar las posibles causas de dicho problema, a continuación, se realiza un diagrama causa efecto (gráfico 1), dónde la línea principal representa al problema en cuestión y las ramas que se desprenden de esta las diferentes categorías de posibles causas. También, las líneas que salen de las ramas de las posibles causas, representan las posibles subcausas.

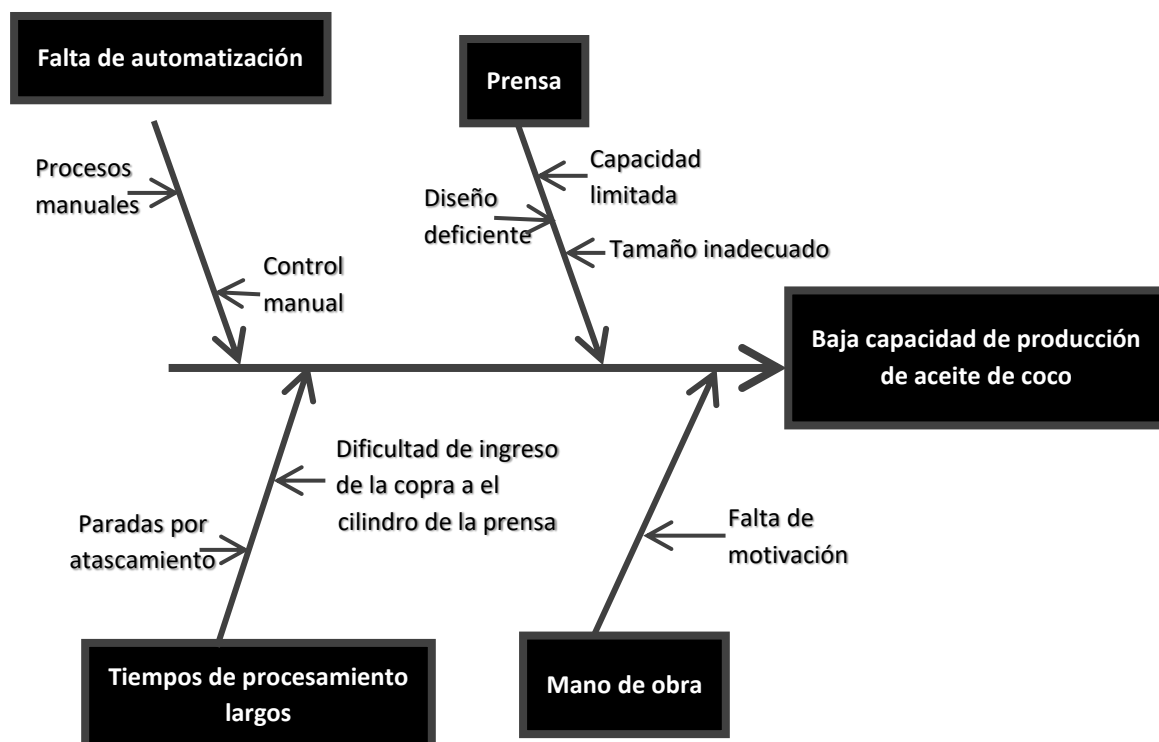


Gráfico 1. Diagrama causa efecto aplicado al problema de baja capacidad de producción de la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.2.4 Diagrama de Pareto aplicado al problema del trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores en la empresa L'olio di coco

Al mismo tiempo, se presenta como uno de los principales problemas de la empresa L'olio di coco, el trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores. Para analizar esta situación, a continuación, se expone un diagrama de Pareto (Gráfico 2). Los datos utilizados para elaborar el diagrama fueron captados en el diario de campo durante la inspección en la empresa, se pidió a los operadores que calificaran del 1 al 10 que tan pesada, repetitiva y peligrosa consideraban cada una de las actividades que realizan manualmente, luego se promedió los resultados y se tabularon en la tabla 1.

Tabla 1. Calificación de los operadores de las actividades realizadas manualmente en la empresa L'olio di coco.

Trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores de la empresa L'olio di coco			
Actividad	Calificación del operador	porcentaje	Porcentaje acumulado
Accionamiento de la prensa tipo palanca	8,33	26%	26%
Removido de la copra en la entrada a la cámara de extracción	7	22%	47%
Carga de la prensa expulsora	5	15%	63%
Rallado de la copra	3	9%	72%
Almacenado del aceite	2,33	7%	79%
Ensayado de la torta de copra	2,33	7%	87%
Recibimiento, pesado y almacenado de la copra	2	6%	93%
Separación de la copra según su calidad	1,33	4%	97%
Envasado del aceite	1	3%	100%
Total	32,32	100%	

Fuente: Carreño y Morales (2024).

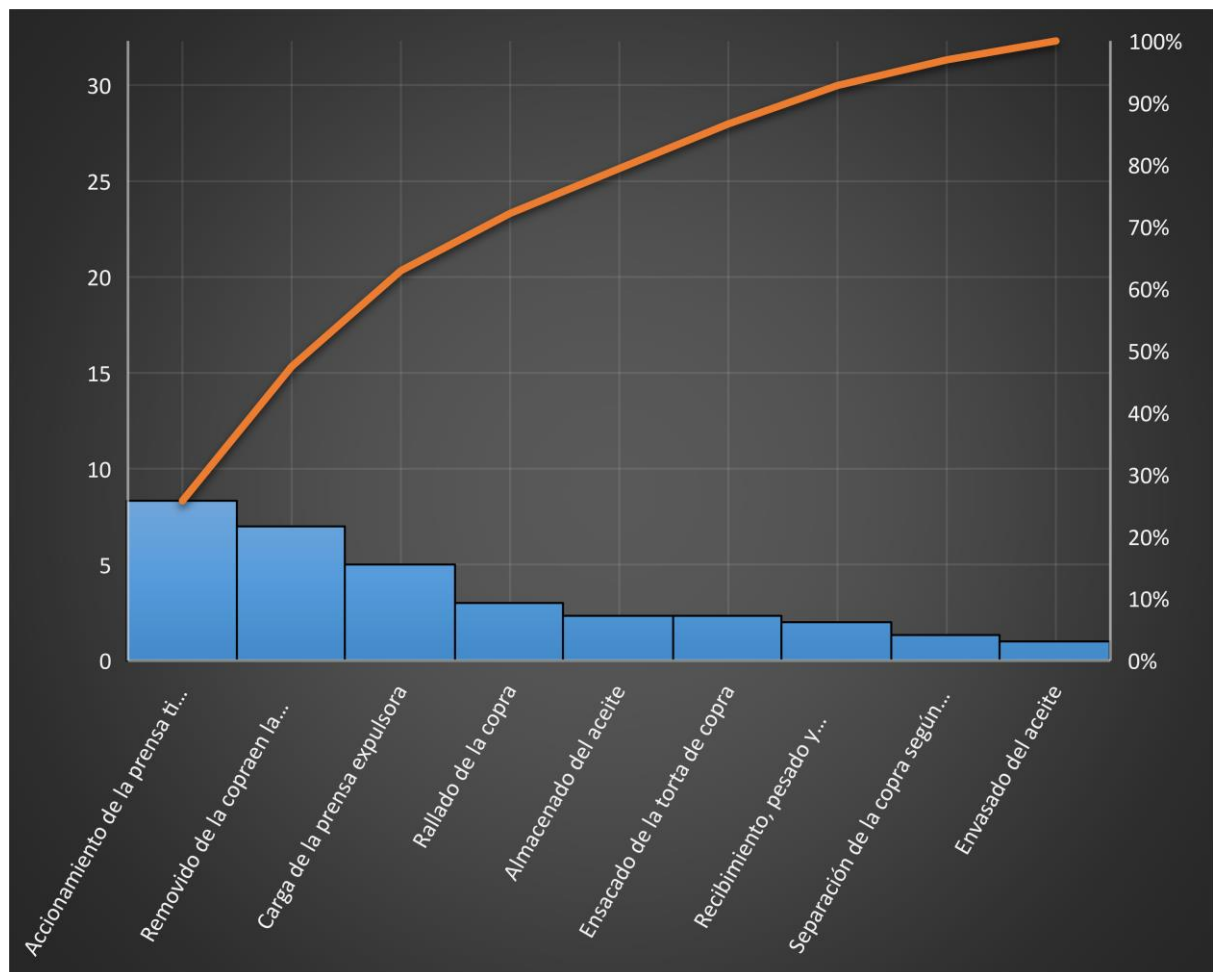


Gráfico 2. Diagrama de Pareto aplicado al problema del trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores en la empresa L'olio di coco.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

El fin de dicho diagrama es precisar y priorizar las causas más significativas de la situación en cuestión, para poder aplicar la regla 80-20 que dice que un pequeño número de causas suele ser responsable de la mayoría de los problemas. Con respecto al problema del trabajo pesado, repetitivo y peligroso de los operadores en la empresa L'olio di coco, el diagrama indica que el accionamiento de la prensa tipo palanca, el removido de la copra en la entrada a la cámara de extracción y la carga de la prensa expulsora generan el 63% del problema. Conocer esto permite enfocar el esfuerzo durante el diseño del sistema automatizado de tal forma que se aborden estas causas principales.

4.2.5 Método de extracción

Sobre la base del análisis realizado a la situación actual de la empresa L'olio di coco, las entrevistas estructuradas y la exhaustiva revisión documental, se procede a estudiar detalladamente cada una de las variables que se consideran como las más relevantes para el presente trabajo de investigación. En este sentido, se inicia el análisis con la variable método de extracción, luego, se sigue con la materia prima, debido a que el resto de variables son dependientes de estas.

La selección del método de extracción adecuado en el proceso de extracción de aceite de coco es fundamental por varias razones: primero, algunos métodos pueden preservar mejor las propiedades nutricionales, organolépticas y sensoriales del aceite, mientras que otros pueden afectar negativamente su calidad; segundo, cada método de extracción tiene diferentes niveles de eficiencia en términos de la cantidad de aceite de coco obtenido a partir de la materia prima; tercero, algunos métodos de extracción pueden tener un impacto ambiental negativo debido al uso de productos químicos, generación de residuos o consumo excesivo de energía mientras que otros poseen una repercusión ambiental menor; cuarto, al elegir un método eficiente y rentable, se pueden reducir los costos asociados a la extracción de aceite de coco y mejorar la rentabilidad del negocio a largo plazo.

Los métodos de extracción considerados en el presente trabajo de investigación son los principales métodos de extracción en seco: el prensado en frío y el prensado en caliente. Debido a que son los métodos que se ajustan de una manera mejor a las necesidades de la empresa L'olio di coco. En este mismo orden y dirección, el análisis del resto de variables se realiza en función de dichos métodos.

4.2.6 Materia prima

La copra posee ciertas propiedades medibles que la caracterizan, no toda la copra es igual. Existen ciertas combinaciones de dichas características que vuelven a la copra mejor o peor para un determinado método de extracción. Se debe agregar que, la copra que se utiliza

para la extracción de aceite en la empresa L'olio di coco posee las siguientes características: contenido de aceite de entre 60 y 70%, humedad de entre 4 y 8%, acidez menor o igual que 0.5% y un nivel de impurezas menor o igual que 1%.

Por otro lado, la calidad de la misma varía entre la copra blanca de mayor calidad y la copra marrón de menor calidad. Unas de las posibles causas de la coloración marrón de la copra de menor calidad es un hongo y el mal secado, por ello, y porque no tiene efectos negativos en la piel y cabello, el aceite obtenido de esta copra se vende con este fin en la empresa L'olio di coco.

4.2.7 Temperatura

La temperatura es de gran importancia para los métodos de extracción de aceite de coco por prensado. En líneas generales, al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad del aceite por lo que se incrementa el rendimiento, pero, se puede comprometer la calidad del aceite afectando su sabor, aroma y generando impurezas. En la empresa L'olio di coco el rango de temperatura que se maneja es de entre 55°C y 60°C. Para el presente trabajo de investigación, 60°C es la temperatura límite del proceso porque se desea preservar la mayor cantidad de propiedades beneficiosas del aceite.

4.2.8 Presión

La presión juega un papel crucial en los métodos de extracción de aceite de coco por prensado en frío y en caliente debido a que influye en el rendimiento, la calidad del aceite y la eficiencia del proceso. El valor ideal de la presión varía según la calidad de la copra y el tipo de prensa. Generalmente, al aumentar la presión se obtiene un mayor rendimiento de aceite. Sin embargo, se debe tener cuidado porque una presión excesiva puede afectar negativamente el sabor y aroma del aceite y aumentar su acidez, además, aumenta el consumo de energía. En la empresa L'olio di coco la presión ejercida por la prensa expeller es la adecuada debido a que el rendimiento y la calidad del aceite son muy buenos.

4.2.9 Tiempo de procesamiento

El tiempo de procesamiento es el tiempo que la copra está sometida a presión y temperatura para extraer el aceite. En este sentido, en el prensado en frío, el tiempo de procesamiento suele ser más largo en comparación con el método de prensado en caliente. Esto se debe a que en el prensado en frío no se aplica calor adicional para el proceso de extracción, el calor ayuda a liberar el aceite de la pulpa de coco de manera más eficiente. Por lo tanto, en este método, se requiere un tiempo adicional para que la presión mecánica extraiga la mayor cantidad posible de aceite. Por otro lado, en el método de prensado en caliente, se aplica calor

a la copra antes y durante la extracción del aceite. El calor facilita la liberación del aceite, lo que acelera el proceso de extracción.

4.2.10 Proceso de filtrado

En el método de prensado en frío, el proceso de filtrado es fundamental para garantizar la calidad del aceite de coco. Después de la extracción del aceite, este se filtra a través de diferentes tipos de filtros, como filtros de tela o filtros prensa, para eliminar partículas sólidas y residuos. En el método de prensado en caliente, el proceso de filtrado también es esencial para eliminar impurezas y residuos del aceite de coco. Después de la extracción del aceite, el aceite se somete a un proceso de filtrado a través de filtros especiales que pueden soportar temperaturas más altas. En ambos métodos, el proceso de filtrado garantiza que el aceite de coco final sea limpio, puro y seguro para su consumo. El filtrado elimina partículas sólidas, residuos y otros contaminantes que podrían afectar la calidad y sabor del aceite. Además, el filtrado ayuda a prolongar la vida útil del aceite al reducir la presencia de sustancias que podrían causar rancidez.

4.2.11 Mano de obra

No solo en la empresa L'olio di coco, sino también en las empresas que se dedican al prensado de copra para la obtención de aceite en general, el personal humano tiene un papel crucial en el proceso de extracción. Se debe agregar que, lleva a cabo actividades como: seleccionar y preparar la materia prima, operar la prensa mecánica, supervisar el funcionamiento de la maquinaria, llevar a cabo el proceso de filtrado, monitorear la pureza, color, sabor y otros aspectos del aceite, entre muchas otras dependiendo del caso particular. Dichas actividades pueden resultar pesadas, repetitivas e incluso peligrosas. Por ello, y por estudios de rentabilidad, algunas empresas optan por la automatización de sus actividades.

4.2.12 Energía utilizada

El consumo de energía es un factor crucial en la producción de aceite de coco, impactando tanto en la economía como en el medio ambiente. En el prensado en frío, la energía eléctrica se utiliza para alimentar la prensa. Aunque este proceso no implica el uso directo de calor, en algunas etapas como la preparación de la copra o el filtrado del aceite, puede ser necesario utilizar energía térmica para calentar agua u otros componentes. Es cierto que, este método consume más energía mecánica, pero, generalmente consume menos energía total al no requerir calentamiento. Por otro lado, en el prensado en caliente, la energía eléctrica se utiliza también para alimentar la prensa. Además, se requiere una mayor cantidad de energía térmica en comparación con el prensado en frío, ya que se aplica calor directamente a la copra. El uso de energía renovable puede reducir el impacto ambiental de ambos métodos.

Por otra parte, los factores que afectan el consumo de energía son:

- El tipo de prensa: Las prensas hidráulicas y de tornillo sinfín son más eficientes que las prensas manuales.
- Tamaño de la prensa: Las prensas más grandes son más eficientes por unidad de producción.
- Eficiencia del proceso: Optimizar el proceso puede reducir el consumo de energía.
- Tipo de energía utilizada: La electricidad es más eficiente que los combustibles fósiles.

4.2.13 Rendimiento de aceite

Aunque el prensado en frío puede ofrecer un aceite de mayor calidad, su rendimiento de extracción es menor en comparación con el prensado en caliente. Esto se debe a que, al no aplicar calor, la extracción del aceite es menos eficiente y puede quedar una cantidad significativa de aceite atrapado en la torta de coco. Por otro lado, debido a la aplicación de calor, el prensado en caliente suele tener un mayor rendimiento de extracción en comparación con el prensado en frío. Esto significa que se puede obtener una mayor cantidad de aceite de coco a partir de la misma cantidad de copra. En la empresa L'olio di coco presenta un alto rendimiento del proceso lo que indica que la presión, temperaturas y los demás factores asociados al rendimiento actúan correctamente.

4.2.14 Calidad del aceite

El prensado en frío generalmente produce un aceite de coco de mayor calidad, ya que conserva mejor los nutrientes y antioxidantes presentes en la pulpa de coco. Este método suele dar como resultado un aceite con un sabor más suave y delicado, así como un color más claro, lo que lo hace más apreciado en la industria alimentaria y cosmética. Por otra parte, a pesar de tener un mayor rendimiento, el prensado en caliente puede afectar la calidad del aceite de coco al exponerlo a temperaturas elevadas. Esto puede provocar la degradación de ciertos compuestos beneficiosos, como antioxidantes y ácidos grasos esenciales, lo que podría resultar en un aceite de menor calidad. El aceite producido por la empresa L'olio di coco posee una excelente calidad lo que indica que el proceso de prensado en frío se realiza de manera correcta desde el punto de vista de la calidad.

4.3 Fase III: selección de la mejor alternativa de solución para el sistema de extracción de aceite de coco para la empresa L'olio di Coco

Con la información recopilada y su análisis en las fases anteriores, se han establecido los siguientes factores como limitantes del proceso de búsqueda de soluciones para el diseño de un sistema automatizado para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco:

1. La materia prima es copra seca, con un contenido de humedad de entre 4 y 8%.
2. La extracción del aceite debe ser a través de prensado.
3. La temperatura del proceso debe estar comprendida entre 25°C y 60°C.
4. No se pueden utilizar químicos durante el proceso de extracción del aceite.
5. El proceso debe ser automatizado.

Lo expuesto en el párrafo anterior es información que ajusta la amplitud del problema del presente trabajo de investigación a la indicada para el caso de estudio, permitiendo a los investigadores seleccionar para su evaluación posibles alternativas de solución factibles, que concuerden con las necesidades de la empresa L'olio di coco. Sin embargo, para el proceso de generación de ideas previo a esta fase, los investigadores pudieron permitir dar total libertad a sus mentes para la generación de ideas. A continuación, se profundiza en el proceso de prensado para la extracción de aceites vegetales y los tipos de prensas que se utilizan en la extracción de aceite de coco debido a la importancia de estos datos para esta etapa.

Con respecto al proceso de prensado para la extracción de aceites vegetales, este se puede llevar a cabo en distintas formas, puede ser continuo o discontinuo. En el prensado continuo, el proceso de extracción se lleva a cabo de manera ininterrumpida, lo que significa que la materia prima se introduce de forma constante en la prensa y el aceite se va extrayendo continuamente. Por otro lado, en el prensado discontinuo, el proceso se realiza en lotes o por tandas. La materia prima se introduce en la prensa en cantidades específicas y el proceso de extracción se detiene una vez que se ha extraído la cantidad deseada de aceite.

En lo referente a los tipos de prensas que se utilizan, se encuentran la prensa hidráulica y la prensa tipo expeller, los procesos se detallan a continuación:

El proceso de extracción de aceite de coco a partir de copra utilizando una prensa hidráulica implica la preparación de la copra, su carga en la cámara de prensado, la aplicación de presión hidráulica para extraer el aceite, la separación de los residuos sólidos y el almacenamiento del aceite. La copra se limpia y tritura antes de cargarla en la prensa, donde se aplica presión para liberar y recoger el aceite. Posteriormente, se separan los residuos sólidos de la torta de prensado y se almacena el aceite en recipientes adecuados.

Por otra parte, el proceso de extracción de aceite de coco a partir de copra utilizando una prensa tipo expeller comienza con la alimentación de copra a la máquina, donde es comprimida por un tornillo sinfín. A medida que la copra se desplaza a lo largo de la cámara de extracción, se va comprimiendo por la acción del tornillo sinfín lo que genera que se libere el aceite contenido en su interior. La presión generada por el tornillo hace que el aceite se separe de la pulpa y fluya hacia la salida de la prensa, dejando atrás el residuo sólido.

Hechas las consideraciones anteriores, a continuación, se presentan tres distintas posibles alternativas de solución para el sistema de extracción de aceite de la empresa L'olio di coco.

4.3.1 Posible alternativa de solución 1

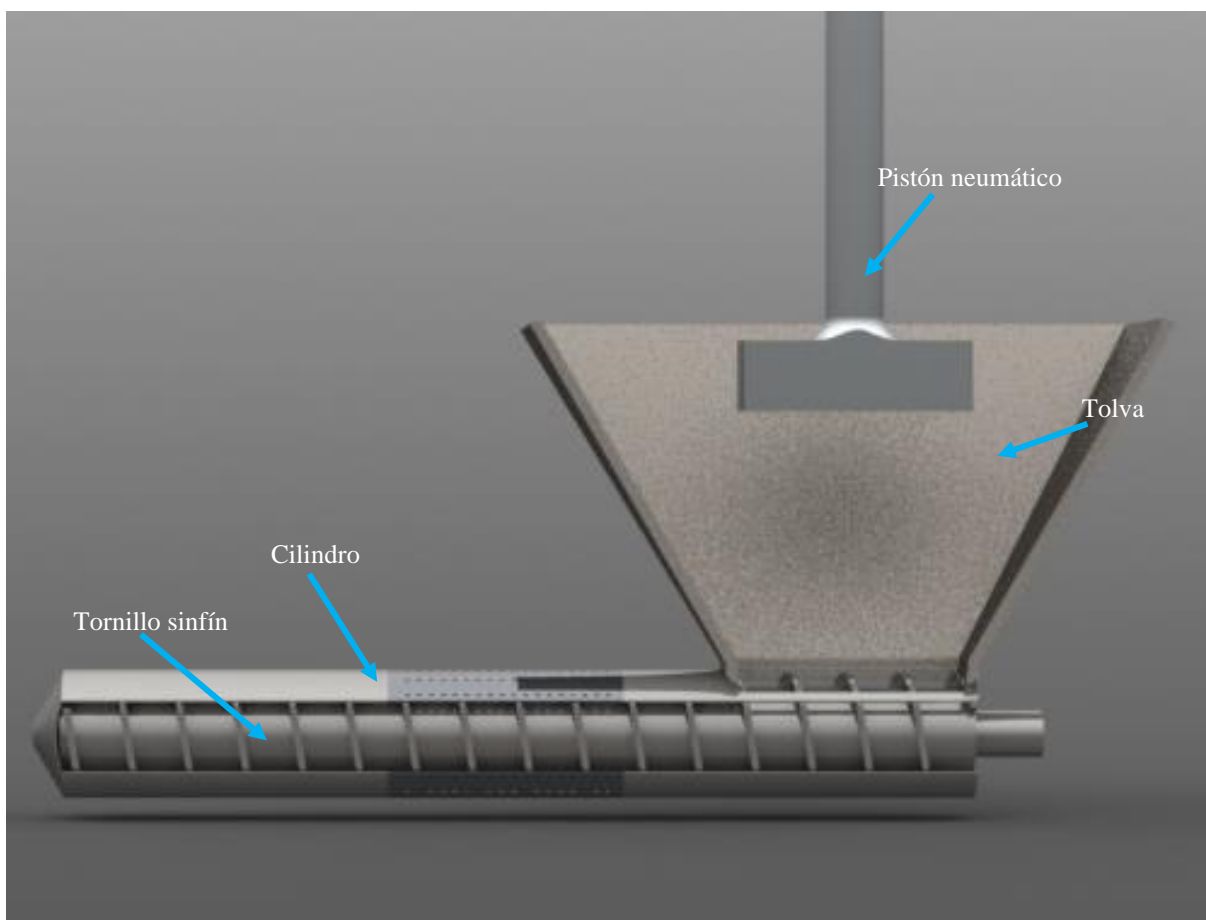


Figura 11. Posible alternativa de solución 1.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La posible alternativa de solución 1 que se muestra en la figura 11, consiste en la automatización del sistema actual de extracción de aceite de coco de la empresa L'olio di coco. Esto implica, la integración de un sistema de alimentación automática mediante un transportador que lleve la copra desde un depósito hasta la cámara de prensado de forma controlada, la implementación de un pistón neumático automático para reemplazar a la prensa

manual tipo palanca, control de temperatura a través de sensores y sistemas de calentamiento para ajustar la temperatura del proceso, un PLC para controlar los diferentes componentes, monitorear los parámetros clave y realizar ajustes automáticos según sea necesario y una interfaz HMI para permitir a los operadores monitorear el estado del proceso, ajustar parámetros y recibir alertas en caso de anomalías.

4.3.2 Posible alternativa de solución 2

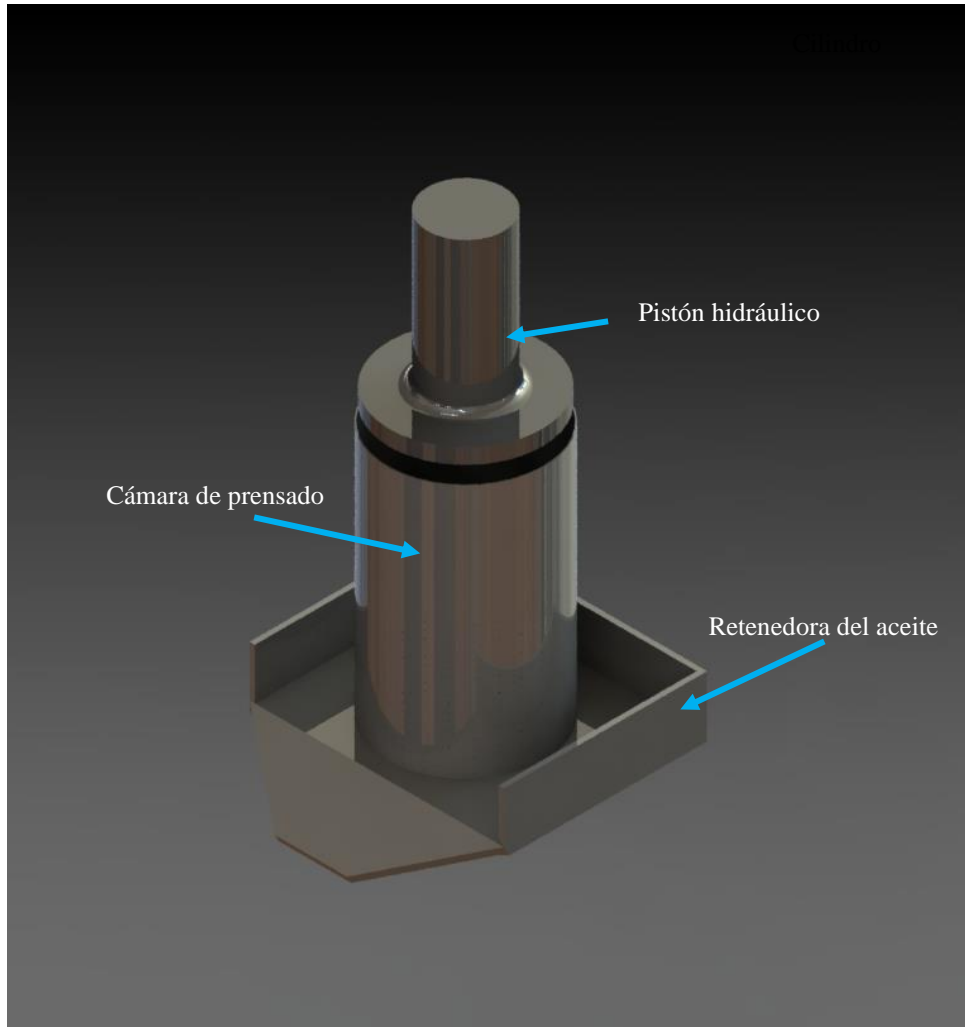


Figura 12. Posible alternativa de solución 2.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La posible alternativa de solución 2, que se puede observar en la figura 12, consiste en el diseño y automatizado de una prensa tipo hidráulica. Esto implica, el diseño mecánico del pistón hidráulico, la integración de un sistema de alimentación automática mediante un sistema dosificador que vierta la copra en la cámara de prensado cada vez que se necesite de forma controlada, control de la presión hidráulica con sensores de presión y válvulas reguladoras para mantenerla constante y óptima en la prensa, control de temperatura a través de sensores de temperatura y sistemas de calentamiento para controlar y ajustar la temperatura del proceso, un

PLC el cual es fundamental para coordinar y supervisar todas las operaciones del proceso automatizado y una interfaz HMI para visualizar y controlar el proceso de extracción de aceite de coco.

4.3.3 Posible alternativa de solución 3

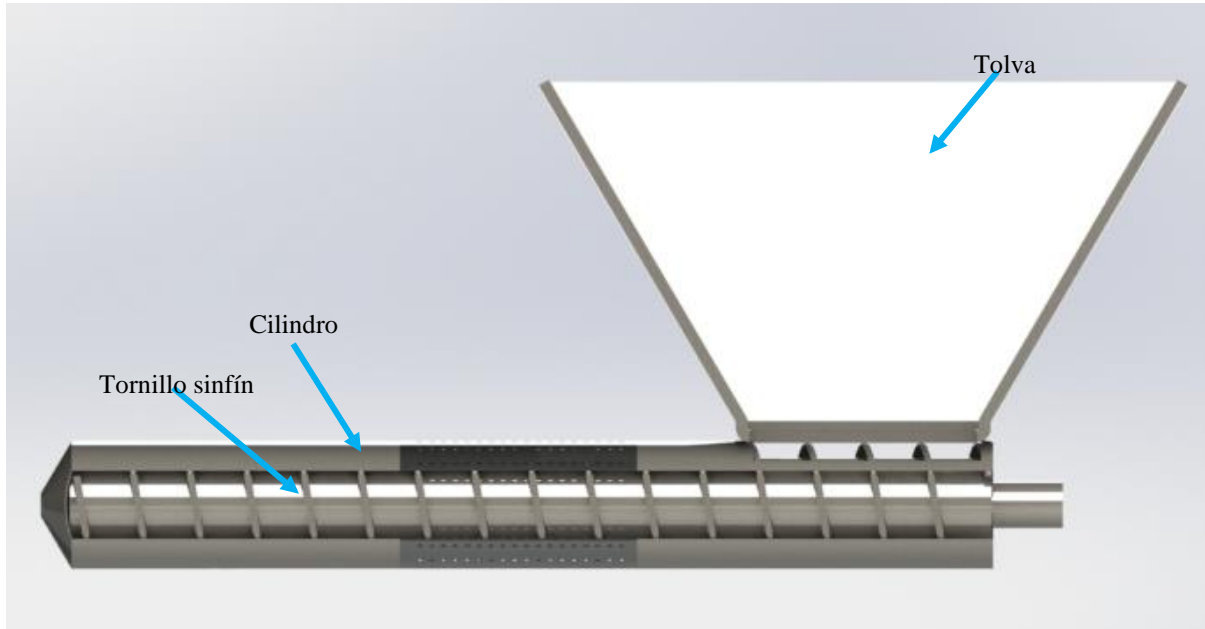


Figura 13. Posible alternativa de solución 3.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La posible alternativa de solución 3, la cual se puede ver en la figura 13, consiste en el diseño y automatizado de una prensa tipo expeller. Esto implica, el diseño mecánico del tornillo sinfín y del sistema de transmisión de potencias. Por otro lado, la automatización abarca el proceso de prensado para la extracción de aceite. Para ello, la tolva de alimentación cuenta con capacidad suficiente de copra rallada para permitir el proceso de extracción por cierto tiempo. En este sentido, se integran sensores de nivel para detectar la cantidad de materia prima en el sistema, sensores de temperatura y sistemas de calentamiento para ajustar la temperatura del proceso, un PLC para controlar los procesos mencionados anteriormente y realizar ajustes automáticos según sea necesario y una interfaz HMI para permitir a los operadores monitorear el estado del proceso, ajustar parámetros y recibir alertas en caso de situaciones anormales.

4.3.4 Selección de la mejor posible alternativa de solución

Bajo el enfoque metodológico para la especificación del sistema a diseñar y para la selección de la mejor solución propuesto por el profesor Nelson Vílchez en su libro estrategias creativas en el diseño mecánico, se confeccionó el cuadro 9, el cual presenta, de manera sistemática, los criterios y restricciones pertinentes para la evaluación y selección de la propuesta más idónea, destinada a abordar los inconvenientes del proceso de extracción de

aceite de coco de la empresa L'olio di coco. Este método facilita la evaluación objetiva de las alternativas propuestas, permitiendo así una toma de decisión fundamentada y acorde a los objetivos establecidos.

Cuadro 9. Criterios y restricciones para el sistema a diseñar.

Criterios Ci	Restricciones Ri
C1 eficiencia	R1 Alcance (Acceso a los componentes necesarios)
C2 Costo	R2 Tiempo de aplicación
C3 Calidad del producto	R3 Capacidad de producción requerida
C4 Impacto ambiental	
C5 Viabilidad Técnica	

Fuente: Carreño y Morales (2024).

A continuación, se procede a realizar una comparación entre las posibles alternativas de solución y las restricciones mencionadas en el cuadro 9. Dicha comparación se presenta en el cuadro 10 que se puede observar a continuación. En este sentido, se aplican las restricciones a todas las probables soluciones para descartar las que no cumplan con las mismas, sin la necesidad de compararlas entre sí. Cabe destacar que, en el resto de esta fase, las posibles alternativas de solución 1,2 y 3 son llamadas P1, P2 Y P3 respectivamente.

Cuadro 10. Comparación entre las posibles alternativas de solución y las restricciones.

		RESTRICCIONES		
		R1	R2	R3
PROPUESTAS	P1	Si	Si	No
	P2	Si	Si	Si
	P3	Si	Si	Si

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La propuesta P1 es eliminada tras determinarse que no cumple con la restricción de la capacidad de producción requerida, debido a que, a pesar de que automatizar el sistema actual de extracción de aceite de coco de la empresa L'olio di coco puede eliminar el problema del trabajo repetitivo, pesado y peligroso de los operadores, la capacidad de producción no aumenta debido a que la prensa extractora no sufre ningún cambio, hecho por el cual no se puede producir la cantidad de aceite requerida por la empresa.

Sin embargo, es esencial reconocer que el proceso de evaluación de propuestas aún no concluye, las propuestas que no fueron eliminadas, es decir P2 y P3, son sometidas a una evaluación más detallada a continuación en el cuadro 14, aplicando los criterios mencionados en el cuadro 9. Para ello, en primer lugar, se valoran los criterios en función de su importancia relativa, lo cual se puede ver en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Ponderación de los criterios.

CRITERIO	DESCRIPCION	IMPORTANCIA
C1	Eficiencia	6
C2	Costos	4
C3	Calidad del Producto	3
C4	Impacto Ambiental	2
C5	Viabilidad Técnica	5

Fuente: Carreño y Morales (2024)

Luego, para garantizar una evaluación objetiva y consistente, se establecen parámetros de puntuación claros para cada criterio, los cuales se detallan en el cuadro 12. Estos parámetros sirven como guía durante el proceso de evaluación, asegurando que se tomen en cuenta todos los aspectos relevantes de cada propuesta.

Cuadro 12. Parámetros de puntuación de los criterios.

No cumple con el criterio	1
No cumple en su totalidad con el criterio	2
Cumple en su totalidad con el criterio	3

Fuente Carreño y Morales (2024)

Una vez establecida la ponderación de los criterios y los parámetros para la evaluación de cada uno, se procede a establecer la condición de cada propuesta con respecto al criterio, esto se puede observar en el cuadro 13.

Cuadro 13. Ponderación de soluciones de acuerdo a cada criterio.

	C1	C2	C3	C4	C5
P3	3	2	3	3	3
P2	2	2	3	3	3

Fuente: Carreño y Morales (2024)

Después, con la ponderación de las posibles soluciones respecto a cada criterio determinada, se realiza la respectiva evaluación de propuestas, lo cual se puede observar a continuación, representado en el cuadro 14.

Cuadro 14. Ponderación final de soluciones.

PROPUESTA	CÁLCULO	PUNTUACION
P3	$(6 \times 3) + (4 \times 2) + (3 \times 3) + (2 \times 3) + (5 \times 3)$	56
P2	$(6 \times 2) + (4 \times 2) + (3 \times 3) + (2 \times 3) + (5 \times 3)$	50

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Gracias a la ponderación final de soluciones, es posible apreciar el orden de importancia de cada propuesta para la solución de los problemas presentados la empresa L'olio di coco. Teniendo en cuenta que, la posible alternativa de solución 3 fue la que obtuvo un resultado mayor en la sumatoria realizada en el cuadro 14, se selecciona a la misma como la mejor solución para dar respuesta a la problemática central del presente trabajo de investigación. En este mismo orden y dirección, se procede con su diseño en la siguiente fase, tal como se mencionó anteriormente.

4.4 Fase IV: diseño del sistema automatizado para la extracción de aceite de coco seleccionado

Una vez seleccionada la propuesta más viable para solucionar los problemas de la empresa L'olio di coco, se procede, en primer lugar, a diseñar la prensa expulsora desde el punto de vista mecánico, para ello, se realizan los cálculos pertinentes y se seleccionan los materiales y componentes óptimos, también, se modela y analiza el diseño a través del software SolidWorks. Después, se realiza el diseño del sistema desde el punto de vista de la automatización, para ello, se realiza un diagrama de flujo, de escalera y se seleccionan los componentes requeridos.

4.4.1 Diseño mecánico del sistema para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco

4.4.1.1 Cálculo de la cantidad de copra necesaria para producir la cantidad de aceite requerida por la empresa L'olio di coco

Según la información recopilada, la cantidad de aceite que se requiere producir en la empresa L'olio di coco es de 30 galones por cada 8 horas de producción, este dato es fundamental debido a que el diseño tiene como fin que la empresa L'olio di coco pueda producir dicha cantidad. En este sentido, las dimensiones y la potencia del sistema diseñado deben ser capaces de cumplir con los requerimientos de producción anteriormente mencionados. Ante la situación planteada, para garantizar la producción, se debe contar con la cantidad de materia prima necesaria y el sistema diseñado debe poder procesarla. A continuación, se realizan los cálculos de la cantidad de copra a procesar. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Rendimiento de extracción: el rendimiento típico de extracción de aceite de coco de la copra puede variar entre 60% y 70%, para el cálculo de la cantidad de copra necesaria, se toma un punto medio entre estos dos valores, 65% en peso.
- Conversión de unidades: se hace una conversión de unidades transformando galones de aceite de coco a kilogramos de aceite de coco para luego conocer la cantidad de copra.
- 1 galón \approx 3.78541 litros
- La densidad del aceite de coco es 0.92 kg/litro a temperatura ambiente, se calcula la masa de 30 galones de aceite.

Se procede a convertir 30 galones de aceite de coco en kilogramos de aceite de coco

$$30\text{galones} \times \frac{3.78541\text{litros}}{1\text{galon}} \times \frac{0.92\text{Kg}}{1\text{litro}} = 104.26\text{Kg}$$

Ahora, con el rendimiento de extracción, se calcula la cantidad de copra necesaria para producir los 30 galones.

$$\text{Cantidad de Copra} = \frac{\text{Peso de aceite requerido}}{\text{Rendimiento de extraccion}} = \frac{104.26\text{Kg}}{0.65} = 160.41\text{Kg}$$

Se necesitan aproximadamente 160.41 kilogramos de copra de coco para producir 30 galones de aceite de coco cada 8 horas, suponiendo un rendimiento de extracción del 65%. Es importante tener en cuenta que estos cálculos son aproximados y pueden variar en la práctica debido a varios factores, como la eficiencia del proceso de extracción y la calidad de la copra.

Una vez calculada la cantidad de copra, que se debe tener para una jornada laboral de 8 horas, se divide este valor entre ocho para obtener la cantidad de copra que se va a utilizar por hora, que es el tiempo que se escoge entre las recargas de materia prima del sistema a diseñar.

$$Q = \text{Cantidad de copra a procesar por hora} = \frac{160.41\text{Kg}}{8\text{h}} = 20.051\text{Kg/h}$$

4.4.1.2 Cálculo de la presión mínima para la extracción de aceite de coco

Ahora, se procede a calcular la presión necesaria para extraer el aceite de la copra de coco. Para ello, se utilizan los datos recopilados de la inspección a la empresa para determinar la presión que ejerce el sistema de extracción actual de L'olio di coco, esto es debido a que dicho sistema a pesar de los problemas que tiene, presenta buen rendimiento de extracción. la fórmula básica de la presión en un sistema es:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

P es la presión en pascales (Pa).

F es la fuerza necesaria para la extracción del aceite (N).

A es el área sobre la cual se aplica la fuerza (m^2).

Dado que no se posee directamente la fuerza necesaria para la extracción del aceite de coco en los datos recopilados, se utiliza la fuerza requerida para mover el tornillo sinfín en la prensa expulsora, ya que es parte del proceso de extracción. De acuerdo con los datos, el tornillo sinfín gira a una velocidad de 34.4 rpm. Con esta información, se calcula la fuerza requerida usando la potencia del motor, la velocidad de giro y el radio del tornillo sin fin.

Primero, se transforma la velocidad angular del tornillo sinfín a radianes por segundo

$$\omega = \frac{2\pi \times \text{velocidad de giro (rpm)}}{60} = \frac{2\pi \times 34.4 \text{ rpm}}{60} = 3.60 \text{ rad/s}$$

La potencia del motor se utiliza para vencer las fuerzas de fricción y mover el tornillo sinfín. Se calcula la potencia requerida utilizando la fórmula:

$$P = \tau \times \omega$$

Donde:

P es la potencia en vatios (W).

τ es el par de torsión necesario para girar el tornillo sinfín.

Dado que no se posee el par de torsión directamente, se utiliza la relación entre la potencia y el par de torsión:

$$P = \tau \times \omega$$

$$\tau = \frac{\omega}{P}$$

Entre los datos recolectados, se proporciona la potencia del motor que es 2.4 hp, pero es necesario convertirla a vatios:

$$P = 2.4 \text{ hp} \times 746 = 1790.4 \text{ W}$$

Se calcula el par de torsión para determinar la fuerza:

$$\tau = \frac{3.60 \text{ rad/s}}{1790.4 \text{ W}} = 497.89 \text{ N.m}$$

Una vez se tiene el par de torsión, se determina la fuerza necesaria para mover el tornillo sinfín. La fuerza se obtiene dividiendo el par de torsión por el radio del tornillo sinfín.

$$r = 0.02169 \text{ m}$$

Finalmente, se calcula la fuerza requerida:

$$F = \frac{\tau}{r} = \frac{497.89 \text{ N.m}}{0.02169 \text{ m}} = 22954.81 \text{ N}$$

Ahora, con la fuerza calculada y el área sobre la cual se aplica la fuerza, se calcula la presión necesaria para la extracción de aceite de coco

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times (0.02169 \text{ m})^2 = 1.478 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Entonces, la presión necesaria será:

$$P = \frac{22954.81}{1.478 \times 10^{-3}} = 1.553 \times 10^7 \text{ Pa} = 15.53 \text{ MPa}$$

4.4.1.3 Diseño de la tolva

A continuación, se calculan las dimensiones de la tolva. Para ello, se calcula en primer lugar, el volumen de copra de coco que se procesa por hora. Esto para asegurar que la tolva tenga la capacidad adecuada de copra durante 1 hora de prensado. Cabe destacar que, para este

cálculo es necesario conocer la densidad promedio de la copra de coco. Dicha densidad puede variar dependiendo de varios factores, pero para este trabajo, se utiliza una densidad de 0.8 g/cm^3 . Con la cantidad de copra a procesar por hora

$$Q = 20.051 \text{ Kg/h} = 20051 \text{ g/h}$$

Se puede calcular el volumen utilizando la fórmula

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}} = \frac{20051 \text{ g}}{0.8 \text{ g/cm}^3} = 25064 \text{ cm}^3$$

Ahora, se procede a calcular las dimensiones de la tolva, la forma seleccionada es de un cono truncado debido a las ventajas que presenta para el sistema a diseñar, primero, su geometría permite un flujo más uniforme de material hacia la cámara de extracción, reduciendo así el riesgo de obstrucciones, segundo, facilita la descarga del material almacenado en la tolva, lo que aumenta la eficiencia del proceso y reduce los residuos. Por otro lado, la altura seleccionada es de 20 cm, se selecciona teniendo en consideración el espacio disponible. A continuación, se utiliza la altura y el volumen mencionados anteriormente, para calcular las dimensiones restantes de la tolva a través de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$$

Se sustituyen los valores conocidos

$$25064 \text{ cm}^3 = \frac{1}{3} \pi \times 20 \text{ cm} (r_1^2 + r_2^2 + r_1 \times r_2)$$

Se puede evidenciar que, ambos radios son desconocidos. Para finalizar el dimensionamiento de la tolva, hace falta el valor de uno de los radios, para calcular el tamaño del otro. Con el fin de lograr el cálculo de los radios, se desarrolló una relación entre ambos haciendo uso de Python junto con un método de iteraciones para encontrar el valor del radio mayor. El código que se emplea para esta tarea es se muestra a continuación en la Figura 14.

El resultado del radio mayor es de 20cm, se sustituye dicho valor en la ecuación para calcular el radio menor.

$$25064 = \frac{1}{3} \pi \times 20 (r_1^2 + 40^2 + r_1 \times 40)$$

$$25064 = \frac{1}{3} \pi \times 20 (r_1^2 + r_1 \times 40) + 33510.32164$$

$$25064 = 20.9439 r_1^2 + 837.758 r_1 + 33510.32164$$

$$20.9439 r_1^2 + 837.758 r_1 + 33510.32164 - 25064 = 0$$

$$20.9439 r_1^2 + 837.758 r_1 - 8446.32164 = 0$$

Se calcula la ecuación cuadrática:

$$r_1 = \frac{-837.758 \pm \sqrt{837.758^2 - 4 \times 20.9439 \times (-8446.32164)}}{2 \times 20.9439}$$

$$r_1 = \frac{-837.758 \pm 1187.19591}{41.8878}$$

$$r_1 = 8.3422 \text{ cm}$$

Se toma solamente el valor positivo por lo cual el radio menor tendría un valor de 8.3422cm.

```
Python 3.12.2 (tags/v3.12.2:6abddd9, Feb 6 2024, 21:26:36) [MSC v.1937 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> # Volumen y altura conocidos
>>> V = 25064 # cm^3
>>> h = 20 # cm
>>>
>>> # Función para calcular el volumen del cono truncado dado r2
>>> def volume(r2):
...     return (1/3) * math.pi * h * (r1**2 + r2**2 + r1*r2)
...
>>> # Suponemos un valor inicial para r2 (podría ser cualquier número, por ejemplo, la mitad de la altura)
>>> r2 = 2 * h
>>>
>>> # Definimos un margen de error aceptable
>>> epsilon = 0.01
>>>
>>> # Iteramos para encontrar r2
>>> while True:
...     # Calculamos r1 usando la ecuación dada
...     r1 = (V / (20 * math.pi * r2)) - r2 - (r2**2 / r1)
...
...     # Calculamos el volumen con los radios actuales
...     current_volume = volume(r2)
...
...     # Calculamos el error
...     error = abs(current_volume - V)
...
...     # Si el error es aceptable, salimos del bucle
...     if error < epsilon:
...         break
...
...     # Si no, actualizamos r2 para la próxima iteración
...     r2 += 0.1
...
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 3, in <module>
NameError: name 'math' is not defined. Did you forget to import 'math'?
>>> # Imprimimos los resultados
>>> print("Radio r1:", r1)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'r1' is not defined. Did you mean: 'r2'?
>>> print("Radio r2:", r2)
Radio r2: 40
>>> ■
```

Figura 14. Método de iteraciones en Python para calcular el radio menor de la tolva.

Fuente: Carreño y Morales (2024)

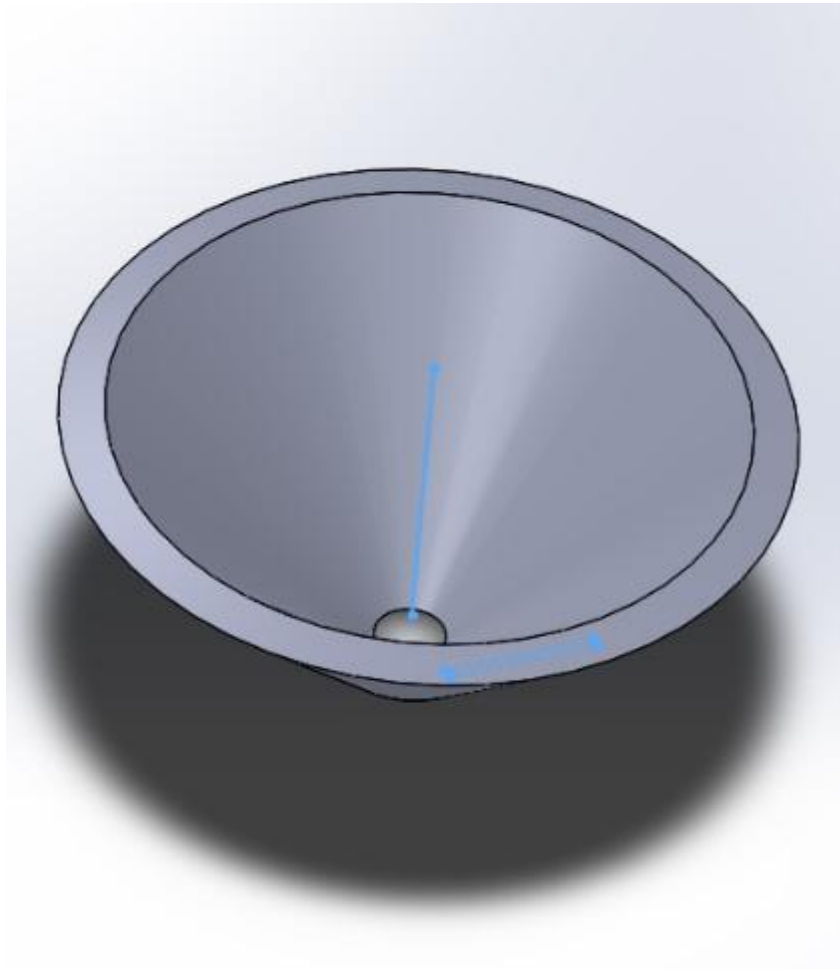


Figura 15. Modelado de la tolva en SolidWorks.

Fuente Carreño y Morales (2024)

4.4.1.4 Cálculo de la potencia necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de extracción de aceite de coco

Siguiendo con el diseño, es necesario determinar la potencia de accionamiento, que es la potencia requerida para el funcionamiento de la máquina, es un factor crítico que influye directamente en el rendimiento y eficacia del proceso. Esta magnitud, representa la cantidad de energía necesaria para llevar a cabo el proceso, incluyendo tanto el arranque en vacío como la potencia requerida durante la extracción de aceite de coco. Es esencial conocer esta potencia, ya que garantiza que la máquina pueda operar de manera correcta bajo diferentes condiciones de trabajo, minimizando la posibilidad de sobrecargas o subutilización de recursos. A continuación, se muestra la fórmula para calcular la potencia de accionamiento y se procede con los cálculos.

$$P_a = P_H + P_N + P_T$$

Donde

P_a es la potencia de accionamiento

P_H es la potencia de desplazamiento

P_N es la potencia de accionamiento el tornillo en vacío

P_T es la potencia de trabajo o de extrusión de la copra de coco rallada

La potencia de desplazamiento (P_H) se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$P_H = C_o \frac{Q \times L}{367}$$

Donde C_o es el coeficiente de resistencia de material, su valor se extrae de la tabla 2, se selecciona 1.2 ya que la copra de coco rallada se considera un producto granuloso. También, se utiliza la cantidad de copra requerida por hora $Q = 20.051Kg/h = 0.020051ton/h$ y por último, la longitud del transportador $L = 0.4m$ valor que se selecciona debido a que puede asegurar la capacidad de transporte de la cantidad de copra antes calculada.

Tabla 2. Coeficientes de resistencia del material transportado.

Tipo de material	Valor de C_o
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional, Instalaciones Industriales

Con los valores mencionados en el párrafo anterior, se calcula la potencia de desplazamiento

$$P_H = C_o \frac{Q \times L}{365} = 1.2 \times \frac{0.020051ton/h \times 0.4m}{367} = 0.03524HP$$

Por otro lado, la potencia de accionamiento el tornillo en vacío (P_N) está dada por la ecuación

$$P_N = \frac{D \times L}{20}$$

Donde D es el Diámetro primitivo del tornillo sin fin el cual se calcula con la siguiente Formula:

$$D = 4 \times D_{\text{Copra de coco rallada}}$$

El $D_{Copro\ de\ coco\ rallada}$ viene dada por el tamaño de la copra rallada obtenido en la inspección hecha en la empresa, el cual es de 12mm.

$$D = 4 \times D_{Copro\ de\ coco\ rallada} = 4 \times 12mm = 48mm = 0.048m$$

$$P_N = \frac{D \times L}{20} = \frac{0.048m \times 0.4m}{20} = 9.6 \times 10^{-4} HP$$

La potencia de trabajo o de extrusión de la copra de coco rallada (PT), mediante la cual se desprende el aceite de la materia prima, se expresa de la siguiente manera:

$$P_T = T \omega$$

Donde T es Torque en el eje del tornillo, mientras que ω es la velocidad angular del Tornillo. Cada una de estas variables se representan con las siguientes formulas:

$$T = F \times d_w \text{ y } \omega = \frac{2\pi}{60} n$$

F representa la fuerza necesaria para extraer aceite de la copra y d_w es Distancia donde actúa el torque medido en el diámetro del tornillo. Por otro lado, en la fórmula de la velocidad angular, n es la velocidad de giro del tornillo.

Para determinar el valor de F se debe utilizar la siguiente formula:

$$P_e = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(d^2)} ; P_e \times \frac{\pi}{4}(d^2) = F ; F = 158.13 \frac{kgf}{cm^2} \times 28.2744cm^2 = 4471.030872kgf$$

$$4471.030872kgf = 43891.64 N$$

La otra incógnita para calcular T es la distancia donde actúa el torque medido en el diámetro del tornillo la cual es $d_w = 0.027m$

Ya obtenido los valores necesarios se procede a calcular T

$$T = F \times d_w ; T = 43891.64 N \times 0.027m = 1185.0742N.m$$

Ahora es necesario calcular la velocidad angular, en donde n se expresa de la siguiente forma:

$$n = \frac{v \times 60}{t}$$

en la cual v es velocidad de desplazamiento del transportador, mientras que t es Paso del tornillo. Cada una de estas variables se obtienen con sus respectivas formulas:

$$v = \frac{Q}{3600 \times S \times \rho \times i} \text{ y } t \approx 0,5 \times D$$

en el caso de t ya se posee el valor de $D = 0.048m$, lo cual permite calcular directamente el valor de t

$$t \approx 0,5 \times 0.048m = 0.024m$$

para v el único valor que se posee es Q , con el que se pudo calcular el valor de S el cual es el área de relleno del canalón, ρ es la Densidad del material expresada en Ton/m^3 y por último i es el coeficiente de inclinación de canalón.

$$\rho = 0.918 \text{ton}/m^3$$

para este caso el canalón se encuentra totalmente horizontal sin ningún Angulo de inclinación, por lo cual i tomaría el valor de la inclinación horizontal, para ello se hizo uso de la tabla 3, donde se muestran los valores de este coeficiente (i) de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación:

Tabla 3. Coeficiente de inclinación de canalón.

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
i	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Fuente: Industrialización de la copra de coco, universidad autónoma metropolitana.

En este caso como el tonillo sin fin se encuentra totalmente horizontal utilizando el valor de $i = 1$.

Se continua con los cálculos, esta vez, calculando el valor de S , para ello se hizo uso de la siguiente formula:

$$s = \lambda \frac{\pi}{4} (D^2)$$

donde λ es el Tipo de carga, la cual en el caso estudio es ligera no abrasiva debido que la fricción de la copra de coco rallada no desgasta la resistencia del material dando como resultado $\lambda = 0.32$.

$$s = 0.32 \times \frac{\pi}{4} (0.048m^2) = 0.00073532486m^2$$

se procede a calcular a v :

$$v = \frac{0.020051 \text{ton}/h}{3600 \times 0.00073532486m^2 \times 0.918 \text{ton}/m^3 \times 1} = 0.008251m/s$$

ahora se calcula n :

$$n = \frac{v \times 60}{t} = \frac{0.008251m/s \times 60}{0.024m} = 20.6275 \text{rpm}$$

Se procede a calcular la velocidad angular:

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times 20.6275 \text{rpm} = 2.1601 \text{rad}/s$$

Finalmente, se calcula la potencia de trabajo:

$$P_T = T\omega = 1185.0742N.m \times \frac{2.1601 \text{rad}}{s} = 2559.8787W = 3.43167HP$$

Ahora con todas las potencias calculadas se procedió a calcular la potencia total:

$$P_a = P_H + P_N + P_T = 0.03524HP + 9.6 \times 10^{-4}HP + 3.43167HP = 3.46787HP$$

4.4.1.5 Cálculo del sistema de potencias y de transmisión

Para calcular la potencia nominal requerida por el motor eléctrico, es fundamental tener información sobre el rendimiento general del sistema de accionamiento de la máquina (η_{gral}) y las relaciones de transmisión generales (i_{gral}), las cuales cuentan con un sistema de transmisión por correa, piñones helicoidales y rodamientos, obtenidas de Ocampo.

$$\eta_{gral} = \eta_a \times \eta_b \times \eta_c \times n_r^k$$

Como primer rendimiento η_a , tomamos el valor de rendimiento por transmisión de correa, para una correa abierta lo que generara pérdida de potencia. El cual es $\eta_a = 0.955$

El segundo rendimiento η_b , se escogió el valor de rendimiento por transmisión en baño de aceite, piñones helicoidales. Representado como $\eta_b = 0.955$ y que también es utilizado para el rendimiento $\eta_c = 0.955$.

Para el cuarto rendimiento que es el de los rodamientos, $n_r^k = 0.9925$ además de tener el valor de este también está el número de pares de rodamientos en la prensa $k = 3$.

Sustituimos todos estos valores para calcular η_{gral} :

$$\eta_{gral} = 0.955 \times 0.955 \times 0.955 \times 0.9925^3 = 0.851533$$

Con dicho valor y con la potencia de accionamiento P_a se procede a calcular la potencia de la maquina P_M , con la siguiente formula:

$$P_M = \frac{P_a}{\eta_{gral}} = \frac{3.46787HP}{0.851533} = 4.07225HP$$

La potencia de la máquina es de 4.07225 HP, valor que no corresponde a una potencia estandarizada para motores eléctricos. Dicha potencia no se encuentra disponible en catálogos convencionales de motores eléctricos, lo que requiere la selección de un motor con una capacidad superior. Por lo tanto, la única opción viable es un motor de 5 HP.

Utilizando la velocidad angular del tornillo sin fin y junto a la relación de transmisión general, se busca calcular la frecuencia de rotación del motor eléctrico, con la siguiente formula:

$$\omega_{motor} = \omega \times i_{gral}$$

Se calcula la relación de transmisión general i_{gral} :

$$i_{gral} = i_a \times i_b \times i_c \times i_d$$

Para calcular i_{gral} se deben tomar dos valores, uno de menor magnitud y otro de mayor magnitud, para que, de esta forma, calcular el intervalo de la frecuencia de rotación del motor

eléctrico. Los valores recomendados para la transmisión de piñón helicoidal y la de correa trapezoidal son:

para la transmisión de piñón helicoidal $i_b = (3 - 5)$ mientras que para $i_c = (3 - 4)$ y para la correa trapezoidal $i_a = (2 - 4)$.

Para los valores de relación de transmisión recomendados de menor magnitud:

$$i_{gral} = 2 \times 3 \times 3 = 18$$

Utilizo es valor para calcular la frecuencia de rotación de menor magnitud:

$$\omega_{motor} = \omega \times i_{gral} = 20.6275\text{rpm} \times 18 = 371.295 \text{ rpm}$$

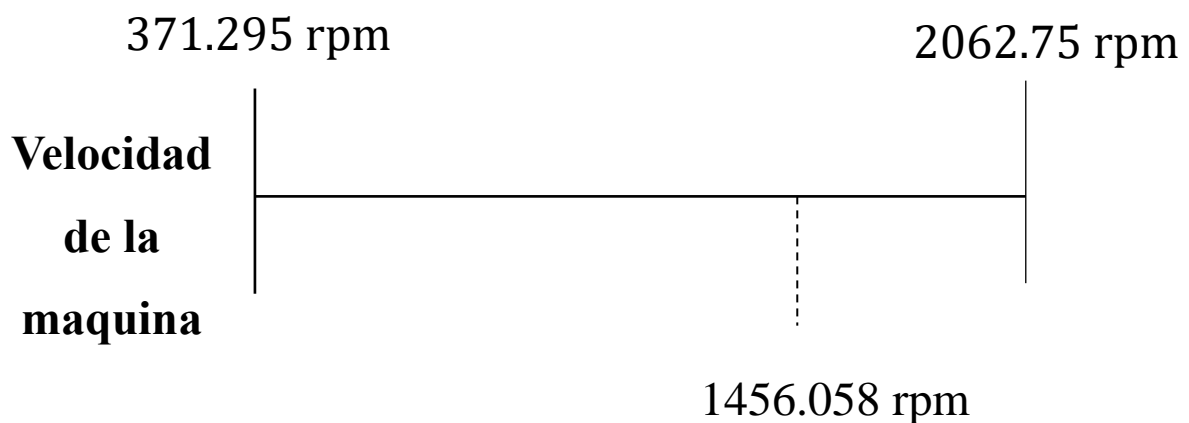
Para los valores de relación de transmisión recomendados de mayor magnitud:

$$i_{gral} = 4 \times 5 \times 5 = 100$$

Se calculo la frecuencia de rotación de mayor magnitud:

$$\omega_{motor} = \omega \times i_{gral} = 20.6275\text{rpm} \times 100 = 2062.75 \text{ rpm}$$

Gráfico 3. Velocidad de la máquina.



Fuente: Carreño y Morales (2024).

Determinada la potencia y la frecuencia de rotación de la máquina, se utilizaron dichos valores para encontrar un motor eléctrico que se aproxime a los requeridos, para esto se optó por un motor eléctrico de propósito general trifásico marca Weg de referencia W22, código 12020980, uso severo, 220VAC, 380VAC, 440VAC, 60Hz, clase de aislamiento F, refrigeración IC411-TEFC e de protección IP55, carcasa Construida en fundición de hierro robusto con un platillo en aluminio para tener una relación de peso adecuada, montaje con patas, Eficiencia a plena carga 85.5%, potencia 5HP, velocidad de 1750 rpm.

- **Selección del arrancador eléctrico**

Para la elección del arrancador es importante tener conocimiento del valor de corriente nominal, el cual se puede obtener a través de la placa del motor. $I_{Nominal@220V} = 14.0 A$

entendiendo que el motor es de uso severo, se requiere un arranque eléctrico suave. debido a la alta corriente nominal necesaria para iniciar el motor. Se determina por medio del catálogo de siemens-Colombia, el arrancador eléctrico referencia SIRIUS 3RW3018-18814. Este arrancador cumple con las características necesarias del proceso.

- **Selección del calibre de los cables**

Para seleccionar los cables del motor se hizo uso del código eléctrico venezolano que Según la norma (sección 430-22), los conductores de los circuitos ramales que alimenten un solo motor, deben tener una capacidad de corriente no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

$$I_{\text{seleccionada@220V}} = 1.25 \times I_{\text{Nominal@220V}}$$

$$I_{\text{seleccionada@220V}} = 1.25 \times 14.0 \text{ A} = 17.5 \text{ A}$$

En Venezuela comercialmente, se encuentran cables que soportan 75 °C; para este caso se necesitan 4 cables (3 fases y 1 tierra). Según la tabla 310-16 del código eléctrico venezolano, y con la corriente seleccionada, se optó por el conductor 8AWG con referencia THW cobre, cuya sección transversal es de 8,36 mm²

4.4.1.6 Cálculo de las relaciones de transmisión finales

Es necesario reducir la velocidad angular del motor para de esta forma aumentar la presión que ejerce el tornillo sin fin contra la copra de coco, para llevar a cabo esto se debe utilizar un reductor de velocidad, En el reductor de velocidad de dos escalones, el primer par de engranajes se considera rápido, lo que indica que tiene una relación de transmisión rápida (i_b); los segundos pares de engranajes se consideran lentos y por ende su relación de transmisión se considera la relación de transmisión lenta (i_c); se conoce que en los reductores de 2 ó 3 escalones la relación de transmisión varía entre 8 y 30, teniendo un valor máximo de 50. La mayoría de los motores tienen las RPM a plena carga indicada en su placa, esta es la velocidad a que se espera opere el motor cuando acciona su carga nominal y es típicamente de 1% a 4% menor que la velocidad síncrona, para el motor con una velocidad síncrona de 1800 rpm, la velocidad a plena carga ($\omega_{\text{motor real}}$) es de 1750rpm aproximadamente.

Según Ocampo la relación de transmisión del reductor está dada por:

$$i_R = \frac{\omega_{\text{motor real}}}{(\omega_{\text{Salida del Reductor}}) \times i_a} = \frac{1750 \text{ rpm}}{30 \text{ rpm} \times 2} = 29.1666$$

$$i_R = 29.1666 \leq 30$$

Dónde:

$$i_a = 2 \text{ (asumido)}$$

Las relaciones de transmisión, quedan de la siguiente manera de acuerdo a lo calculado y a las solicitaciones para el reductor:

$$i_a = 2$$

$$i_R = 29.1666$$

4.4.1.7 Cálculo de las velocidades de giro de los ejes

El eje de entrada 1 que se conecta a la polea conductora, gira a la velocidad del motor eléctrico (ω_1); el eje 2 donde se encuentra la polea conducida y que conecta al reductor mediante un acople flexible gira a (N_{II}). Finalmente, el eje 3 que se acopla al reductor que gira a la velocidad de la prensa (N_{III}).

$$N_I = 1750 \text{ rpm}$$

$$N_{II} = \frac{N_{Motor}}{i_a} = \frac{1750 \text{ rpm}}{2} = 875 \text{ rpm}$$

$$N_{III} = \frac{N_{II}}{i_R} = \frac{875 \text{ rpm}}{29.1666} = 30 \text{ rpm}$$

4.4.1.8 Momento torsor en los ejes

Estos valores de momentos torsores sin el cálculo de las pérdidas son representados con la siguiente ecuación.

$$T = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N}$$

Donde es necesario que la potencia del motor este en watts.

$$P_M = 5 \text{ HP} \times \frac{645.699}{1 \text{ HP}} = 3228.495 \text{ W}$$

Ahora, se procedió a calcular el momento torsor de cada uno de los ejes.

$$T_I = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_I} = \frac{3228.495 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 1750 \text{ rpm}} = 17.6170 \text{ N.m} = 179.528 \text{ kgf.cm}$$

$$T_{II} = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_{II}} = \frac{3228.495 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 875 \text{ rpm}} = 35.2341 \text{ N.m} = 359.1363 \text{ kgf.cm}$$

$$T_{III} = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_{III}} = \frac{3228.495 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 30 \text{ rpm}} = 1027.6618 \text{ N.m} = 10484.896 \text{ kgf.cm}$$

4.4.1.9 Selección del reductor de velocidad

La elección del reductor de velocidad se realizó utilizando la relación de transmisión del reductor. (i_R) y el momento torsor del eje del tornillo sin fin (T_{III}). La relación de transmisión del reductor es esencial ya que posibilita la generación de la velocidad requerida en la salida del reductor, y el par de torsión es crucial para prevenir fallos en los ejes conectados

mediante el acople flexible. Además de lo anterior, se necesita la siguiente información para una selección adecuada del reductor.

De la aplicación:

- Máquina: prensa expeller
- Aplicación: Extracción de aceite de coco.
- Horas trabajo / día: 8
- Arranques por hora: 1
- Ambiente de trabajo: condiciones ambientales.
- Temperatura ambiente: 25 °C

Para el motorreductor (o reductor):

- Equipo: Reductor
- Tipo: Helicoidal coaxial (180°)
- Eje de salida: Macizo
- Montaje: Patas
- Posición de montaje: Vertical
- Velocidad de entrada (rpm): 875
- Relación de reducción por la transmisión (i_R): 29,1666:1
- Velocidad de salida (rpm): 30
- Torque de salida del reductor, $T_{III} = 1027.6618 \text{ N.m}$
- Motor: Voltaje: Trifásico (220/440)
- Potencia (HP): 5
- Velocidad (rpm): 1750

Determinados los requisitos para la aplicación se determina que el reductor seleccionado es el RG07-211-29.68-B3; marca Ramfé, tipo helicoidal coaxial, montaje con patas, eje de entrada macizo de 42 mm y eje de salida de 60 mm, para acoplar por poleas 2:1 a motor eléctrico de 5 HP a 1750 RPM con un par de 1650 RPM y velocidad de entrada 875 rpm. En el Anexo C, se encuentra la ficha técnica del reductor y se puede ver el mismo a continuación en la figura 16.



Figura 16: Reductor RG07-211-29.68-B3.

Fuente: Industrias Ramfé S.A.S

4.4.1.10 Determinación de los diámetros previos de los ejes

Los diámetros de los ejes para diferentes transmisiones se determinan considerando ciertos aspectos de construcción. Al principio, se desestima el momento flector. Para los ejes macizos, la fórmula de cálculo la proporciona Ocampo.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times T}{\pi \times \tau_{admisible}}}$$

El límite permisible del esfuerzo cortante ($\tau_{admisible}$) oscila entre 25 MPa y 50 MPa. En el eje 3, se observan las mayores relaciones entre el momento flector y el torque, lo que sugiere un valor mayor de $\tau_{admisible}$ en comparación con los demás ejes. Por otro lado, en los ejes 1 y 2, se aprecian las relaciones más bajas entre el momento flector y el torque, lo que implica un valor menor de $\tau_{admisible}$.

Los valores para $\tau_{admisible}$ son determinados según lo mencionado anteriormente:

$$\tau_{admisible I} = \tau_{admisible II} = 50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{admisible III} = 45 \text{ MPa}$$

Para el eje 1:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_I}{\pi \times \tau_{admisible I}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 17.6170 \text{ N.m}}{\pi \times (50 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0.012 \text{ m} = 12 \text{ mm}$$

(12+5) mm = 17 mm debido a que pertenece a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(12+10) mm = 22 mm, 25 mm debido a los diámetros normalizados para ejes.

Para el eje 2:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_{II}}{\pi \times \tau_{admisible II}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 35.2341 \text{ N.m}}{\pi \times (50 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0.015 \text{ m} = 15 \text{ mm}$$

(15+5) mm = 20 mm, debido a que pertenece a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(12+10) mm = 22 mm, 25 mm debido a los diámetros normalizados para ejes.

Para el eje 3:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_{III}}{\pi \times \tau_{admisible III}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1027.6618 \text{ N.m}}{\pi \times (45 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$

(48+5) mm = 53 mm, 55 mm debido a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(48+10) mm = 58 mm, 63 mm debido a los diámetros normalizados para ejes

Basándose en los valores previamente obtenidos y en la decisión del diseñador, se optó por que los diámetros de los ejes 1 y 2 coincidan con los diámetros de los ejes del motor y del reductor. Esto facilita el ensamblaje y garantiza que se cumplan los diámetros mínimos de diseño necesarios para resistir las cargas variables a las que están sujetos los componentes.

4.4.1.11 Determinación del tipo de correa

Para encontrar la potencia de diseño (**P_d**), se aplica la siguiente ecuación según Ocampo.

$$P_d = P_M \times K_s$$

K_s es el Coeficiente de servicio, tornillo sin fin y motor eléctrico

$$K_s = 1,4$$

Es fundamental establecer un valor concreto para K_s , ya que el actualmente elegido es provisional. Debido a la necesidad de tener en cuenta las jornadas laborales diarias de la máquina, se debe ajustar el valor de K_s añadiendo 0.2 por cada período de 8 horas de servicio diario.

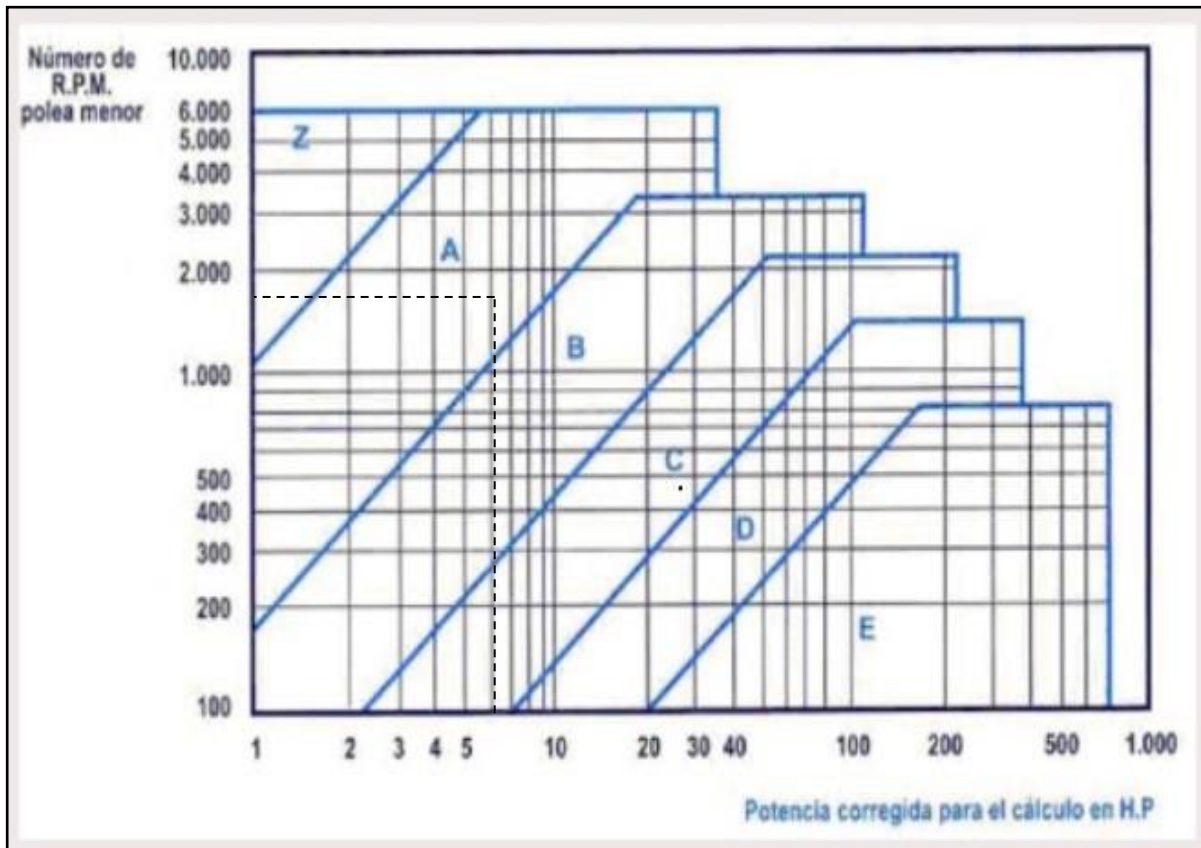
$$K_s = 1.6$$

Se calcula la potencia de diseño P_d , teniendo en cuenta que la potencia de la maquina (P_M).

$$P_d = P_M \times K_s = 5 \text{ HP} \times 1.6 = 8 \text{ HP}$$

con los rpm reales de trabajo (1750) y con la potencia de diseño se encuentra el tipo de correa en el gráfico 4. Se observa que el punto de intersección (P_d, N_I) cae en el área de las correas tipo A.

Gráfico 4. Selección de la sección de correa.



4.4.1.12 Selección del diámetro de las poleas.

Según Ocampo, para la selección de las poleas para correas tipo A, el diámetro mínimo recomendado de la polea conductora D_1 es 95.5 mm. Pero se utilizó su diámetro normalizado $D_1 = 100\text{mm}$. Con la relación de transmisión por correa trapezoidal i_a , podemos calcular el diámetro de la polea conducida D_2 .

$$i_a = \frac{D_2}{D_1 \times (1 - K)}$$

Donde $K = 0.01$

$$i_a \times D_1 \times (1 - K) = D_2$$

$$D_2 = 2 \times 100\text{mm} \times (1 - 0.01) = 198\text{mm}$$

Utilizando su diámetro normalizado del catálogo de poleas tipo A de INTERMEC mostrado en el Anexo D. El cual sería $D_2 = 200\text{mm}$. Por lo cual se seleccionaron las siguientes poleas PQ1A100 para la polea conductora y PQ1A200 para la polea más grande.

4.4.1.13 Distancia mínima entre centros

$$A = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right) + D_1$$
$$C = \left(\frac{100\text{mm} + 200\text{mm}}{2} \right) + 100\text{mm} = 250\text{mm} = 0.25\text{m}$$

Se estableció una distancia de 0,55 metros, aproximadamente 550mm, entre los dos centros de las poleas, ya que es esencial considerar las dimensiones de los demás elementos que forman parte del conjunto de la máquina, incluyendo las dimensiones del bastidor.

4.4.1.14 Longitud de la correa y selección

$$L_p = 2C + \frac{\pi}{2} \times (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$
$$L_p = 2 \times 550\text{mm} + \frac{\pi}{2} \times (100\text{mm} + 200\text{mm}) + \frac{(200\text{mm} - 100\text{mm})^2}{4 \times 550\text{mm}} = 1575.78\text{mm}$$

Ahora se buscar en tabla la longitud primitiva estándar la cual es para una correa tipo A 1584mm. Con esta longitud se recalcula la distancia entre los centros, con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

$$\text{Donde: } B = 4L_p - 2\pi(D_2 + D_1) = 4451.0444$$

$$C = \frac{4451.0444 + \sqrt{4451.0444^2 - 32(200 - 100)^2}}{16} = 544.1447\text{mm}$$

4.4.1.15 Cálculo de los ángulos de contacto entre la correa y las poleas

Los ángulos se calcularon con las siguientes formulas:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \text{ para ángulo de contacto de la polea pequeña}$$

$$\text{Y } \theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \text{ para ángulo de contacto de la polea grande}$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{200\text{mm} - 100\text{mm}}{2(544.1447\text{mm})} \right] = 169.4556^\circ$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{200\text{mm} - 100\text{mm}}{2(544.1447\text{mm})} \right] = 190.5443^\circ$$

4.4.1.16 Cálculo de la potencia efectiva o potencia total por correas (Pe)

Se calcula la potencia efectiva por la correa es necesario utilizar la siguiente formula:

$$P_e = P_{bt} \cdot f_{ac} \cdot f_{lc}$$

Donde $P_{bt} = P_b + \text{Adicional por relación de transmisión}$

Se utilizaron los rpm, el diámetro primitivo de la polea menor y junto al tipo de correa se entra en las Tabla 2-9 del manual Octibelt, donde se obtiene la prestación base (Pb) en HP por correa para arco de contacto de 180° más adicional por relación de transmisión.

Para la correa tipo A, con 1750rpm y con un diámetro primitivo de la polea pequeña, la potencias base es 1.93 HP y como la relación de transmisión es 2, la adicional de relación de transmisión es de 0.29.

$$P_{bt} = P_b + \text{Adicional por relación de transmisión} = 1.93\text{HP} + 0.29\text{HP} = 2.22\text{HP}$$

Se busco en las tablas los valores de corrección por ángulo de contacto f_{ac} y el valor del factor de corrección por longitud de correa f_{lc} , y se tiene que f_{lc} para el tipo de correa A, y para una longitud de correa de 158 es de 1.13, para f_{ac} con Angulo de 170° para poleas acanaladas es de 0.98.

$$P_e = P_{bt} \cdot f_{ac} \cdot f_{lc} = 2.22\text{HP} \times 1.13 \times 0.98 = 2.46\text{HP}$$

4.4.1.17 Cálculo de del número de correas por polea

El número de correas viene dado por:

$$N^{\circ} \text{ de correas} = Z = \frac{P_{diseño}}{P_e} = \frac{8\text{HP}}{2.46\text{HP}} = 3.25$$

Como el número de correas obtenidas no es un numero entero se busca aproximar de la siguiente manera, se redondea al entero inmediato superior si el decimal es ≥ 5 , y, al entero inferior si la parte decimal es < 5 . En este caso el número decimal es < 5 , por lo que el número de correas $Z=3$

4.4.1.18 Elección de chaveta

Las chavetas son piezas mecánicas removibles que, cuando se ensamblan en ranuras llamadas chaveteros, proporcionan una conexión sólida para transmitir el par de torsión entre el eje y el cubo.

Las dimensiones transversales (b y h) varían en función del diámetro del eje.

La longitud de la chaveta (L) se determina considerando la compresión y la corte presente entre la polea y el eje, y se selecciona el valor máximo entre ellos.

Eje 1:

Haciendo uso de la tabla mostrada en el anexo E se obtienen las dimensiones de la chaveta en base a su diámetro, la cuales son para un diámetro de 34.9mm que es el diámetro máximo del agujero de la polea conductora, y los valores son:

Para la anchura $b = 10\text{mm} = 1\text{cm}$

Y para la altura $h = 8\text{mm} = 0.8\text{cm}$

Se tomo como material para las chavetas el acero 1020 el cual es el material más utilizado para la creación de chavetas cuyo $\sigma_f = 207 \text{ MPa} = 2118.879 \text{ kgf/cm}^2$, Esfuerzo de fluencia a la tracción y para el corete $\sigma_c = 80 \text{ Mpa} = 815.76 \text{ kgf/cm}^2$

Para determinar el número de chavetas es necesario calcular la longitud de la chaveta tanto por compresión como por cizalladura, utilizando las siguientes formulas:

$$\sigma_{comp} = \frac{F}{\frac{h}{2} \times L} \text{ para determinar la longitud de compresión de la chaveta}$$

$$\sigma_{corte} = \frac{F}{b \times L} \text{ para determinar la longitud de corte de la chaveta}$$

Para poder utilizar esta formulas es necesario obtener la fuerza y esta se obtiene de la siguiente forma:

$$T_I = F \times \left(\frac{d_1}{2}\right); F = \frac{2 \times T_I}{d_1} = \frac{2 \times 179.528 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{3.4 \text{ cm}} = 105.60 \text{ kgf}$$

$$L_{comp} = \frac{F}{\frac{h}{2} \times \sigma_{comp}} = \frac{105.60 \text{ kgf}}{\frac{0.8 \text{ cm}}{2} \times 2118.879 \text{ kgf/cm}^2} = 0.1245 \text{ cm} = 1.245 \text{ mm}$$

Se calcula la longitud de corte:

$$L_{corte} = \frac{F}{b \times \delta_{corte}} = \frac{105.60 \text{ kgf}}{1 \times 815.76 \text{ kgf/cm}^2} = 0.1294 \text{ cm} = 1.294 \text{ mm}$$

Se toma el valor de 1.294mm para la longitud de la chaveta

Eje 2: en este elemento se encuentran 2 chavetas, en la polea donde el diámetro es 42 mm y para el acople con el reductor donde el diámetro es de:

Para la chaveta de la polea del eje 2

$$b = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$$

$$h = 8 \text{ mm} = 0.8 \text{ mm}$$

$$T_I = F \times \left(\frac{d_1}{2}\right); F = \frac{2 \times T_{II}}{d_1} = \frac{2 \times 359.1363 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{4.2 \text{ cm}} = 171.01 \text{ kgf}$$

$$L_{comp} = \frac{F}{\frac{h}{2} \times \sigma_{comp}} = \frac{167.42 \text{ kgf}}{\frac{0.8 \text{ cm}}{2} \times 2118.879 \text{ kgf/cm}^2} = 0.2017 \text{ cm} = 2.017 \text{ mm}$$

$$L_{corte} = \frac{F}{b \times \delta_{corte}} = \frac{102.88 \text{ kgf}}{1 \times 815.76 \text{ kgf/cm}^2} = 0.2096 \text{ cm} = 2.096 \text{ mm}$$

Para esta chaveta se toma la longitud de 2.096mm

De acuerdo al catálogo normalizado de chavetas ISO, que depende del diámetro de la sección; las dimensiones de las chavetas recomendadas son:

En el árbol 1:

Altura= 8, Anchura=12, Longitud=40

En el árbol 2:

Para la sección con diámetro 42 mm: Altura= 8 mm, Anchura=12 mm, Longitud=40 mm

4.4.1.19 Selección de acoplamientos

Para la correcta selección de un acoplamiento es necesario tener la siguiente información tomada de Intermecc S.A

HP Y RPM del motor: 5 HP a 1750 RPM

Tipo de aplicación: Extracción de aceite de coco por compresión

Diámetros de los ejes: 34 mm, 42 mm y 60 mm.

Condiciones ambientales a las que se va a ver sometido el acople: Condiciones normales a temperatura ambiente.

Cálculo del torque nominal (Tn)

el cálculo del par torsor se realiza mediante la siguiente formula:

$$Tn = \frac{HP \times 63025}{RPM} = \frac{5Hp \times 63025}{1750rpm} = 180.07142lb - pulg$$

Factor de servicio apropiado

Se puede encontrar el factor de servicio en la **Tabla 9**

Tabla 4. Factores de servicio para la selección de acoples

Casos especiales Para aplicaciones donde se producen fluctuaciones de choque, vibración y par - consultar Challenge	Tipo de motor primario					
	Arranques suaves			Arranques pesados		
	Motores eléctricos y otros motores primarios con funcionamiento constante			Motores de combustión interna		
	Número de horas de funcionamiento por día					
Tipo de máquina accionada	menos de 10	10 - 16	mas de 16	menos de 10	10 - 16	mas de 16
Carga uniforme agitadores ligeros, cintas transportadoras de arena etc, ventiladores hasta 7,5 kW, compresores centrífugos y bombas	0.8	0.9	1.0	1.3	1.4	1.5
Carga moderada agitadores de densidad variable, cintas transportadoras (carga no uniforme), ventiladores de más de 7,5 kW, otros compresores rotativos y bombas, generadores, máquinas herramientas, maquinaria de impresión, maquinaria de lavandería, pantallas rotativas, maquinaria rotativa para trabajar la madera	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0
Carga pesada compresores de pistón y bombas, sopladores de desplazamiento positivo, transportadores de servicio pesado, molinos de martillo, pulverizadores, prensas, tijeras, punzones, máquinas para trabajar la goma	1.8	1.9	2.0	2.3	2.4	2.5
Carga muy pesada trituradoras - de mandibula, giratorias, etc laminadoras, calandrias, máquinas de cantera, cribas vibratorias	2.3	2.4	2.5	2.8	2.9	3.0

Fuente: catalogo challenge

Se utiliza un FS de 1,8 para tipo de trabajo con carga pesada, con un motor de arranque suave y un uso de menos de 10 horas por día utilizando un motor eléctrico.

4.4.1.20 Cálculo del par torsor de diseño (Td)

Se calcula mediante la formula:

$$Td = Tn \times Fs = 180.07142lb - pulg \times 1.8 = 324.1285lb - pulg$$

Elección de acople en catálogo

Se elige el tipo de acople en función del valor del par torsor nominal y el par de diseño en el catálogo, considerando que estos deben ser superiores a los calculados. Se recomienda utilizar un acoplamiento estándar de un lado (con un árbol de menor diámetro) y un acoplamiento extragrande del otro (con un árbol de mayor diámetro). En este caso particular, se sugiere utilizar un acople Interflex No. GE24, el cual se ajusta a las exigencias específicas de diseño para todos los árboles. El catálogo del acoplamiento se muestra en el Anexo F.

4.4.1.21 Cálculos de la resistencia mecánica de los ejes

Los ejes incluidos en el conjunto de la máquina, que se analizan a continuación, están sujetos a torsión, flexión, carga axial y fuerzas de corte, y al menos una de estas cargas es variable (en un eje giratorio sometido a un momento flector constante, se generan esfuerzos normales variables). Dado que los esfuerzos en los ejes son combinados y variables, es necesario aplicar la teoría de fatiga para esfuerzos combinados con el criterio de Von Mises.

Diseño de los ejes bajo la teoría de fatiga por Von Misses

Para dar inicio al diseño de los ejes es imprescindible hacer la selección de materiales

Selección de materiales

Para la elección del material de los ejes se sugiere emplear ejes de acero de bajo contenido de carbono, dado que son ampliamente utilizados, económicos y capaces de soportar las cargas variables típicas. Por esta razón, se decidió seleccionar un acero 1045 laminado en caliente, con las propiedades mecánicas detalladas en la tabla C-9 ubicada en el anexo X, obtenidas de Sidelpa S.A.

Configuración geométrica de los ejes

Para definir las dimensiones de los ejes se considerarán los componentes que se ensamblan sobre ellos, la facilidad de montaje y desmontaje, las interrupciones, las transiciones abruptas de sección, el coste de producción y las especificaciones del eje de salida del motor conectado al eje primario y del reductor unido al eje secundario a través de acoplamientos flexibles. El eje primario se representa en la Figura 17. El eje 2 se representa en la Figura 18.

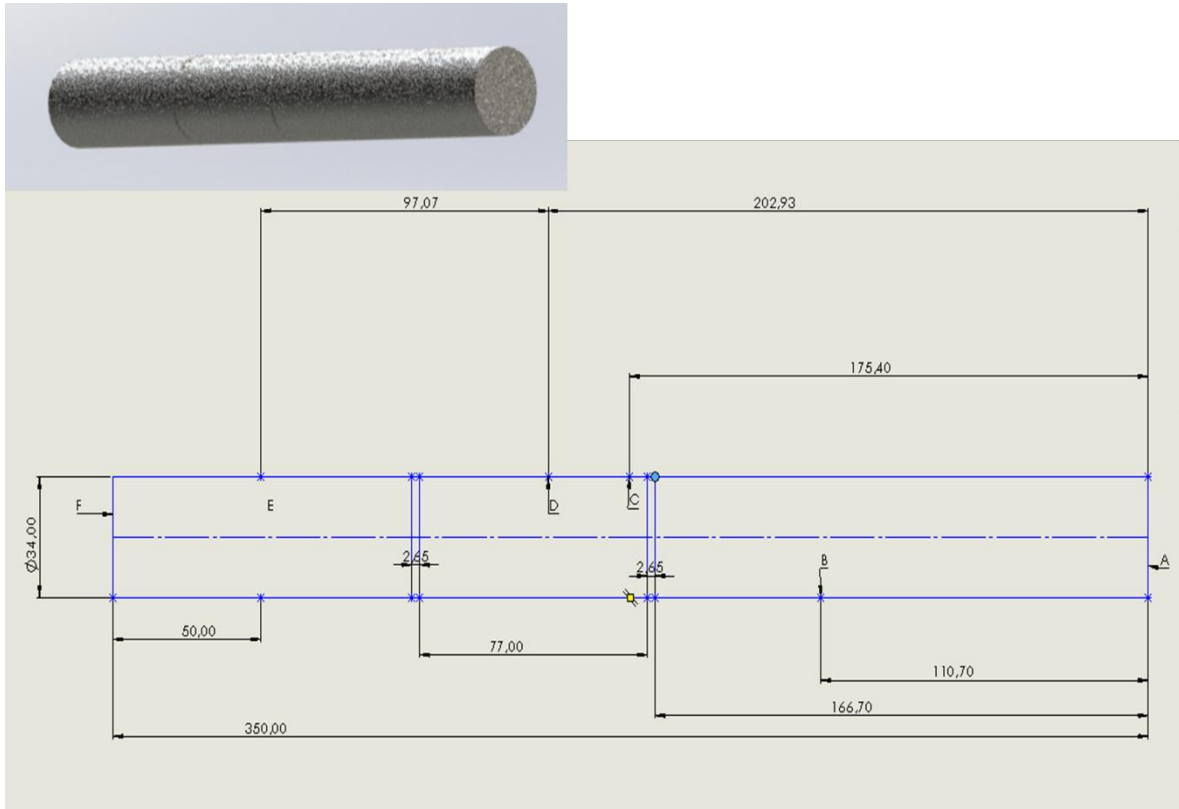


Figura 17. Dimensiones del eje 1.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

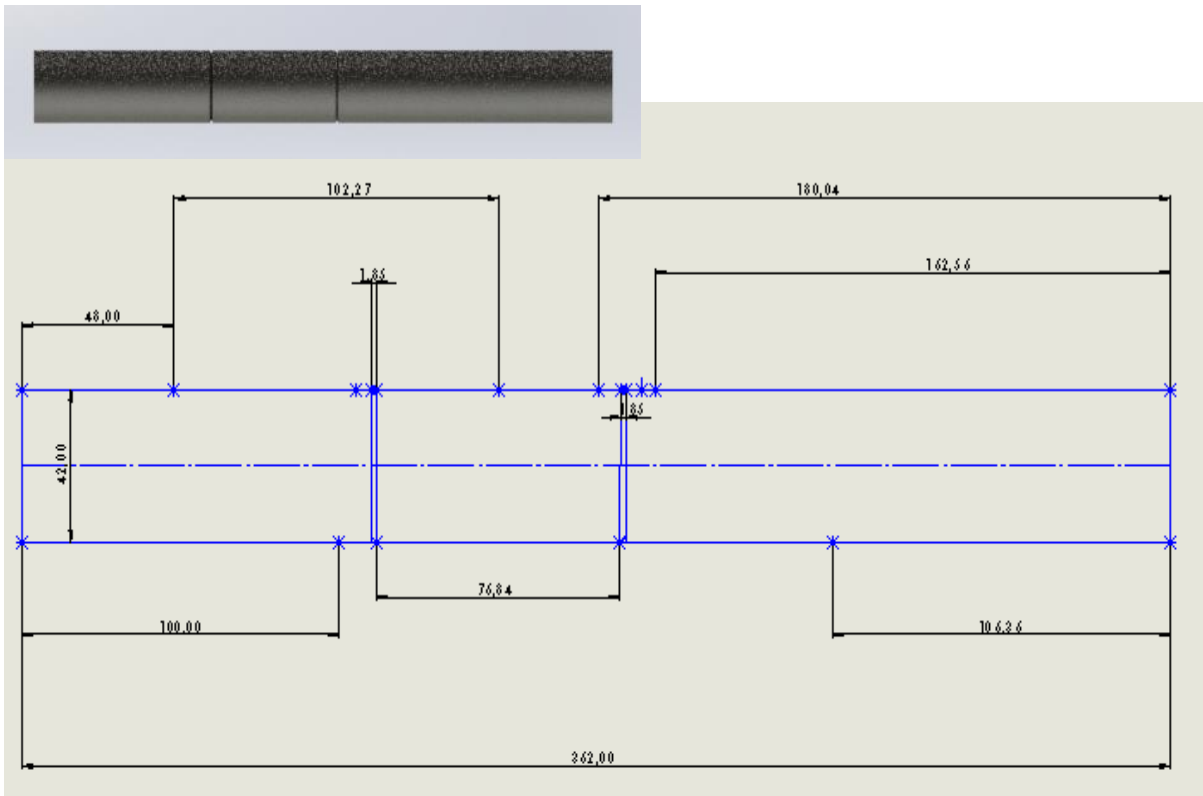


Figura 18. Dimensiones del eje 2.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Resistencia en los ejes

En los ejes 1 y 2 se presentan fuerzas axiales y tangenciales que generan esfuerzos por flexión, torsión y cortante, a continuación, se muestran las cargas a las cuales se encuentran sometidas los ejes.

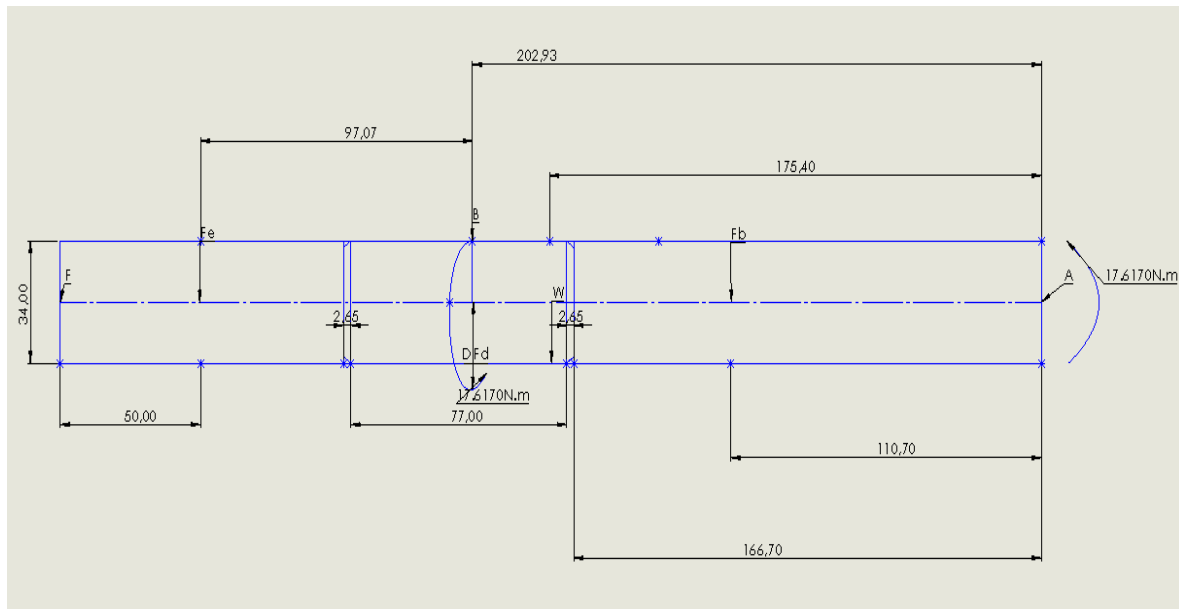


Figura 19. Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el eje 1.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

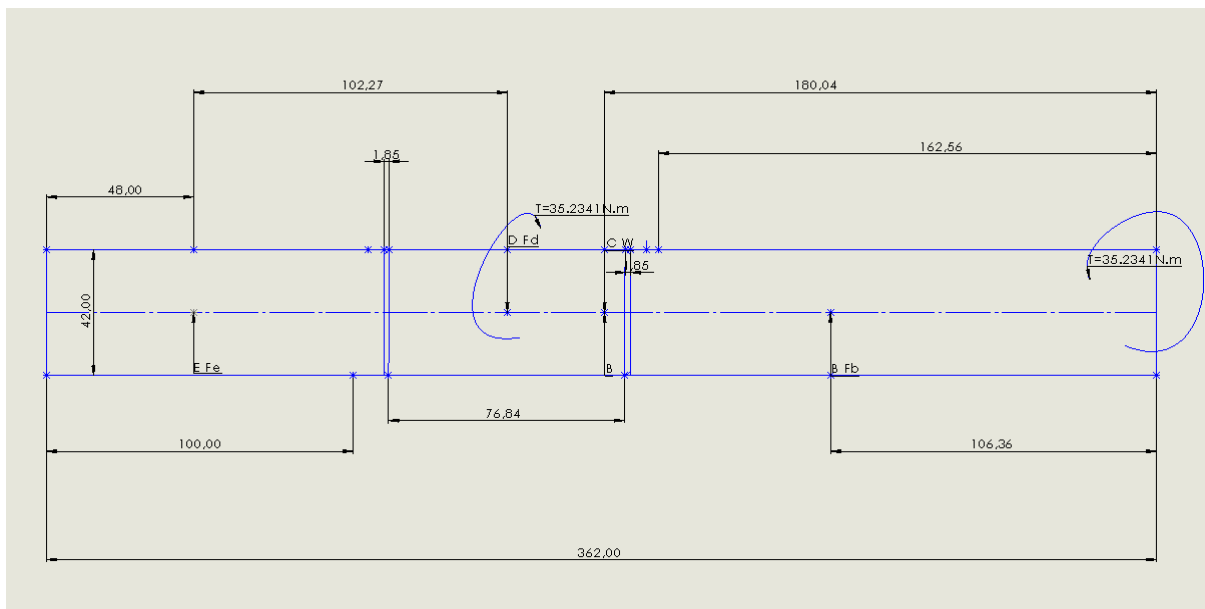


Figura 20. Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el eje 2.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Para identificar la sección sujeta a las cargas más significativas, se requiere inicialmente evaluar las fuerzas externas que inciden sobre la estructura y las reacciones en los puntos de apoyo. Esto es fundamental para elaborar el diagrama de cuerpo libre que represente las

diversas fuerzas a las que está expuesto el elemento. Para este propósito, se emplean los diagramas de torsión, flexión y fuerzas axiales, que facilitan la determinación de la sección más crítica del eje.

Cálculo de reacciones, fuerzas externas, diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor en el eje 1

Para encontrar la posición exacta del peso del árbol 1, fue necesario su construcción en el CAD SolidWorks 2018. El peso del árbol está dado por

$$w = m \times g = 2.489 \times 9.8 = 24.39N$$

Para calcular la fuerza en la polea (F_p), se emplea lo siguiente:

En la polea, se encuentran dos fuerzas, F_1 y F_2 , que constituyen componentes de F_p y generan pares de torsión; F_1 representa la fuerza del lado tenso, mientras que F_2 es la fuerza del lado flojo. Estos pares poseen sentidos opuestos y, por ende, deben ser sustraídos y luego multiplicados por el radio primitivo de la polea (r). Por lo tanto, el par de torsión resultante producido por las fuerzas en la polea (T_I) se expresa como:

$$T_I = T_{F_1} - T_{F_2}$$

$$T_I = F_1 \times r - F_2 \times r$$

Las fuerzas en los lados flojos y tensos están determinadas por

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{3\theta_1 f}$$

Se Tomo como condición inicial que el material de la polea es de hierro-acero, mientras que el material de la correa es de caucho. Cuyo coeficiente de rozamiento es de $f=0,30$.

$$\theta_1 = 180^\circ \times \left[1 - \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{D_2 - D_1}{C} \right) \right]$$

$$\theta_1 = 180^\circ \times \left[1 - \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{200mm - 100mm}{544.1447mm} \right) \right] = 169.4704$$

$$\theta_1 = \frac{169.4704 \times \pi}{180^\circ} = 3.4290rad$$

$$F_d = F_1 + F_2$$

$$F_1 = e^{3\theta_1 f} \times F_2 = 21.8915 \times F_2$$

$$T_I = 17.6170 N.m$$

$$T_I = (F_1 - F_2) \times r$$

$$r = \frac{(\text{Diámetro exterior} + \text{Diámetro interior})}{4} = \frac{100mm + 42.9mm}{4} = 35.725mm$$

$$r = 0.03572m$$

Con el par de torsión resultante $T_I = 17.6170 \text{ N} \cdot \text{m}$, se calculo la fuerza en el lado flojo F2.

$$T_I = (12 \times F_2 - F_2) \times r$$

$$F_2 = \frac{17.6170 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.03572 \text{ m} \times 11} = 44.83 \text{ N}$$

$$F_1 = 538.0331 \text{ N}$$

La suma de las componentes en la polea da lugar a la fuerza resultante F_d :

$$F_d = F_1 + F_2 = 44.83 \text{ N} + 538.0331 = 582.8631 \text{ N}$$

Para determinar las reacciones, se formulan las ecuaciones de equilibrio en el eje 1:

$$\sum F_x = 0; F_d - w + F_b + F_E = 0$$

$$582.8631 \text{ N} - 24.39 \text{ N} + F_b + F_e = 0$$

$$\sum M_E = 0; -M_A - (F_d \times 97,07 \text{ mm}) + (w \times 124,6 \text{ mm}) - (F_b \times 189,93 \text{ mm}) = 0$$

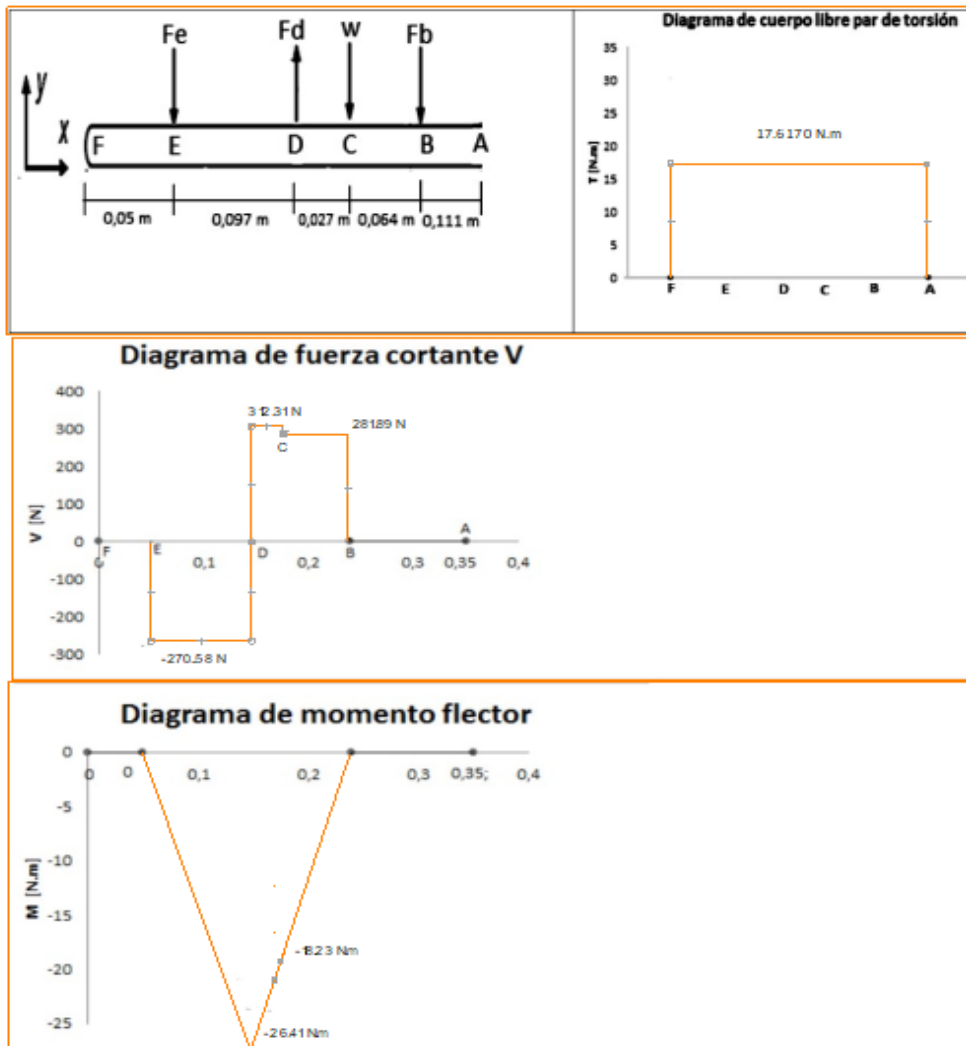
$$-(582.8631 \text{ N} \times 97,07 \text{ mm}) + (24.39 \text{ N} \times 124,6 \text{ mm}) - (F_b \times 189,93 \text{ mm}) = 0$$

$$-(582.8631 \text{ N} \times 97,07 \text{ mm}) + (24.39 \text{ N} \times 124,6 \text{ mm}) = (F_b \times 189,93 \text{ mm})$$

$$F_b = 281.89 \text{ N} \text{ y } F_E = 276.58 \text{ N}$$

Con los resultados previamente obtenidos, podemos elaborar los diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor, observando que se desestima el pequeño ángulo generado por la fuerza resultante de la polea (F_p) con respecto al eje. En este sentido, se generan los diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor para el eje que se pueden ver en el gráfico 5 a continuación.

Gráfico 5. Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el eje 1



Fuente: Carreño y Morales (2024).

Cálculo de reacciones, fuerzas externas, diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor en eje 2.

Para encontrar el peso del eje 2, se hizo su construcción en el CAD solidworks 2018.

El peso del eje está dado por:

$$w = m \times g = 3.93374Kg \times 9.8 \frac{m}{s^2} = 38.5434N$$

La fuerza en la polea (F_p) tiene la misma magnitud que la calculada anteriormente, pero con dirección opuesta.

$$F_d = F_1 + F_2 = 44.83N + 538.0331 = 582.8631N$$

Para determinar las reacciones, se formulan las ecuaciones de equilibrio en el eje 2:

$$\sum F_x = 0; -F_d - w + F_b + F_E = 0$$

$$-582.8631 N - 38.5434 N + F_b + F_e = 0$$

$$\sum M_E = 0; +(F_d \times 102.27 mm) + (w \times 181.96 mm) - (F_b \times 255.64 mm) = 0$$

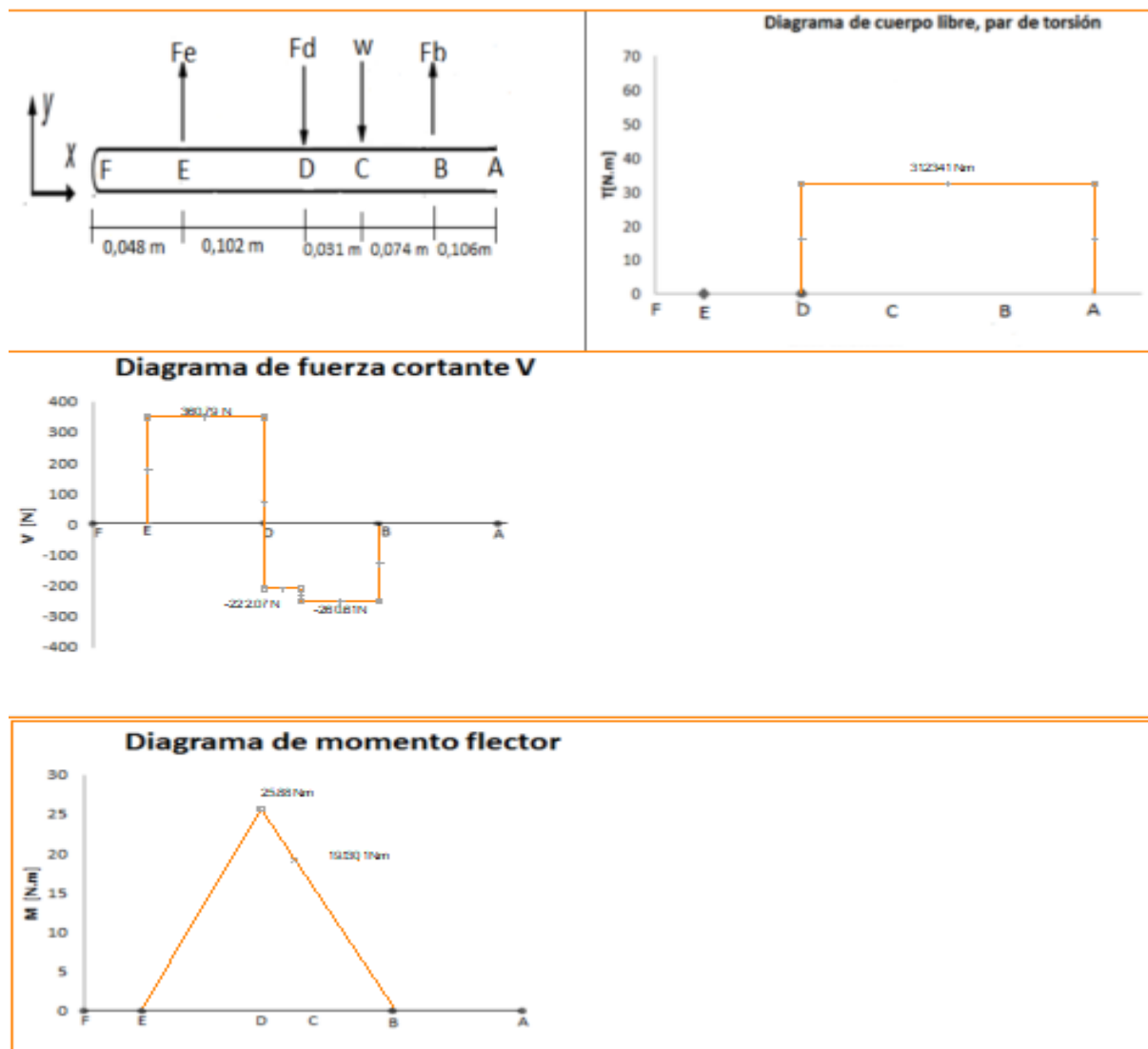
$$(582.8631 N \times 102.27 mm) + (38.5434 N \times 181.96 mm) - (F_b \times 255.64 mm) = 0$$

$$(582.8631 N \times 102.27 mm) + (38.5434 N \times 181.96 mm) = (F_b \times 255.64 mm)$$

$$F_b = 260.61 N \text{ y } F_E = 360.79 N$$

Con los resultados previamente obtenidos, se generaron los diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor para el eje 2 que se pueden ver en el gráfico 6.

Gráfico 6. Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el eje 2.



Fuente: Carreño y Morales (2024).

Análisis por fatiga árbol 1

Como se ha mencionado previamente, los ejes 1 y 2 están sujetos a cargas constantes de momentos y pares torsionales que generan esfuerzos variables debido al momento flector rotatorio a lo largo de los ejes. Esto requiere verificar la resistencia a la fatiga mediante el

cálculo del factor de seguridad (N). Para el análisis de fatiga, se supondrá que los puntos críticos en el árbol tienen un esfuerzo biaxial con un único componente normal y uno de corte, utilizando el método de Von Mises como se detalla a continuación.

El par torsional produce esfuerzos cortantes medios (S_{ms}) y esfuerzos alternantes (S_a). Sin embargo, en esta situación específica, no se generan esfuerzos alternantes dado que el par es constante en toda la extensión del eje.

$$S_{ms} = \frac{16T_l}{\pi d^3}$$

Donde T_m es el Par torsor en eje 1 y d es el diámetro del eje, siendo este último $34mm = 0.034m$

$$S_{ms} = \frac{16 \times 17.6170 \text{ N.m}}{\pi \times (0.034m)^3} = 2.28MPa$$

El momento flector produce esfuerzos por flexión medio $S_m(M)$ y esfuerzos por flexión alternos $S_a(M)$. En esta instancia, $S_m(M)=0$, como se ilustra en la **Grafico 4**.

$$S_a(M) = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Donde M es el Par flector máximo generado en el eje 1

$$S_a(M) = \frac{32 \times 26.25 \text{ N.m}}{\pi(0.034)^3} = 6.8MPa$$

Ecuaciones de diseño de Von Misses

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_y} + \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_n}$$

Dónde los esfuerzos τ y σ se calculan de la siguiente forma:

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms}$$

$$\sigma_m = k_{fm}(F) \times S_m(F) + k_{fm}(M) \times S_m(M)$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M)$$

Antes de emplear el método de Von Mises, es crucial identificar otros elementos que forman parte de la aplicación de dicho método.

Propiedades del material:

$S_y = 310 \text{ Mpa}$; $S_u = 565MPa$ pertenecientes al Acero 1045, laminado en caliente

$$S_{ys} = 0.577 \times S_y = 0.577 \times 310 \text{ MPa} = 178.87MPa$$

$$S_e = 0,5 \times S_u = 0.5 \times 565 \text{ MPa} = 282.5 \text{ MPa}$$

Factores que disminuyen la resistencia a la fatiga: Los siguientes elementos fueron calculados, dado que la carga que induce esfuerzos variables es el momento flector y son esenciales para determinar la resistencia a la fatiga corregida (S_n).

$$S_n = K S \text{ si } nc \geq 10^6 \text{ ciclos}$$

Donde:

$$K = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_{car} \text{ siendo } K \text{ el factor de reducción de fatiga general}$$

Se asume que el eje es mecanizado, por lo cual $K_a = 0.73$

Utilizando la ecuación para flexión, con flexión giratoria se obtuvo $K_b = 1,189 \times d_e^{-0,097}$ donde $d_e = d = 34mm$ siendo $K_b = 0.8445$

Con la confiabilidad al 99%, $K_c = 0.814$

$K_d = 1$, debido a que la temperatura del eje es de $450^\circ c$

Ya que no se prevé corrosión, ni otros factores, $K_e = 1$

Y por último, para Flexión o torsión si se calculan los esfuerzos equivalentes de Von Mises $K_{car} = 1$

$$K = 0,73 \times 0,8445 \times 0,814 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.5018$$

Con este factor, se calculo la resistencia a la fatiga corregida:

$$S_n = 0.5018 \times 282.5 \text{ MPa} = 141.7585 \text{ MPa}$$

Factores de concentración de esfuerzos (Kf)

La zona más crítica es aquella donde se alcanza el momento flector máximo (punto a). En este lugar, existe una chaveta que opera como un concentrador de tensiones. El factor $K_f=1.6$ para una estructura bajo flexión y $K_f=1.3$ para una sometida a torsión.

Si $K_f |S_{smax}| < S_{ys}$ entonces $K_{fm} = K_f$

Si $nc \geq 10^6$ ciclos; $K_{ff} = K_f$

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms} = 1.6 \times 2.28 \text{ MPa} = 3.648 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M) = 1.6 \times 6.8 \text{ MPa} = 10.88 \text{ MPa}$$

Ahora se procede a calcular el factor de seguridad

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{3 \times (3.64 \text{ MPa})^2}}{310 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{(10.88 \text{ MPa})^2}}{141.7585 \text{ MPa}}$$

$$N = 10.29 \approx 11$$

Análisis por fatiga árbol 2

El análisis del eje 2 sigue un procedimiento similar al descrito en el eje 1. A continuación se presentan los resultados de la sección crítica, donde $d = 0.042m$, en la que se identifican dos concentradores de esfuerzos equivalentes a un chavetero y una ranura.

El par torsional produce esfuerzos cortantes medios (S_{ms}) y esfuerzos alternantes (S_a). Sin embargo, en esta situación específica, no se generan esfuerzos alternantes dado que el par es constante en toda la extensión del eje.

$$S_{ms} = \frac{16T_{II}}{\pi d^3}$$

Donde T_m es el Par torsor en eje 2 y d es el diámetro del eje, siendo este último $34mm = 0.042m$

$$S_{ms} = \frac{16 \times 35.2341N \cdot m}{\pi \times (0.042m)^3} = 2.42MPa$$

El momento flector produce esfuerzos por flexión medio $S_m(M)$ y esfuerzos por flexión alternos $S_a(M)$. En esta instancia, $S_m(M)=0$, como se ilustra en la **Grafico 5**.

$$S_a(M) = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Donde M es el Par flector máximo generado en el eje 1

$$S_a(M) = \frac{32 \times 25.88N \cdot m}{\pi(0.042)^3} = 3.5MPa$$

Propiedades del material:

$S_y = 310 MPa$; $S_u = 565MPa$ pertenecientes al Acero 1045, laminado en caliente

$$S_{ys} = 178.87MPa$$

$$S_e = 282.5 MPa$$

Factores que disminuyen la resistencia a la fatiga: Los siguientes elementos fueron calculados, dado que la carga que induce esfuerzos variables es el momento flector y son esenciales para determinar la resistencia a la fatiga corregida (S_n).

$$S_n = K S_e \text{ si } n c \geq 10^6 \text{ ciclos}$$

Donde:

$K = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_{car}$ siendo K el factor de reducción de fatiga general

Se asume que el eje es mecanizado, por lo cual $K_a = 0.73$

Utilizando la ecuación para flexión, con flexión giratoria se obtuvo $K_b = 1,189 \times d_e^{-0.097}$ donde $d_e = d = 42mm$ siendo $K_b = 0.8274$

Con la confiabilidad al 99%, $K_c = 0.814$

$K_d = 1$, debido a que la temperatura del eje es de $450^\circ c$

Ya que no se prevé corrosión, ni otros factores, $K_e = 1$

Y por último, para Flexión o torsión si se calculan los esfuerzos equivalentes de Von Mises $K_{car} = 1$

$$K = 0,73 \times 0.8274 \times 0,814 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.4916$$

Con este factor, se puede calcular la resistencia a la fatiga corregida:

$$S_n = 0.4916 \times 282.5 \text{ MPa} = 138.877 \text{ MPa}$$

Factores de concentración de esfuerzos (Kf)

La zona más crítica es aquella donde se alcanza el momento flector máximo (punto a). En este lugar, existe una chaveta que opera como un concentrador de tensiones. El factor $K_f=1.6$ para una estructura bajo flexión y $K_f=1.3$ para una sometida a torsión.

Si $K_f |S_{smax}| < S_{ys}$ entonces $K_{fm} = K_f$

Si $nc \geq 10^6$ ciclos; $K_{ff} = K_f$

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms} = 1.6 \times 2.42 \text{ MPa} = 3.872 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M) = 1.6 \times 3.5 \text{ MPa} = 5.6 \text{ MPa}$$

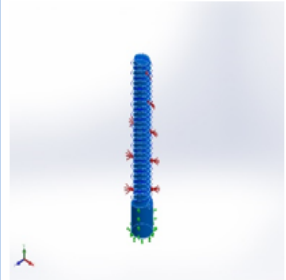
Ahora se procede a calcular el factor de seguridad

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{3 \times (3.872 \text{ MPa})^2}}{310 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{(5.6 \text{ MPa})^2}}{138.977 \text{ MPa}}$$

$$N = 16.071 \approx 17$$

4.4.1.21 Análisis en CAD del equipo

Una vez que se ha completado el dimensionamiento geométrico y se han determinado la potencia de accionamiento, así como las distintas cargas y presiones, aspectos fundamentales para el diseño de los componentes del conjunto de la máquina, incluyendo el motor eléctrico, reductor, acoplamientos, poleas y correas, chumaceras, tornillos, dado, tolva, pernos y tuercas, es imprescindible seguir con la construcción de estas piezas utilizando un software de elementos finitos. Este software permite la creación de los elementos en tres dimensiones (3D), realización de ensamblajes entre piezas, análisis de fatiga y deformación, así como la generación de planos.

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Barrer2 	Sólido	Masa:3.45967 kg Volumen:0.000440723 m ³ Densidad:7849.99 kg/m ³ Peso:33.9048 N	C:\Users\USUARIO\Desktop\trabajo de grado\tornillo sin fin.SLDPRT Mar 10 00:00:28 2024

Cuadro 15. Propiedades físicas del tornillo sin fin.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La simulación por elementos finitos (FEA) ofrece una metodología confiable para analizar diseños de ingeniería. El proceso comienza con la creación del modelo geométrico en el software CAD. Posteriormente, el programa divide el modelo del tornillo en pequeñas partes de forma simple, llamadas elementos, que están conectadas en puntos comunes, denominados nodos. Los programas de análisis por elementos finitos interpretan el modelo como una red de elementos discretos interconectados.

La malla empleada es una malla sólida con un total de 16379 nodos analizados durante la ejecución del análisis estático del tornillo sin fin.

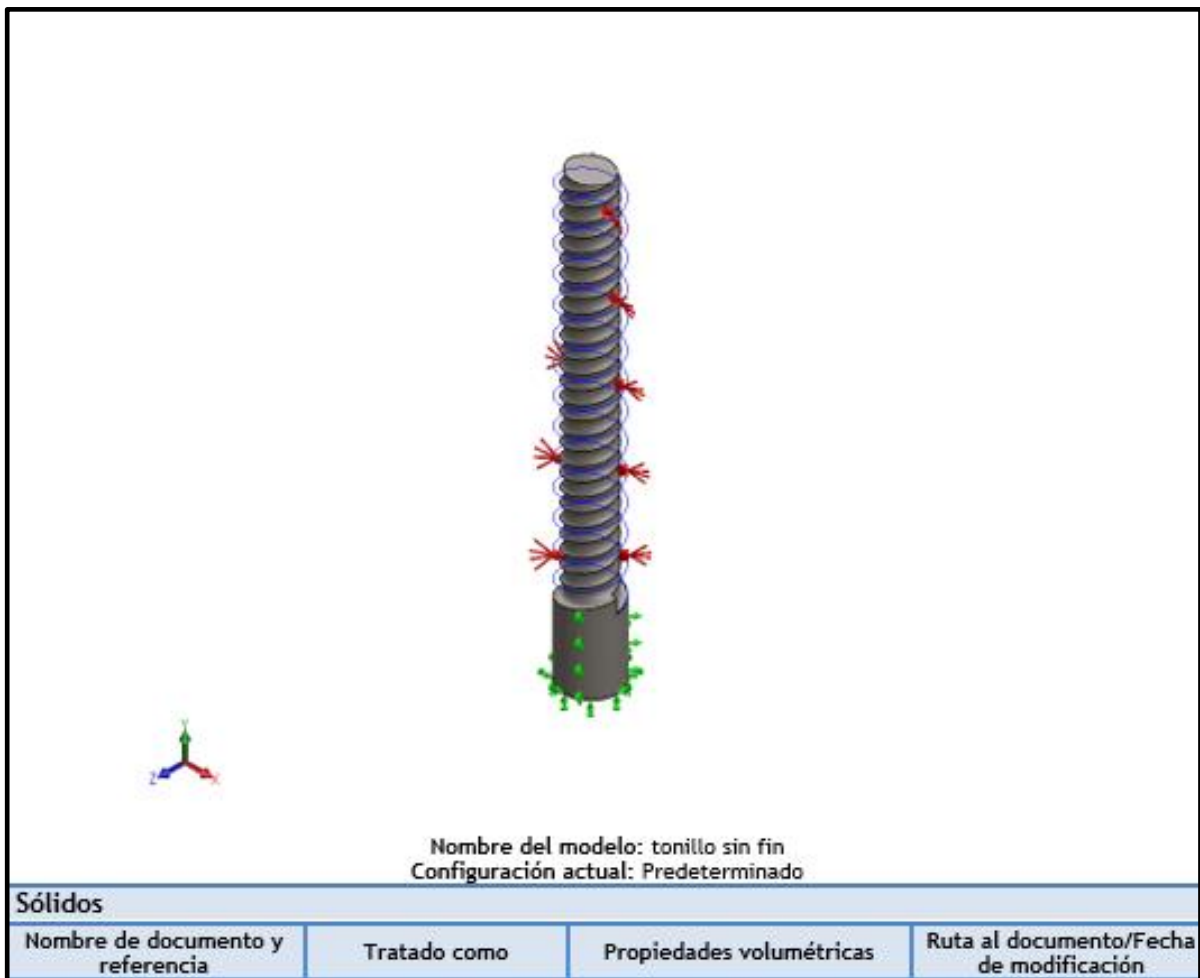


Figura 21. Análisis estático del tornillo sin fin.

Fuente: Carreño y Morales (2024).



Figura 22. Mallado de solido del Tornillo sin fin

Fuente: Carreño y Morales (2024).

En lo que respecta a la resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos según el criterio de Von Mises, el análisis demostró que el componente analizado no excede su límite de fluencia para el material utilizado, que es acero inoxidable. El resultado del esfuerzo de Von Mises, como se muestra en la Figura 23, indica que en la zona más crítica del tornillo se registra un valor de esfuerzo de 244.7 MPa, por debajo de su límite de 275 MPa.

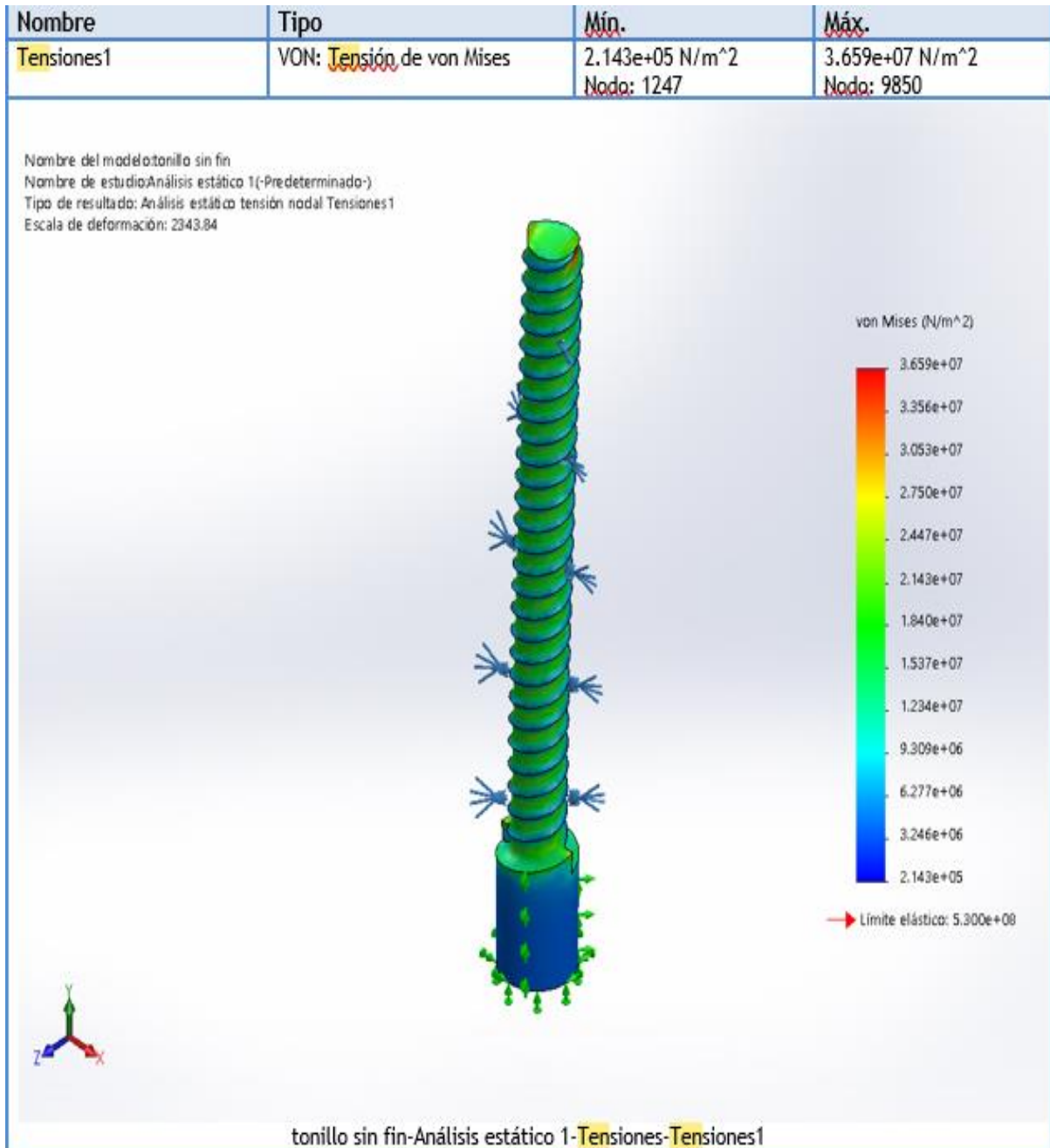


Figura 23. Análisis de tensiones del tornillo sin fin.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

La deformación estática se define como la alteración de la forma de un cuerpo, la cual puede ser resultado de esfuerzos, cambios térmicos, variaciones en la humedad u otras causas. Se asume que la deformación es lineal y se mide en unidades de longitud.

En cuanto a los desplazamientos estáticos (μ), se observa que el elemento experimenta un desplazamiento máximo de $1.224e-04$ mm después de la aplicación de las cargas durante el estudio del componente, como se muestra en la figura 24.

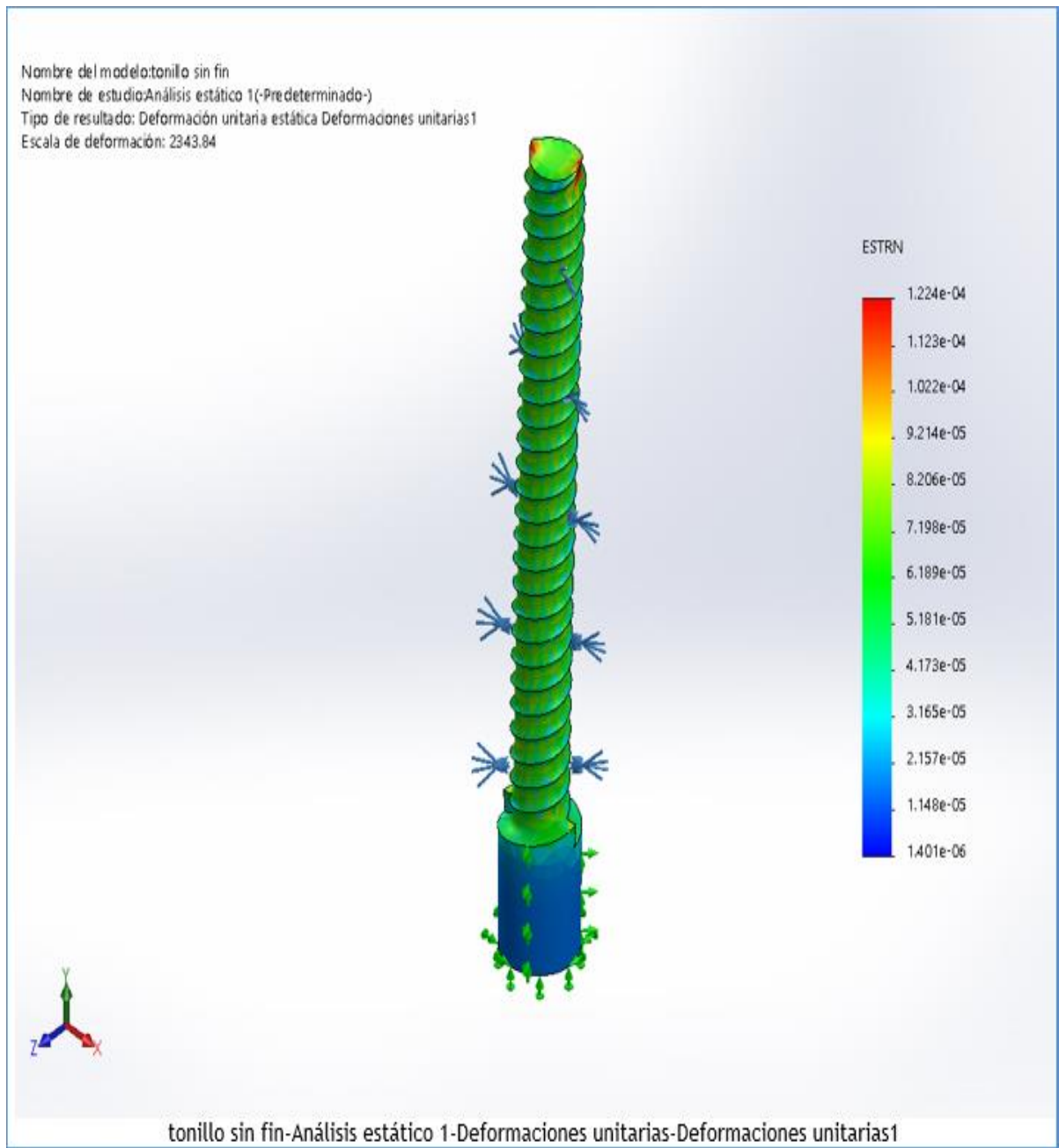


Figura 24. Análisis de deformación del tornillo sin fin.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

A continuación, en la figura 25 se puede observar la parte mecánica del sistema diseñado ensamblado. Luego, en la figura 26 también se puede ver el sistema diseñado, pero, utilizando la vista desmontaje.



Figura 25. Modelado del sistema diseñado.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

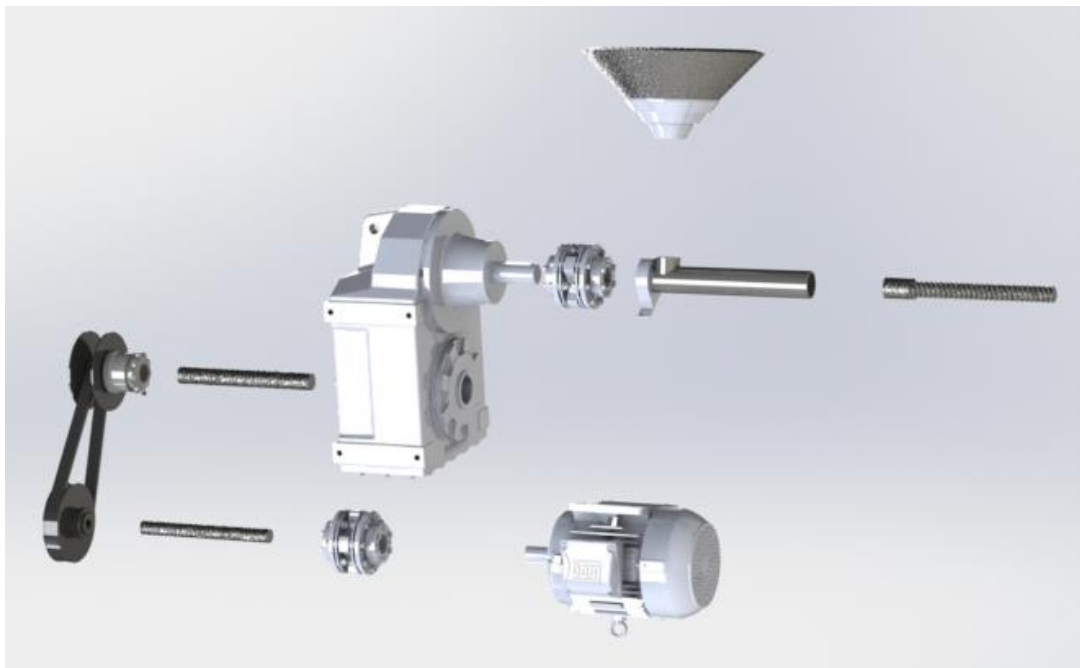


Figura 26. Modelado del sistema diseñado, en vista explosionada.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.4.2 Diseño de la automatización del sistema para la extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco

En el presente proyecto, los procedimientos a controlar son el encendido y apagado del sistema y el calentamiento de la materia prima durante el proceso de extracción de aceite de coco. Para ello, en primer lugar, se evalúan y seleccionan los componentes necesarios para cumplir con lo requerido, luego, se selecciona el PLC y se realiza la respectiva programación, por último, se selecciona el HMI.

4.4.2.1 Selección de los elementos requeridos

- **Interruptor de nivel puntual de paleta rotativa**

El interruptor de paleta giratoria, es un sensor que detecta el nivel puntual en los contenedores de los silos según el principio de rotación y se encuentra en casi todas las plantas de procesamiento de cereales. La mala selección de este sensor conlleva al funcionamiento inadecuado de la tolva, debido a que una medición errónea puede hacer que nuestro sistema funcione sin materia prima en la misma, causando daños en los mecanismos y futuros accidentes. Para el presente proyecto, establece un nivel mínimo de copra que permite el funcionamiento del sistema, al superar el nivel mínimo la maquina se detiene y envía una alarma para que la tolva sea recargada. Estos interruptores se observan en la figura 27.

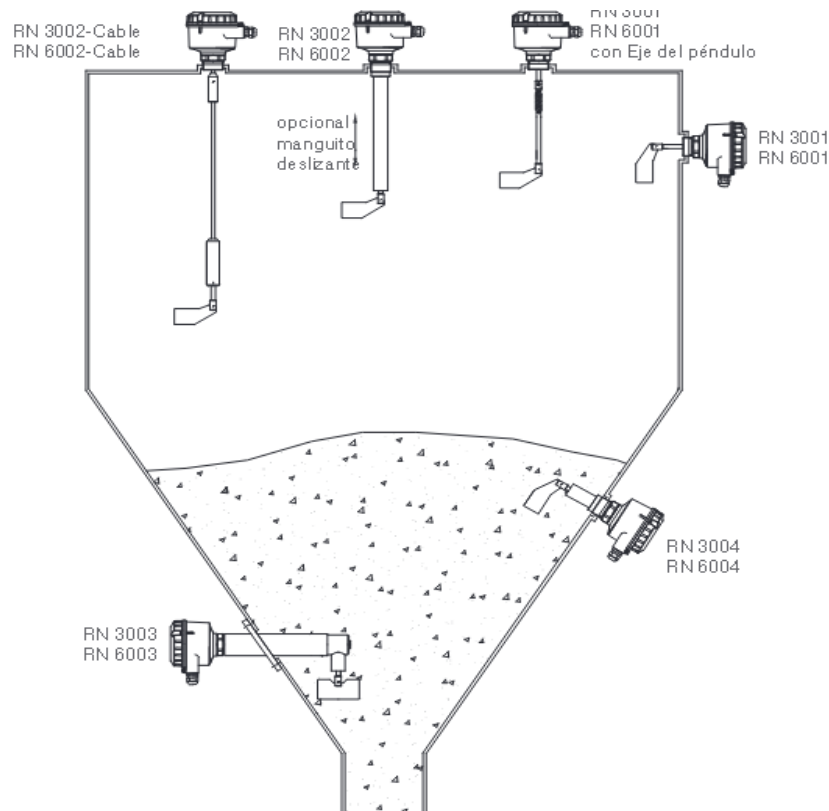


Figura 27. Interruptores de paleta giratoria.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

El interruptor de paleta rotativo seleccionado, es un modelo RN 3003 ya que este se adapta a la necesidad del sistema, debido a que se requiere medir cuando la materia prima se encuentre a un nivel bajo para detener la máquina. Es necesario revisar las especificaciones del modelo que se encuentran en la ficha técnica del sensor la cual se puede encontrar en los anexos del presente trabajo de investigación.

- **Termocupla tipo T**

Para la selección de la termocupla se tiene en cuenta el rango de temperatura, la precisión, el material y el proceso en el que será utilizado. La seleccionada es de tipo T, el uso de estas termocuplas es más común en el área alimentaria debido a que trabajan en un rango de -200 a 400 grados Celsius, son ideales ya que en el presente proyecto se maneja un rango de temperaturas de entre 25 y 60 grados Celsius. En este sentido, se adapta muy bien a la necesidad presente, a continuación, se puede ver los rangos de trabajo, y la nomenclatura de los colores que deben tenerse en cuenta al momento de la instalación. Dichas termocuplas se presentan en la figura 28.






Combinación de Conductores		Cambio aproximado de las F.E.M. Generadas por grado celsius con la unión de referencia a 0°C μV			Rango de funcionamiento aproximado de temperatura de la unión de medida		Tolerancias de salida de termopar a IEC 60584-1			
Conductor +	Conductor -	100°C	500°C	1000°C	Continuo	Puntual	Tipo	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Cobre	Cobre - Níquel También conocido como: Constantan, Advance™, Cupron™	46	-	-	-185 a +300°C	-250 a +400°C	Rango de Temperatura Tolerancia Rango de Temperatura Tolerancia	-40°C a +125°C $\pm 0.5^\circ C$ 125°C a 350°C $\pm 0.004 \cdot t $	-40°C a +133°C $\pm 1.0^\circ C$ 133°C a 350°C $\pm 0.0075 \cdot t $	-67°C a +40°C $\pm 1.0^\circ C$ -200°C a -67°C $\pm 0.015 \cdot t $
Código de Colores a IEC 60584-3	ANSI MC96.1	Códigos de colores nacionales redundantes								
		BS 1843	DIN 43714	NFC 42324						
										

Figura 28. Termocuplas tipo T.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

- **Contactador trifásico Schneider LC1K1610B7 de 16 Amp con bobina de 24 v y 1 NA**

La selección de un contactor parte de la siguiente formula:

$$I_{nominal} = \frac{P}{V \cdot \cos \theta \cdot \sqrt{3}} = \frac{5 \cdot 743}{220 \cdot \cos 85 \cdot \sqrt{3}} = 11.51 \text{ Amp}$$

Luego de que se determina la corriente nominal de trabajo del motor, se selecciona el superior inmediato en lista que están normalizados los contactores.

- **Guardamotor trifásico (10-16 A) 5 HP 220 VCA ABB**

Para la selección del guardamotor se parte de la corriente que se obtuvo con la formula anterior, ya que existen un guardamotor de la marca ABB que cumple con los requisitos para un rango de 10-16 A y es un componente de alta calidad, se ha seleccionado al mismo, al momento del montaje se debe ajustar con la perilla del guarda motor una corriente de 11 Amp.

- **Selector de 3 posiciones 10 amp a 24 v marca Andeli**

Para la conexión del selector, debido a que se conectará a las entradas del PLC del sistema, para confirmar si la máquina se encuentra en automático o manual, debe tener un cable común conectado a 24 V, las características del mismo selector son:

- ✓ Contactos: 2 na.
- ✓ Posiciones: 3.
- ✓ Modelo 10 A – 24 v.
- ✓ Material: plástico y metal.

- **Supervisor de línea trifásico 220V modelo JRV1000-A**

Con este supervisor, se busca prevenir si existe una falla de fase, el mismo nos permite desenergizar el circuito de potencia del motor.

- **Botón Parada De Emergencia 22mm La38-11zs/stop.**

Este botón del tipo hongo de parada de emergencia, cuenta con un enclavamiento que permite detener la máquina en caso de un fallo o accidente. El enclavamiento permite que la máquina no arranque hasta que se haya revisado que ocasionó la falla, hay que girar el botón de emergencia para desactivar el enclavamiento.

- **Botón Pulsador No 30mm Autonics S3pf-p1ga.**

Este botón es utilizado para realizar el arranque y parada de la máquina, se debe tener en cuenta que fue seleccionado con un contacto NO a la hora de realizar la programación dentro del PLC.

- **Cables de control**

Se seleccionaron unos cables #24 AWG TW

- **Cables de potencia para el motor**

Se seleccionaron unos cables 3#10 AWG THW

- **Cables de potencia para las resistencias de 1000w**

Se selecciona 4 cables #18 AWG THW

- **Octoacopladores de control**

Estos octoacopladores aislan la parte de control con la parte de potencia, debido a que el control on-off que gobierna las resistencias, estas deben de ser capaces de soportar los 4.5 Amp. De este modo, este elemento permite trabajar a un voltaje continuo y a corrientes bajas que serán controladas por el PLC.

4.4.2.2 Selección del PLC

Se debe tener en cuenta que al momento de hacer la selección del PLC se tienen que considerar ciertos criterios que dependen del proceso y las exigencias que se requiere, los cuales son:

- ✓ Tamaño del proceso.
- ✓ Cantidad de entradas y salidas.
- ✓ Voltaje disponible en el campo.
- ✓ Presupuesto del cliente.
- ✓ Rango de operación de las entradas y salidas.
- ✓ Tipo de funcionalidades.
- ✓ Manejabilidad del software de programación.
- ✓ Información a la mano.

Respecto al tamaño del proceso, es bien sabido que el control actuará sobre una sola maquinaria, por lo tanto, consta de un proceso en el que intervienen pocos actuadores y sensores, lo que lo vuelve un proceso sencillo.

Luego, en la cantidad de entradas y salidas se tiene una lista en conjunto con las marcas de memoria que serán utilizadas en el programa, la cual se puede ver a continuación en la figura 29.

En lo referente al voltaje disponible en campo, este tiene un valor de 220 V, pero se utiliza una fuente conmutada de 24 V para alimentar tanto a los actuadores, como a los elementos visuales y sensores que requieran 24 V.

Por otra parte, el tipo de entradas y salidas, son entradas digitales como lo es para el sensor de paleta rotativa y las entradas analógicas con un módulo de expansión para las entradas de Termocuplas.

Hechas las aclaraciones anteriores, se selecciona un PLC Siemens S7-300 debido a la facilidad de uso y a las amplias herramientas que nos otorga STEP 7, el modelo del CPU seleccionado 6ES7312-1AE14-0AB0, el módulo de expansión para entradas y salidas digitales será de 16 entradas y salidas de modelo 6ES7 323-1BL00-0AA0 de 24 V a 0.5 A, y un módulo de expansión para las termocuplas de modelo 6ES7 331-7PF10-00AB0.

	Estado	Símbolo ▲	Dirección	Tipo de dato
1		arrancado	M 0.0	BOOL
2		arranque	E 0.2	BOOL
3		automatico	E 0.0	BOOL
4		contactorM	A 0.0	BOOL
5		Cycle Execution	OB 1	OB 1
6		LuzEmergencia	A 0.2	BOOL
7		luzPiloto	A 0.1	BOOL
8		manual	E 0.1	BOOL
9		nivel	E 0.6	BOOL
10		parada	E 0.3	BOOL
11		Pemergencia	E 0.4	BOOL
12		temperaturaC	M 0.1	BOOL
13		termico	E 0.5	BOOL
14		termopar1	EW 272	WORD
15		termopar2	EW 274	WORD
16		res1	A 0.3	BOOL
17		res2	A 0.4	BOOL
18		res3	A 0.5	BOOL
19		res4	A 0.6	BOOL
20				

Figura 29. Conjunto con las marcas de memoria que serán utilizadas en el programa.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.4.2.3 Programación de la automatización

A continuación, se puede observar el arranque inicial de la máquina en la figura 30, el cual ocurre cuando es pulsado el botón de arranque. Para que la máquina arranque debemos seleccionar ya sea un modo manual o automático. Cabe destacar que, los contactos de emergencia y térmicos son normalmente abiertos para prevenir un accidente con un posible cable abierto.

Segm. 1: Arranque de maquina

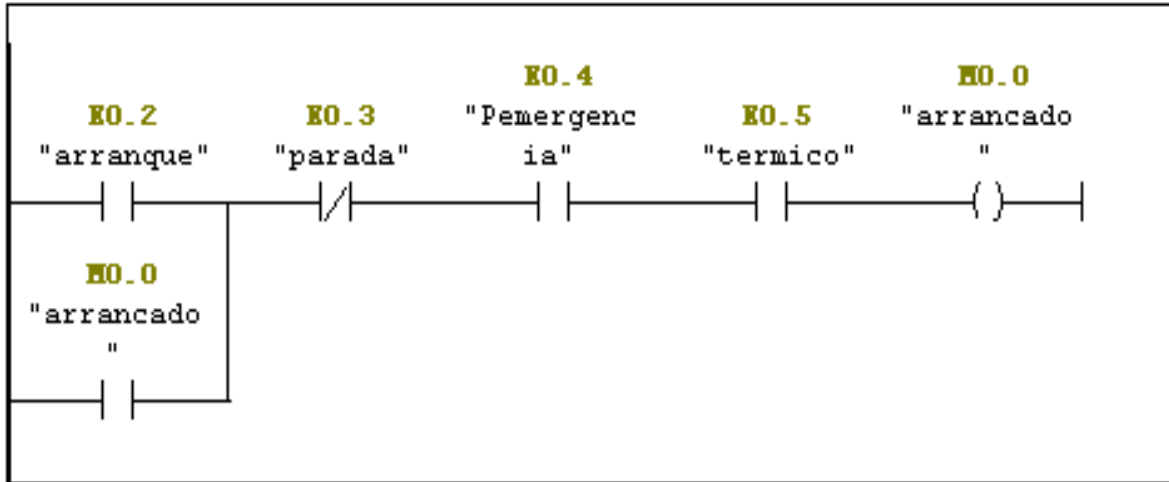


Figura 30. Programación del arranque inicial de la máquina.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

En este sentido, para el arranque del motor se tienen dos modos de empleo, el modo manual y el automático como se puede observar en la figura 31, el motor enciende en automático siempre y cuando el nivel de material en la tolva sea mayor al mínimo. Además, la máquina se detiene cuando no tiene suficiente materia prima en la tolva y emite una alarma para el relleno de la misma.

Segm. 2 : Arranque de motor

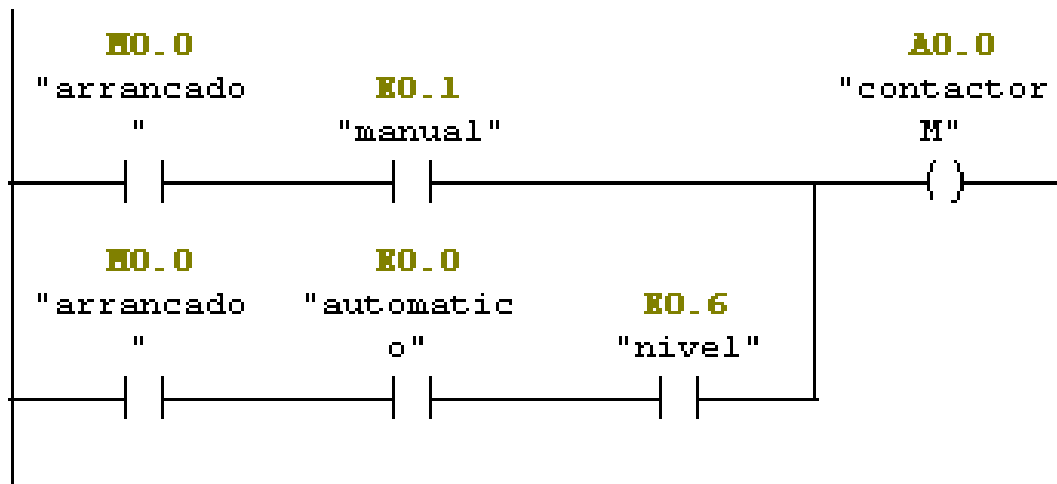


Figura 31. Programación del arranque del motor, modo manual y automático.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

A continuación, en la figura 32 vemos un poco del código para configurar la alarma y sus respectivas señales.

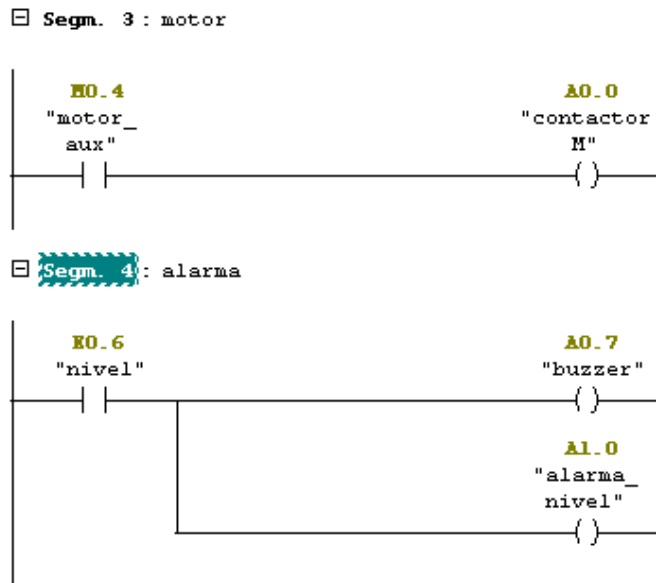


Figura 32. Parte del código para configurar la alarma y sus respectivas señales.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.4.2.4 Selección del HMI

Para el HMI, se seleccionó por una pantalla suministrada por siemens, la KP400 Panel Basic Touch. Dicha pantalla permite visualizar los parámetros y los datos del proceso, también, se puede configurar la temperatura que se requiera en las zonas de las resistencias, de esta manera permite regular y tener una mayor calidad en el producto final.

A continuación, se pueden visualizar 3 de las pantallas del HMI, la cuales constan de lo siguiente:

- La pantalla de bienvenida con el logo de la empresa (ver figura 33).
- la segunda pantalla donde el operador puede observar las variables del proceso como la temperatura y el nivel de copra de coco, en esta pantalla de procesos los datos son leídos desde el PLC y enviados al HMI (ver figura 34).
- la pantalla de parámetros, los datos serán enviados del HMI al PLC. Estos datos serán la referencia para el control on-off de las resistencias (ver figura 35).

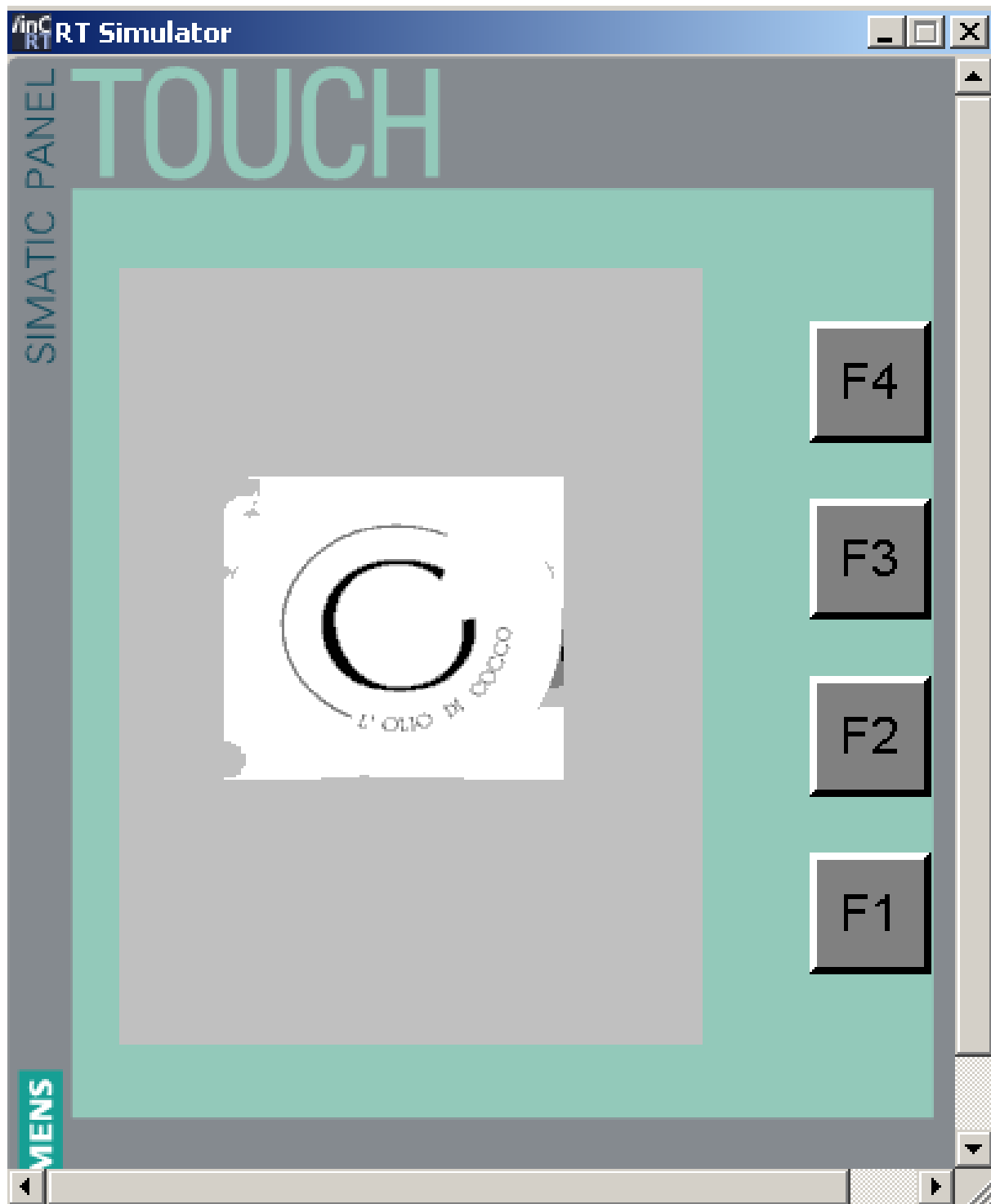


Figura 33. Pantalla de bienvenida con el logo de la empresa.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

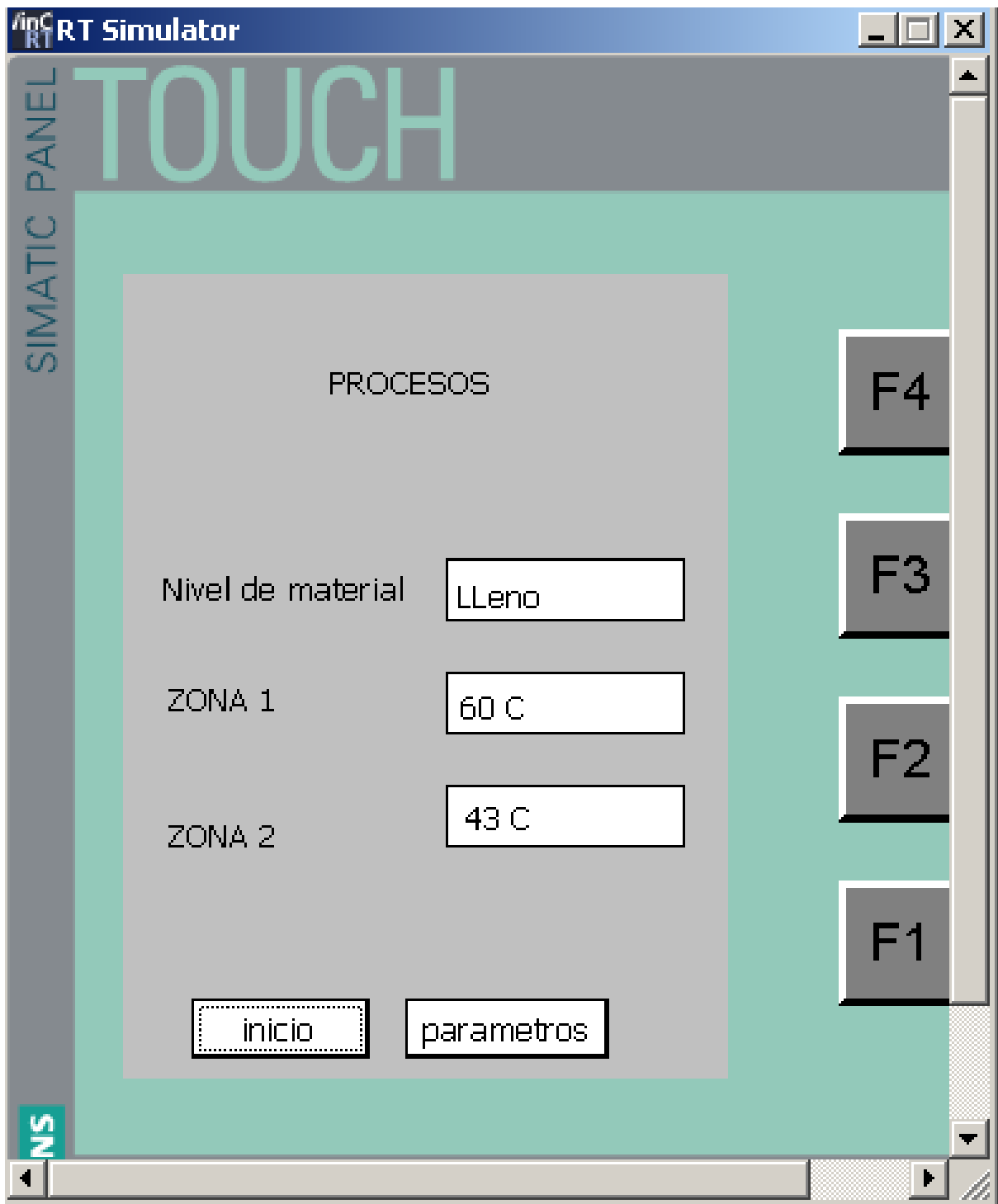


Figura 34. Pantalla de monitoreo de procesos.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

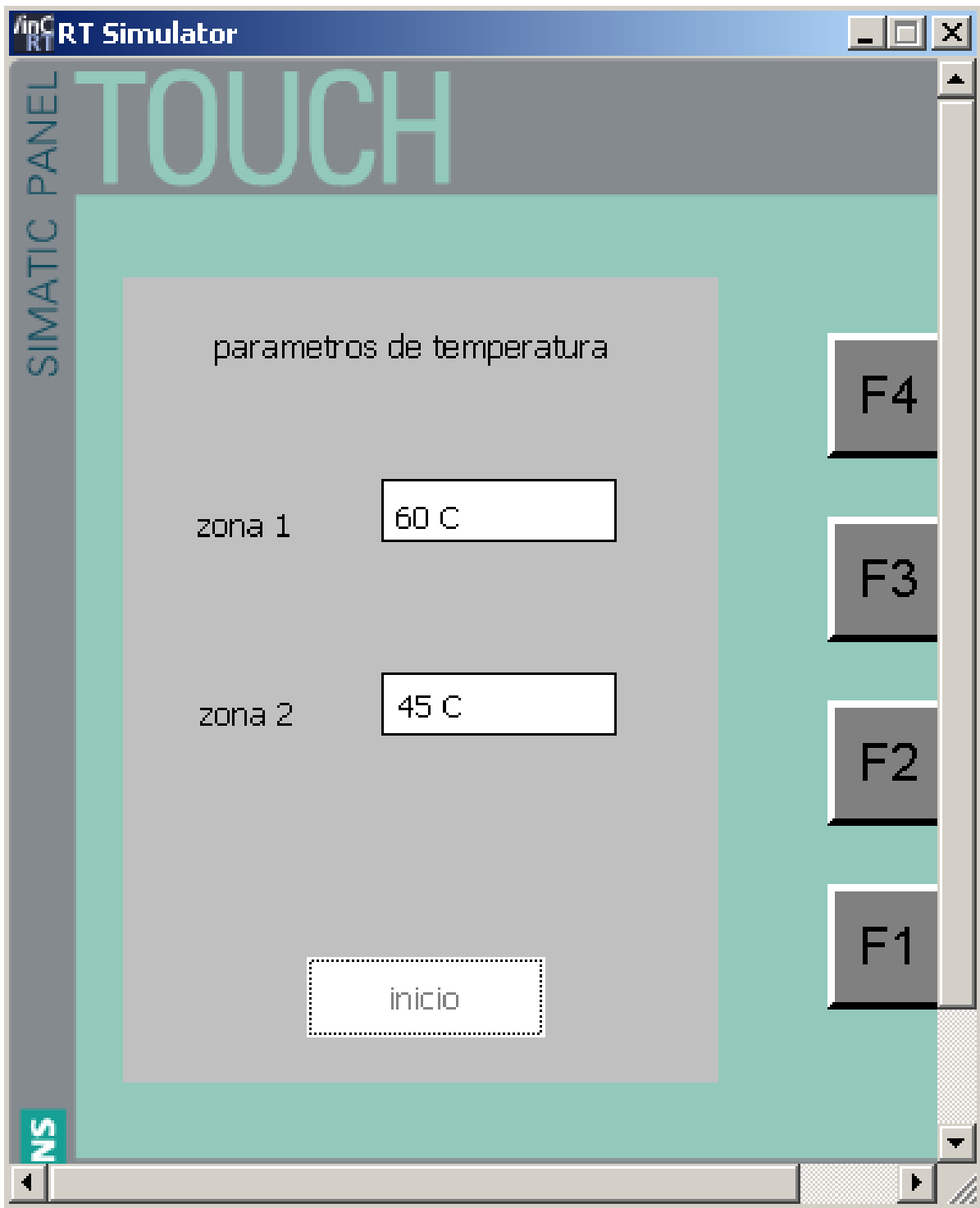


Figura 35. Pantalla de parámetros de temperatura.

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.5 Fase V: evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica de la propuesta diseñada

La evaluación de la viabilidad económica de un proyecto implica la realización de un estudio riguroso para determinar sus potenciales resultados, ya sea de éxito o fracaso. Cada empresa que se proponga iniciar requiere de un análisis detallado de viabilidad como su principal herramienta, la cual debe examinar las perspectivas de éxito de dicha empresa. Este análisis es crucial para la toma de decisiones estratégicas y demanda una investigación exhaustiva para determinar si el proyecto en cuestión cumplirá con las expectativas de rendimiento previstas y podrá mantenerse en funcionamiento durante un período de tiempo adecuado. Por consiguiente, según las afirmaciones de Rodríguez, L. (2017):

Para lograr esto determinar la viabilidad económica, se parte de un análisis de la situación con datos empíricos (que pueden ser contrastados) a los que accede a través de diversos tipos de investigaciones (encuestas, estadísticas, etc.), que sirva para identificar las fortalezas y debilidades del enfoque actual. Es decir, comienza con un análisis de la realidad concreta en la que se quiere desarrollar para minimizar el margen de error.

Además, la viabilidad de un proyecto se encuentra condicionada por la satisfacción de los siguientes tres aspectos:

- Viabilidad técnica
- Viabilidad social
- Viabilidad Económica

Según **Rodríguez, L. (2017)** la viabilidad técnica:

Hace referencia a aquello que atiende a las características tecnológicas y naturales involucradas en un proyecto. El estudio de la viabilidad técnica suele estar vinculado a la seguridad y al control de lo que vamos a hacer; esto es, a sus características, funcionalidades y propiedades físicas y a cómo lo vamos a hacer. Tendremos que conocer cuál es el proceso de fabricación/realización, los medios técnicos necesarios, los medios humanos que van a intervenir y su cualificación, los materiales necesarios, control de calidad, gestión de residuos, etc. El estudio de viabilidad técnica conlleva resolver la pregunta de si es posible, desde el punto de vista tecnológico, desarrollar eficientemente nuestros productos/servicios.

Por tanto, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado de los recursos técnicos actuales, evaluando su idoneidad y capacidad para respaldar la ejecución del proyecto propuesto. Esta evaluación debe considerar diversos aspectos, como la disponibilidad de equipos, software especializado, habilidades técnicas del personal y posibles limitaciones en términos de infraestructura. Además, es crucial identificar cualquier brecha o deficiencia en los recursos existentes y tomar medidas para abordarlas de manera proactiva. Solo mediante una

planificación cuidadosa y una asignación adecuada de recursos se podrá garantizar el éxito y la eficiencia en la implementación del proyecto.

- Viabilidad social

Es necesario analizar si el proyecto es viable desde una perspectiva social, teniendo en cuenta el impacto que tendrá en la sociedad. Kendall, K. y Kendall, J. (1997), concluyen que tiene como objetivo “buscar la satisfacción de las necesidades humanas materiales. Aquí se analizarán la población afectada, sus impactos (beneficios o perjuicios) y su relación con las variables económicas”.

Este proyecto tiene como objetivo atender las demandas de los consumidores de aceite de coco, quienes requieren un aumento en la producción del mismo, sin comprometer su calidad ni sus propiedades alimenticias.

- Viabilidad Económica

Por su parte, Rodríguez, L. (2017) indica que: un proyecto es económicamente viable si “con los recursos que somos capaces de conseguir, es capaz de generar beneficios y tener una rentabilidad suficiente que compense los riesgos en los que se va a incurrir”.

Basándonos en lo anterior, es importante tener en cuenta que el diseño debe ser económicamente viable para su ejecución. Además, los costos estimados de las piezas y la producción de aquellos elementos que no están disponibles en el mercado, los cuales se integran a la prensa una vez que se ha completado su diseño. Cabe destacar que los costos se expresarán en (USD) y que los costos se dividirán de diferentes tablas.

Tabla 5. Costo de potencia de la máquina.

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Motor trifásico marca Weg de referencia W22, código 12020980	1	870.00USD	870.00USD
SIRIUS 3RW3018-18814	1	677.00USD	677.00USD
Arrancador eléctrico Sirius, referencia 3rw3018-1BB14	1	225.44USD	225.44USD
TOTAL			1772.44USD

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Tabla 6. Costo de estructura de prensa expeller.

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Estructura de prensa	1	170USD	170USD
Tuerca para base de prensa, referencia M 10x25 Paso 1.5	16	11.84USD	189.44USD
Tornillo para base de prensa, referencia M 10x25 Paso 1.5	16	20.95USD	335.2USD
Tornillo referencia MM -20X40HEX	8	1.75USD	14USD
Tuerca referencia MM -20X40HEX	8	1.50USD	12USD
TOTAL			720.64USD

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Tabla 7. Costo de piezas para transmisión de potencia.

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Polea maciza en V de 3 canales Dext= 200mm, Dint=42mm	1	122.59USD	122.59USD
Polea maciza en V de 3 canales Dext= 100mm, Dint=34mm	1	103.86USD	103.86USD
Dayco Gold Label V - mm correa trapecial de sección convencional tipo A82	3	12.70USD	38.10USD
Eje de transmisión 2, macizo en Acero 1045, Dext=42 mm	1	19.14USD	19.14USD
Eje de transmisión 1, macizo en Acero 1045, Dext=34 mm	1	15.20USD	15.20USD
Acoplamiento flexible de disco, Dint=42mm, Referencia	2	31.99USD	65.98USD
Acoplamiento flexible de disco, Dint=34mm,	1	32.36USD	32.36USD
Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 12x6-50-C para arboles 1 y 2.	2	34.29USD	68.58USD
Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 12x6-50-A para polea conductora.	1	1.005USD	1.005USD
Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 14x6-50-A para polea conducida	1	1.005USD	1.005USD
Rodamiento rod_agujas_42mm_ISO 355-5 - 5DD65 - 20,DE,AC,20	1	58.10USD	58.10USD
Retenedor de aceite con Dint=42mm CM	1	195.63USD	195.63USD
TOTAL			721.55USD

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Tabla 8. Costo de elementos de Prensa

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Tornillo sin fin Dext=48 mm, L=400 mm, en Acero Inoxidable	1	177.14USD	177.14USD
Camisa de alojamiento de Tornillo en Acero Inoxidable	1	310.53 USD	\$310.53 USD
Dado de torta en Acero Inoxidable	1	81.57USD	\$81.57USD
Chumacera de apoyo de tornillo sin fin	1	31.57USD	31.57USD
Tolva Cónica en acero inoxidable	1	105.26 USD	105.26 USD
TOTAL			706.07USD

Fuente: Carreño y Morales (2024).

Tabla 9. Elementos para la automatización

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Sensor max	1	200USD	200USD
Sensor min	1	177USD	177USD
Contactador	1	55.58USD	55.58USD
Guarda del motor	1	400USD	400USD
Luz piloto	1	58.31USD	58.31USD
Control de 3 posiciones	1	16USD	16USD
Supervisor trifásico	1	27USD	27USD
Boton de emergencia	1	366USD	366USD
breaker	1	95USD	95USD
Gabinete doble fondo	1	100USD	100USD
Alarma audible	1	189USD	189USD
Cable 16	1	918USD	918USD
Cable 8	1	24.91USD	24.91USD
PLC logo 8 entrad	1	160.77USD	160.77USD
TOTAL			2787.57USD

Fuente: Carreño y Morales (2024).

4.5.1 cálculo de la rentabilidad del proyecto

Para calcular la viabilidad económica de un proyecto, se necesita analizar los ingresos y los costos asociados. En este caso, se tiene la inversión inicial y los ingresos potenciales por la venta del producto.

Datos proporcionados:

Inversión inicial: \$6706.44 USD

Precio de venta por litro: \$10 USD

Producción: 30 galones cada 8 horas

Primero, se calcula la producción diaria en litros:

Producción por día:

Un galón equivale a aproximadamente 3.78541 litros.

30 galones cada 8 horas = $(30 \text{ galones} / 8 \text{ horas}) = 113.5623\text{L}$ por día.

Ingresos diarios:

Ingresos por día = Producción diaria * Precio de venta por litro

Ingresos por día = $113.5623 \text{ litros} * \10 USD/litro

Cálculos:

Ingresos diarios: \$1135.623 USD

Esto significa que, si los costos se mantienen constantes y la producción y venta continúan al mismo ritmo, el proyecto podría ser rentable en aproximadamente 6 días ($6706.44 / 1135.623$) asumiendo que se logren vender 30 galones diarios.

CONCLUSIÓN

Primeramente, el diagnóstico realizado sobre la situación en la empresa L'olio di Coco, permitió identificar los problemas presentes en la empresa y recopilar datos sumamente valiosos sobre los procesos de extracción de aceite de coco. En esta etapa, las entrevistas con expertos y la inspección a la empresa, respaldaron no solo la necesidad de ajustar el tamaño de la prensa para aumentar la capacidad de producción sino también la necesidad de automatizar el proceso para eliminar el problema presente con el trabajo de los operadores. Además, notó una clara preferencia por el prensado en frío por parte de los expertos, señalando la importancia de optimizarlo.

Luego, el análisis de los problemas encontrados durante el diagnóstico a través del cuadro comparativo, el diagrama de Ishikawa y la matriz FODA, permitió contrastar información, identificar las causas de los problemas e identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, lo cual fue fundamental para la estrategia llevada a cabo durante el diseño. Por otro lado, el estudio a profundidad de las variables que intervienen en los procesos de extracción de aceite de coco permitió a los investigadores conocer de que manera afecta cada variable durante el proceso lo cual fue sumamente importante considerar durante el diseño del sistema automatizado.

Por otra parte, las estrategias creativas en el diseño mecánico propuestas por el profesor Nelson Vílchez son una guía práctica y de calidad al momento de generar y seleccionar soluciones a un problema. Su metodología para la toma de decisión permitió a los investigadores conocer cual de las posibles alternativas de solución se ajustaba de mejor manera a cumplir con las necesidades de la empresa L'olio di coco.

En el diseño del sistema automatizado, se evaluaron diversas alternativas, considerando puntos claves en el proceso como es la materia prima, el método de extracción y la intervención humana. Se propuso una prensa tipo expeller con control automatizado como la opción más viable, respondiendo a los requisitos de eficiencia y calidad del producto.

Finalmente, la selección de componentes para el diseño, como el motor eléctrico y el reductor helicoidal, se basó en un análisis exhaustivo de la producción esperada y la capacidad y resistencia de los elementos necesarios para llevar a cabo la redefinición del sistema de extracción. La automatización del proceso de prensado se identificó como una oportunidad para aumentar la producción, reducir errores y capacitar al personal en nuevas tecnologías, demostrando la viabilidad de la prensa expeller en la agroindustria.

En el análisis de la viabilidad del proyecto, se ha arribado a la conclusión de que, a pesar de la presencia de un costo inicial significativo asociado a los componentes requeridos para la construcción de la prensa y su subsiguiente automatización, este enfoque se considera tanto viable como funcional para satisfacer las necesidades operativas de la empresa en cuestión. Aunque la inversión inicial puede ser sustancial, se proyecta que los beneficios a largo plazo de 6 días sobrepasarán los costos iniciales, justificando así la decisión de proceder con la ejecución del proyecto.

RECOMENDACIONES

Para obtener un aceite virgen con una calidad y propiedades organolépticas consistentes, se recomienda que la copra sea de buena calidad, con una humedad de aproximadamente un 6 por ciento de su peso total al ingresar en la prensa. Esta medida garantiza la preservación del aroma, el color y la textura del aceite resultante.

Se recomienda encarecidamente a los dueños de la empresa, la implementación de un programa de mantenimiento preventivo regular para el sistema mencionado, con una frecuencia de intervención cada seis meses. Este enfoque proactivo busca primordialmente garantizar la integridad operativa del sistema y prolongar significativamente su vida útil.

La realización del mantenimiento preventivo cada seis meses permite el monitoreo regular del estado del sistema, la detección temprana de desgastes o deterioros, y la implementación oportuna de acciones correctivas. Esta práctica no solo contribuye a mantener la eficiencia operativa del sistema, sino que también reduce los riesgos de fallas catastróficas que podrían ocasionar pérdidas significativas para la organización.

Además, se sugiere a los dueños de la empresa en caso de fomentar mejoras en el diseño, llevar a cabo estudios sobre la configuración de las hélices del tornillo sin fin, especialmente en cuanto a la distancia entre ellas, manteniendo un diámetro constante del tornillo. Aunque esta configuración no se haya considerado en el presente trabajo, podría resultar igualmente adecuada y merece una exploración adicional.

Por último, se aconseja a los operarios, filtrar el aceite después de la extracción, ya que pueden presentarse partículas de la copra mezcladas con el aceite al salir a través de los orificios de la camisa. Este paso adicional asegura la calidad del producto final y evita posibles contaminaciones indeseadas.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2016). El proyecto de Investigación. Caracas Venezuela. 7ma edición. Editorial episteme.
- Acosta, G. Y Suárez, J. Diseño de una línea de proceso a escala piloto para la extracción de aceite de coco a partir de pulpa. Guayaquil Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Balestrini, M. (2006). Como se elabora el proyecto de Investigación. 7º edición. Caracas. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial.
- Ballesteros K. (2022). Sistema web para el control de calidad de la producción del aceite de coco comestible. Guayaquil Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador
- Bandera, B. (2020). Beneficios del aceite de coco ¿de verdad ayuda a quemar grasa? Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=LDij-CaLUMw>
- Bavaresco, A. (2013). Proceso metodológico en la investigación. Maracaibo Venezuela. 6ta edición. Imprenta internacional, CA.
- Becerra, A. Y Clavijo, M. (2018). Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa amanos artesanal. Bogotá Colombia. Fundación Universidad de América.
- Canapi, E. C., Agustin, Y. T. V., Moro, E. A., Pedrosa Jr, E., Bedaño, M. L. J. (2005). Coconut oil. In: Shahidi, F., ed. Bailey's Industrial Oils and Fats. 6. ed. Wiley-Interscience, Hoboken, NJ, 2, pp. 123–147
- Castro, A. (2012). Extracción de aceite de coco. Lambayeque Perú. Universidad Nacional Pedro Luiz Gallo.
- Central F (2019) Nutrient content of coconut oil. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171412/nutrients> Accessed 22 Oct 2020
- Demarco, A. (2009). Extracción por solvente en temas selectos en aceites y grasas. San Pablo Blucher.
- Galarraga, Y. (2015) diseño de una prensa de tornillo tipo expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible. Universidad tecnológica de Pereira. Pereira.
- Garro E. (2017). 7 herramientas de la calidad. 1era edición. PXS school of excellence.
- Gifford, R., Steg, L. Y Reser, P. The IAAP handbook of applied psychology. USA. 1ra Edición. Blacwell publishing LTD.
- Hernández, R., Fernández, C. y Pilar, L. (2010). Metodología de la investigación. México. 5ta edición. McGraw-hill e interamericana editores, S.A.
- Ley Orgánica del Trabajo, los Trabajadores y las Trabajadoras (LOTT. (2012). Caracas: Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.076 Extraordinario del 7 de mayo de 2012.
- Llamas, J (2020). Investigación tecnológica - Qué es, definición y concepto. Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-tecnologica.html>

- Leonardo, Y. Y Veliz, A. (2022). Efecto del prensado en frio y extracción termomecanica sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite de copra de cocos nucifera “coco”. Huancayo Perú. Universidad Peruana Los Andes.
- López J. (2021). Diseño de un sistema de extracción de aceite de cáñamo para su uso en la industria farmacéutica y cosmética. Valencia España. Universidad Politécnica de Valencia.
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., Amin, I. (2009). Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, 20 (10): 481–487.
- Markose, V. Y Nanda, T. (1998). Coconut statistics. Australia. s.l.: Libraries Australia.
- MasterPLC. Controlador lógico programable. Obtenido de <https://masterplc.com/automatizacion/controlador-logico-programable/>
- Montagud N. (2021). La técnica de los cinco porqués: en qué consiste y cómo se usa. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/organizaciones/tecnica-cinco-porques>
- Moreno, M. (2011). Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. Bogotá Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Nagdeve M (2020) Properties of coconut oil. Organic facts. <https://www.organicfacts.net/health-benefits/oils/properties-of-coconutoil.html> Accessed 22 Oct 2020
- Noli, A. Y Chamorro, C. (2019) Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de aceite de coco. Lima Perú. Universidad de Lima.
- OEC World. Datos comerciales de aceite de coco en Venezuela en OEC world. Obtenido de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/coconut-oil/reporter/ven>
- OEC World. Perfil de aceite de coco en OEC world. Obtenido de <https://oec.world/es/profile/hs/coconut-oil>
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. Madrid España. 5ta Edición. Pearson educación, S.A.
- Palella, S.; y Martins, F. (2017). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Caracas Venezuela. 7ma edición edición. FEDUPEL.
- Parrotta, J. (1993). Cocos nucifera L. New Orleans, LA USA. Department of agriculture, forest service, southern forest experiment station.
- Pradeepkumar, T., Sumajyothibhaskar, B., Satheesan, K. N. (2008). Management of Horticultural Crops (Horticulture Science Series Vol.11, 2nd of 2 Parts). New Delhi, India: New India Publishing. pp. 539–587
- QuimiNet. (2012). Conozca el proceso de deshidratación del coco. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-el-proceso-de-deshidratacion-del-coco-2883841.htm>
- Sabino, C. (1992). El proceso de Investigación. Caracas Venezuela. 7ma edición. Editorial Panapo.
- Segura, A. (2013). Evaluación del proceso de extracción del aceite de *Jatropha curcas* L. para la producción de biodiésel. Bogotá Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

- Seneviratne, K. N., Hapuarachchi, C. D., & Ekanayake, S. (2009). Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. *Food Chemistry*, 114(4), 1444-1449.
- Seneviratne, K., y Jayathilaka, N. (2015). *Production methods and coconut oil quality in corn and coconut oil*. New York. Nova Science Publishers, Inc
- Siancas, J. (2022). *Elaboración de un prototipo de maquina expeller para la extracción de aceite a partir de la pepa de mango para uso comestible*. Universidad César Vallejo. Piura, Perú.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México. 4ta edición. Editorial Limusa S.A.
- Tassoni, D. (2007). *Diseño de elementos de máquinas*. Carabobo, Venezuela.
- Universidad "José Antonio Páez". (2021). *Líneas de Investigación*. Facultad de Ingeniería. San Diego-Venezuela.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2016). *Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales*. Valencia Venezuela. 5° edición. FEDUPEL.

ANEXOS

Anexo A

Tabla del catálogo de motores Weg

Datos Electricos

W22 - Eficiencia Premium - 60 Hz

Potencia	Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado Ii/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)		
			Letra	Ia/In				Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia				
													50	75	100	50	75		100	
HP	kW																			
11 polos																				
1	0,75	143/5T	2,02	L	8,2	2,8	3,4	0,0014	22	48	16,5	68,0	3480	75,0	79,0	81,5	0,63	0,74	0,80	1,44
1,5	1,1	143/5T	3,02	L	8,9	3,5	3,8	0,0020	21	46	18,5	68,0	3490	81,5	84,0	84,0	0,70	0,80	0,84	1,96
2	1,5	143/5T	4,04	L	8,9	3,5	3,8	0,0026	17	37	23,5	68,0	3475	82,5	85,5	85,5	0,71	0,80	0,86	2,56
3	2,2	182/4T	5,99	K	8,6	2,5	3,8	0,0080	41	90	40,0	69,0	3515	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	3,63
5	3,7	182/4T	10,0	J	7,6	2,3	3,5	0,0094	25	55	40,0	69,0	3500	86,5	88,5	88,5	0,76	0,85	0,89	5,90
7,5	5,5	213/5T	15,0	H	7,2	2,1	3,0	0,0197	27	59	63,0	72,0	3520	87,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
10	7,5	213/5T	20,0	H	7,2	2,2	2,9	0,0268	24	53	74,0	72,0	3520	89,5	90,2	90,2	0,79	0,87	0,90	11,6
15	11	254/6T	29,9	G	6,7	2,2	2,7	0,0530	25	55	107	72,0	3530	89,5	91,0	91,0	0,77	0,85	0,88	17,2
20	15	254/6T	39,9	G	6,1	2,0	2,4	0,0647	21	46	122	72,0	3520	91,0	91,7	91,0	0,82	0,87	0,89	23,2
25	18,5	284/6TS	49,7	G	6,3	2,0	2,5	0,1135	17	37	164	72,0	3535	91,0	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	28,5
30	22	284/6TS	59,6	G	6,3	2,0	2,5	0,1419	15	33	178	72,0	3535	91,7	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	33,8
40	30	324/6TS	79,0	G	6,3	2,3	2,4	0,2063	22	48	248	78,0	3555	91,7	92,4	92,4	0,82	0,87	0,89	45,8
50	37	324/6TS	98,9	F	6,2	2,2	2,3	0,2422	23	51	265	78,0	3550	93,0	93,0	93,0	0,83	0,87	0,89	56,1
60	45	364/5TS	118	G	6,6	2,0	2,6	0,4485	14	31	374	79,0	3560	91,7	93,0	93,6	0,81	0,88	0,90	67,0
75	55	364/5TS	148	G	6,7	2,0	2,6	0,5023	10	22	384	79,0	3555	92,4	93,6	93,6	0,83	0,88	0,90	81,9
100	75	404/5TS	198	G	6,5	2,0	2,4	0,5561	14	31	474	79,0	3545	93,0	94,1	94,1	0,85	0,90	0,91	110
125	90	444/5TS	246	G	6,6	2,0	2,5	1,41	29	64	725	81,0	3570	93,6	94,5	95,0	0,82	0,87	0,89	134
150	110	444/5TS	295	G	6,5	1,8	2,4	1,65	22	48	775	81,0	3570	94,1	95,0	95,0	0,83	0,88	0,89	163
200	150	445/7TS	394	G	6,5	2,1	2,3	1,88	14	31	868	81,0	3570	95,0	95,4	95,4	0,86	0,89	0,90	219
250	185	447/9TS	493	F	6,5	2,0	2,2	2,12	18	40	979	81,0	3565	95,4	95,8	95,8	0,87	0,90	0,91	266
300	220	447/9TS	590	G	6,8	2,1	2,4	2,45	14	31	1154	81,0	3570	95,4	95,8	95,8	0,86	0,89	0,90	320
350	260	586/7TS	687	G	6,6	1,6	2,3	5,75	28	62	1642	84,0	3580	95,4	96,2	96,2	0,86	0,90	0,91	373
400	300	586/7TS	785	G	6,8	1,8	2,2	5,15	48	106	1700	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	430
450	330	586/7TS	883	F	6,6	2,0	2,3	5,58	34	75	1777	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	473
500	370	586/7TS	981	G	6,8	2,2	2,4	6,01	39	86	1853	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	530
550	400	588/9TS	1078	G	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	578
600	440	588/9TS	1176	H	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	650
650	480	588/9TS	1274	G	7,1	2,0	2,4	7,40	56	123	2102	89,0	3585	96,1	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	685
700	515,2	588/9TS*	1371	G	7,2	2,3	2,5	7,72	34	75	2179	89,0	3585	96,2	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	736
Opcionales																				
3	2,2	143/5T	6,09	J	8,1	3,3	3,6	0,0026	14	31	23,5	68,0	3460	85,5	86,5	86,5	0,70	0,81	0,86	3,71
3	2,2	145T	6,09	J	8,1	3,3	3,6	0,0026	14	31	23,5	68,0	3460	85,5	86,5	86,5	0,70	0,81	0,86	3,71
7,5	5,5	182/4T	15,1	J	8,2	2,7	3,3	0,0095	17	37	42,0	69,0	3485	88,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
7,5	5,5	184T	15,1	J	8,2	2,7	3,3	0,0095	17	37	42,0	69,0	3485	88,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
15	11	213/5T	30,0	H	7,6	2,4	2,8	0,0268	14	31	74,0	72,0	3510	90,2	91,0	91,0	0,76	0,85	0,89	17,0
15	11	215T	30,0	H	7,6	2,4	2,8	0,0268	14	31	74,0	72,0	3510	90,2	91,0	91,0	0,76	0,85	0,89	17,0
350	260	L447/9TS	689	G	7,0	2,4	2,5	2,87	10	22	1225	81,0	3570	95,4	96,2	96,2	0,85	0,89	0,90	377
400	300	L447/9TS	786	G	6,7	2,2	2,5	3,87	25	55	1432	88,0	3575	95,4	95,8	95,8	0,85	0,90	0,91	432
450	330	L447/9TS	884	G	7,2	2,4	2,6	4,22	26	57	1482	88,0	3575	95,4	95,8	95,8	0,84	0,89	0,91	475

Anexo B

Arrancador

Arrancadores electrónicos suaves SIRIUS 3RW30

Octubre 1 de 2014 - El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Versión estándar para motores desde 3,0 A hasta 106A y para aplicaciones básicas.²⁾

Equipos para extender la vida útil del sistema mecánico del accionamiento y reducir las paradas del proceso por mantenimiento. Reduce los picos de corriente en el arranque.

Especificaciones técnicas:

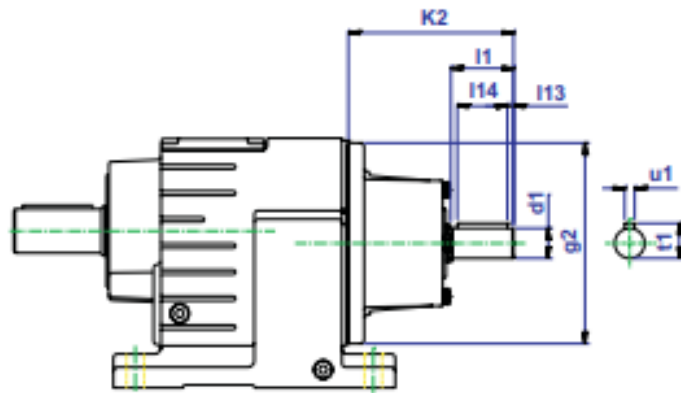
	Sirius 3RW30
Tensión de conexión	200-480 VAC
Frecuencia de conexión	45-66 Hz
Tensión de control	110...230 VAC /DC
Rampa de tensión	40-100 %
Potenciómetros de ajuste	6
Bypass incorporado	Si
Tiempos de rampa	0-20 seg.
Entrada termistor PTC	Si
Temperatura de operación	40 °C
Control en fases	2
Tarjeta de Control	Solo Arranque Suave



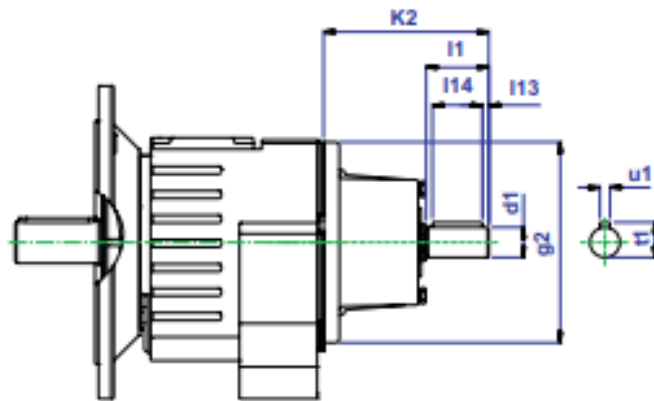
No. de Depósito	Tipo	Tamaño	I nominal motor (A)	Potencia del motor (HP) ¹⁾		Precio Lista Unit. Col \$
				220 V	440 V	
100018252	3RW3013-1BB14	S00	3.6	0.5	1.5	460.000
100018254	3RW3014-1BB14	S00	6.5	1.0	3.0	532.000
100018256	3RW3016-1BB14	S00	9.0	2.0	5.0	613.000
100018258	3RW3017-1BB14	S00	12.5	3.0	7.5	685.000
100018260	3RW3018-1BB14	S00	17.6	3.0	10	789.000
100018262	3RW3026-1BB14	S2	25	3.0	15	929.000
100018264	3RW3027-1BB14	S2	32	7.5	20	1.072.000
100018266	3RW3028-1BB14	S3	38	10	25	1.325.000
100018268	3RW3036-1BB14	S3	45	10	30	1.627.000
100018270	3RW3037-1BB14	S0	63	15	40	1.982.000
100018272	3RW3038-1BB14	S0	72	20	40	2.347.000
100018274	3RW3046-1BB14	S0	80	20	50	2.698.000
100018276	3RW3047-1BB14	S0	106	30	75	3.009.000

Anexo C

11.6 DIMENSIONES REDUCTORES DE ENGRANAJES HELICOIDALES TIPO COAXIAL " SERIE 2000 "



FORMA CONSTRUCTIVA
A - Anclaje tipo patas



FORMA CONSTRUCTIVA
B - Anclaje tipo brida dia. mayor
C - Anclaje tipo brida dia. menor

TAMAÑO	d1	g2	k2	l1	l13	l14	t1	u1
RG01	16	120	116	40	4	32	18.5	3/16"
RG02	19	120	116	40	4	32	21.5	1/4"
RG03	24	160	132	50	5	40	27	5/16"
RG04	24	160	132	50	5	40	27	5/16"
RG05	28	200	152	60	5	50	31	5/16"
RG06	38	250	202	80	5	70	41	3/8"
RG07	42	300	250	110	10	70	45	1/2"
RG08	48	350	270	110	10	80	51.5	9/16"
RG09	55	400	309	110	10	90	59	5/8"

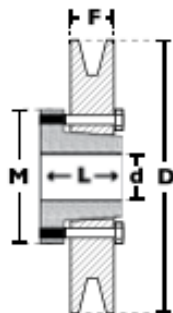
Anexo D

POLEAS TIPO

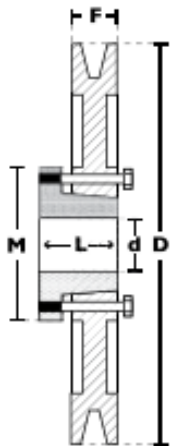
A

DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

Nomenclatura para poleas con Buje QD



Modelo T1



Modelo T3

1 CANAL

Ancho [F] = 19.0 mm

Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueso máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.2	55	PQ 1A55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.7
2.3	60	PQ 1A60	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.5	65	PQ 1A65	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.6	67	PQ 1A67	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
2.8	70	PQ 1A70	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
3.0	75	PQ 1A75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.1	80	PQ 1A80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1A85	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.6	90	PQ 1A90	SH	25.4	1	33	70	T1	1.3
3.9	100	PQ 1A100	SH	34.9	1	33	70	T1	1.6
4.1	105	PQ 1A105	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.7
4.3	110	PQ 1A110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
4.5	115	PQ 1A115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.1
4.7	120	PQ 1A120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.5
5.0	125	PQ 1A125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
5.1	130	PQ 1A130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.0
5.3	135	PQ 1A135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.2
5.6	140	PQ 1A140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.2
6.0	150	PQ 1A150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.5
6.3	160	PQ 1A160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	7.8
6.5	165	PQ 1A165	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.9
6.7	170	PQ 1A170	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.3
6.9	175	PQ 1A175	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.5
7.0	180	PQ 1A180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.6
7.5	190	PQ 1A190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.2
8.0	200	PQ 1A200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	5.5
9.0	230	PQ 1A230	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.2
9.9	250	PQ 1A250	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.4
10.6	270	PQ 1A270	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.0
11.0	280	PQ 1A280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	8.3
11.8	300	PQ 1A300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	11.3
12.5	320	PQ 1A320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	12.0
13.7	350	PQ 1A350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.2
14.0	355	PQ 1A355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.5
15.7	400	PQ 1A400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	14.1
19.0	485	PQ 1A485	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	17.0

Anexo E

Tabla de selección de chavetas

Ø eje d mm desde-hasta	Medida chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas chavetero del eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886, 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde-hasta	Tol.H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
6-8	2x2	d+0,9	+0,1	-	-	1,1	+0,1	6-10	+0,015 0
8-10	3x3	d+1,3		-	-	1,7			
10-12	4x4	d+1,6		d+1,4	-0,1	2,4		10-18	+0,018 0
12-17	5x5	d+2,1		d+1,9		2,9			
17-22	6x6	d+2,6		d+2,1		3,5	+0,2	18-30	+0,021 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1			
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7		30-50		+0,025 0	
38-44	12x8	d+3,2	d+2,8	4,9					
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5	50-80	+0,030 0			
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2					
58-65	18x11	d+4,3	d+3,5	6,8	80-120	+0,035 0			
65-75	20x12	d+4,7	d+3,9	7,4					
75-85	22x14	d+5,6	d+4,8	8,5	120-180	+0,040 0			
85-95	25x14	d+5,4	d+4,6	8,7					
95-110	28x16	d+6,2	d+5,4	9,9	180-250	+0,046 0			
110-130	32x18	d+7,1	d+6,1	11,1					
130-150	36x20	d+7,9	d+6,9	12,3	250-315	+0,052 0			
150-170	40x22	d+8,7	d+7,7	13,5					
170-200	45x25	d+9,9	d+8,9	15,3	315-400	+0,057 0			
200-230	51x28	d+11,2	d+10,1	17					
230-260	56x32	d+12,9	d+11,8	19,3	400-500	+0,063 0			
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5			-0,3	19,6	

Anexo F

Potencia Base del Sheygli

Tabla Nº. 2-9		Sección A												Prestación Base (en HP)										Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)									
Nº R.P.M. De la polea menor	De la polea mayor	Diámetro pñmitivo de la polea menor (mm)																															
		65	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127	1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.06	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre									
		1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20								
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29										
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58										
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03										
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07										
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10										
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13										
1000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17										
1200	0.55	0.71	0.86	1.01	1.16	1.31	1.46	1.60	1.75	1.89	2.04	2.18	2.32	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20										
1400	0.61	0.78	0.96	1.13	1.30	1.47	1.64	1.81	1.97	2.14	2.30	2.46	2.62	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.24										
1600	0.65	0.85	1.05	1.24	1.43	1.62	1.81	2.00	2.18	2.37	2.55	2.73	2.90	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27										
1800	0.69	0.91	1.13	1.34	1.56	1.77	1.97	2.18	2.38	2.58	2.78	2.97	3.17	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30										
2000	0.73	0.97	1.21	1.44	1.67	1.90	2.12	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.41	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34										
2200	0.76	1.02	1.28	1.53	1.78	2.02	2.26	2.50	2.74	2.97	3.19	3.42	3.64	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37										
2400	0.79	1.07	1.34	1.61	1.88	2.14	2.39	2.65	2.89	3.14	3.38	3.61	3.84	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40										
2600	0.81	1.11	1.40	1.69	1.97	2.24	2.51	2.78	3.04	3.29	3.54	3.78	4.02	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44										
2800	0.83	1.14	1.45	1.75	2.05	2.34	2.62	2.90	3.17	3.43	3.69	3.94	4.18	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47										
3000	0.84	1.17	1.49	1.81	2.12	2.42	2.72	3.00	3.28	3.55	3.81	4.07	4.31	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50										
3200	0.85	1.19	1.53	1.86	2.18	2.49	2.80	3.09	3.38	3.66	3.92	4.18	4.42	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54										
3400	0.85	1.21	1.56	1.90	2.24	2.56	2.87	3.17	3.46	3.74	4.01	4.26	4.50	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57										
3600	0.85	1.22	1.59	1.94	2.28	2.61	2.93	3.23	3.52	3.80	4.07	4.32	4.56	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.61										
3800	0.84	1.23	1.60	1.96	2.31	2.65	2.97	3.28	3.57	3.85	4.11	4.36	4.58	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64										
4000	0.83	1.22	1.61	1.98	2.33	2.67	3.00	3.31	3.60	3.87	4.13	4.36	4.58	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67										
4200	0.81	1.22	1.61	1.99	2.35	2.69	3.01	3.32	3.61	3.87	4.12	4.34	4.54	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71										
4400	0.78	1.20	1.60	1.98	2.35	2.69	3.01	3.31	3.59	3.85	4.08	4.29	4.47	0.00	0.08	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.58	0.66	0.74										
4600	0.75	1.18	1.58	1.97	2.33	2.68	3.00	3.29	3.56	3.80	4.02	4.21	4.37	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.77										
4800	0.72	1.15	1.56	1.95	2.31	2.65	2.96	3.25	3.50	3.73	3.93	4.09	4.23	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81										
5000	0.67	1.11	1.53	1.91	2.27	2.61	2.91	3.19	3.43	3.64	3.81	3.95	-	0.00	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84										
5200	0.63	1.07	1.48	1.87	2.23	2.55	2.84	3.10	3.33	3.51	3.66	-	-	0.00	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.88										
5400	0.57	1.02	1.43	1.81	2.16	2.48	2.76	3.00	3.20	3.36	-	-	-	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.61	0.71	0.81	0.91										
5600	0.51	0.96	1.37	1.75	2.09	2.39	2.65	2.87	3.05	3.18	-	-	-	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.84	0.94										
5800	0.44	0.89	1.30	1.67	2.00	2.28	2.53	2.72	2.87	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.76	0.87	0.98										
6000	0.37	0.81	1.21	1.57	1.89	2.16	2.38	2.55	-	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.34	0.45	0.56	0.67	0.79	0.90	1.01										

Anexo G

ACOPLES PARA EJES INTERFLEX®

ACOPLES FLEXIBLES DE TORSIÓN INTERFLEX®

Los acoples INTERFLEX® constan de dos manzanas de "mandíbulas" curvas que encajan con una "estrella" de políuretano de por medio. Esta geometría le sirve para admitir buen desalineamiento angular y también transmitir con suavidad mayor torsión. El diseño ha sido el estándar en Europa y muchos otros países alrededor del mundo. Los acoples de torsión INTERFLEX® son altamente confiables para transmitir potencia en todo tipo de motores eléctricos o de combustión interna y se aplican comúnmente en bombas, cajas reductoras de velocidad, compresores, ventiladores, mezcladores, transportadores, generadores etc. Otros beneficios de estos acoples son:

- ▶ Facilidad de montaje y conexión axial.
- ▶ Buena capacidad de absorción de vibraciones.
- ▶ Libres de mantenimiento (no requieren lubricación).
- ▶ A prueba de fallas (siguen trabajando aún si el elastómero se daña).
- ▶ Resistentes al aceite, polvo, arena, grasa, humedad y muchos solventes.
- ▶ Por la casi inexistente "holgura o juego" entre sus componentes, ofrecen gran precisión de posicionamiento.



INTERFLEX® No.	Dimensiones mm			Torque nominal (Tn) in-lbs	Torque de diseño (Td) in-lbs	Hueco máximo	RPM Máximas permisibles
	L	A	M				
GE14	34	30	23	66	133	16	19.000
GE19	64	40	39	89	177	24	14.000
GE24	76	55	46	310	620	32	10.600
GE28	88	65	56	841	1.682	38	8.500
GE38	111	78	66	1.682	3.363	45	7.100
GE42	123	94	73	2.345	4.691	55	6.000
GE48	137	104	81	2.744	5.487	60	5.600
GE55	156	118	92	3.319	6.638	70	4.750
GE65	180	134	115	3.761	7.523	75	4.250
GE75	205	160	120	8.629	17.257	90	3.550
GE90	240	200	140	21.240	42.480	100	2.800

Anexo H

**RECHNER
SENSORS**



i-LEVEL Sonda capacitiva de nivel de relleno - KFI Salida corriente analógica 4...20 mA

- Electrónica de evaluación integrado
- Easy Teach por cable
- Material de carcasa: PEEK, Ø 16 mm



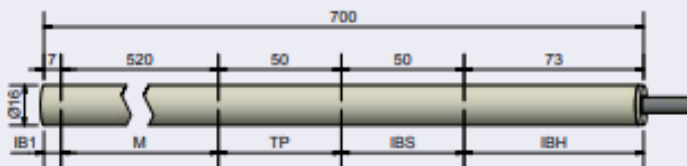
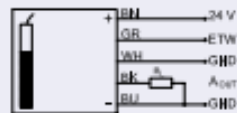
Características técnicas	
Zona activa [M]	520 mm
Versión eléctrica	4 - hilos CC
Salida	Análoga
Modelo	KFI-1-700-520-PEEK-D16-TB50-IL4-ETW-Z02
No. art.	KI 0151
Tensión de alimentación (U ₀)	15...30 V CC
Ondulación residual max. permisible	5 %
Resistencia de la carga (R _L)	≤ 200 Ω
Consumo de potencia (salidas sin carga)	0,9 W
Salida analógica	4...20 mA
Temperatura ambiente permisible	-25...+70 °C
Temperatura ambiente permisible (para zona activa)	-25...+200 °C
LED-indicador	Verde
Circuito de protección	Incorporado
Tipo de protección según IEC 60529	IP 67
Norma	EN 60947-5-2*
Cable de conexión	2 m, PVC, 5 x 0,34 mm ²
Material de carcasa	PEEK (FDA 21 CFR 177.2415)
Zona activa	PEEK (FDA 21 CFR 177.2415)
Tapa	PC (FDA 21 CFR 177.1580)
Accesorios para montaje (no es incluido en la entrega) por favor, vea nuestro programa de accesorios.	

* Si aplicable.

EasyTeach chart:

LED verde / Función de ajuste

- Ajuste de Análogo Min.
- Ajuste de Análogo Máx.
- Ajuste de fábrica
- Test



Otros materiales de carcasa para la zona activa (sonda), como PTFE, PVDF, PE y GFK a demanda.

Made in Germany

Se reserva el derecho a efectuar modificaciones sin previo aviso. (28.03.2019)

Anexo I

**RECHNER
SENSORS**



i-LEVEL Sonda capacitiva de nivel de relleno - KFI
Salida corriente analógica 4...20 mA

- Electrónica de evaluación integrado
- Easy Teach por cable
- Material de carcasa: PEEK, Ø 16 mm
- Mat. de cabeza de conexión y de conexión al proceso acero fino VA No. 1.4404 / AISI 316L
- Conexión al proceso G1"
- Con conector enchufe M 12 X 1 (5 pines función Teach inclusivo)

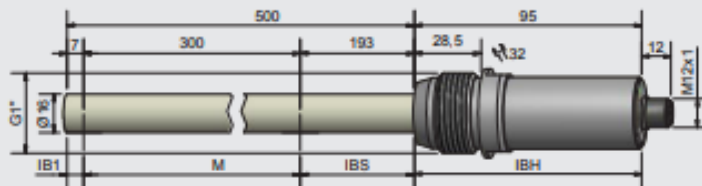
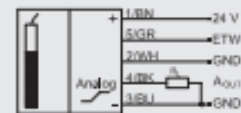


Características técnicas	
Zona activa [M]	300 mm
Versión eléctrica	4 - pines CC
Salida	Analógica
Modelo	KFI-1-500-300-PEEK/VAc-D16-G1-IL4-ETW-Y10
No. art.	KI 0167
Tensión de alimentación (U _B)	15...30 V CC
Ondulación residual max. permisible	5 %
Resistencia de la carga (R _L)	≤ 200 Ω
Consumo de potencia (salidas sin carga)	0,9 W
Salida analógica	4...20 mA
Temperatura ambiente permisible	-25...+70 °C
LED-indicador	Verde
Circuito de protección	Incorporado
Tipo de protección según IEC 60529	IP 67
Norma	EN 60947-5-2*
Conexión	Conector enchufe M 12 x 1 (Código A / 5 pines)
Material de carcasa	VA No. 1.4404 / AISI 316L
Zona activa	PEEK (FDA 21 CFR 177.2415)
Tapa	PC (FDA 21 CFR 177.1580)
Para conectores adecuados, por favor, vea nuestro programa de accesorios.	

Se reserva el derecho a efectuar modificaciones sin previo aviso. (22.03.2021)

EasyTeach chart:

- LED verde / Función de ajuste
- Ajuste de Análogo Mín.
 - Ajuste de Análogo Máx.
 - Ajuste de fábrica
 - Test



Otros materiales de carcasa para la zona activa (sonda), como GFK, PVDF, PE y PTFE a demanda.

* Si aplicable.

Made in Germany

RECHNER Industrie-Elektronik GmbH • Gaußstraße 6-10 • D-68623 Lampertheim • Tel. +49 6206 5007-0 • Fax +49 6206 5007-36 • e-mail: info@rechner-sensors.de • www.rechner-sensors.com

Anexo J

SIEMENS

Hoja de datos

3RT2023-1AN20


contactor de potencia, AC-3e/AC-3, 9 A, 4 kW/400 V, tripolar, 220 V AC, 50/60 Hz, contactos auxiliares: 1 NA + 1 NC, borne de tornillo, tamaño: S0

nombre comercial del producto	SIRIUS
designación del producto	Contactor de potencia
denominación del tipo de producto	3RT2
Datos técnicos generales	
tamaño del contactor	S0
ampliación del producto	
<ul style="list-style-type: none"> módulo de función para comunicación interruptor auxiliar 	No Sí
pérdidas [W] con valor asignado de la intensidad	
<ul style="list-style-type: none"> con AC en estado operativo caliente con AC en estado operativo caliente por polo sin componente de corriente de carga típico 	0,6 W 0,2 W 2 W
tensión de aislamiento	
<ul style="list-style-type: none"> del circuito principal con grado de contaminación 3 valor asignado del circuito auxiliar con grado de contaminación 3 valor asignado 	690 V 690 V
resistencia a tensión de choque	
<ul style="list-style-type: none"> del circuito principal valor asignado del circuito auxiliar valor asignado 	6 kV 6 kV
tensión máxima admitida para separación de protección entre bobina y contactos principales según EN 60947-1	400 V
resistencia a choques con choque rectangular	
<ul style="list-style-type: none"> con AC 	7,5g / 5 ms, 4,7g / 10 ms
resistencia a choques con choque sinusoidal	
<ul style="list-style-type: none"> con AC 	11,8g / 5 ms, 7,4g / 10 ms
vida útil mecánica (ciclos de maniobra)	
<ul style="list-style-type: none"> del contactor típico del contactor con bloque de contactos auxiliares montado para equipo electrónico típico del contactor con bloque de contactos auxiliares montado típico 	10 000 000 5 000 000 10 000 000
designaciones de referencia según IEC 81346-2:2009	Q
Directiva RoHS (fecha)	10/01/2009
Condiciones ambiente	
altura de instalación con altura sobre el nivel del mar máx.	2 000 m
temperatura ambiente	
<ul style="list-style-type: none"> durante el funcionamiento durante el almacenamiento 	-25 ... +60 °C -55 ... +80 °C
humedad relativa del aire mín.	10 %
humedad relativa del aire con 55 °C según IEC 60068-2-30 máx.	95 %

Anexo K

GUARDAMOTORES SIRIUS INNOVATIONS 3RV20

Nueva Gama de Guardamotores Sirius Innovations 3RV. En cumplimiento con las normativas IEC60947-2 (interruptores automáticos), IEC60947-3 (interruptores seccionadores).
Para protección Magnética (cortocircuito) y térmica (sobrecarga) en motores de baja tensión.
Con certificación IE3/IE4 para protección de motores de alta eficiencia.
Maneta rotativa de 3 posiciones (OFF - TRIP - ON) en toda la gama.



Spiridon	Código (MLFB)	Tamaño Constructivo	Regulación (A)		Corriente de Cortocircuito (A)	Capacidad de Ruptura (A)		Precio Lista Unit. \$L.
						220 V	440 V	
Guardamotores SIRIUS Innovations 3RV20 para arranques en clase 10 ¹								
100241631	3RV2011-0AA10	500	0.11	0.16	2.1	100	100	243
100241632	3RV2011-0BA10	500	0.14	0.2	2.6	100	100	243
100199298	3RV2011-0CA10	500	0.18	0.25	3.3	100	100	243
100241633	3RV2011-0DA10	500	0.22	0.32	4.2	100	100	243
100241634	3RV2011-0EA10	500	0.28	0.4	5.2	100	100	243
100241635	3RV2011-0FA10	500	0.35	0.5	6.5	100	100	243
100235356	3RV2011-0GA10	500	0.45	0.63	8.2	100	100	243
100241636	3RV2011-0HA10	500	0.55	0.8	10	100	100	262
100176230	3RV2011-0JA10	500	0.7	1.0	13	100	100	262
100241637	3RV2011-0KA10	500	0.9	1.25	16	100	100	262
100176232	3RV2011-1AA10	500	1.1	1.6	21	100	100	262
100176234	3RV2011-1BA10	500	1.4	2	26	100	100	262
100176236	3RV2011-1CA10	500	1.8	2.5	33	100	100	262
100176238	3RV2011-1DA10	500	2.2	3.2	42	100	50	262
100176240	3RV2011-1EA10	500	2.8	4	52	100	50	262
100199318	3RV2011-1FA10	500	3.5	5	65	100	50	262
100176244	3RV2011-1GA10	500	4.5	6.3	82	100	50	262
100176246	3RV2011-1HA10	500	5.5	8	104	100	50	287
100176248	3RV2011-1JA10	500	7	10	130	100	10	287
100176250	3RV2011-1KA10	500	9	12.5	163	100	10	310
100176252	3RV2011-4AA10	500	10	16	208	100	50	310
100365551	3RV2021-1AA10	50	1.1	1.6	21	100	100	296
100352580	3RV2021-1BA10	50	1.4	2	26	100	100	296
100260683	3RV2021-1CA10	50	1.8	2.5	33	100	100	296
100338992	3RV2021-1DA10	50	2.2	3.2	42	100	100	296
100338993	3RV2021-1EA10	50	2.8	4	52	100	100	296
100260686	3RV2021-1FA10	50	3.5	5	65	100	100	296
100338994	3RV2021-1GA10	50	4.5	6.3	82	100	100	296
100338995	3RV2021-1HA10	50	5.5	8	104	100	50	296
100261789	3RV2021-1JA10	50	7	10	130	100	50	296
100288632	3RV2021-1KA10	50	9	12.5	163	100	50	296
100026179	3RV2021-4AA10	50	10	16	208	100	50	327
100176254	3RV2021-4BA10	50	13	20	260	100	50	354
100176256	3RV2021-4CA10	50	16	22	286	100	50	410
100176258	3RV2021-4DA10	50	18	25	325	100	50	459
100176260	3RV2021-4NA10	50	23	28	364	100	50	497
100176262	3RV2021-4EA10	50	27	32	400	100	50	497

Nota: ¹ Para protecciones en Clase 20 y altas capacidades de ruptura revisar catálogo Load feeder, ver Pag. 4.45

Anexo L



■ CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Protección contra Sobre voltaje y Bajo voltaje.
- Protección contra apagones.
- Protección contra Fase invertida.
- Protección por pérdida de Fase.
- Temporizado de conexión ajustable.
- Indicadores luminosos de **CONECTADO/TEMPORIZADO, SOBRE VOLTAJE/BAJO VOLTAJE, PÉRDIDA DE FASE/FASE INVERTIDA.**
- Salida de Contactos secos, relé (relevador) SPDT.
- Fácil instalación.
- Dos tipos de Montaje:
 - Riel simétrico y sobre superficie plana.
- Tamaño compacto.
- Carcasa en material plástico, no inflamable UL94V0

■ MODELOS

- **GST-R 220P: 208/220 V~**
- **GST-R 440P: 440/480V~**

■ NORMAS APLICADAS

Diseñado según Normas:

UL 508
COVENIN 3445

Verificado según Normas:

IEC 61000-4-2 Descargas Electrostáticas.
IEC 61000-4-3 Campos de Radiofrecuencia.
IEC 61000-4-4 Transientes eléctricas rápidas.
IEC 61000-4-5 Inmunidad a Picos de Alta Energía.

■ FUNCIONES GENERALES

	GST-R220P	GST-R440P
Bajo voltaje permitido, ajustable	de 165 a 200 V~	de 350 a 420 V~
Sobre voltaje ajustable permitido	de 230 a 270 V~	de 495 a 575 V~
Detección de Fase invertida	<0,5s	
Temporizado a la conexión después de falla de V~	Ajustable, de 5 a 300s	
Pérdida de fase de voltaje	IN 33% - OUT 28%	



SUPERVISOR TRIFÁSICO

GST-R

El Supervisor Trifásico **GST-R** es un dispositivo electrónico diseñado para evitar daños en las cargas trifásicas ocasionados por fluctuaciones de voltaje, interrupciones y fases invertidas.

La protección se logra mediante la medición constante del voltaje en la línea eléctrica, desconectando la carga tan pronto como se produzca la elevación o disminución del valor del mismo, fuera del rango ajustado por el usuario.

Si la carga es desconectada por una perturbación en el suministro eléctrico, el **GST-R** sólo la reconectará transcurrido el temporizado de conexión, después que el valor del voltaje haya regresado dentro del rango adecuado de trabajo.

Este protector posee dos grupos de conectores, uno para la alimentación de las tres fases (L1, L2, L3) y el otro para la conexión del circuito de control (relé/relevador Simple Polo Doble Tiro para manejar bobina de contactor o similar).

Adicionalmente, dispone perillas de ajuste manual que le permiten al usuario seleccionar el voltaje mínimo permitido, voltaje máximo permitido y el temporizado de conexión una vez desaparecida la falla en el suministro eléctrico.

Diseñado y verificado bajo las normas IEC de compatibilidad electromagnética y construido con materiales de altísima calidad, el **GST-R** es la mejor alternativa de protección para cualquier aplicación profesional.



Gente, Generación de Tecnología, C.A., RIF: J-00223173-4
Avenida El Buen Pastor cruce con calle Vargas, Edificio Alba,
Piso I, Local I-A, Boleíta Norte, Caracas - Venezuela,
Zona Postal 1070. Telf: ++(58 212) 237.07.11 (Master)
Fax: ++(58 212) 235.24.97

e-mail: genteven@genteca.com.ve / www.genteca.com.ve

Anexo M

Cotización de motores weg.

71399169.pdf | WEG-w22-motor-trifasico-5004 | 00512ET3E215T-S WEG 5HP 3P

electricmotorwholesale.com/WEG-00512ET3E215T-S/

Bookmarks: [Digimon World 4]..., Ver Mobile Suit Gun..., Corte Princesa, Vesti..., Cómo hacer un fon..., Corporación Ganad...

ELECTRIC MOTOR WHOLESALE INC. Todo

Hogar > Motor eléctrico > Motores Eléctricos Trifásicos > Motores Trifásicos WEG > Motores de Propósito General TEFC Trifásicos WEG > Motores Trifásicos TEFC de Acero Laminado de Uso General WEG > MOTOR 5HP WEG 1175RPM 213/5T TEFC 3F 00512ET3E215T-S

MOTOR 5HP WEG 1175RPM 213/5T TEFC 3F 00512ET3E215T-S

INICIA SESIÓN PARA OBTENER PRECIOS VENTAJAS

Número de pieza: **00512ET3E215T-S**
Modelo/Especificación No: **12675416**
Peso del envío: **173,00 libras**

Precio: \$870.00
PVP recomendado: ~~\$1160,00~~

AÑADIR A LA CESTA

Cree su cuenta Advantage ahora para ahorrar tiempo y dinero.

Descripción del Producto

Fabricante	WEG	Peso	143 libras
Código hs	8501.52.4000	Número UPC	7909158532421
Marca	WEG	Clasificación del inversor	Listo para el inversor
Solicitud	Propósito general	Rango de velocidad CT	2:1
HP de salida	5	Rango de velocidad VT	1000:1
Potencia de kilovatios	3.7	Factor de servicio	1.15
RPM de salida	1175	Diseño del cuerpo	Acero rolado
Tamaño de marco NEMA	213/5T	Disposición del monte	F1
Montaje NEMA	Con base	Protección térmica	Ninguno
Gabinete NEMA	TEFC	Calentador	Ninguno
Carcasa IEC	IP55	División UL-2	A B C D
Voltaje	230/460//190-220/380-415	Código temporal	T3 = 200°C
Frecuencia (Hz)	60//50	Origen fabricado	Fuera de EE. UU.
Eficiencia	89,5		

*Imagen solo como referencia

Documentación del producto

Live Chat

Windows Taskbar: Buscar, 12°C, 10:50 a. m., 12/3/2024

APÉNDICE A



CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL: Diseñar un sistema automatizado para la extracción y refinamiento de aceite de coco para la empresa L'olio di coco.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di Coco.	Características del proceso de extracción de aceite de coco	Proceso de extracción de aceite de coco	Método de extracción	1	Entrevista Estructurada Con Guía de Preguntas
			Calidad	2	
			Temperatura	3	
			Presión	4	
			Velocidad	5	
			Eficiencia	7	
			Eficiencia	8	
		Sistema automatizado	Tiempo	6	

Fuente: Carreño y Morales (2024).

N°	Guion de entrevista
1	Desde su experiencia en la obtención de aceite ¿Cómo considera usted que debería ser el proceso de extracción de aceite en la empresa L'olio di coco?
2	Desde su óptica ¿Puede describir de qué manera el proceso actual de extracción de aceite de coco influye en las propiedades del mismo?
3	Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera influye la temperatura aplicada durante el prensado en caliente en las propiedades del aceite de coco?
4	Desde su experiencia en la industria del aceite de coco ¿Cómo influye la presión en los procesos de prensado para la extracción de aceite?
5	Desde su experiencia en el prensado de copra ¿De qué manera se ve afectado el proceso de obtención de aceite si se aumenta la velocidad de extracción?
6	Desde su experiencia en la empresa ¿Cuál considera usted que sería el tiempo de procesamiento óptimo para obtener 1L de aceite de coco?
7	Desde su experiencia en el comprimido de copra ¿Cuál considera usted que es el tipo de tornillo sinfín ideal para los procesos de prensado y cómo influye en el proceso?
8	Desde su experiencia en la extracción de aceites vegetales ¿Cuál considera usted que es el tipo de solvente ideal para el proceso de extracción de aceite de coco y cómo influye en el producto final?

Fuente: Carreño y Morales (2024).

APÉNDICE B



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Laura Sáenz

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la empresa L'olio di coco., ubicada en San Diego, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORES:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

C.I. 27.211.235

Morales Pinto, Alexis Daniel

C.I. 21.030.567

TUTOR:

Dr. Fredy Barragán Suescún C.I:

11.151.678



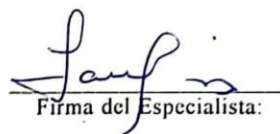
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 13/10/2022


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Metalúrgico - Magister en Ciencia de los Materiales - Doctora en Ingeniería
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Wilmar Sanz F.

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la empresa L'olio di coco., ubicada en **San Diego**, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORES:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

C.I. 27.211.235

Morales Pinto, Alexis Daniel

C.I. 21.030.567

TUTOR:

Dr. Fredy Barragán Suescún C.I:

11.151.678



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados.
 anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	/			/		
2	/			/		
3	/			/		
4	/			/		
5	/			/		
6	/			/		

Fecha: 13/10/2022


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Inq. Electricista Especialista en Docencia para la Educación Superior Magister Scientiarum en Instrumentación
--	---



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Andira Rodríguez

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la empresa L'olio di coco., ubicada en **San Diego**, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar la situación actual en el proceso de extracción de aceite de coco en la empresa L'olio di coco, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTORES:

Carreño Díaz, Augusto Manuel

C.I. 27.211.235

Morales Pinto, Alexis Daniel

C.I. 21.030.567

TUTOR:

Dr. Fredy Barragán Suescún C.I:

11.151.678



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 13/10/2022


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Mecánico Dsa. en Ciencias de la Educación
--	--