



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

HENRY BRYAN GARCÍA ALDAZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: HENRY BRYAN GARCÍA ALDAZ

DIRECTOR: Ing. JORGE SEBASTIAN BUÑAY GUAMÁN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Henry Bryan García Aldaz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Henry Bryan García Aldaz, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de diciembre del 2023



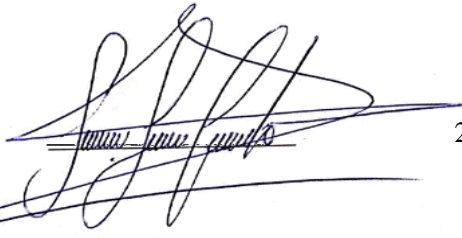
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Henry Bryan García Aldaz', with a large, stylized initial 'H' and 'B' at the top.

Henry Bryan García Aldaz

C. I: 180518377-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS**, realizado por el señor: **HENRY BRYAN GARCÍA ALDAZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-07
Ing. Jorge Sebastián Buñay Guamán, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios por darnos fuerza y salud a mi madre y a mí para poder culminar con mis estudios, a mi madre quien ha sido el pilar fundamental en todo el transcurso de mi carrera ya que su apoyo incondicional a permitido que pueda culminar con mi meta en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. A mi familia, amigos y a las personas que siempre me alentaban y apoyaban en todo el transcurso de mi carrera, cada uno de sus comentarios y consejos me ayudaron a poder cumplir con este objetivo.

Henry

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por darme la fuerza, salud y la perseverancia que necesitaba para poder continuar con mis estudios. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de aprender y crecer tanto profesionalmente como personalmente. A mi director y asesor de tesis, ya que gracias a su ayuda y consejos hicieron que este trabajo se culmine de la mejor manera, a mi familia y amigos que me alentaban en cada instante de mi vida, gracias por formar parte de ella. Un eterno agradecimiento a mi madre Jaqueline Aldaz ya que ella ha sido la persona más importante en mi formación tanto profesional y personal, ya que, con su apoyo incondicional, sus consejos, su sacrificio y su fuerza me han permitido lograr alcanzar con este objetivo.

Henry

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.3.2. <i>Justificación metodológica</i>	4
1.3.3. <i>Justificación socioeconómica</i>	4
1.3.4. <i>Justificación práctica</i>	4
1.4. Alcance.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1. Extractor de Zumo.....	6
2.2. Tipos de extractores.....	7
2.2.1. <i>Extractor por centrifugación</i>	7
2.2.1.1. <i>Funcionamiento</i>	8
2.2.1.2. <i>Ventajas</i>	8
2.2.1.3. <i>Desventajas</i>	8
2.2.2. <i>Extractor por masticación o de un solo eje</i>	9
2.2.2.1. <i>Ventajas</i>	9
2.2.2.2. <i>Desventajas</i>	9

2.2.3.	<i>Extractor por trituración o doble eje</i>	10
2.2.3.1.	<i>Ventajas</i>	10
2.2.3.2.	<i>Desventajas</i>	10
2.3.	Partes principales de una extractora de zumo	11
2.3.1.	<i>Filtro</i>	11
2.3.2.	<i>Cilindro tamizador</i>	11
2.3.3.	<i>Motor eléctrico</i>	12
2.3.4.	<i>Caja reductora de velocidades</i>	13
2.3.5.	<i>Tipos de engranajes</i>	13
2.3.5.1.	<i>Engranajes rectos</i>	13
2.3.5.2.	<i>Engranajes helicoidales</i>	14
2.3.5.3.	<i>Engranajes cónicos</i>	14
2.3.5.4.	<i>Sin fin</i>	14
2.4.	Proceso de extracción de jugos	15
2.4.1.	<i>Métodos Tradicionales de Extracción</i>	15
2.4.1.1.	<i>Exprimido Manual</i>	15
2.4.1.2.	<i>Licuada</i>	15
2.4.2.	<i>Tecnologías modernas de extracción</i>	16
2.4.2.1.	<i>Prensado en Frío</i>	16
2.4.2.2.	<i>Centrifugación</i>	16
2.4.2.3.	<i>Extractor de masticación</i>	16
2.4.3.	<i>Factores que Afectan la Calidad del Jugo</i>	16
2.4.3.1.	<i>Calor</i>	16
2.4.3.2.	<i>Oxidación</i>	16
2.4.3.3.	<i>Tipo de filtro</i>	16
2.5.	Beneficios nutricionales de los jugos	17
2.5.1.	<i>Aporte de Vitaminas y Minerales</i>	17
2.5.2.	<i>Hidratación</i>	17
2.5.3.	<i>Antioxidantes</i>	17
2.6.	Propiedades Mecánicas de Frutas y Verduras	17
2.6.1.	<i>Propiedades mecánicas de Zanahoria</i>	18
2.6.2.	<i>Propiedades mecánicas de Manzana</i>	19
2.6.3.	<i>Propiedades mecánicas de Piña</i>	20
2.6.4.	<i>Propiedades mecánicas de Remolacha</i>	21
2.7.	Propiedades Organolépticas de Frutas y verduras	22
2.7.1.	<i>Textura</i>	22
2.7.2.	<i>Color</i>	23

2.8.	Cribado de Malla del Filtro Tamizador	23
2.9.	AISI 304 grado alimenticio	24
2.10.	Metodología QFD - Despliegue De La Función De Calidad	25
2.10.1.	<i>Planificación del producto</i>	26
2.10.2.	<i>Despliegue de componentes</i>	26
2.10.3.	<i>Planificación del proceso</i>	26
2.10.4.	<i>Planificación de producción</i>	26
2.11.	Software de Simulación ANSYS	27
2.12.	Estándar Militar: Procedimientos de muestreo y tablas para inspección por atributos MIL-STD-105E	28
2.12.1.	<i>Niveles de inspección</i>	28
2.12.2.	<i>Niveles especiales</i>	28
2.12.3.	<i>Procedimiento para aplicar MIL STD 105E</i>	28

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1.	Definición del producto	30
3.2.	Metodología del diseño	30
3.3.	Análisis Q.F.D.	31
3.3.1.	<i>Requerimientos del usuario</i>	31
3.3.1.1.	<i>Voz del usuario</i>	31
3.3.2.	<i>Requerimientos técnicos</i>	31
3.3.2.1.	<i>Voz del ingeniero</i>	31
3.3.3.	<i>Correlaciones</i>	32
3.3.4.	<i>Análisis de competitividad</i>	32
3.3.5.	<i>Evaluación técnica</i>	33
3.3.6.	<i>Compromisos técnicos</i>	33
3.3.7.	<i>Análisis de competencias</i>	34
3.3.7.1.	<i>Competencia 1</i>	34
3.3.7.2.	<i>Competencia 2</i>	34
3.4.	Casa de la calidad	35
3.5.	Análisis funcional	36
3.5.1.	<i>Nivel 0</i>	36
3.5.2.	<i>Nivel 1</i>	36
3.6.	Definición de módulos	37
3.6.1.	<i>Módulo 1</i>	37

3.6.2.	<i>Módulo 2</i>	37
3.6.3.	<i>Módulo 3</i>	37
3.7.	Matriz Morfológica	38
3.8.	Generación de alternativas	39
3.9.	Análisis de alternativas	40
3.9.1.	<i>Alternativa N. 1</i>	40
3.9.1.1.	<i>Ventajas</i>	40
3.9.1.2.	<i>Desventajas</i>	40
3.9.2.	<i>Alternativa N. 2</i>	40
3.9.2.1.	<i>Ventajas</i>	41
3.9.2.2.	<i>Desventajas</i>	41
3.9.3.	<i>Alternativa N. 3</i>	41
3.9.3.1.	<i>Ventajas</i>	41
3.9.3.2.	<i>Desventajas</i>	41
3.10.	Evaluación de alternativas	42
3.10.1.	<i>Evaluación del peso específico de cada criterio</i>	43
3.10.2.	<i>Evaluación del peso específico del criterio eficiencia</i>	43
3.10.3.	<i>Evaluación del peso específico del criterio capacidad</i>	43
3.10.4.	<i>Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento</i>	43
3.10.5.	<i>Evaluación del peso específico del criterio costo</i>	44
3.10.6.	<i>Evaluación del peso específico del criterio operabilidad</i>	44
3.10.7.	<i>Resultados – conclusiones de las alternativas</i>	44
3.11.	Diseño de Tornillo de Hélice variable	45
3.11.1.	<i>Prediseño según Capacidad de 20 l / h</i>	45
3.11.2.	<i>Cálculo de la carga de elevación</i>	46
3.11.3.	<i>Cálculo del paso</i>	47
3.11.4.	<i>Cálculo del ángulo de hélice</i>	48
3.11.5.	<i>Cálculo del perfil de la hélice</i>	49
3.11.6.	Cálculo de la eficiencia	50
3.11.7.	<i>Cálculo del ruido</i>	50
3.12.	Diseño de la caja reductora de velocidades	52
3.12.1.	<i>Cálculo del sistema de transmisión para 2 etapas</i>	52
3.12.1.1.	<i>Etapa 1</i>	52
3.12.2.	<i>Verificación a flexión según el AGMA 2001-D04</i>	56
3.12.2.1.	<i>Esfuerzo a flexión</i>	56
3.12.2.2.	<i>Diseño de corona</i>	67
3.12.2.3.	<i>Esfuerzo a flexión</i>	68

3.12.2.4. Verificación desgaste superficial.....	71
3.12.2.5. Factor de seguridad.....	72
3.12.2.6. Resumen de los valores de las 2 etapas para el diseño del piñón y corona.	73
3.12.3. Diseño de ejes.....	74

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS.....	82
4.1. Ansys.....	83
4.1.1. Mallado.....	83
4.1.2. Condiciones de frontera.....	84
4.1.3. Resultados de deformación.....	85
4.1.4. Resultados de esfuerzo.....	86
4.2. Construcción y montaje del prototipo de máquina extractora de zumo.....	87
4.2.1. Proceso de doblado.....	88
4.2.2. Proceso de torneado.....	88
4.2.3. Proceso de soldadura por puntos.....	89
4.3. Protocolo de pruebas.....	90
4.4. Análisis de costos.....	90
4.4.1. Costos directos.....	90
4.4.1.1. Costo de materiales.....	91
4.4.1.2. Costo de manufactura.....	91
4.4.1.3. Costos de mano de obra.....	92
4.4.1.4. Costo directo total.....	92
4.4.2. Costos indirectos.....	93
4.4.2.1. Costos indirectos totales.....	93
4.4.3. Costo total del prototipo de extractora de zumo de frutas y verduras.....	94
4.5. Resultados de pruebas del prototipo de extractor de zumo.....	94
4.5.1. Descripción de la Prueba del Extractor de Zumos.....	94
4.5.1.1. Resultados de la Prueba del Extractor de Zumos con Remolachas.....	95
4.5.1.2. Resultados de la Prueba del Extractor de Zumos con Piña.....	97
4.5.1.3. Resultados de la Prueba del Extractor de Zumos con Manzana.....	99
4.5.1.4. Resultados de la Prueba del Extractor de Zumos con Zanahoria.....	101
4.6. Manual de seguridad.....	103
4.6.1. Advertencias para el funcionamiento del extractor de zumo.....	104
4.6.2. Precauciones para el funcionamiento del extractor de zumo.....	104
4.6.3. Cuidados del operador.....	104

4.7.	Plan de mantenimiento.....	105
-------------	-----------------------------------	------------

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1.	Conclusiones.....	107
5.2.	Recomendaciones.....	108

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Propiedades Mecánicas de la Zanahoria.....	18
Tabla 2-2:	Propiedades Mecánicas de la Manzana	19
Tabla 2-3:	Propiedades Mecánicas de la Piña.....	20
Tabla 2-4:	Propiedades Mecánicas de la Remolacha.....	21
Tabla 3-1:	Requerimientos del cliente.	31
Tabla 3-2:	Requerimientos técnicos.....	32
Tabla 3-3:	Datos de la competencia 1	34
Tabla 3-4:	Datos de la competencia 2.....	34
Tabla 3-5:	Matriz morfológica.....	38
Tabla 3-6:	Alternativas	40
Tabla 3-7:	Evaluación del peso específico de cada criterio	43
Tabla 3-8:	Evaluación del peso específico del criterio eficiencia.....	43
Tabla 3-9:	Evaluación del peso específico del criterio capacidad.	43
Tabla 3-10:	Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento.	44
Tabla 3-11:	Evaluación del peso específico del criterio costo.....	44
Tabla 3-12:	Evaluación del peso específico del criterio operabilidad	44
Tabla 3-13:	Resultados – conclusiones.....	44
Tabla 3-14:	Distancias	48
Tabla 3-15:	Factor de Lewis	54
Tabla 3-16:	Factor de sobrecarga.....	57
Tabla 3-17:	Factor de condición para engranes	59
Tabla 3-18:	Resumen del diseño de los engranes en la Etapa 1	73
Tabla 3-19:	Resumen del diseño de los engranes en la Etapa 2	74
Tabla 4-1:	Costo de materiales	91
Tabla 4-2:	Costo de manufactura.....	91
Tabla 4-3:	Costo de mano de obra	92
Tabla 4-4:	Costo directo total	92
Tabla 4-5:	Costos indirectos totales.....	93
Tabla 4-6:	Costos total del equipo	94
Tabla 4-7:	Resultados de la Prueba del Extractor de Zumo.....	94
Tabla 4-8:	Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la remolacha.	97
Tabla 4-9:	Tabla comparativa zumo obtenido entre extractora vs licuadora de la piña.....	99

Tabla 4-10:	Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la manzana.....	101
Tabla 4-11:	Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la zanahoria.	103
Tabla 4-12:	Tabla de mantenimiento del prototipo de máquina extractora de zumo.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Extractor de Zumo.....	6
Ilustración 2-2:	Extractor por centrifugación.....	7
Ilustración 2-3:	Extractor por masticación.....	9
Ilustración 2-4:	Extractor por trituración o doble eje.....	10
Ilustración 2-5:	Filtros de un extractor de zumos	11
Ilustración 2-6:	Cilindro tamizador de un extractor.....	11
Ilustración 2-7:	Motor eléctrico.	12
Ilustración 2-8:	Cajas reductoras de velocidades.....	13
Ilustración 2-9:	Tipos de Engranés	13
Ilustración 2-10:	Tornillos sin fin.....	14
Ilustración 2-11:	Planchas de acero inoxidable AISI 304.....	24
Ilustración 2-12:	Esquema general del despliegue de la función de calidad.	25
Ilustración 2-13:	Software ANSYS Mechanical.....	27
Ilustración 2-14:	Letras de código de tamaño de muestra	29
Ilustración 2-15:	TABLA II-A – Planes de muestreo único para inspección normal (Tabla maestra)	29
Ilustración 3-1:	Metodología de diseño del prototipo de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras	30
Ilustración 3-2:	Factor de incidencia	32
Ilustración 3-3:	Incidencia del factor de venta.....	33
Ilustración 3-4:	Evaluación técnica.....	33
Ilustración 3-5:	Incidencia de los compromisos técnicos	33
Ilustración 3-6:	Casa de la calidad.....	35
Ilustración 3-7:	Nivel 0 de la maquina extractora de zumo de frutas y verduras	36
Ilustración 3-8:	Nivel 1 de la maquina extractora de zumo de frutas y verduras.	36
Ilustración 3-9:	Definición de módulos de la extractora de zumo de frutas y verduras.....	37
Ilustración 3-10:	Tornillo con hélice variable.....	46
Ilustración 3-11:	Tornillo con hélice radio variable	49
Ilustración 3-12:	Tornillo con hélice variable perfil.....	50
Ilustración 3-13:	Tornillo con hélice variable perfil Renderización del tornillo con hélice variable.	51
Ilustración 3-14:	Sistema de transmisión.....	52
Ilustración 3-15:	Factor de espesor de aro	59
Ilustración 3-16:	Factor geométrico J'	60

Ilustración 3-17: Factor de multiplicación de f_m	60
Ilustración 3-18: Factor de ciclos de esfuerzo	62
Ilustración 3-19: Factor de ciclos de esfuerzo	66
Ilustración 3-20: Representación de reacciones y cargas en el eje 1	74
Ilustración 3-21: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Z).....	75
Ilustración 3-22: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Y)	76
Ilustración 3-23: Representación del Eje 1 con sus dimensiones	78
Ilustración 3-24: Representación de reacciones y cargas en el eje 2	78
Ilustración 3-25: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Z).....	79
Ilustración 3-26: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Y)	80
Ilustración 3-27: Representación del Eje 2 con sus dimensiones	81
Ilustración 4-1: Prototipo de máquina extractora de zumo de de frutas y verduras.....	82
Ilustración 4-2: Mallado de la geometría del exprimidor	83
Ilustración 4-3: Presión y torque.....	84
Ilustración 4-4: Deformación total.....	85
Ilustración 4-5: Esfuerzo total (Equivalent Stress)	86
Ilustración 4-6: Proceso de doblado realizado para la carcasa del extractor	88
Ilustración 4-7: Torno CNC para mecanizado del husillo	89
Ilustración 4-8: Suelda por puntos.....	89
Ilustración 4-9: Suelda por puntos.....	90
Ilustración 4-10: Remolacha.....	95
Ilustración 4-11: Zumo de remolacha litros vs tiempo	97
Ilustración 4-12: Piña.....	97
Ilustración 4-13: Zumo de piña litros vs tiempo.....	99
Ilustración 4-14: Manzana	99
Ilustración 4-15: Zumo de manzana litros vs tiempo	101
Ilustración 4-16: Zanahoria.....	101
Ilustración 4-17: Zumo de zanahoria litros vs tiempo	103

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ENCUESTA PRELIMINAR PARA LA TOMA DE DATOS DEL CLIENTE SOBRE EL PROROTIPO DE EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS
- ANEXO B:** PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS
- ANEXO C:** FICHA TÉCNICA
- ANEXO D:** MANUAL DE SEGURIDAD
- ANEXO E:** PLAN DE MANTENIMIENTO
- ANEXO F:** RESULTADOS ANSYS
- ANEXO G:** PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ZANAHORIA, MANZANA, PIÑA Y REMOLACHA

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el diseñar y construir un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras capaz de trabajar con una potencia estimada entre 100-150 watts, capaz de trabajar continuamente durante 2 horas a una frecuencia de 60Hz y que produzca 20 litros/hora de zumo de frutas y verduras seleccionadas. Utilizando la metodología de despliegue de la casa de la calidad (QFD) se obtuvo datos fundamentales que ayudaron a seleccionar la mejor alternativa y los mejores componentes de estas para poder llevar a cabo con el desarrollo del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras, partiendo de la selección de materiales, el diseño, selección de elementos de máquinas, análisis estructural del componente más importante de la máquina mediante ANSYS. Con los resultados obtenidos y mediante softwares de dibujo asistido por computadora (DAC), se procedió a la realización de los planos en los que se detallaron procesos para la fabricación, especificaciones técnicas y dimensiones, además de realizar simulaciones en ANSYS del husillo extractor para poder determinar puntos críticos que ayudaran a un diseño posterior. Finalmente se procedió a la construcción y montaje de este, procediendo así a realizar las pruebas de funcionamiento siguiendo un manual de seguridad y un protocolo de pruebas en cual se verificó que el prototipo cumplió con su principal objetivo que era el de extraer zumo. Se concluye que la metodología aplicada para la realización del prototipo de máquina extractora fue eficiente ya cumplió con su propósito y tuvo un correcto funcionamiento. Se recomienda explorar opciones para integrar tecnologías renovables en el funcionamiento del extractor, buscando reducir costos y promover prácticas medioambientales, además de seguir el plan de mantenimiento de una manera correcta para proteger la integridad del equipo.

Palabras clave: <MÁQUINA EXTRACTORA> <DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)> <CAJA REDUCTORA DE VELOCIDADES> <ENGRANAJES> <INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADOR (CAE)>.



SUMMARY

The objective of this degree work was to design and build a prototype of a fruit and vegetable juice extractor machine capable of working with an estimated power between 100-150 watts, it can work continuously for 2 hours at a frequency of 60Hz and that Produce 20 liters/hour of juice from selected fruits and vegetables. Using the quality house deployment (QFD) methodology, fundamental data was obtained that helped select the best alternative and the best components to be able to develop the prototype of a fruit and vegetable juice extractor machine, starting from the selection of materials, the design, the selection of machine elements, and the structural analysis of the most important component of the machine using ANSYS. With the results obtained and using computer-aided drawing (DAC) software, the plans were made in which manufacturing processes, technical specifications, and dimensions were detailed, in addition to carrying out simulations in ANSYS of the extractor spindle to be able to determine critical points that will help in subsequent design. Finally, the construction and assembly of this were carried out, thus proceeding to carry out the operating tests following a safety manual and a testing protocol in which it was verified that the prototype fulfilled its main objective: extract juice. It is concluded that the methodology applied to create the extraction machine prototype was efficient, fulfilled its purpose, and functioned correctly. It is recommended to explore options to integrate renewable technologies into the operation of the extractor, seeking to reduce costs and promote environmental practices, in addition to following the maintenance plan correctly to protect the integrity of the equipment.

Keywords: <EXTRACTOR MACHINE> <QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)>
<SPEED REDUCTION BOX> <GEARS> <COMPUTER AID ENGINEERING (CAE)>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

0603747809

INTRODUCCIÓN

Los zumos de frutas, ya sean directamente prensados o concentrados, se consideran azúcares libres según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y, por tanto, deben limitarse. En concreto, este organismo considera de origen natural los "azúcares libres" o "azúcares exógenos" que se encuentran en los zumos de frutas, la miel y los siropes, además de los monosacáridos y disacáridos añadidos a los alimentos por los productores, cocineros o consumidores.

El siguiente proyecto tiene como principal objetivo, el construir un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras con una potencia estimada entre 100-150 watts, capaz de trabajar continuamente durante 2 horas a una frecuencia de 60Hz y que produzca 20 l/h de zumo de frutas y verduras seleccionadas, añadiendo a esto un análisis de las propiedades mecánicas de la materia prima. Siguiendo a esto se realizará un estudio para determinar el mejor método de extracción de zumo mediante un estudio de alternativas y un proceso de selección ponderado para encontrar la alternativa más eficiente, así como la selección de materiales para la construcción basándose en las normas de procesos alimenticios en el Ecuador, así como la validación de resultados mediante la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1:2009. (MIL STD 105E, 1963, pp.1-74)

Este equipo ha sido diseñado según un procedimiento adecuado que tiene en cuenta parámetros de seguridad y mantenimiento periódico de la máquina en un sistema de producción industrial para minimizar los costes operativos y los riesgos para las personas y el medio ambiente una generación de planos enfocados a la fabricación y montaje de máquinas. (Calderon, 2020, pp.36-49).

Con el prototipo de máquina extractora ya construida se procede a validar su funcionamiento y desempeño mediante pruebas en campo, comprobando de esta manera su funcionalidad, seguridad y rendimiento, utilizando así procesos estadísticos pertinentes, observando el cumplimiento de los requerimientos establecidos y culminando así la implementación integral del proyecto. NTE INEN-ISO 2859-1:2009. (MIL STD 105E, 1963, pp.1-74)

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, el estudiante Betzabé Garrido Unkel llevó a cabo una investigación en 2018 con el título "Diseño y Fabricación de Prototipo de Licuadora Portátil para Frutas y Verduras". El estudio se enfocó en la tecnología disponible para la preparación de alimentos, destacando la evolución temporal de dicha tecnología. Además, se realizó un análisis de mercado en Chile respecto a la comercialización y volumen de alimentos "saludables". La investigación identificó los factores que motivan a la población hacia la elaboración de batidos saludables, analizando los procesos actuales y revelando las debilidades y beneficios asociados con su consumo. Se procedió a examinar procesos de fabricación para el desarrollo potencial del prototipo en serie. A partir de estos análisis, se diseñó un prototipo compatible con las características requeridas, definiendo procesos y materiales. El diseño fue perfeccionado mediante modelado 3D, detallando partes y componentes para lograr congruencia y armonía en el armado del prototipo. La etapa de desarrollo incluyó la fabricación del prototipo conforme al diseño previamente elaborado, definiendo las materialidades en función de la disponibilidad de recursos y maquinarias. Tras la selección y adquisición de los materiales, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento de conexiones internas antes de proceder con el armado final. Para evaluar la eficiencia del prototipo en la trituración de frutas, se realizaron pruebas con diversas frutas, seleccionadas según estudios sobre las más consumidas entre los chilenos. Las conclusiones obtenidas a partir de estas pruebas proporcionaron información valiosa sobre la eficacia del prototipo y posibles áreas de mejora (GARRIDO UNKEL, 2018).

En la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Edison Lenin Loachamín Jarrín llevó a cabo un proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico en marzo de 2010. El proyecto, dirigido por el Ing. Iván Zambrano, se titula "Diseño de una Máquina Extractora de Naranja de 12 Unidades por Minuto de Capacidad." El objetivo central de esta tesis fue diseñar una Máquina Extractora de Jugo de Naranja que pudiera cortar, exprimir y separar las cáscaras de naranja de manera automática, continua, rápida, eficiente y a un costo accesible. La investigación inició con la recopilación de información sobre las propiedades y beneficios de la naranja, así como los métodos de extracción de jugo disponibles. Tras un análisis exhaustivo, se concluyó que el dispositivo de extracción mecánico-eléctrico sería el más adecuado. El autor propuso tres alternativas de dispositivos mecánico-eléctricos que cumplieran con los requisitos especificados, analizando las ventajas y desventajas de cada uno en los diferentes sistemas de la

máquina. Después de una cuidadosa evaluación, se seleccionó la máquina de aplastamiento rotatorio, que utiliza moldes machos y hembras para realizar el proceso de corte y aplastamiento. El diseño de la máquina se llevó a cabo, incorporando elementos diseñados mediante cálculos y seleccionados de catálogos existentes en el mercado. Posterior al diseño, se realizó un análisis económico para estimar el costo aproximado de la máquina extractora de naranja, cotizando elementos y materiales en Quito. La conclusión principal fue que la construcción de este tipo de máquinas en el país es viable. El proyecto logró cubrir los objetivos y alcances planteados inicialmente, y al final se presenta toda la documentación utilizada en el desarrollo del proyecto, consolidando así una contribución sustancial al campo de la ingeniería mecánica (Jarrín, 2010).

En el año 2019, Robert Vicente Bravo Ludena llevó a cabo un proyecto titulado "Diseño y Construcción de un Prototipo de Extractor de Jugo de Manzana". Este proyecto abordó la necesidad de proporcionar equipos de procesamiento a pequeños y medianos agricultores en Ecuador, específicamente durante la temporada máxima de producción de manzanas. El objetivo principal fue evitar la pérdida de cosechas durante este período crítico y facilitar la comercialización de productos derivados de la manzana. La investigación comenzó con un análisis de la temporada máxima de producción de manzanas en Ecuador y la comercialización de este fruto. Se identificó la necesidad de equipos de procesamiento adaptados a las necesidades de agricultores de menor escala. Con base en estos hallazgos, se determinaron los parámetros de construcción necesarios para el desarrollo del prototipo. El proceso de diseño se centró en la creación de los diferentes elementos que compondrían el equipo extractor de jugo de manzana. Una vez definido el diseño, se procedió a la construcción del prototipo, corrigiendo y ajustando elementos según fuera necesario. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar la funcionalidad del prototipo y asegurar su eficacia en la extracción de jugo de manzana. El proyecto no solo se limitó al diseño conceptual, sino que también abordó la fase práctica mediante la construcción y prueba del prototipo. Al proporcionar una solución específica para la temporada máxima de producción de manzanas, este proyecto contribuyó a la optimización del procesamiento de frutas y a la prevención de pérdidas en la agricultura, especialmente dirigido a agricultores de menor escala en Ecuador (Ludeña, 2019).

1.2. Formulación del problema

En el Ecuador existen ciertas empresas que se dedican a la fabricación de electrodomésticos es decir a la línea blanca, entre estos electrodomésticos se encuentran los extractores de zumo. Muchos de estos extractores de zumo, los mejores que existen en el país son importados y comercializados, por lo tanto los extractores que se hacen en el país no son muy eficientes ya que usan un disco rayador y este método no aprovecha de la mejor manera la fruta o la verdura que se

trabaje, además en el país la mayoría de empresas no se encarga al diseño en si de extractores, es decir, no hay registro de una empresa que se dedique al diseño y fabricación de extractores de zumo, por lo tanto, en este trabajo de investigación se va a diseñar y construir un extractor de zumo que sea competitivo con los importados en cuanto a calidad y costo, para lo que vamos a emplear los conocimientos adquiridos en cuanto al diseño mecánico, resistencia de materiales, ciencia de materiales y automatización y control que los obtuvimos en la colegiatura de la Carrera de Mecánica.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El diseño y construcción de un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras quedará plasmado en este documento en el cual se demuestra la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Carrera de Ingeniería Mecánica mismo que podrá ser utilizado como guía para las empresas que estén interesadas en diseñar y construir máquinas para la extracción de zumo de frutas y verduras.

1.3.2. Justificación metodológica

El desarrollo de este trabajo de investigación involucrara la aplicación de varias metodologías propias de cada una de las áreas que van hacer aplicadas para el diseño y construcción de este prototipo de extractor de zumo de frutas y verduras, entre ellas, la metodología del Diseño Mecánico, metodología en el ámbito de la Resistencia de Materiales, metodología en el ámbito de Diseño de Sistemas y Equipos Mecánicos y la metodología de Automatización y Control, con el afán de obtener un prototipo funcional que este lo más acorde a las exigencias de los usuarios.

1.3.3. Justificación socioeconómica

El realizar el diseño y construcción de este prototipo ayudara a que muchas empresas puedan generar una producción de extractores de calidad y que sean accesibles económicamente, de tal manera generara empleos así ayudando al país a combatir el desempleo que en estos últimos años aumentado significativamente.

1.3.4. Justificación práctica

Toda la parte teórica que contempla esta investigación tiene su aplicación práctica en virtud que va a construir este prototipo y demostrar que efectivamente cumpla con su función.

1.4. Alcance

El alcance de este proyecto implica el diseño y construcción de un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras con una potencia estimada entre 100-150 watts, capaz de trabajar continuamente durante 2 horas a una frecuencia de 60Hz y que produzca 20 l/h de zumo de frutas y verduras seleccionadas. Se utilizará el diseño conceptual y metodológico, con validación del diseño mecánico mediante el software ANSYS 2022. La normativa ecuatoriana de plástico alimenticio guiará la construcción. En las pruebas de funcionamiento se emplearán frutas como manzanas y piñas, así como verduras como zanahorias y remolachas, para evaluar la versatilidad del extractor en diversas aplicaciones. Se llevará a cabo un protocolo de pruebas exhaustivo, monitorizando los circuitos y componentes eléctricos y electrónicos durante 2 horas consecutivas, asegurando la estabilidad y seguridad del extractor en condiciones operativas. Para optimizar la eficiencia de extracción, se implementará un sistema que busque obtener la mayor cantidad de jugo de las frutas y verduras utilizadas en las pruebas. Además, se desarrollará un sistema de cuantificación de volúmenes de jugo extraído para obtener datos precisos sobre la eficacia del extractor en términos de rendimiento y aprovechamiento de los insumos. Este enfoque integral en el alcance no solo destaca la construcción y diseño del extractor, sino también detalla las pruebas específicas que se llevarán a cabo para validar su funcionamiento y eficiencia en distintas condiciones de uso.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio del estado del arte.
- Realizar el estudio conceptual de la máquina extractora del zumo de frutas y verduras.
- Diseñar y validar por medio del ANSYS los principales elementos mecánicos del extractor de zumo de frutas y verduras.
- Diseñar el sistema eléctrico y de control de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras.
- Construir el prototipo y realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Extractor de zumo

Un extractor de jugos o zumos es un electrodoméstico especializado diseñado para extraer los jugos nutritivos de frutas y verduras de manera eficiente. Este dispositivo se destaca por su capacidad para llevar a cabo un proceso de prensado y filtrado, que no solo separa el líquido de la pulpa, sino que también preserva los nutrientes esenciales presentes en estos alimentos frescos.



Ilustración 2-1: Extractor de Zumo

Fuente: (Philips, 2022)

El funcionamiento de un extractor de zumo implica el uso de un mecanismo que aplica presión sobre las frutas y verduras, rompiendo sus tejidos celulares y liberando el jugo contenido en su interior. Este proceso se lleva a cabo de manera delicada para evitar la generación de calor, lo que podría afectar la calidad nutricional del zumo al degradar vitaminas y enzimas sensibles al calor.

La característica distintiva de los extractores de zumo radica en su capacidad para separar de manera efectiva la pulpa del líquido. Mediante la aplicación de fuerza mecánica, la fibra y otros residuos sólidos se separan del jugo, permitiendo así obtener una bebida limpia y suave, rica en sabor y nutrientes.

Lo que hace que estos dispositivos sean excepcionales es su habilidad para mantener una porción controlada de pulpa en el zumo final. Esto añade no solo textura y sabor, sino también una riqueza sensorial única que realza la experiencia de consumo. La pulpa, homogeneizada en el líquido, contribuye a la sensación de frescura y autenticidad, brindando una conexión más directa con la esencia natural de los ingredientes.

En resumen, un extractor de zumos no solo se limita a extraer líquidos de frutas y verduras, sino que lo hace de manera cuidadosa y eficiente, preservando la integridad nutricional y proporcionando una experiencia gustativa que destaca por su frescura y autenticidad. Este electrodoméstico se convierte así en un aliado valioso para aquellos que buscan incorporar de manera fácil y deliciosa la nutrición de frutas y verduras frescas en su dieta diaria.

2.2. Tipos de extractores

Hay tres tipos de extractores de zumos: los de centrifugación, los de masticación y los de trituración.

2.2.1. *Extractor por centrifugación*

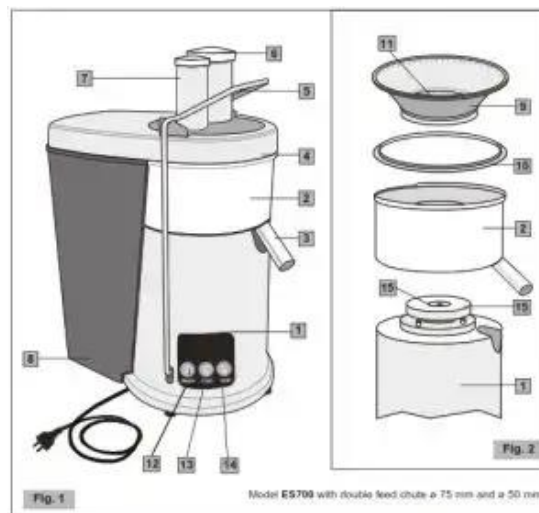


Ilustración 2-2: Extractor por centrifugación

Fuente: (Oster, 2022)

Estos extractores son bastante frecuentes, principalmente debido a su costo. Se trata de un extractor de tipo vertical con una abertura lo suficientemente grande para acomodar una variedad considerable de frutas y verduras sin necesidad de cortarlas previamente (Sanz, 2020).

Los extractores verticales son ampliamente reconocidos y se utilizan comúnmente en entornos domésticos, principalmente gracias a su asequibilidad y eficacia en la extracción de jugos de frutas y verduras. Este tipo de extractor cuenta con un diseño vertical que incluye una abertura lo bastante amplia como para permitir la inserción de una variedad de frutas y verduras sin necesidad de recortarlas, lo que simplifica significativamente el proceso de preparación.

Su característica más sobresaliente radica en la disposición vertical del sistema de extracción, donde el alimento se introduce desde la parte superior y es guiado hacia abajo mediante la acción

de un sinfín o tornillo sin fin. Este mecanismo facilita la trituración y el prensado de los ingredientes, permitiendo que el jugo fluya hacia abajo, separándose de la pulpa.

2.2.1.1. Funcionamiento

Las frutas y verduras son sometidas a un proceso de trituración mediante un movimiento giratorio de centrifugación a altas velocidades. Aunque este método es eficaz para extraer jugos, lamentablemente genera un considerable aumento de temperatura, provocando la degradación de una parte significativa de los nutrientes presentes en los alimentos. En este enfoque, las frutas y verduras son previamente cortadas para lograr la separación entre el zumo y la fibra. El jugo resultante se extrae directamente en un vaso, mientras que la pulpa, ya despojada de sus componentes líquidos, es expulsada del recipiente correspondiente (Sanz, 2020).

2.2.1.2. Ventajas

- El jugo se obtiene de manera más rápida gracias a su método de centrifugación a altas revoluciones.
- Debido al amplio tamaño de la abertura del contenedor o vaso, no es necesario cortar previamente las frutas y verduras.
- Se logra la extracción del jugo de manera expedita gracias a la centrifugación a elevadas revoluciones.
- La generosa amplitud de la abertura del recipiente o vaso elimina la necesidad de realizar cortes previos en las frutas y verduras.

2.2.1.3. Desventajas

- La cantidad extraída de zumo es menor que con extractores ya sea por masticación o por trituración y la pulpa sale húmeda.
- Es muy ruidosa.
- Al operar a muchas revoluciones genera mucho calor por lo cual provoca un aumento de temperatura y esto ocasiona que se oxide más rápido y suponga una pérdida de nutrientes considerable.
- No se pueden hacer leches vegetales ni mantequillas de frutos ya que este solo funciona para obtener zumos.

2.2.2. *Extractor por masticación o de un solo eje*



Ilustración 2-3: Extractor por masticación

Fuente: (Neo, 2023)

Estos extractores cuentan con un eje vertical que se encarga de triturar las frutas y verduras, rompiendo de manera efectiva las paredes fibrosas de las células para extraer el jugo directamente en una jarra. Además, logran extraer una cantidad considerablemente mayor de jugo en comparación con los extractores de centrifugación. Dado que operan con un solo eje rotacional y trabajan a bajas revoluciones, es decir, con una rotación lenta, evitan generar un aumento de temperatura, lo que resulta en una pérdida menor de nutrientes en comparación con los extractores de centrifugación (Sanz, 2020).

2.2.2.1. *Ventajas*

- Debido a que trabaja con una velocidad lenta, no tiene un aumento de temperatura y por lo tanto se obtiene un zumo menos oxidado y con muchos más micronutrientes (vitaminas, minerales y enzimas).
- El zumo dura mucho más tiempo con sus propiedades al ser guardadas herméticamente y refrigerarlas (puede durar hasta 48 horas).
- Se extrae mayor cantidad de zumo y pulpa sale más seca
 - Es más silenciosa que el de centrifugación.

2.2.2.2. *Desventajas*

- Se necesita más tiempo para obtener el zumo debido a que su velocidad de trabajo es lenta.
- Se necesita cortar las frutas y verduras en trozos pequeños ya que la boca de la entrada para los mismos no es suficientemente ancha.
- Su precio es más costoso que el de extracción por centrifugación, pero a la larga resulta conveniente ya que con menor frutas o menor verduras se obtiene más cantidad de zumo.

2.2.3. *Extractor por trituración o doble eje*



Ilustración 2-4: Extractor por trituración o doble eje

Fuente: (AliExpress, 2010)

Este extractor se destaca por ser el mejor en términos de calidad, ya que minimiza la pérdida de nutrientes de manera significativa. Operando a una velocidad considerablemente más baja en comparación con los extractores de un solo eje, este tipo de extractor extrae la máxima cantidad de jugo de frutas y verduras, al tiempo que retiene una mayor proporción de nutrientes en el líquido resultante. En lugar de simplemente exprimir, emplea un sistema de doble eje que prensa las verduras a una velocidad de 43 rpm. La lentitud en el proceso de prensado permite obtener un jugo que se conserva fresco en la nevera hasta por 72 horas (Sanz, 2020).

2.2.3.1. *Ventajas*

- Se mantiene el mayor porcentaje de nutrientes en el zumo y al ser guardados herméticamente y en la nevera puede conservarse hasta las 72 horas.
- Se puede elaborar leches vegetales y cremas de frutos secos.

2.2.3.2. *Desventajas*

- El proceso para la obtención del zumo requiere mucho más tiempo que con el extractor por centrifugación.
- Es necesario cortar las frutas y las verduras en trozos pequeños.
- Se necesita más tiempo para la limpieza del extractor debido al número de sus piezas.
- Es mucho más costoso que el resto de extractores.

2.3. Partes principales de una extractora de zumo

2.3.1. Filtro



Ilustración 2-5: Filtros de un extractor de zumos

Fuente: (Klinui, 2023)

Los componentes filtrantes desempeñan una función crucial en los extractores de jugo, encargándose de recolectar la pulpa que se descarta durante el proceso de extracción de frutas y verduras. La elección del tipo de filtro ejerce una influencia directa en la textura del jugo obtenido. Al optar por un filtro de malla gruesa, se retiene una mayor cantidad de pulpa, generando un jugo más robusto con una textura más evidente. En contraste, al utilizar un filtro de malla fina, el jugo resultante contiene menos pulpa, logrando una consistencia más suave y refinada, adaptable a las preferencias del usuario y al tipo de fruta o verdura procesada.

2.3.2. Cilindro tamizador

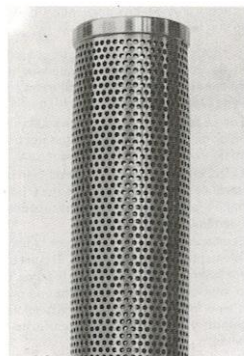


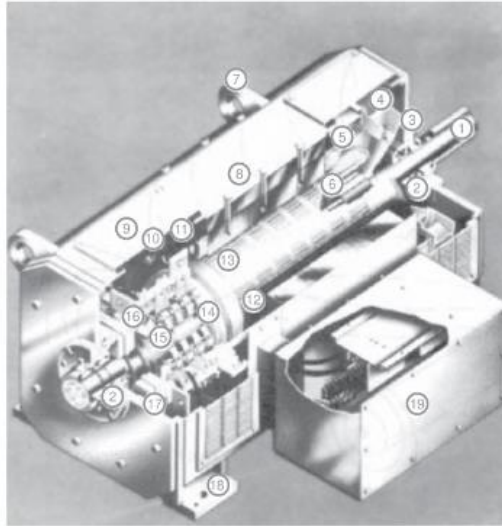
Ilustración 2-6: Cilindro tamizador de un extractor

Fuente: (Treviño, 2017)

Es un dispositivo que facilita la división de cítricos en al menos dos secciones, exprimiéndolos y liberando las cáscaras después del proceso de extracción. Este artefacto se compone de un componente exprimidor que se conecta a través de un receptáculo hueco con aberturas en sus

lados, un elemento cortante acoplado sobre el componente exprimidor y unos mecanismos de presión situados encima del receptáculo hueco (Treviño, 2017).

2.3.3. Motor eléctrico



1. Eje principal
2. Cojinetes
3. "Medidor" de grasa
4. Ventilador
5. Fajas de sujeción de la armadura
6. Ensamblaje de la bobina de la armadura ecualizadora
7. Oreja de levantamiento
8. Marco
9. Placa de inspección
10. Bobina inductora principal
11. Bobina conmutadoras
12. Bobina inductora principal
13. Armadura
14. Conexiones del colector a los conductores de la armadura
15. Colector
16. Portaescobillas
17. Abrazadera del portaescobillas
18. Pie de montaje
19. Caja de conductores terminales

Ilustración 2-7: Motor eléctrico.

Fuente: (Keljik, 2011)

Un motor eléctrico es una máquina que se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, mediante de la acción de los campos magnéticos que se generados en sus bobinas. Están constituidas principalmente por un rotor y un estator (Keljik, 2011).

Existen algunos motores eléctricos que son reversibles es decir transforman la energía mecánica en energía eléctrica es decir funcionan como generadores o dinamos. Algunos motores eléctricos de tracción que son usados en locomotoras o en automóviles híbridos generalmente realizan ambas tareas, tomando en cuenta que deben estar bien diseñados (Keljik, 2011).

Son utilizados en muchos sectores como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Generalmente son usados en ventiladores, vibradores para teléfonos móviles, bombas de agua, medios de transporte eléctricos, electrodomésticos, esmeriles angulares y otras herramientas eléctricas, unidades de disco, etc. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua (CC), y por fuentes de corriente alterna (CA) (Keljik, 2011).

2.3.4. *Caja reductora de velocidades*



Ilustración 2-8: Cajas reductoras de velocidades

Fuente: (Roydisa, 2023)

Las cajas reductoras de velocidad son utilizadas para controlar y variar las revoluciones por minuto (rpm) de los motores eléctricos, esto se debe a que en la mayoría de los procesos industriales las velocidades de los motores son demasiado altas. Al utilizar estas cajas reductoras de velocidad podemos disminuir el número de rpm de salida, pero sin alterar significativamente la potencia (Roydisa, 2023).

2.3.5. *Tipos de engranajes*



Ilustración 2-9: Tipos de Engranajes

Fuente: (HVH Industrial, 2023)

2.3.5.1. *Engranajes rectos*

Los engranes rectos son dispositivos mecánicos utilizados para transmitir movimiento entre ejes paralelos. Están compuestos por dientes rectos que se proyectan perpendicularmente desde la superficie del engrane. Estos dientes están dispuestos de manera que los ejes de los engranes están alineados de manera paralela. La transmisión de movimiento entre los engranes rectos se produce de manera suave, pero puede generar un poco de ruido y vibración. Este tipo de engranes es de los más sencillos tienen dientes paralelos al eje de rotación y transmiten movimiento de un eje a otro que se encuentra en forma paralela (Budynas, 2012).

2.3.5.2. *Engranajes helicoidales*

Los engranes helicoidales también transmiten movimiento entre ejes paralelos, pero a diferencia de los engranes rectos, sus dientes están inclinados en un ángulo (helicoide) en lugar de ser perpendiculares a la superficie del engrane. Esta disposición helicoidal reduce el nivel de ruido y vibración en comparación con los engranes rectos (Tlazalo, 20211). Los engranes helicoidales son comúnmente utilizados en aplicaciones donde se busca una transmisión de movimiento suave y eficiente. Estos engranes tienen dientes inclinados con respecto al eje de rotación y de igual manera que los engranes rectos se utilizan para las mismas aplicaciones, pero al ser utilizados de la misma forma estos no son tan ruidosos esto se debe a que su engranado gradual de los dientes al momento de acoplarse, asimismo transfiere de mejor manera la potencia y velocidad ya que el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y cargas de flexión. También se los puede utilizar para transmitir movimiento entre ejes que no son paralelos (Budynas, 2012).

2.3.5.3. *Engranajes cónicos*

Los engranes cónicos transmiten movimiento entre ejes que se cruzan o se interceptan. Tienen forma cónica, lo que significa que los dientes están dispuestos en una superficie cónica en lugar de en paralelo. Este diseño permite la transmisión de movimiento en ángulos rectos. Los engranes cónicos se utilizan comúnmente en aplicaciones donde se requiere una transmisión de potencia en direcciones perpendiculares, como en sistemas de dirección de vehículos. Este tipo de engranes está constituido por dientes que están formados en superficies cónicas son utilizados para la transmisión de movimiento entre ejes que se intersecan (Budynas, 2012).

2.3.5.4. *Sin fin*



Ilustración 2-10: Tornillos sin fin

Fuente: (Greco Store, 2023)

Los engranes de sinfín, también conocidos como tornillo sin fin, consisten en un tornillo (sin fin) que engrana con un engranaje plano. Este tipo de engranaje se utiliza para transmitir movimiento entre ejes no paralelos y no se cruzan. El movimiento se transfiere de manera suave y con un alto nivel de reducción de velocidad, lo que los hace útiles en aplicaciones donde se necesita una gran reducción de velocidad y un alto torque, como en sistemas de elevación o transporte.

Los tornillos sin fin son aparatos que ayudan al desplazamiento de ciertos materiales por un canalón mediante un tornillo giratorio.

Además, el tornillo sin fin también es utilizado como extractor en diferentes usos, como por ejemplo para moler ciertos productos y extraer el zumo de ciertas frutas mediante compresión (Marco, 1996).

2.4. Proceso de extracción de jugos

La extracción de jugos es un proceso culinario y nutricionalmente valioso que permite obtener los líquidos esenciales de frutas y verduras, brindando no solo sabores deliciosos sino también beneficios para la salud. Este marco teórico explorará los aspectos clave de este proceso, desde las técnicas tradicionales hasta las innovaciones tecnológicas y los beneficios nutricionales asociados.

2.4.1. Métodos tradicionales de extracción

2.4.1.1. Exprimido manual

- Consiste en aplicar presión manual a las frutas o verduras para liberar el jugo.
- Se utiliza comúnmente para cítricos y algunas bayas.
- Aunque simple, puede no ser eficiente para grandes cantidades.

2.4.1.2. Licuado

- Utiliza una máquina licuadora para descomponer frutas y verduras en pulpa y líquido.
- Mantiene la fibra en el jugo, proporcionando una textura más densa.
- Aunque eficaz, puede generar calor que afecta la calidad nutricional.

2.4.2. Tecnologías modernas de extracción

2.4.2.1. Prensado en frío

- Emplea una prensa hidráulica para extraer el jugo sin generar calor significativo.
- Conserva mejor los nutrientes y enzimas al evitar la oxidación.
- Produce jugos más densos y ricos en sabor.

2.4.2.2. Centrifugación

- Utiliza la fuerza centrífuga para separar el líquido de la pulpa.
- Rápido, pero puede generar calor y oxidación, afectando la calidad nutricional.
- Adecuado para grandes volúmenes.

2.4.2.3. Extractor de masticación

- Emplea un mecanismo de masticación para triturar y exprimir la fruta o verdura.
- Minimiza la generación de calor, preservando nutrientes y enzimas.
- Produce jugos más densos y de alta calidad.

2.4.3. Factores que afectan la calidad del jugo

2.4.3.1. Calor

- La generación de calor durante el proceso puede afectar la calidad nutricional del jugo al degradar vitaminas y enzimas sensibles al calor.

2.4.3.2. Oxidación

- La exposición al aire puede provocar la oxidación de los componentes del jugo, afectando su sabor y valor nutricional.

2.4.3.3. Tipo de filtro

- El tipo de filtro utilizado en los extractores influye en la cantidad de pulpa presente en el jugo, afectando su textura y sabor.

2.5. Beneficios nutricionales de los jugos

2.5.1. Aporte de vitaminas y minerales

- Los jugos frescos son ricos en vitaminas y minerales esenciales para la salud, dependiendo de las frutas y verduras utilizadas.

2.5.2. Hidratación

- El contenido líquido de los jugos contribuye a la hidratación del cuerpo de manera efectiva.

2.5.3. Antioxidantes

- Muchas frutas y verduras contienen antioxidantes que ayudan a combatir el estrés oxidativo y promueven la salud celular.

2.6. Propiedades mecánicas de frutas y verduras

En todos los procesos de reducción de tamaño, se utilizan tres tipos de fuerzas para disminuir el tamaño de los alimentos: fuerzas de compresión, fuerzas de impacto y fuerzas de corte (o desgaste). En la mayoría de los equipos de reducción de tamaño, las tres fuerzas están presentes, pero a menudo una es más importante que las demás. Cuando se aplica tensión (fuerza) a un alimento, las tensiones internas resultantes son absorbidas primero, causando la deformación de los tejidos. Si la tensión no supera un cierto nivel crítico llamado límite de elasticidad (E), los tejidos vuelven a su forma original cuando se retira la tensión, y la energía almacenada se libera como calor.

La cantidad de energía necesaria para fracturar un alimento se determina por su dureza y tendencia a agrietarse (su friabilidad), que a su vez depende de la estructura del alimento. Cuantas menos líneas de debilidad tenga un alimento, mayor será la entrada de energía necesaria para causar la fractura. Los alimentos más duros absorben más energía y, por lo tanto, requieren una mayor entrada de energía para crear fracturas. Las fuerzas de compresión se utilizan para fracturar alimentos frágiles o cristalinos; las fuerzas combinadas de impacto y corte son necesarias para alimentos fibrosos, y las fuerzas de corte se utilizan para la molienda fina de alimentos más suaves. Se piensa que los alimentos se fracturan a niveles de tensión más bajos si la fuerza se aplica durante períodos más largos. La magnitud de la reducción de tamaño, la energía gastada y

la cantidad de calor generada en el alimento dependen, por lo tanto, tanto del tamaño de las fuerzas aplicadas como del tiempo al que se somete el alimento a esas fuerzas.

Otros factores que influyen en la entrada de energía son el contenido de humedad y la sensibilidad al calor del alimento. El contenido de humedad afecta significativamente tanto al grado de reducción de tamaño como al mecanismo de descomposición en algunos alimentos. Por ejemplo, antes de moler, el trigo se "acondiciona" al contenido de humedad óptimo y el maíz se empapa completamente y se muele en húmedo para obtener una desintegración completa del material almidonado. Se proporcionan más detalles en el trabajo de Kent (1983). Sin embargo, un exceso de humedad en un alimento "seco" puede llevar a la aglomeración de partículas que luego obstruyen el molino, y los alimentos muy secos crean polvo en exceso, lo que causa un peligro para la salud y es extremadamente inflamable y potencialmente explosivo.

2.6.1. *Propiedades mecánicas de zanahoria*

Tabla 2-1: Propiedades mecánicas de la zanahoria

Propiedades mecánicas de la zanahoria en la prueba de presión.					
Parámetros	Mean	Max	Min	SD	CV%
Módulo de elasticidad (MPa)	0.038	0.046	0.029	0.007	18.42
F máx (N)	71.90	92.30	56.70	17.88	24.86
DL a F max (mm)	19.32	21.70	17.40	1.60	8.28
W a F max (N.mm)	862.32	935.20	789.80	52.06	6.03

Fuente: (Jahanbakhshi et al., 2018, pp.4).

En el análisis de las propiedades mecánicas de las zanahorias sometidas a la prueba de presión, diversos parámetros revelan aspectos fundamentales de su comportamiento ante fuerzas externas. El módulo de elasticidad, con un promedio de 0.038 MPa, refleja la capacidad de la zanahoria para deformarse elásticamente, siendo este un indicador crucial de su flexibilidad. La variabilidad en este parámetro, evidenciada por una desviación estándar de 0.007 MPa, sugiere que las zanahorias exhiben distintos grados de elasticidad. La carga máxima (Fmax), con un valor promedio de 71.90 N, representa la resistencia máxima que las zanahorias pueden soportar antes de experimentar una falla. La amplia variación en los valores de Fmax, con una desviación estándar de 17.88 N, indica que la resistencia estructural de las zanahorias puede diferir significativamente entre las muestras.

El trabajo realizado hasta F_{max} , con un promedio de 862.32 N.mm, cuantifica la energía absorbida por las zanahorias durante la prueba. Este parámetro, con una desviación estándar de 52.06 N.mm, indica que la capacidad de absorción de energía varía entre las muestras, lo que podría deberse a diferencias en la composición interna de las zanahorias.

En conjunto, estos resultados subrayan la complejidad de las propiedades mecánicas de las zanahorias, mostrando una diversidad significativa en su respuesta a las fuerzas externas (Jahanbakhshi et al., 2018, pp.1-6).

2.6.2. *Propiedades mecánicas de manzana*

Tabla 2-2: Propiedades mecánicas de la manzana

Contribution of the Skin to the Firmness Properties for Four Apple Varieties (Fuji, Granny Smith, Golden Delicious, Pink Lady), Tested After a 210-Day Storage at 2°C. Mean \pm Standard Deviation				
	Contribution of the Skin (%)			
Variety	Deformation	Rupture force	Firmness	Toughness
Fuji	8.40 \pm 11.04(a)	67.26 \pm 5.95(a)	58.44 \pm 5.20(a)	65.35 \pm 6.06(a)
Pink Lady	14.53 \pm 9.07(b)	61.67 \pm 3.71(b)	56.87 \pm 5.01(a)	68.26 \pm 7.32(a)
Golden Delicious	25.24 \pm 8.89(c)	72.60 \pm 2.16(c)	61.19 \pm 5.26(a)	78.51 \pm 3.59(b)
Granny Smith	31.90 \pm 8.23(d)	67.95 \pm 5.70(a)	59.51 \pm 5.20(a)	81.41 \pm 2.88(c)

Note: Values in parentheses with the same letter are not significantly different ($P < .05$). (ANOVA: soft INRA-LAMPE, Avignon)

Fuente: (Grotte et al., 2007, pp.12).

El estudio de las propiedades mecánicas de las manzanas, centrado específicamente en las fuerzas de corte, arroja luz sobre la firmeza y textura de las variedades Fuji, Pink Lady, Golden Delicious y Granny Smith después de un prolongado almacenamiento de 210 días a 20°C. La tabla detalla las contribuciones de la piel a aspectos clave como deformación, fuerza de ruptura, firmeza y tenacidad, revelando variaciones distintivas entre las variedades. La deformación cutánea, medida en porcentaje, muestra patrones diferentes para cada variedad. Mientras que Fuji exhibe una deformación promedio del 8.40%, Pink Lady presenta un valor notablemente superior de 14.53%, destacando la diversidad en la respuesta mecánica de las diferentes variedades frente a las fuerzas de corte.

En cuanto a la fuerza de ruptura, un indicador crucial de la resistencia a las fuerzas de corte, los resultados también muestran variabilidad significativa. Golden Delicious lidera con una fuerza de ruptura promedio de 72.60 N, sugiriendo una mayor tenacidad en comparación con otras variedades, como Pink Lady con 61.67 N. Estos datos destacan la influencia diferencial de la piel en la respuesta mecánica de las manzanas ante fuerzas de corte. La firmeza y tenacidad,

representadas por la resistencia global del material a las fuerzas de corte, reflejan nuevamente divergencias notables entre las variedades. Mientras Granny Smith exhibe una tenacidad excepcional con un valor de 81.41%, Fuji y Pink Lady muestran cifras comparativamente más bajas. Estas diferencias subrayan la complejidad de las propiedades mecánicas y la textura de las manzanas, resaltando la importancia de la variedad en la respuesta de la fruta a las fuerzas aplicadas.

En resumen, los resultados detallados ofrecen una visión exhaustiva de cómo las fuerzas de corte interactúan con la piel de las manzanas, influyendo en su firmeza y textura, y destacan la diversidad inherente entre las variedades en términos de propiedades mecánicas (Grotte et al., 2007, pp.1-15).

2.6.3. *Propiedades mecánicas de piña*

Tabla 2-3: Propiedades mecánicas de la piña

Mechanical properties of pineapple flesh from different sections of the fruit for compression, penetration and shear tests.				
Force tyoe and cross-section	Fracturability (N)	Fracture work (N mm)	Hardness (N)	Hardness work (N mm)
Ccompression				
Bottom	nd	nd	25.2±7.8	35±16
Middle	nd	nd	26.7±5.7	41±15
Top	nd	nd	30.5±9.6	42±14
Penetration				
Bottom	4.0±1.1	5.5±2.7	5.2±1.3	20±10
Middle	3.0±0.7	4.1±1.9	4.5±0.8	20±7
Top	3.8±1.0	6.4±3.1	4.9±1.2	24±8
Shear				
Bottom	8.7±4.0	16.9±11.6	10.0±3.5 ^b	41±24 ^b
Middle	6.0±1.5	10.4±4.1	8.5±1.2 ^{ab}	19±6 ^a
Top	6.2±2.1	11.4±4.4	6.9±2.2 ^a	24±18 ^{ab}

Fuente: (Montero, 2010, pp.115).

El análisis detallado de las propiedades mecánicas de la piña, enfocándonos en las pruebas de compresión, penetración y corte, proporciona una visión integral de la respuesta de esta fruta a las fuerzas externas en distintas secciones. En las pruebas de compresión, donde se evaluó la fracturabilidad, no se detectaron diferencias significativas entre las secciones inferior, media y superior. Por otro lado, la prueba de penetración revela variaciones considerables en la

fracturabilidad, el trabajo de fractura y la dureza entre las secciones. En la sección inferior, la piña muestra una fracturabilidad de 4.0 ± 1.1 N, mientras que, en la sección media y superior, estos valores son 3.0 ± 0.7 N y 3.8 ± 1.0 N, respectivamente. Estos resultados indican que la resistencia a la penetración varía a lo largo de la piña, sugiriendo una distribución heterogénea de la firmeza en la fruta.

En las pruebas de corte, los valores de fracturabilidad, trabajo de fractura y dureza también presentan diferencias notables entre las secciones. La sección superior, por ejemplo, muestra una fracturabilidad de 6.2 ± 2.1 N, mientras que la sección inferior exhibe un valor de 8.7 ± 4.0 N. Estas disparidades resaltan la influencia de la sección en la respuesta mecánica de la piña a las fuerzas de corte. El análisis estadístico, utilizando el método de Duncan ($p < 0.05$), confirma la existencia de diferencias significativas entre las secciones, subrayando la heterogeneidad en las propiedades mecánicas de la piña. En conclusión, estos hallazgos detallados proporcionan una comprensión más profunda de cómo la textura y la resistencia de la piña varían en diferentes áreas de la fruta, ofreciendo información valiosa para la industria alimentaria y la selección de la fruta en función de sus propiedades mecánicas (Montero, 2010, pp.1-120).

2.6.4. *Propiedades mecánicas de remolacha*

Tabla 2-4: Propiedades mecánicas de la remolacha

The effect of región on firmmness, shearing stress and shearing energy			
Cutting region	Firmness (N)	Shearing stress (MPa)	Shearing energy (mJ mm ⁻²)
Upper	179.8 ^a	0.489 ^a	8.55 ^a
Middle	153.9 ^b	0.418 ^b	7.32 ^a
Lower	127.2 ^c	0.346 ^c	6.05 ^a
F-test	*	*	*
NS and *: Non-significant, significant at $P > 0.05$, respectively. Means with the same letters are not significantly different at $P < 0.05$			

Fuente: (Dress et al., 2014, pp.12).

El análisis de la remolacha, centrado en los efectos de la región en la energía de corte, firmeza y estrés de corte, proporciona información esencial sobre la variabilidad de estas propiedades en diferentes secciones de la hortaliza. La tabla presenta resultados significativos para las tres variables evaluadas en las regiones superior, media e inferior de corte. En cuanto a la firmeza, se observa una clara diferencia entre las regiones, con valores de 179.8 N, 153.9 N y 127.2 N para las regiones superior, media e inferior, respectivamente. Estos resultados indican que la firmeza

de la remolacha disminuye de manera consistente de la región superior a la inferior, revelando una tendencia importante en la respuesta mecánica de la hortaliza.

El estrés de corte también muestra variaciones notables entre las regiones, con valores de 0.489 MPa, 0.418 MPa y 0.346 MPa para las regiones superior, media e inferior, respectivamente. Esta diferencia en el estrés de corte refleja la influencia significativa de la región en la resistencia de la remolacha a las fuerzas de corte. La energía de corte, evaluada en mJ mm^{-2} , sigue la misma tendencia, con valores de 8.55 a, 7.32 b y 6.03 c para las regiones superior, media e inferior, respectivamente. Estos resultados indican que la energía requerida para el corte disminuye de manera consistente de la región superior a la inferior, sugiriendo una relación inversa entre la firmeza y la energía de corte.

El análisis de varianza (F-test) confirma la significancia de las diferencias entre las regiones para las tres variables evaluadas. En resumen, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la variabilidad regional al evaluar las propiedades mecánicas de la remolacha, ofreciendo información valiosa para la industria agrícola y procesadora. Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) (Dress et al., 2014, pp.1-13).

2.7. Propiedades organolépticas de frutas y verduras

2.7.1. Textura

La textura de los alimentos, un atributo esencial para la experiencia gastronómica se encuentra mayormente determinada por factores como los niveles de humedad y grasa, así como la presencia y proporciones de carbohidratos estructurales (como celulosa, almidones y materiales pépticos) y proteínas en la composición de los mismos. Las transformaciones en la textura pueden surgir a raíz de fenómenos diversos, como la pérdida de humedad o grasa, la formación o descomposición de emulsiones y geles, la hidrólisis de carbohidratos poliméricos, y la coagulación o hidrólisis de proteínas.

En la investigación detallada sobre las características texturales de los alimentos, se encuentran valiosas aportaciones de expertos en el campo, tales como Mohsenin (1980), Lewis (1990) y Szczesniak (1983). Estos estudios no solo proporcionan un análisis profundo de las propiedades texturales, sino que también exploran cómo los cambios en la composición y estructura de los alimentos afectan directamente su textura. Este enfoque integrado es abordado de manera exhaustiva por Stanley y Tung (1976) y Sherman (1976), quienes ofrecen una visión holística del papel que desempeñan

estos componentes en la percepción sensorial de los consumidores y en la calidad general de los alimentos.

2.7.2. Color

Se detallan procedimientos para evaluar el color y aspecto de los alimentos, según lo propuesto por MacDougall (1984). La exposición al calor durante el procesamiento, cambios químicos debidos a variaciones en el pH o la oxidación durante el almacenamiento afectan a muchos pigmentos naturales presentes en los alimentos, lo que puede resultar en la pérdida del color distintivo y, por ende, del valor del alimento procesado. Para contrarrestar estos efectos, se incorporan pigmentos sintéticos que demuestran mayor estabilidad frente al calor, la luz y cambios en el pH, con el objetivo de conservar el color de ciertos alimentos procesados. etalles sobre las transformaciones en pigmentos naturales se abordan en secciones específicas.

El fenómeno del pardeamiento de Maillard emerge como un elemento significativo, generando tanto cambios positivos en el color de los alimentos (como en procesos de horneado o fritura) como la aparición de colores no deseados (por ejemplo, en el enlatado y secado). Esto resalta cómo diversos procesos culinarios no solo influyen en el aspecto visual final del producto, sino también pueden dar lugar a colores inesperados durante determinados métodos de procesamiento. Este complejo panorama subraya la importancia de comprender y gestionar cuidadosamente los aspectos visuales de los alimentos en su ciclo de producción y almacenamiento.

2.8. Cribado de malla del filtro tamizador

El cribado de malla del filtro tamizador desempeña un papel crucial en el funcionamiento eficiente de los extractores de frutas y verduras. Este proceso se realiza mediante una malla especializada ubicada en el filtro, que actúa como una barrera selectiva para separar las pulpas y jugos de las partículas más grandes. La elección cuidadosa de la malla en el filtro es esencial para lograr la consistencia deseada en la textura de los jugos y purés. Al utilizar una malla con aberturas específicas, se retienen los sólidos indeseados, como las semillas y los restos de pulpa, mientras se permite el paso fluido de los líquidos. Esto asegura que el resultado final sea un extracto suave y libre de partículas no deseadas.

En el contexto de un extractor de frutas y verduras, el cribado de malla del filtro tamizador contribuye no solo a la calidad del producto final, sino también a la eficiencia del proceso al evitar obstrucciones y garantizar un flujo constante. Así, este método se convierte en un componente

esencial para obtener extractos limpios y bien filtrados que satisfacen las expectativas de los consumidores en términos de calidad y consistencia.

2.9. AISI 304 grado alimenticio

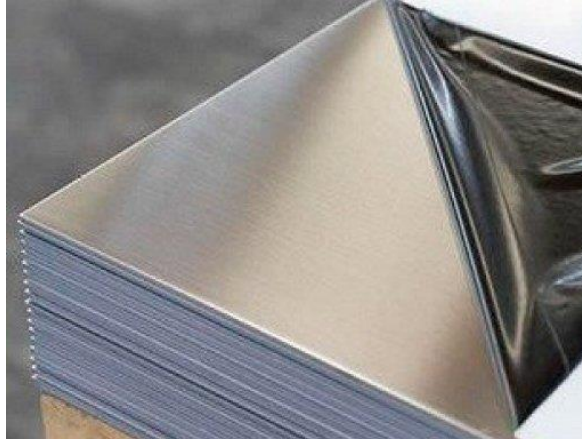


Ilustración 2-11: Planchas de acero inoxidable AISI 304

Fuente: (Import Aceros, 2023).

El acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio es un material de gran relevancia en la industria alimentaria debido a sus propiedades excepcionales que cumplen con los estándares más exigentes de seguridad y calidad. Este tipo de acero pertenece a la familia 300, conocida por su resistencia a la corrosión y durabilidad, lo que lo convierte en una elección ideal para aplicaciones en entornos alimentarios. La composición química del AISI 304 incluye aproximadamente un 18% de cromo y un 8% de níquel, lo que confiere al material una resistencia excepcional a la corrosión, incluso en ambientes agresivos. Además, presenta una excelente resistencia a temperaturas elevadas, lo que lo hace adecuado para equipos y utensilios que pueden estar expuestos a condiciones de cocción o esterilización.

La facilidad de limpieza y mantenimiento es otra ventaja clave del AISI 304 grado alimenticio. Su superficie lisa y no porosa evita la retención de partículas y facilita la eliminación de residuos, cumpliendo con los estándares higiénicos exigidos en la manipulación de alimentos. Además, este material es no reactivo, lo que significa que no afecta el sabor ni las propiedades químicas de los productos alimenticios, garantizando la pureza del contenido. En aplicaciones como la fabricación de equipos de procesamiento de alimentos, utensilios de cocina, recipientes de almacenamiento y otros componentes relacionados con la manipulación de alimentos, el AISI 304 grado alimenticio se destaca como una elección confiable y segura. Su combinación única de resistencia, durabilidad y compatibilidad con los estándares sanitarios lo convierte en un material indispensable para garantizar la integridad y calidad de los productos alimenticios.

2.10. Metodología QFD - despliegue de la función de calidad

El QFD, o Despliegue de la Función de Calidad, emerge como un enfoque integral en el diseño de productos y servicios, transformando la voz del cliente en datos técnicos, conocidos como la voz del ingeniero. Este método sigue una secuencia organizada de pasos fundamentados en un diseño y operación que se alinean con las demandas y expectativas del mercado. Inicialmente concebido para el diseño de nuevos productos, el QFD ha evolucionado con el tiempo, convirtiéndose en una herramienta integradora en diversas áreas, como marketing, ingeniería y operaciones, e incluso extendiéndose a actividades como el control de calidad (Correa, 2015).

Dada la creciente demanda de una variedad de productos, las empresas se ven compelidas a buscar un equilibrio delicado entre reducción de costos y mejora de la calidad. Este desafío implica la necesidad de responder de manera ágil y efectiva a las demandas de los clientes. La creación de nuevos productos que satisfagan estas demandas se revela como un factor crucial para el éxito tanto del producto como de la empresa en sí (Correa, 2015).

Según la perspectiva de Yoji Akao, el desarrollo de la función de calidad aplicada a un producto se despliega en cuatro fases distintas: planificación del producto, despliegue de componentes, planificación del proceso y planificación de producción. Cada una de estas fases representa características esenciales, las cuales son incorporadas de manera ordenada en una matriz, siguiendo un proceso secuencial de cuatro etapas bien definidas (Romeva, 2002).

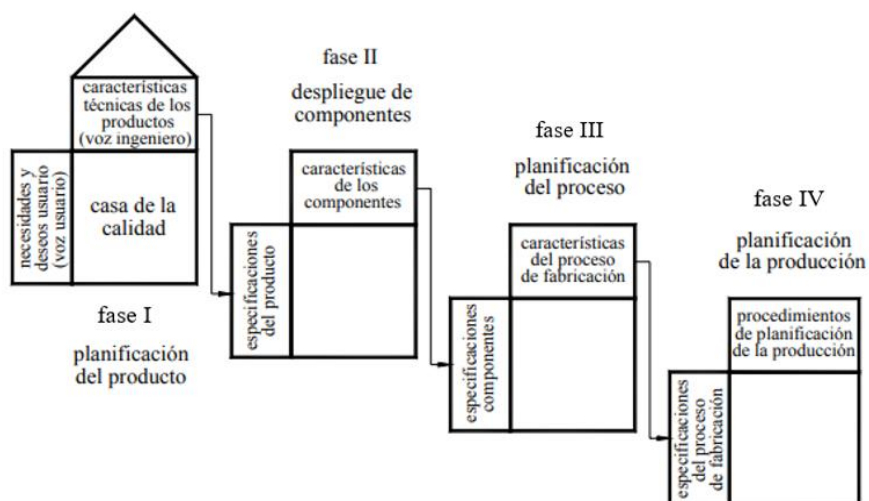


Ilustración 2-12: Esquema general del despliegue de la función de calidad.

Fuente: (Riba, 2002, pp. 178).

2.10.1. Planificación del producto

En esta fase se traduce las demandas de los clientes o voz del cliente transformándolas en palabras técnicas conocidas como voz del ingeniero, esta fase está conformada de los siguientes pasos:

- **Voz del ingeniero**

Detalla los requerimientos del cliente.

- **Análisis de competitividad**

El cliente califica el grado de conformidad del producto con los de la competencia.

- **Voz del ingeniero**

Explica los requerimientos del usuario ya transformadas en palabras técnicas.

- **Correlaciones**

Establece las correlaciones entre la voz del cliente y la voz del ingeniero.

- **Comparación técnica**

Compara el producto de la empresa con el de la competencia.

- **Compromisos técnicos**

Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto.

2.10.2. Despliegue de componentes

Esta fase traduce las especificaciones del producto en características de los componentes.

2.10.3. Planificación del proceso

Esta fase se encarga de traducir las especificaciones de los componentes en características del proceso de fabricación.

2.10.4. Planificación de producción

Esta fase se encarga de traducir las especificaciones del proceso en procedimientos de planificación de la producción.

2.11. Software de simulación ANSYS

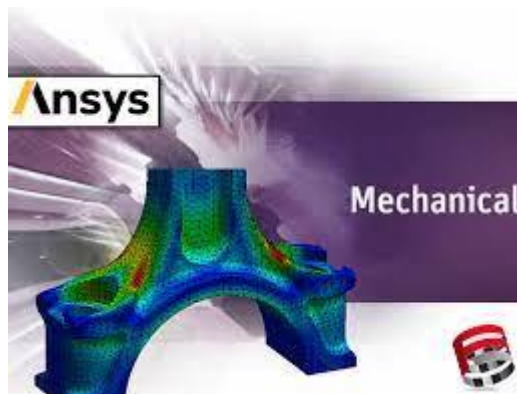


Ilustración 2-13: Software ANSYS Mechanical

Fuente: (ANSYS Cad Point Angamaly, 2018)

ANSYS se destaca como un software de simulación de análisis de elementos finitos (FEA) que abarca las etapas cruciales de preprocesamiento, resolución y postprocesamiento. Este programa se especializa en analizar piezas sujetas a diversos fenómenos físicos fundamentales en la ingeniería y diseño mecánico, tales como fluidos, vibraciones, esfuerzos térmicos y aplicaciones específicas (ANSYS, EDCadPortal, 2023).

Considerado una referencia mundial en simulación para equipos y componentes mecánicos, ANSYS es la elección predilecta de las principales empresas a nivel global. Este software no solo permite a los ingenieros anticipar el rendimiento de los productos en condiciones del mundo real, sino que también desempeña un papel crucial en la reducción de costos de desarrollo, la mitigación de riesgos y la mejora general de la calidad. La aplicación de ANSYS en diversos sectores impulsa la innovación al mismo tiempo que supera barreras y limitaciones.

Además de su robusta capacidad para el análisis de elementos finitos, ANSYS ofrece una plataforma integral que abarca desde la conceptualización y diseño hasta la validación y optimización de productos y sistemas. Este software se ha convertido en una herramienta esencial para ingenieros y diseñadores al permitirles explorar de manera detallada cómo los productos responderán a condiciones complejas del mundo real. La versatilidad de ANSYS se extiende a áreas como la aerodinámica, transferencia de calor, electromagnetismo y más, lo que lo convierte en un recurso invaluable para el desarrollo y perfeccionamiento de una amplia gama de aplicaciones en distintas industrias (ANSYS, ESSS, 2023).

2.12. Estándar Militar: Procedimientos de muestreo y tablas para inspección por atributos MIL-STD-105E

Este sistema fue desarrollado en la Segunda Guerra Mundial, el cual se basa en la aceptación por atributos, este sistema es uno de los más usados a nivel del mundo. Existen tres niveles de inspección.

2.12.1. Niveles de inspección

- Nivel I: el cual representa la mitad de la cantidad de inspecciones en Nivel II, la cual representa una menor discretización.
- Nivel II: representa una inspección Normal.
- Nivel III: Doble cantidad de inspección, la cual representa una mayor discretización.

2.12.2. Niveles especiales

En estos niveles existen muestras muy pequeñas y por lo tanto se admite riesgos significativos en ese muestreo.

S1, S2, S3, S4

2.12.3. Procedimiento para aplicar MIL STD 105E

- 1) Seleccione un límite de calidad aceptable (AQL).
- 2) Seleccione el nivel de prueba (normal, estricta, simplificada).
- 3) Determine el tamaño del lote.
- 4) Encuentre las letras del código que coincidan con el tamaño de la muestra.
- 5) Determinar qué plan de muestreo utilizar (simple, doble, múltiple)
- 6) Consulte la tabla correspondiente para encontrar el tipo de plan a utilizar.
- 7) Determinar el plan de prueba normal y, en consecuencia, simplificado, que se utilizará si es necesario.

TABLE I – Sample Size code letters									
(See 4.9.1 and 4.9.2)									
Lot or batch size			Special inspection levels				General inspection levels		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	To	8	A	A	A	A	A	A	B
9	To	15	A	A	A	A	A	B	C
16	To	25	A	A	B	B	B	C	D
26	To	50	A	B	B	C	C	D	E
51	To	90	B	B	C	D	D	F	G
91	To	150	B	B	C	D	D	F	G
151	To	280	B	C	D	E	E	G	H
281	To	500	B	C	D	E	F	H	J
501	To	1200	C	C	E	F	G	J	H
1201	To	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	To	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	To	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	To	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	To	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500000	And	Over	D	E	H	K	N	Q	R

CODE LETTERS

Ilustración 2-14: Letras de código de tamaño de muestra

Fuente: (MIL STD 105E, 1963, pp.1-74)

MIL-STD-105E

		TABLE II-A – Single sampling plans for normal inspection (Master table)																				See 4.9.3. and 4.9.4)					
Sample size Code Letters	Sample size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

↓ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections.
 ↑ = Use first sampling plan above arrow.
 Ac = Acceptance number
 Re = Rejection number

SINGLE NORMAL

Ilustración 2-15: TABLA II-A – Planes de muestreo único para inspección normal (Tabla maestra)

Fuente: (MIL STD 105E, 1963, pp.1-74)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Definición del producto

En el presente documento se revisó material bibliográfico el cual se encuentra en el capítulo II, se pudo observar diferentes máquinas extractoras de zumo de frutas y verduras además de diferentes métodos de extracción, estos modelos bases fueron utilizados para obtener un diseño optimo y funcional del presente proyecto.

3.2. Metodología del diseño

Para empezar con el diseño y construcción de un prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras es primordial cumplir con cada uno de los objetivos del proyecto, para lo cual empezare aplicando la metodología QFD, de modo que me permitirá llevar a cabo con el desarrollo del prototipo aplicando las siguientes etapas.

El diseño conceptual del prototipo de máquina extractora de sumo de frutas y de verduras se realizará siguiendo la metodología que se muestra en la siguiente figura.

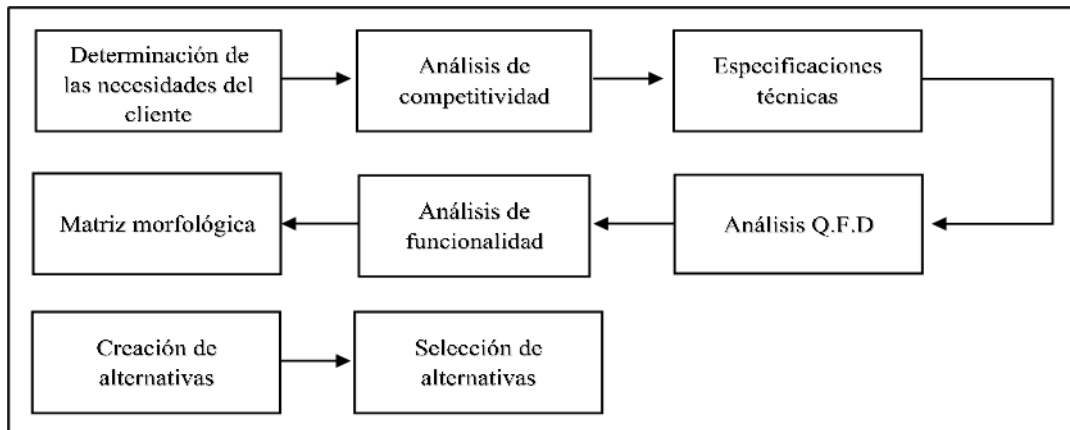


Ilustración 3-1: Metodología de diseño del prototipo de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras

Realizado por: García, Henry 2023.

La principal función de la metodología de diseño se basa en una serie de pasos para dar solución a un problema que forma parte del diseño, mediante una secuencia de acciones y procedimientos. Es un método muy empleado para iniciar a realizar un diseño. El aplicar esta metodología conlleva

inicialmente tres pasos fundamentales, los cuales son; determinar las necesidades del usuario, analizar competencias y fijar especificaciones técnicas: que más adelante nos ayudaran a realizar el Análisis del Q.F.D. (Despliegue de la función de calidad), análisis funcional y el desarrollo de la matriz morfológica, para finalmente obtener alternativas y elegir la más óptima y funcional.

3.3. Análisis Q.F.D.

El análisis Q.F.D. es un método aplicado para crear una conexión entre el cliente y el ingeniero, de modo que los requerimientos del cliente sean traducidos por el ingeniero en palabras técnicas definidas, facilitando así la comprensión en entre las dos partes y llegar a las soluciones adecuadas.

3.3.1. Requerimientos del usuario

3.3.1.1. Voz del usuario

Para obtener los requerimientos del usuario se realizaron entrevistas dirigidas especialmente a personas que necesitan el producto, con lo cual se determinó las necesidades del cliente, las cuales se representan en la siguiente Tabla.

Tabla 3-1: Requerimientos del cliente.

Requerimientos del usuario	
1	Económica.
2	Fácil uso.
3	Buena capacidad
4	Que sea seguro
5	Eficiente
6	Que no haga mucho ruido
7	Fácil transporte
8	Que no sea pesada
9	Vida útil

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.2. Requerimientos técnicos

3.3.2.1. Voz del ingeniero

Los requerimientos dados por parte del cliente son evaluados y analizados para ser transformados en términos técnicos y poder diseñar un extractor de frutas y verduras acorde a las solicitudes del cliente.

Tabla 3-2: Requerimientos técnicos

Requerimientos técnicos	
1	Materiales.
2	Encendido ON/OFF.
3	Buen volumen
4	Cumplimiento de normas
5	Buen torque
6	Ruido y vibraciones moderadas
7	Tamaño semiindustrial
8	Ergonomía

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.3. Correlaciones

En este punto se hace una relación entre los requerimientos del usuario con los requerimientos técnicos en el cual se compara y se mide la demanda con las especificaciones técnicas.

Para realizar este análisis se determina 4 niveles: fuerte, mediano, bajo y si en el caso de que no existe ninguna relación se deja un espacio en blanco como se ilustra en la figura.

Factor de incidencia	
Fuerte = 9	●
Medio = 3	○
Bajo = 1	▽

Ilustración 3-2: Factor de incidencia

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.4. Análisis de competitividad

En este punto se establece el grado de complacencia de la demanda que oferta cada una de las competencias, respectivamente de sus productos. Por lo tanto, se requiere analizar:

- La importancia de cumplir con la demanda
- El grado de acatamiento de la demanda de las competencias.
- El valor de acatamiento de la demanda que se espera obtener de nuestro producto.

Estos criterios se evaluados del 1 al 5.

Para adquirir el valor de ponderación se realiza el producto del índice de mejora, importancia y factor de venta. El factor de venta tiene los siguientes valores de incidencia.



Factor de incidencia	
Fuerte: 1,5	
Posible: 1,2	
Ningún: 1	

Ilustración 3-3: Incidencia del factor de venta

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.5. Evaluación técnica

Se evalúa la incidencia tomando en cuenta solo las características técnicas principales. Para obtener la importancia de cada especificación técnica se utiliza la siguiente fórmula.

$$Imp = \sum I_d * S_{dt}$$

Donde:

Imp: Importancia del criterio evaluado.

I_d: Incidencia de la característica técnica.

S_{dt}: Valor de ponderación.

Producto Propio	3	4	3	4	3	3	4		
Alternativa 1	4	4	2	2	3	2	3		
Alternativa 2	4	4	3	2	2	3	2		
Incidencia	164,93	42,4	149,03	108,9	122,8	141,2	79,233	808,5	
Incidencia en %	20,4	5,2443	18,433	13,469	15,189	17,464	9,8	100	

Ilustración 3-4: Evaluación técnica

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.6. Compromisos técnicos

En este apartado se determina la correlación de las especificaciones técnicas en la cual existen 4 niveles de incidencia como se observa en la figura.





Factor de incidencia	
Muy Positiva	
Positiva	
Negativa	
Muy Negativa	

Ilustración 3-5: Incidencia de los compromisos técnicos

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.7. Análisis de competencias

3.3.7.1. Competencia 1

Tabla 3-3: Datos de la competencia 1

Extractor de jugo 800 W 1L EI-CR Indurama	
	
Alimentador	Entrada extra grande
Recolector	Gran capacidad (2 litros)
Jarra de jugo	1 litro
Seguridad	Tapa protectora – mayor protección
Limpieza	Fácil limpieza
Material	Acero inoxidable
Características de cuchilla	Resistente, afilada y de acero inoxidable
Dimensiones	41 x 29 x 20 cm
Capacidad	1 litro
Potencia	800 W

Realizado por: García, Henry 2023.

3.3.7.2. Competencia 2

Tabla 3-4: Datos de la competencia 2

Extractor de jugo Indurama 2 velocidades CR EXT 001	
	
Accesorios removibles	

Alimentador	Entrada extra grande
Recolector	Recipiente de pulpa removible de 1 litro/34 onzas
Seguridad	Tapa protectora - mayor protección
Limpieza	Fácil limpieza
Material	Acero inoxidable
Características de cuchilla	Resistente, afilada y de acero inoxidable
Dimensiones	41 x 29 x 20 cm
Potencia	700 W

Realizado por: García, Henry 2023.

3.4. Casa de la calidad

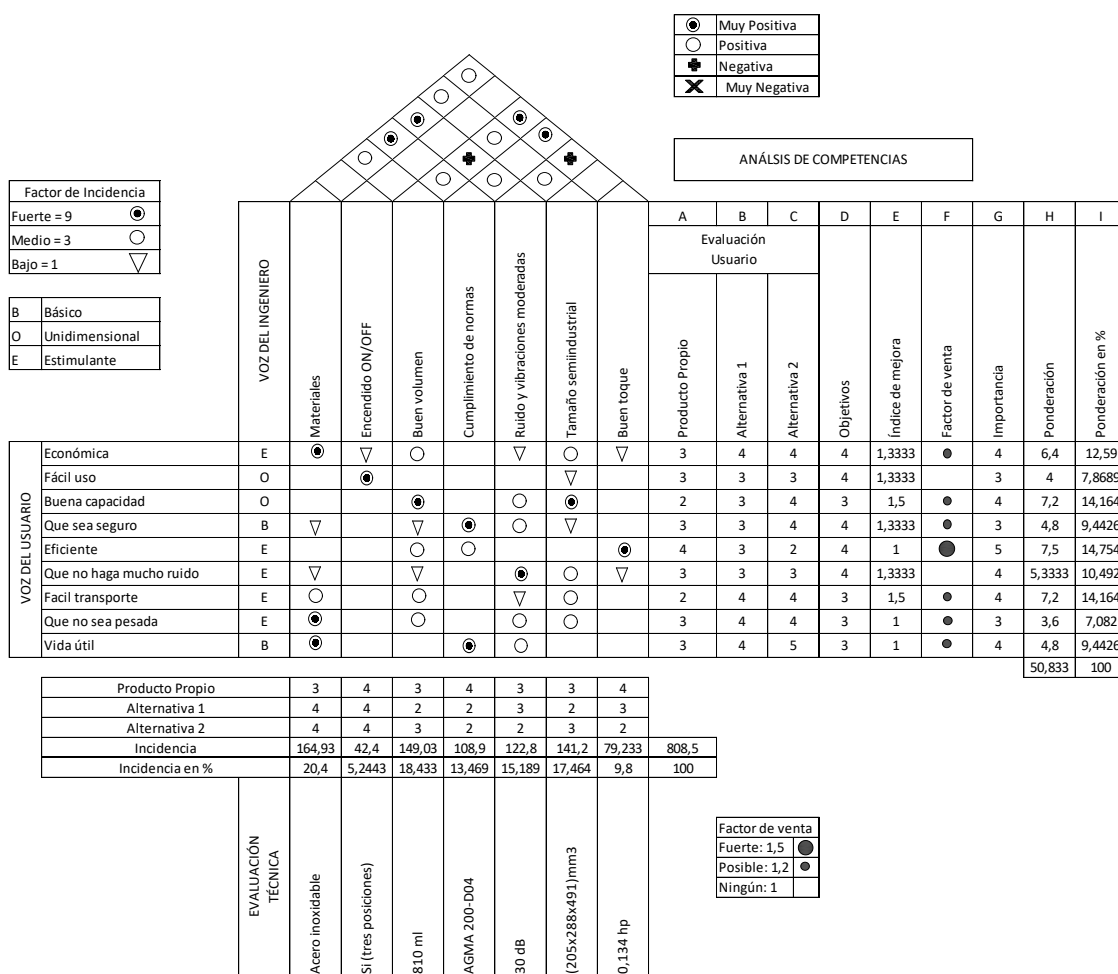


Ilustración 3-6: Casa de la calidad

Realizado por: García, Henry 2023.

3.5. Análisis funcional

En este análisis se describe el funcionamiento de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras empezando desde un nivel cero, de forma que los niveles funcionales serán detallados de acuerdo al funcionamiento de cada uno de sus componentes para que el diseño sea óptimo.

3.5.1. Nivel 0

En este nivel se describe el funcionamiento general de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras, es decir que parte con el ingreso de la materia prima y a la salida se obtiene zumo.

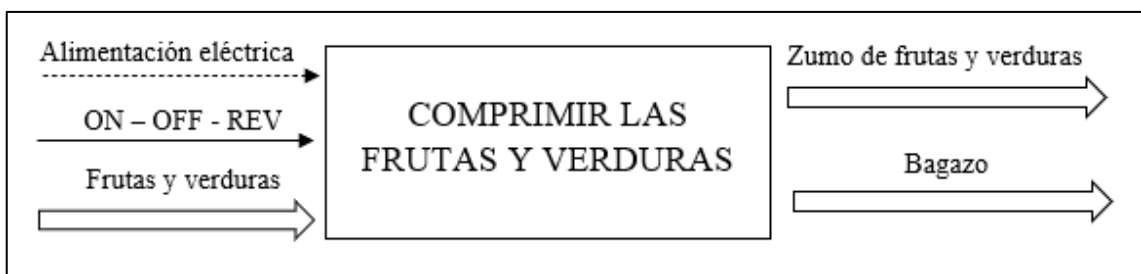


Ilustración 3-7: Nivel 0 de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras

Realizado por: García, Henry 2023.

3.5.2. Nivel 1

En este nivel se detalla los componentes que tienen nuestra máquina y el proceso que se realiza en cada etapa.

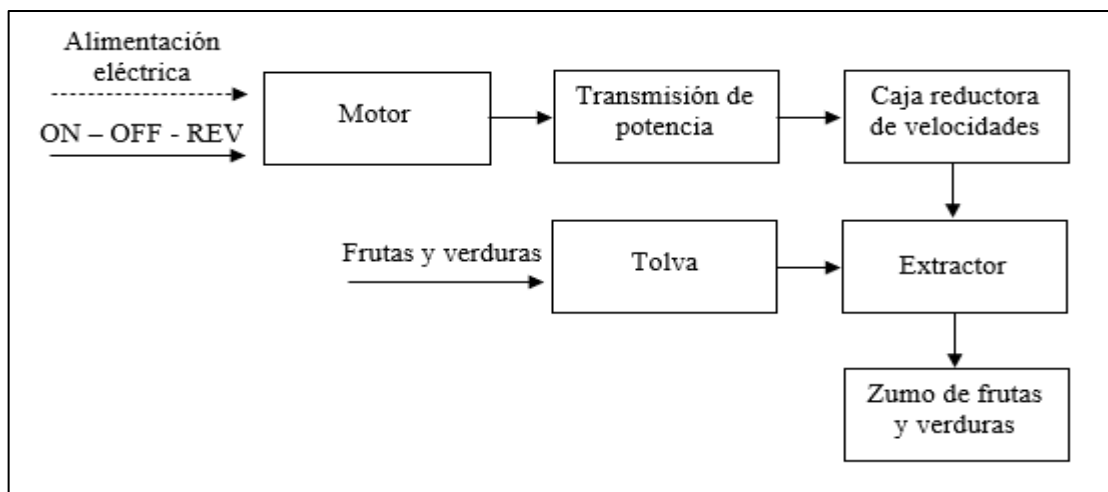


Ilustración 3-8: Nivel 1 de la máquina extractora de zumo de frutas y verduras.

Realizado por: García, Henry 2023.

3.6. Definición de módulos

Los módulos nos indican los procesos que se van a ejecutar en la máquina extractora de zumo de frutas y verduras, de tal manera que los agrupa y nos ayuda a realizar un análisis adecuado de cada uno de ellos.

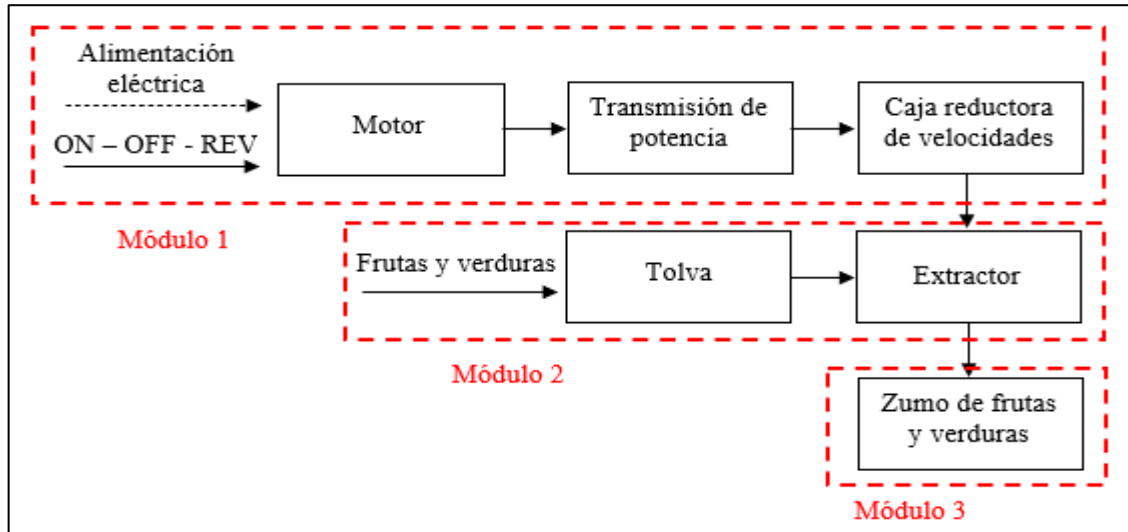


Ilustración 3-9: Definición de módulos de la extractora de zumo de frutas y verduras.

Realizado por: García, Henry 2023.

3.6.1. Módulo 1

- Alimentación eléctrica
- ON – OFF – REV
- Motor
- Transmisión de potencia
- Caja reductora de velocidades

3.6.2. Módulo 2










- Frutas y verduras
- Tolva
- Extractor









3.6.3. Módulo 3

- Extracción de zumo frutas y verduras

3.7. Matriz morfológica

Tabla 3-5: Matriz morfológica

Función	Componentes		
<p>Material de la carcasa</p>	 <p>Acero inoxidable</p>	 <p>Policarbonato</p>	
<p>Transmisión de potencia</p>	 <p>Motor</p>	 <p>Motorreductor</p>	
<p>Sistema de reducción de velocidades</p>	 <p>Engranajes</p>	 <p>Cadena</p>	 <p>Correas</p>
<p>Tipo de engranajes</p>	 <p>Engranajes Helicoidales</p>	 <p>Engranajes rectos</p>	 <p>Engranajes Cónicos</p>




<p>Sistema de trituración</p>	 <p>Disco rayador</p>	 <p>Exprimidor sin fin</p>	 <p>Doble eje</p>
<p>Tipo de filtro</p>	 <p>Filtro de plástico</p>	 <p>Filtro de acero</p>	
<p>Material de accesorios</p>	 <p>Policarbonato ABS</p>		
<p>Encendido y apagado</p>	 <p>Switch de un solo paso</p>	 <p>Interruptor de palanca (trifásico)</p>	

Realizado por: García, Henry 2023.

3.8. Generación de alternativas

Se genera cada una de las alternativas y se las analiza para poder obtener la alternativa más eficiente de acuerdo con las necesidades del cliente.

Tabla 3-6: Alternativas

ALTERNATIVA N. 1	
ALTERNATIVA N. 2	
ALTERNATIVA N. 3	

Realizado por: García, Henry 2023.

3.9. Análisis de alternativas

3.9.1. Alternativa N. 1

Este tipo de extractor de zumo tiene una carcasa de acero, mediante el uso de un motor transmite potencia a altas revoluciones, utilizando como sistema de obtención de zumo un disco rayador el cual utiliza un tipo de filtro de acero que ayudara a separar la pulpa del zumo y dependiendo del filtro es decir si es grueso o fino se obtendrá la calidad de zumo. Sus piezas como el empujador de alimentos, la jarra para el jugo, el tubo para alimentos y de más componentes usadas para la extractora serán de policarbonato y como es de fácil uso solo llevara un suich de palanca trifásico.

3.9.1.1. Ventajas

- El zumo se obtiene de una manera rápida.
- No es necesario cortar las frutas debido a que su boca es ancha.
- Es económica.
- Fácil mantenimiento.

3.9.1.2. Desventajas

- Debido a su método la cantidad de zumo extraída es menor con respecto al de trituración.
- Es ruidoso
- No es muy eficiente ya que no aprovecha de la mejor manera la extracción del zumo de la fruta o verdura.

3.9.2. Alternativa N. 2

Este tipo de extractor de zumo consta con una carcasa de acero, mediante el uso de un motor transmite potencia a una caja reductora de velocidades que consta con engranajes helicoidales, utilizara como sistema de trituración un eje sin fin el cual se encargara de comprimir las frutas y las verduras a bajas velocidades contra un filtro de acero. Sus piezas como el empujador de

alimentos, la jarra para el jugo, el tubo para alimentos y de más componentes usadas para la extractora serán de policarbonato y como es de fácil uso solo llevara un suich de palanca trifásico.

3.9.2.1. Ventajas

- Es silenciosa.
- Es eficiente al momento de la extracción del zumo ya que utiliza un método de trituración de un solo eje.
- Aprovecha de una manera eficaz la extracción del zumo de frutas y verduras es decir es más eficiente que la alternativa uno.

3.9.2.2. Desventajas

- Se necesita cortar la fruta o la verdura en porciones de ser necesario.
- Mayor tiempo de limpieza y reparación.
- Es costosa.
- Requiere más tiempo para la obtención de zumo.

3.9.3. Alternativa N. 3

Este tipo de extractor de zumo consta con una carcasa de acero, mediante el uso de una moto reductora que consta con engranajes helicoidales transmite potencia a los dos ejes, utilizara como sistema de trituración dos ejes sin fin el cual se encargara de comprimir las frutas y las verduras a bajas revoluciones. Sus piezas como el empujador de alimentos, la jarra para el jugo, el tubo para alimentos y de más componentes usadas para la extractora serán de policarbonato y como es de fácil uso solo llevara un suich de palanca trifásico.

3.9.3.1. Ventajas

- Es silenciosa.
- Es la más eficiente en la extracción de zumo de frutas y verduras debido a su método de trituración de doble eje.
- Aprovecha de la manera más eficiente la extracción del zumo de frutas y verduras.

3.9.3.2. Desventajas

- Es muy costosa.

- Es necesario cortar las frutas y verduras en pedazos pequeños.
- Requiere mucho más tiempo para la obtención de zumo, en comparación con la alternativa 1 y 2
- Se necesita mayor tiempo para realizar un mantenimiento.

3.10. Evaluación de alternativas

Para realizar la evaluación de alternativas consideremos los criterios más importantes los cuales serán evaluados ya que ayudara a obtener el diseño más eficiente. Se asignará el valor de 1 si el criterio de las filas superiora al de las columnas, 0,5 si el criterio de las filas iguala al de las columnas y con 0 si el criterio de las filas es inferior al de las columnas.

Criterio 1: Capacidad.

Criterio 2: Eficiencia.

Criterio 3: Mantenimiento.

Criterio 4: Costo.

Criterio 5: Operabilidad.

Capacidad: se debe a que su diseño debe superar a la competencia en producción por hora, por lo tanto, debe estar en una capacidad considerable para la comercialización.

Eficiencia: esto se debe a que debe aprovechar en la mejor manera la trituración de las frutas y verduras es decir que pueda extraer de la manera más eficiente el zumo y en un menor tiempo.

Mantenimiento: debe ser de bajo costo ya que al ser una extractora sus piezas deben ser fáciles de remplazar y en casos extremos si se llegara a romper una pieza esta debería poder ser fácil de mecanizar y ser remplazada.

Costo: ya que es un prototipo y para el diseño en serie este debe ser de un precio moderado y aceptable para que este puede ser adquirido por la mayor cantidad de la población.

Operabilidad: debe ser muy fácil de operar y seguro para el usuario ya que al utilizar un motor que funciona a grandes revoluciones y sistemas de extracción de zumo estos este debe tener su respectiva seguridad fácil operabilidad.

3.10.1. Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 3-7: Evaluación del peso específico de cada criterio

Eficiencia > Capacidad > Mantenimiento > Costo > Operabilidad

Criterio	Eficiencia	Capacidad	Mantenimiento	Costo	Operabilidad	$\Sigma + 1$	Ponderación
Eficiencia		1	1	1	1	5	0,333
Capacidad	0		1	1	1	4	0,267
Mantenimiento	0	0		1	1	3	0,200
Costo	0	0	0		1	2	0,133
Operabilidad	0	0	0	0		1	0,067
					Suma	15	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.2. Evaluación del peso específico del criterio eficiencia

Tabla 3-8: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia

Solución C = Solución B > Solución A

Eficiencia	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0	1	0,167
Solución B	1		0,5	2,5	0,417
Solución C	1	0,5		2,5	0,417
			Suma	6	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.3. Evaluación del peso específico del criterio capacidad

Tabla 3-9: Evaluación del peso específico del criterio capacidad.

Solución B > Solución A = Solución C

Capacidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0	0,5	1,5	0,250
Solución B	1		1	3	0,500
Solución C	0,5	0		1,5	0,250
			Suma	6	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.4. Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Tabla 3-10: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Solución A > Solución B > Solución C

Fácil Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		1	2	0,333
Solución C	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.5. Evaluación del peso específico del criterio costo**Tabla 3-11:** Evaluación del peso específico del criterio costo

Solución A > Solución B > Solución C

Bajo Costo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		1	2	0,333
Solución C	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.6. Evaluación del peso específico del criterio operabilidad**Tabla 3-12:** Evaluación del peso específico del criterio operabilidad

Solución A = Solución B = Solución C

Operabilidad	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A		0,5	0,5	2	0,333
Solución B	0,5		0,5	2	0,333
Solución C	0,5	0,5		2	0,333
			Suma	6	1

Realizado por: García, Henry 2023.

3.10.7. Resultados – conclusiones de las alternativas**Tabla 3-13:** Resultados – conclusiones.

Criterios	Eficiencia	Capacidad	Mantenimiento	Costo	Operabilidad	Σ	Prioridad
Solución A	0,056	0,067	0,100	0,067	0,022	0,311	2

Solución B	0,139	0,133	0,067	0,044	0,022	0,406	1
Solución C	0,139	0,067	0,033	0,022	0,022	0,283	3

Realizado por: García, Henry 2023.

3.11. Diseño de Tornillo de Hélice variable

3.11.1. Prediseño según Capacidad de 20 l/h

La capacidad de un transportador de tornillo de hélice variable se puede calcular de manera general con la siguiente expresión:

$$Q = \pi * d * p * n$$

Donde:

- Q es la capacidad en litros/hora
- π es la constante pi (3,14159...)
- d es el diámetro del tornillo en milímetros
- p es el paso de la hélice en milímetros
- n es la velocidad de rotación del tornillo en revoluciones/minuto

Para una capacidad de 20 litros/hora, n = 43 revoluciones/minuto.

Si tomamos el diámetro del tornillo de 85 mm como punto de partida, podemos calcular el paso de la hélice necesario para una capacidad de 20 litros/hora:

$$Q = \pi * d * p * n$$

$$20 = \pi * 85 * p * 43$$

$$p = 0.1741$$

El paso de la hélice debe ser de 174.1 milímetros para una capacidad de 20 litros/hora con un diámetro de tornillo de 85 milímetros. Sin embargo, este paso es demasiado pequeño para que el tornillo sea eficiente.

Para aumentar la eficiencia del tornillo, podemos aumentar el diámetro del tornillo. Esto proporcionará más espacio para que el material se mueva.

Si aumentamos el diámetro del tornillo a 100 milímetros, podemos reducir el paso de la hélice a 25 milímetros:

$$Q = \pi * d * p * n$$

$$20 = \pi * 100 * p * 2000$$

$$p = 0.0125$$

Este paso se comprobará con el diseño mecánico presentado a continuación.

3.11.2. Cálculo de la carga de elevación

La carga de elevación es la fuerza que el tornillo ejerce sobre el fluido. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_e = \rho * g * V_a * c$$

Donde:

- F_e es la carga de transportar
- ρ es la densidad del fluido
- g es la aceleración de la gravedad
- V_a es el volumen de fluido desplazado por cada hélice
- c es el coeficiente de elevación

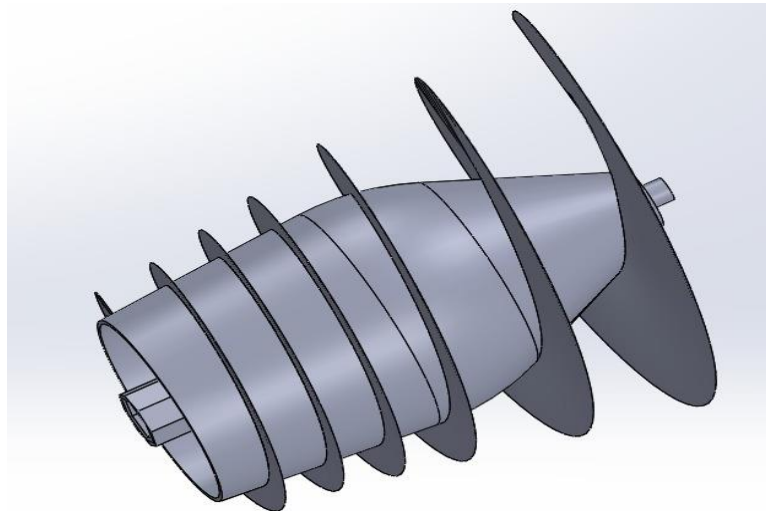


Ilustración 3-10: Tornillo con hélice variable

Realizado por: García, Henry 2023.

El coeficiente de elevación es un factor que tiene en cuenta la forma de la hélice y el ángulo de hélice. Se puede calcular mediante métodos numéricos o experimentales.

El coeficiente de elevación ideal para un tornillo de largo de tornillo 150 mm y diámetro de hélice de 100 mm, con una longitud total de 106 mm sería de 0,6 a 0,8. Este coeficiente de elevación proporcionaría una carga de elevación suficiente para mover la fruta con un ruido y una vibración mínimos

El Volumen de fluido desplazado por una hélice se calcula mediante la siguiente fórmula

$$V_a = \pi * d^2 * \frac{h}{4}$$

En este caso, el diámetro de la hélice es de 60 mm, que es igual a 0,06 m. La altura de la hélice se puede estimar en 1/2 del diámetro, o 0,03 m. En el caso de una hélice con diferentes diámetros, la carga de elevación se calcula para cada diámetro de hélice. La carga de elevación total es la suma de las cargas de elevación de cada hélice, por tanto, se tiene:

$$V_a = \pi * d^2 * \frac{h}{4}$$

$$V_a = \pi * (0.06)^2 * \frac{0.03}{4} = 0.001 \text{ m}^3$$

Este volumen es aproximado, ya que se ha asumido que la hélice es cilíndrica y que el fluido se desplaza en forma de cilindro. En realidad, la hélice tiene un perfil aerodinámico y el fluido se desplaza en forma de espiral.

Sin embargo, este cálculo es suficiente para obtener una estimación del volumen de fluido desplazado por cada hélice.

Se obtienen por tanto los siguientes resultados:

$$F_e = \rho * g * V_a * c$$

$$F_e = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.001 \text{ m}^3 * 0.6$$

$$F_e = 5.886 \text{ N}$$

3.11.3. Cálculo del paso

El paso es la distancia entre dos hélices adyacentes. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{D}{n}$$

Donde:

- P es el paso
- D es el diámetro del tornillo
- n es el número de hélices

En el caso de una hélice con diferentes diámetros, el paso debe ser seleccionado para que sea compatible con los diferentes diámetros de hélice, para esto se suma cada paso de hélice dividido

para la mitad del número de hélices. El paso debe ser seleccionado de una manera adecuada, para que no sea demasiado ruidosa o vibre.

Para el tornillo se tiene, por tanto:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

$$P = \frac{100}{18} + \frac{90}{18} + \frac{80}{18} + \frac{70}{18} + \frac{65}{18} + \frac{60}{18} = 25.83 \text{ mm}$$

Se selecciona por tanto una distancia entre hélices máximo de 25 mm.

Tabla 3-14: Distancias

Paso	Rev	H	Dia
25mm	1	0mm	100 mm
25mm	2	25mm	90mm
25mm	3	50mm	80mm
12.5mm	4	68.75mm	70mm
12.5mm	5	81.25mm	65mm
12.5mm	6	93.75mm	60mm

Realizado por: García, Henry 2023.

3.11.4. Cálculo del ángulo de hélice

El ángulo de hélice es el ángulo entre la hélice y el eje del tornillo. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = \arctan\left(\frac{d}{D}\right)$$

Donde:

- θ es el ángulo de hélice
- d es el diámetro de la hélice
- D es el diámetro del tornillo

En el caso de una hélice con diferentes diámetros, el ángulo de hélice debe ser seleccionado para que sea compatible con los diferentes diámetros de hélice. El ángulo de hélice debe ser lo suficientemente grande para que la hélice pueda generar la carga de elevación necesaria, pero no debe ser tan grande que la hélice sea demasiado ruidosa o vibre.

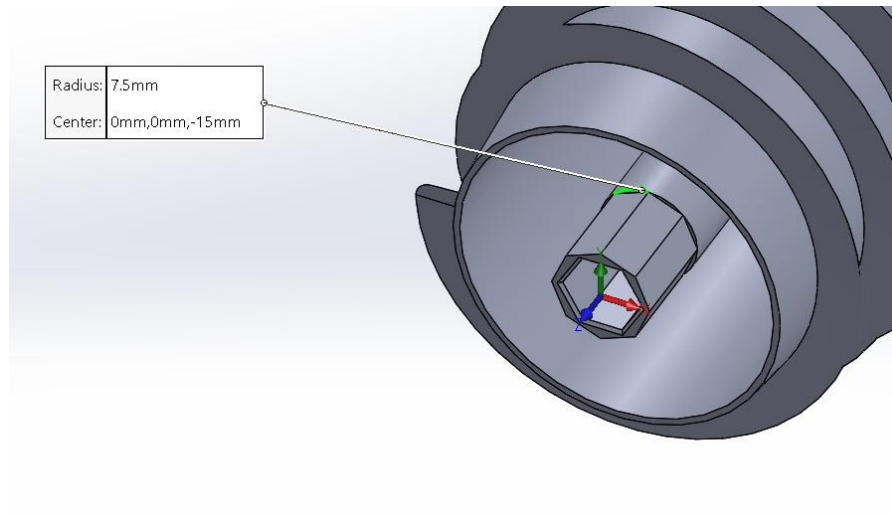


Ilustración 3-11: Tornillo con hélice radio variable

Realizado por: García, Henry 2023.

Se calculan por tanto varios ángulos para cada una de las hélices:

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{100}{15}\right) = 81.4692^\circ$$

$$\theta_2 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{90}{15}\right) = 80.53^\circ$$

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{80}{15}\right) = 79.38^\circ$$

$$\theta_4 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{70}{15}\right) = 77.9^\circ$$

$$\theta_5 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{65}{15}\right) = 77^\circ$$

$$\theta_6 = \arctan\left(\frac{d}{D}\right) = \arctan\left(\frac{60}{15}\right) = 75.96^\circ$$

3.11.5. Cálculo del perfil de la hélice

El perfil de la hélice es la forma de la hélice. Se puede calcular mediante métodos numéricos o experimentales.

En el caso de una hélice con diferentes diámetros, el perfil de la hélice debe ser seleccionado para que sea compatible con los diferentes diámetros de hélice.

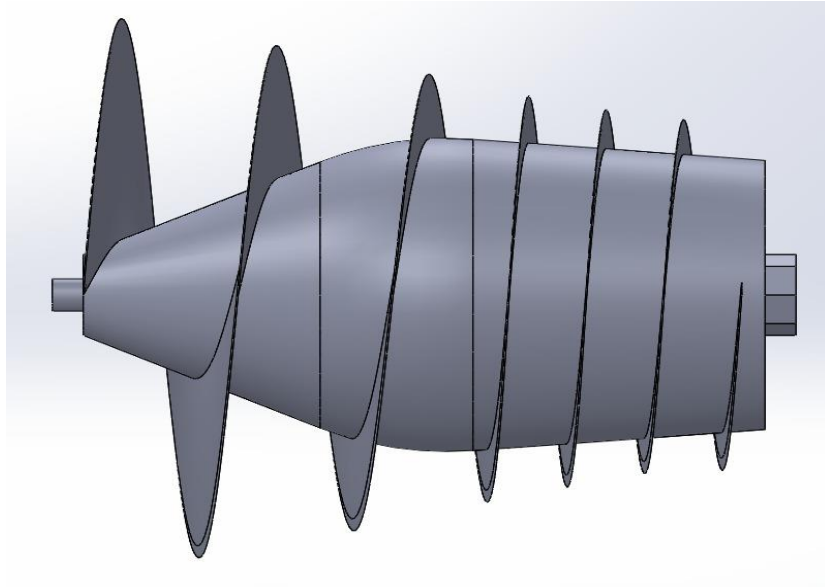


Ilustración 3-12: Tornillo con hélice variable perfil

Realizado por: García, Henry 2023.

3.11.6. Cálculo de la eficiencia

La eficiencia de la hélice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{F_e}{F_e + F_f}$$

Donde:

- η es la eficiencia
- F_e es la carga de elevación
- F_f es la carga de fricción

En el caso de una hélice con diferentes diámetros, la eficiencia se puede calcular para cada diámetro de hélice, sin embargo. La eficiencia mínima es la eficiencia que gobierna el diseño, por tanto.

$$\eta = \frac{F_e}{F_e + F_f} = \frac{5.86 \text{ N}}{5.86 \text{ N} + 2.4 \text{ N}} = \frac{5.86 \text{ N}}{8.26 \text{ N}} = 0.7094$$

Para hélices pequeñas se considera aceptable una eficiencia mayor al sesenta por ciento por lo cual el diseño queda aceptado.

3.11.7. Cálculo del ruido

El ruido de la hélice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_w = 10 \log\left(\frac{F_e}{A}\right) + 120$$

Donde:

- L_w es el nivel de ruido
- F_e es la carga de elevación
- A es el área de la superficie del tornillo

En el caso de una hélice con diferentes diámetros, el ruido se calcula para la hélice mayor.

Hallamos el área de superficie del tornillo, de la siguiente forma:

$$A = 2\pi r^2$$

$$A = 2 * 3,14 * 8.5^2 = 11349.003 \text{ mm}^2$$

Por tanto, el cálculo del ruido será de la siguiente manera:

$$L_w = 10 \log\left(\frac{5.86 \text{ N}}{A}\right) + 120$$

$$L_w = 10 \log\left(\frac{5.86 \text{ N}}{0.01134 \text{ m}^2}\right) + 120 = 105.3 \text{ dB}$$

Para turbinas pequeñas, se puede trabajar en el rango de 100 a 120 dB por lo cual es aceptable.



Ilustración 3-13: Tornillo con hélice variable perfil

Renderización del tornillo con hélice variable

Realizado por: García, Henry 2023.

3.12. Diseño de la caja reductora de velocidades

3.12.1. Cálculo del sistema de transmisión para 2 etapas

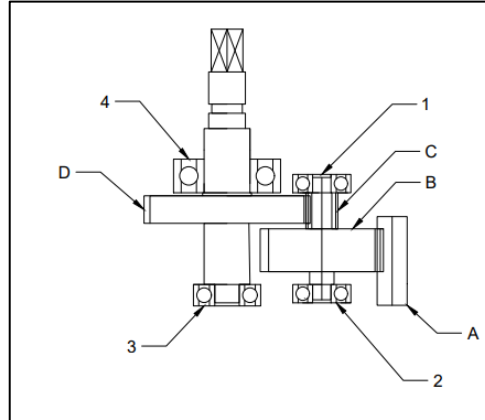


Ilustración 3-14: Sistema de transmisión

Realizado por: García, Henry 2023.

Etapa 1

$$i = 5,6$$

Etapa 2

$$i = 7$$

3.12.1.1. Etapa 1

La primera etapa se consideró una relación de transmisión

$$i = 5,6$$

$$n_e = 1650 \text{ rpm}$$

$$n_s = \frac{1650}{5,6} = 294.642 \text{ rpm}$$

Diseño del piñón

Se considera un prediseño según Lewis

El piñón para una primera aproximación de 12 dientes.

$$i = \frac{N_g}{N_p}$$

$$N_g = N_p \cdot i = 12 \cdot 5.6 = 68 \text{ dientes}$$

$$Pd = 24 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

El ángulo de hélice seleccionado es $\psi = 30^\circ$

- Paso transversal

$$Pt = Pd \cdot \cos(\psi)$$

$$Pt = 24 \cdot \cos(30) = 20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

- Diámetro de paso

$$dp = \frac{Np}{Pt}$$

$$dp = \frac{12 \text{ dientes}}{20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}}$$

$$dp = 0.577 \text{ in}$$

- Velocidad tangencial

$$vt = \frac{\pi \cdot dp \cdot n}{12}$$

Donde:

dp : Diámetro de paso (in)

n : Velocidad angular

vt : Velocidad tangencial (ft/min)

$$vt = \frac{\pi \cdot 0.577 \cdot 1650}{12} = 249.397 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

- Factor de velocidad

$$kv = \frac{1200 + v}{1200}$$

$$kv = \frac{1200 + 249.397}{1200} = 1.208$$

- Fuerza tangencial

$$wt = \frac{33000 \cdot P}{vt}$$

Donde:

P : Potencia del motor seleccionado 0.134 hp

wt : Fuerza tangencial (lbf)

$$P = 100 W = 0.134 \text{ hp}$$

$$wt = \frac{33000 \cdot 0.134 \text{ hp}}{249.397 \frac{\text{ft}}{\text{min}}} = 17.744 \text{ lbf}$$

Se requiere tomar el factor de Lewis de acuerdo con el número de dientes del piñón 12 dientes y la corona 68 dientes.

$$Y_p = 0.245$$

$$Y_g = 0.428$$

Tabla 3-15: Factor de Lewis

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

Fuente: (Budynas, 2012)

- Resistencia

El valor de la resistencia se calcula conociendo la dureza de material que se va a utilizar, a continuación, se muestra la ecuación 1-1.

$$St = 77.3 \cdot HB + 12800$$

Ecuación 1-3

Se evaluará el prediseño con la dureza del acero AISI 4140

$$St = 77.3 \cdot 370 + 12800$$

$$St = 41401 \text{ psi}$$

- Esfuerzo admisible

$$\sigma_{per} = \frac{St}{n}$$

Donde:

S_t : Resistencia

n : Factor de seguridad

$$\sigma_{per} = \frac{41401 \text{ psi}}{2}$$
$$\sigma_{per} = 20700.5 \text{ psi}$$

- Ancho de cara

El ancho de cara se calcula despejando la siguiente ecuación 2-1.

$$\sigma = \frac{K_v \cdot W_t \cdot P_d}{F \cdot Y} \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Donde:

σ : Esfuerzo

K_v : Factor de velocidad

W_t : Fuerza tangencial

P_d : Paso diametral

F : Ancho de cara

Y : Factor de Lewis

$$F = \frac{K_v \cdot W_t \cdot P_d}{\sigma \cdot Y}$$
$$F = \frac{1.208 \cdot 17.730 \cdot 24}{20700.5 \cdot 0.245} = 0.101 = 2.576 \text{ mm}$$

- Ancho de cara permisible

Se debe tener la siguiente consideración

$$3P_c \leq F \leq 5P_c$$

Donde:

P_c : Paso circular

$$P_c = \frac{\pi}{P_d}$$

$$Pc = \frac{\pi}{24} = 3.325$$

$$9.975 \leq 3.325 \leq 16.624$$

El ancho de cara que se encontró está por debajo de lo recomendable por lo cual se va a realizar los cálculos con un ancho de cara de 4 mm para la Verificación a flexión según el AGMA 2001-D04

3.12.2. Verificación a flexión según el AGMA 2001-D04

$$Np = 12 \text{ dientes}$$

$$Pd = 24 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$Pt = 20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$\psi = 30^\circ$$

$$\phi_n = 20^\circ$$

$$\phi_t = 22.804^\circ$$

$$dp = 0.577 \text{ in}$$

$$F = 0.157 \text{ in}$$

$$Y = 0.245$$

3.12.2.1. Esfuerzo a flexión

Según el AGMA 2001-D4 se calcula el esfuerzo a flexión como se muestra en la ecuación 3-1.

$$\sigma = W_t \cdot K_o \cdot K_v \cdot K_s \cdot \frac{P_t \cdot K_m \cdot K_b}{F \cdot J} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Donde:

W_t : Fuerza tangencial (lbf)

K_o : Factor de sobre carga

K_v : Factor dinámico

K_s : Factor de tamaño

K_m : Factor de carga

K_b : Factor de espesor del aro

F : Ancho de cara (in)

J : Factor de geometría

P_t : Paso diametral transversal

- Factor de sobre carga K_o

El extractor de jugo se considera con carga uniforme al necesitar un choque ligero para la extracción, al ser frutas que no necesitan de una carga mucho mayor.

Tabla 3-16: Factor de sobrecarga

Fuente de potencia	Características de carga de la máquina impulsada		
	uniforme	choque moderado	choque pesado
Uniforme	1.15	1.25	al menos 1.75
Choque ligero	1.25	1.50	al menos 2.00
Choque moderado	1.50	1.75	al menos 2.50

Fuente: (Mott, 2015)

$$K_o = 1.25$$

- Factor dinámico K_v

El factor dinámico está influenciado por la velocidad, como se muestra en la ecuación 4-1.

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{V}}{A} \right)^B \quad \text{Ecuación 4-3}$$

Se considera un $K_v = 6$ representando el número de calidad

$$A = 50 + 56 \cdot (1 - B)$$

$$B = 0.25 \cdot (12 - K_v)^{\frac{2}{3}}$$

$$B = 0.25 \cdot (12 - 6)^{\frac{2}{3}} = 0.8254$$

$$A = 50 + 56 \cdot (1 - 0.8254) = 59.7730$$

$$K_v = \left(\frac{59.773 + \sqrt{249.397}}{59.773} \right)^{0.8254} = 1.214$$

- Factor de tamaño K_s

Los parámetros necesarios para calcular el factor de tamaño son ancho de cara y el factor de Lewis.

$$K_s = 1.192 \cdot \left(\frac{F \cdot \sqrt{Y}}{P_d} \right)^{0.0535}$$

$$K_s = 1.192 \cdot \left(\frac{0.157 \cdot \sqrt{0.245}}{24} \right)^{0.0535}$$

$$K_s = 0.877$$

- Factor de carga K_m

El factor de carga se calcula con la siguiente ecuación 5-1.

$$K_m = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e) \quad \text{Ecuación 5-3}$$

El factor C_{mc} se considera dos valores según (citar budynas)

$$C_{mc} = \begin{cases} 1 & \text{para dientes sin coronar} \\ 0.8 & \text{para dientes coronados} \end{cases}$$

$$C_{mc} = 1$$

Factor C_{pf} :

$$C_{pf} = \begin{cases} \frac{F}{10 \cdot d} - 0.025 & F \leq 1 \text{ pulg} \\ \frac{F}{10 \cdot d} - 0.0375 + 0.0125 \cdot F & 1 \leq F \leq 17 \text{ pulg} \\ \frac{F}{10 \cdot d} - 0.1109 + 0.0207 \cdot F - 0.000228 \cdot F^2 & 17 \leq F \leq 40 \text{ pulg} \end{cases}$$

$$\text{Nota: } \frac{F}{10 \cdot d} < 0.05 \text{ se usa } \frac{F}{10 \cdot d} = 0.05$$

$$\frac{F}{10 \cdot d} = \frac{0.157}{10 \cdot 0.577} = 0.027$$

$$C_{pf} = 0.05 - 0.025 = 0.025$$

Factor C_{pm} :

$$C_{pm} = \begin{cases} 1 & \text{para piñon montado separado con } S_1/S < 0.175 \\ 1.1 & \text{para piñon montado separado con } S_1/S \geq 0.175 \end{cases}$$

$$C_{pm} = 1$$

Factor C_{ma} :

Este factor se calcula en base a los valores de la tabla 1-3.

Tabla 3-17: Factor de condición para engranes

Condición	A	B	C
Engranajes abiertos	0.247	0.0167	$-0.765(10^{-4})$
Unidades comerciales, cerradas	0.127	0.0158	$-0.930(10^{-4})$
Unidades de precisión, cerradas	0.0675	0.0128	$-0.926(10^{-4})$
Unidades de precisión extrema, cerradas	0.00360	0.0102	$-0.822(10^{-4})$

Fuente: (Budynas, 2012)

$$C_{ma} = A + B \cdot F + C \cdot F^2$$

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158 \cdot 0.157 + (-0.930 \times 10^{-4}) \cdot 0.157^2$$

$$C_{ma} = 0.129$$

Factor C_e

$$C_e = \begin{cases} 0.8 & \text{para engranajes ajustados durante el ensamble, lapeado o ambos} \\ 1 & \text{para todas las otras condiciones} \end{cases}$$

$$C_e = 1$$

$$K_m = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e)$$

$$K_m = 1 + 1 \cdot (0.025 \cdot 1 + 0.129 \cdot 1) = 1.154$$

- Factor de espesor de aro K_b

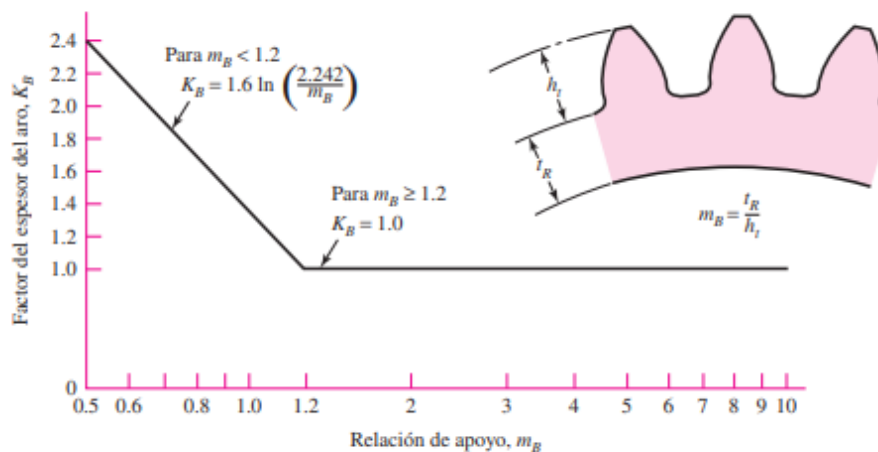


Ilustración 3-15: Factor de espesor de aro

Fuente: (Budynas, 2012)

$$K_b = 1$$

- Factor geométrico J

El factor geométrico J se calcula considerando la figura 1-2 para el factor de multiplicación la figura 1-3, el factor geométrico se interseca el valor del ángulo de hélice y el número de dientes del piñón y el factor de multiplicación se interseca el ángulo de hélice y el número de dientes de la corona.

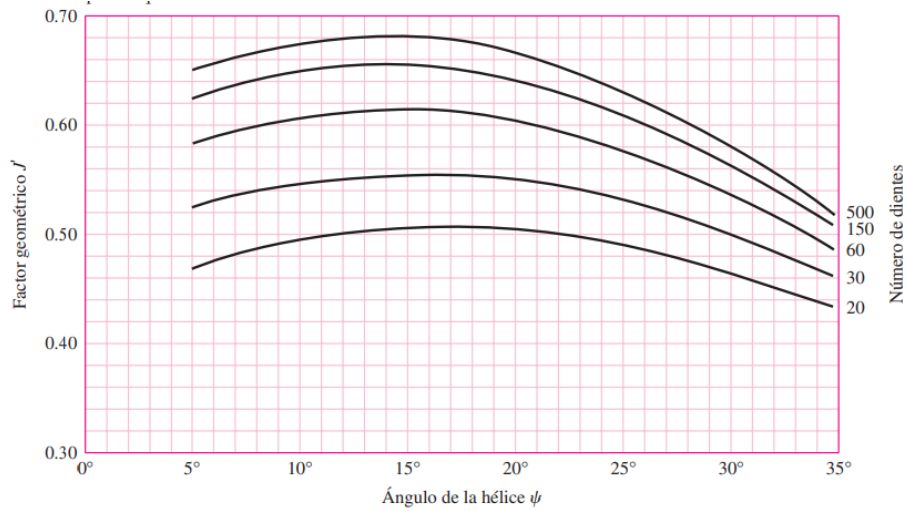


Ilustración 3-16: Factor geométrico J'

Fuente: (Budynas, 2012)

$$J' = 0.42$$

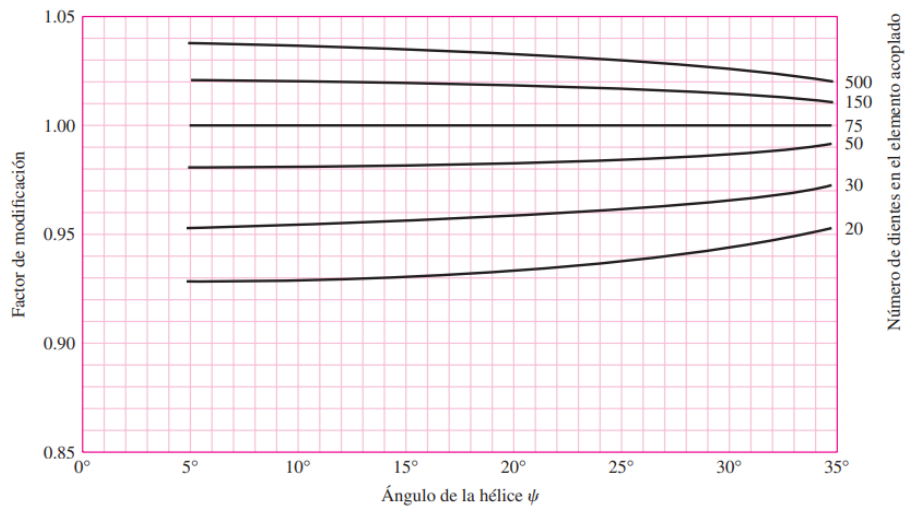


Ilustración 3-17: Factor de multiplicación de fm

Fuente: (Budynas, 2012)

$$fm = 0.965$$

$$J = J' \cdot fm = 0.42 \cdot 0.965 = 0.405$$

Realizados los cálculos se reemplaza los valores en la ecuación del esfuerzo de flexión como lo indica el AGMA 2001-D04.

$$W_t = 17.744 \text{ lbf}$$

$$K_o = 1.25$$

$$K_v = 1.214$$

$$K_s = 0.877$$

$$K_m = 1.154$$

$$K_b = 1$$

$$P_t = 20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$f = 0.157 \text{ in}$$

$$J = 0.405$$

$$\sigma = 17.774 \text{ lbf} \cdot 1.25 \cdot 1.214 \cdot 0.877 \cdot \frac{20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}} \cdot 1.154 \cdot 1}{0.157 \text{ in} \cdot 0.405} = 8876.065 \text{ psi}$$

Factor de seguridad

Para calcular el factor de seguridad se obtiene a partir de la ecuación 6-1.

$$S_F = \frac{S_t \cdot Y_N}{\sigma \cdot K_T \cdot K_R} \quad \text{Ecuación 6-3}$$

Donde:

σ : Esfuerzo de flexión [psi]

S_t : Esfuerzo admisible a la flexión

Y_N : Factor de ciclos de esfuerzo a la flexión

K_T : Factor de temperatura

K_R : Factor de confiabilidad

S_F : Factor de seguridad a la flexión

Cálculo del factor de ciclos aplicación la siguiente ecuación 7-1.

$$N_c = 60 \cdot L \cdot n \cdot q \quad \text{Ecuación 7-3}$$

Donde:

N_c : Número de ciclos de carga esperada

L : Vida de diseño en horas

n : Velocidad de giro del engrane

q : Número de aplicaciones de carga por revolución

$$N_c = 60 \cdot 1000 \text{ horas} \cdot 1650 \text{ rpm} \cdot 1 = 9.9 \times 10^7$$

Respecto al valor encontrado del número de ciclos de carga, se requiere intersecar las curvas con los valores del factor de ciclos de esfuerzo Y_N como se muestra en la figura 1-4.

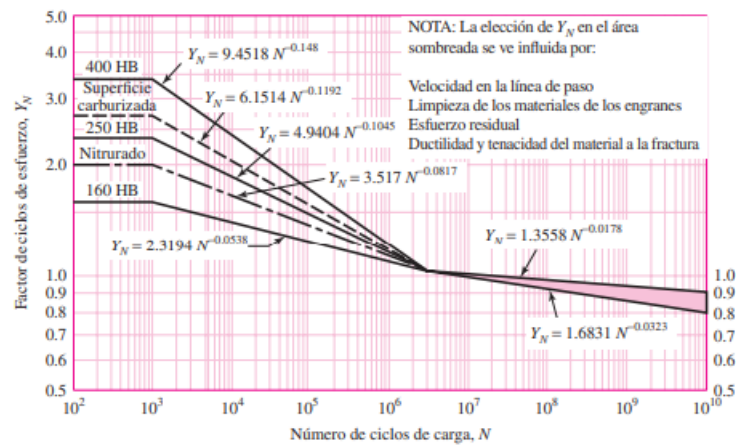


Ilustración 3-18: Factor de ciclos de esfuerzo

Fuente: (Budynas, 2012)

Se utilizará la curva $Y_N = 1.6831 N^{-0.0178}$.

$$Y_N = 1.6831 \cdot (9.9 \times 10^7)^{-0.0323} = 0.929$$

- Factor de temperatura K_T

$$K_T = 1$$

- Factor de confiabilidad

Se aconseja un factor de confiabilidad del 90 %

$$K_R = 0.85$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación 6-1 para obtener el factor de seguridad que permita asegurar que el piñón no falle por flexión.

Valores calculados son los siguientes

$$\sigma = 8876.065 \text{ psi}$$

$$S_t = 41401 \text{ psi}$$

$$Y_N = 0.929$$

$$K_T = 1$$

$$K_R = 0.85$$

$$S_F = \frac{41401 \text{ psi} \cdot 0.929}{8876.065 \text{ psi} \cdot 1 \cdot 0.85} = 5.096$$

Verificación desgaste superficial

Según el AGMA 2001-D4 para la verificación a desgaste superficial se calcula con la siguiente ecuación 8-1.

$$\sigma_c = C_p \cdot \left(W_t \cdot K_o \cdot K_v \cdot K_s \cdot \frac{K_m}{d_p \cdot F} \cdot \frac{C_f}{I} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 8-3}$$

Donde:

Los valores antes calculados de W_t , d_p , F y los factores K_o , K_v , K_m , K_s se los calculo en la verificación por flexión

C_p : Coeficiente elástico

I : Factor geométrico para desgaste superficial

C_f : Factor de condición superficial

- Factor geométrico, I .

$$Z = \left[(r_p + a)^2 - r_{bp}^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \left[(r_G + a)^2 - r_{bG}^2 \right]^{\frac{1}{2}} - (r_p + r_G) \cdot \text{sen}(\phi_t)$$

r_p, r_G : Son los radios de paso

r_{bp}, r_{bG} : Son los radios del círculo base

ϕ_t : Ángulo de presión transversal

$$r_p = \frac{d_p}{2} = \frac{0.577}{2} = 0.289 \text{ in}$$

$$r_G = \frac{d_{pG}}{2} = \frac{1.443}{2} = 0.722 \text{ in}$$

$$r_{bp} = r_p \cdot \cos(\phi_t) = 0.289 \cdot \cos(22.804^\circ) = 0.266 \text{ in}$$

$$r_{bG} = r_G \cdot \cos(\phi_t) = 0.722 \cdot \cos(22.804^\circ) = 0.665 \text{ in}$$

$$a = \frac{1}{P_d} = \frac{1}{24} = 0.042$$

$$\left[(r_p + a)^2 - r_{bp}^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(0.289 + 0.042)^2 - 0.266^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.197$$

$$\left[(r_G + a)^2 - r_{bG}^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(0.722 + 0.042)^2 - 0.665^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.376$$

$$(r_p + r_G) \cdot \text{sen}(\phi_t) = (0.289 + 0.722) \cdot \text{sen}(22.804^\circ) = 0.392$$

$$Z = 0.197 + 0.376 - 0.396 = 0.181$$

Cálculo del factor I

$$I = \frac{\cos(\phi_t) \cdot \text{sen}(\phi_t)}{2 \cdot m_N} \cdot \frac{m_g}{m_g + 1} \quad \text{Ecuación 9-3}$$

Para el cálculo del factor I se requiere calcular los siguientes coeficientes para aplicar la ecuación 9-1.

$$P_N = \frac{\pi}{P_d} \cdot \cos(\phi_n) = \frac{\pi}{24} \cdot \cos(20^\circ) = 0.123$$

$$m_N = \frac{P_N}{0.95 \cdot Z} = \frac{0.123}{0.95 \cdot 0.181} = 0.174$$

$$I = \frac{\cos(22.804^\circ) \cdot \text{sen}(22.804^\circ)}{2 \cdot 0.174} \cdot \frac{2.5}{2.5 + 1} = 0.179$$

- Factor de condición superficial

$$C_f = 1$$

- Factor, C_p

$$C_p = 2300$$

Se reemplazan los valores calculados en la ecuación 8-1 para verificación desgaste superficial

$$\sigma_F = C_p \cdot \left(W_t \cdot K_o \cdot K_v \cdot K_s \cdot \frac{K_m}{d_p \cdot F} \cdot \frac{C_f}{I} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$C_p = 2300$$

$$w_t = 17.744 \text{ lbf}$$

$$K_o = 1.25$$

$$K_v = 1.214$$

$$K_s = 0.877$$

$$K_m = 1.156$$

$$d_p = 0.577 \text{ in}$$

$$f = 0.157 \text{ in}$$

$$C_f = 1$$

$$I = 0.179$$

$$\sigma_c = 2300 \cdot \left(17.744 \text{ lbf} \cdot 1.25 \cdot 1.214 \cdot 0.877 \cdot \frac{1.154}{0.577 \cdot 0.157} \cdot \frac{1}{0.179} \right)^{\frac{1}{2}} = 94389.39$$

Factor de seguridad

El cálculo del factor de seguridad se aplica la siguiente ecuación 10-1.

$$S_H = \frac{S_C \cdot Z_N \cdot C_N}{K_T \cdot K_R \cdot \sigma_c} \quad \text{Ecuación 10-3}$$

Donde:

σ_c : Esfuerzo de contacto [psi]

S_C : Esfuerzo admisible al desgaste

Z_N : Factor de ciclos de esfuerzo al desgaste

K_T : Factor de temperatura

K_R : Factor de confiabilidad

S_F : Factor de seguridad al desgaste

- Factor S_C

Utilizando el acero AISI 4140 con una dureza de 370 HB.

$$S_C = 322 \cdot HB + 29100$$

$$S_C = 148240 \text{ psi}$$

Factor de ciclos de esfuerzo a desgaste Z_N

Respecto al valor encontrado del número de ciclos de carga, se requiere intersecar las curvas con los valores del factor de ciclos de esfuerzo Y_N como se muestra en la figura 1-5.

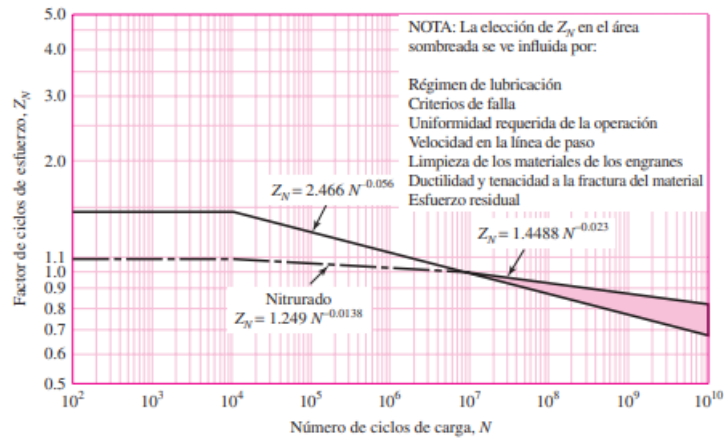


Ilustración 3-19: Factor de ciclos de esfuerzo

Fuente: (Budynas, 2012)

Se utilizará la curva $Y_N = 1.4488 N^{-0.023}$.

$$Y_N = 1.4488 \cdot (9.9 \times 10^7)^{-0.023} = 0.949$$

- Factor de temperatura K_T

$$K_T = 1$$

- Factor de confiabilidad

Se aconseja un factor de confiabilidad del 90 %

$$K_R = 0.85$$

- Factor de relación de dureza C_N

$$C_N = 1 + A' \cdot (m_g - 1)$$

$$\frac{HB_p}{HB_G} < 1.2 \quad A' = 0$$

$$HB_p = 370, HB_G = 370$$

$$C_H = 1$$

Valores calculados son los siguientes

$$\sigma_c = 94389.39$$

$$S_c = 148240 \text{ psi}$$

$$Z_N = 0.949$$

$$K_T = 1$$

$$K_R = 0.85$$

$$C_H = 1$$

$$S_H = \frac{148240 \text{ psi} \cdot 0.949 \cdot 1}{94389.39 \cdot 1 \cdot 0.85} = 1.753$$

$$S_H^2 = 1.753^2 = 3.072$$

3.12.2.2. Diseño de corona

Se considera un prediseño según Lewis para realizar la verificación a flexión según AGMA 2001-D04.

Verificación a flexión según AGMA 2001-D04.

$$N_g = 68 \text{ dientes}$$

$$Pd = 24 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$Pt = 20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$\psi = 30^\circ$$

$$\phi_n = 20^\circ$$

$$\phi_t = 22.804^\circ$$

$$dp = 1.443 \text{ in}$$

$$F = 0.157 \text{ in}$$

$$Y = 0.359$$

3.12.2.3. Esfuerzo a flexión

Según el AGMA 2001-D4 se calcula el esfuerzo a flexión como se muestra en la ecuación 3-1, se requiere calcular los diferentes factores.

- Factor de sobre carga K_o

El factor de sobre carga se selecciona de la tabla 1-2 considerando una potencia uniforme y choque ligero.

$$K_o = 1.25$$

- Factor dinámico K_v

El factor dinámico está influenciado por la velocidad tangencial al ser la misma que la del piñón se obtiene el mismo resultado

$$K_v = 1.214$$

- Factor de tamaño K_s

Los parámetros necesarios para calcular el factor de tamaño son anchos de cara y el factor de Lewis.

$$K_s = 1.192 \cdot \left(\frac{F \cdot \sqrt{Y}}{P_d} \right)^{0.0535}$$
$$K_s = 1.192 \cdot \left(\frac{0.157 \cdot \sqrt{0.359}}{24} \right)^{0.0535}$$
$$K_s = 0.886$$

- Factor de carga K_m

El factor de carga se calcula con la siguiente ecuación 5-1.

$$K_m = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e)$$

El factor C_{mc} se considera dos valores según (citar budynas)

$$C_{mc} = \begin{cases} 1 & \text{para dientes sin coronar} \\ 0.8 & \text{para dientes coronados} \end{cases}$$

$$C_{mc} = 1$$

Factor C_{pf} :

$$C_{pf} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{F}{10 \cdot d} - 0.025 & F \leq 1 \text{ pulg} \\ \frac{F}{10 \cdot d} - 0.0375 + 0.0125 \cdot F & 1 \leq F \leq 17 \text{ pulg} \\ \frac{F}{10 \cdot d} - 0.1109 + 0.0207 \cdot F - 0.000228 \cdot F^2 & 17 \leq F \leq 40 \text{ pulg} \end{array} \right\}$$

$$\text{Nota: } \frac{F}{10 \cdot d} < 0.05 \text{ se usa } \frac{F}{10 \cdot d} = 0.05$$

$$\frac{F}{10 \cdot d} = \frac{0.157}{10 \cdot 1.443} = 0.011$$

$$C_{pf} = 0.05 - 0.025 = 0.025$$

Factor C_{pm} :

$$C_{pm} = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ para piñon montado separado con } S_1/S < 0.175 \\ 1.1 \text{ para piñon montado separado con } S_1/S \geq 0.175 \end{array} \right\}$$

$$C_{pm} = 1$$

Factor C_{ma} :

Este factor se calcula en base a los valores de la tabla 1-3.

$$C_{ma} = A + B \cdot F + C \cdot F^2$$

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158 \cdot 0.157 + (-0.930 \times 10^{-4}) \cdot 0.157^2$$

$$C_{ma} = 0.129$$

Factor C_e

$$C_e = \left\{ \begin{array}{l} 0.8 \text{ para engranajes ajustados durante el ensamble, lapeado o ambos} \\ 1 \text{ para todas las otras condiciones} \end{array} \right\}$$

$$C_e = 1$$

$$K_m = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e)$$

$$K_m = 1 + 1 \cdot (0.025 \cdot 1 + 0.129 \cdot 1) = 1.154$$

- Factor de espesor de aro K_b

$$K_b = 1$$

- Factor geométrico J

El factor geométrico J se calcula considerando la figura 1-2 para el factor de multiplicación la figura 1-3 el factor geométrico se interseca el valor del ángulo de hélice y el número de dientes de la corona y el factor de multiplicación se interseca el ángulo de hélice y el número de dientes del piñón.

$$J' = 0.5$$

$$fm = 0.94$$

$$J = J' \cdot fm = 0.45 \cdot 0.94 = 0.47$$

Realizados los cálculos se reemplaza los valores en la ecuación del esfuerzo de flexión como lo indica el AGMA 2001-D04.

$$W_t = 17.744 \text{ lbf}$$

$$K_o = 1.25$$

$$K_v = 1.214$$

$$K_s = 0.886$$

$$K_m = 1.154$$

$$K_b = 1$$

$$P_t = 20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}}$$

$$f = 0.157 \text{ in}$$

$$J = 0.47$$

$$\sigma = 17.774 \text{ lbf} \cdot 1.25 \cdot 1.214 \cdot 0.886 \cdot \frac{20.785 \frac{\text{dientes}}{\text{in}} \cdot 1.154 \cdot 1}{0.157 \text{ in} \cdot 0.47} = 7732.818 \text{ psi}$$

Factor de seguridad

Para calcular el factor de seguridad se obtiene a partir de la ecuación 6-1.

Cálculo del factor de ciclos según la ampliación, respecto la ecuación 7-1.

$$N_c = 60 \cdot L \cdot n \cdot q$$

Donde:

$$n = 660 \text{ rpm}$$

$$N_c = 60 \cdot 1000 \text{ horas} \cdot 660 \text{ rpm} \cdot 1 = 3.96 \times 10^7$$

Respecto al valor encontrado del número de ciclos de carga, se requiere intersecar las curvas con los valores del factor de ciclos de esfuerzo Y_N como se muestra en la figura 1-4.

Se utilizará la curva $Y_N = 1.6831 N^{-0.0323}$.

$$Y_N = 1.6831 \cdot (3.96 \times 10^7)^{-0.0323} = 0.957$$

- Factor de temperatura K_T

$$K_T = 1$$

- Factor de confiabilidad

Se aconseja un factor de confiabilidad del 90 %

$$K_R = 0.85$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación 6-1 para obtener el factor de seguridad que permita asegurar que la corona no falle por flexión.

Valores calculados son los siguientes

$$\sigma = 7732.818 \text{ psi}$$

$$S_t = 41401 \text{ psi}$$

$$Y_N = 0.957$$

$$K_T = 1$$

$$K_R = 0.85$$

$$S_F = \frac{41401 \text{ psi} \cdot 0.929}{7732.818 \text{ psi} \cdot 1 \cdot 0.85} = 6.025$$

3.12.2.4. Verificación desgaste superficial

Según el AGMA 2001-D4 para la verificación a desgaste superficial se calcula con la siguiente ecuación 8-1.

Donde:

Los valores antes calculados de W_t , F y los factores K_o , K_v , K_m , K_s , C_p , I , C_f se los calculo en la verificación por flexión y desgaste del piñón, a diferencia del d_{pg} que varia al ser el diámetro de paso del engrane.

Se reemplazan los valores calculados en la ecuación para verificación desgaste superficial

$$C_p = 2300$$

$$w_t = 17.744 \text{ lbf}$$

$$K_o = 1.25$$

$$K_v = 1.214$$

$$K_s = 0.886$$

$$K_m = 1.154$$

$$d_p = 0.577 \text{ in}$$

$$f = 0.157 \text{ in}$$

$$C_f = 1$$

$$I = 0.179$$

$$\sigma_c = 2300 \cdot \left(17.744 \text{ lbf} \cdot 1.25 \cdot 1.214 \cdot 0.886 \cdot \frac{1.154}{1.443 \cdot 0.157} \cdot \frac{1}{0.179} \right)^{\frac{1}{2}} = 59992.535 \text{ psi}$$

3.12.2.5. Factor de seguridad

El cálculo del factor de seguridad se aplica la siguiente ecuación 10-1.

$$S_H = \frac{S_C \cdot Z_N \cdot C_N}{K_T \cdot K_R \cdot \sigma_C}$$

Donde:

Los factores C_H , K_R , K_T y el esfuerzo a desgaste ya se calcularon previamente para el factor seguridad del piñón y el esfuerzo a desgaste de la corona.

Factor de ciclos de esfuerzo a desgaste Z_N

Respecto al valor encontrado del número de ciclos de carga, se requiere intersecar las curvas con los valores del factor de ciclos de esfuerzo Y_N como se muestra en la figura 1-5.

Se utilizará la curva $Z_N = 1.4488 N^{-0.023}$.

$$Z_N = 1.4488 \cdot (3.96 \times 10^7)^{-0.023} = 0.969$$

Valores calculados son los siguientes

$$\sigma_c = 59992.535$$

$$S_c = 148240 \text{ psi}$$

$$Z_N = 0.969$$

$$K_T = 1$$

$$K_R = 0.85$$

$$C_H = 1$$

$$S_H = \frac{148240 \cdot 0.969 \cdot 1}{59992.535 \text{ psi} \cdot 1 \cdot 0.85} = 2.817$$

$$S_H^2 = 2.817^2 = 7.933$$

3.12.2.6. Resumen de los valores de las 2 etapas para el diseño del piñón y corona.

Tabla 3-18: Resumen del diseño de los engranes en la Etapa 1

ETAPA 1		
	Piñón	Corona
HB	370	370
Pd (dientes/in)	24	24
F (in)	0.157	0.157
#Dientes	12	68
Diámetro de paso – dp (in)	0.577	1.443
Modulo	1	1
Diseño a fatiga por flexión		
$\sigma(\text{psi})$	8876.065	7732.818
S_F	5.096	6.025
Diseño a desgaste superficial		
$\sigma(\text{psi})$	94389.39	59992.535
S_H	1.753	2.817
S_H^2	3.072	7.933

Realizado por: García, Henry 2023.

Tabla 3-19: Resumen del diseño de los engranes en la Etapa 2

ETAPA 2		
	Piñón	Corona
HB	370	370
Pd (dientes/in)	20	20
F (in)	0.236	0.236
#Dientes	12	84
Diámetro de paso – dp (in)	0.693	3.118
Modulo	1.25	1.25
Diseño a fatiga por flexión		
σ (psi)	9794.53	8449.508
S_F	4.757	5.788
Diseño a desgaste superficial		
σ (psi)	90337.767	42888.928
S_H	1.87	4.078
S_H^2	3.498	16.633

Realizado por: García, Henry 2023.

3.12.3. Diseño de ejes

El eje 1 este compuesto por dos rodamientos, un piñón y una corona donde analizaremos lo siguiente:

Criterio por resistencia

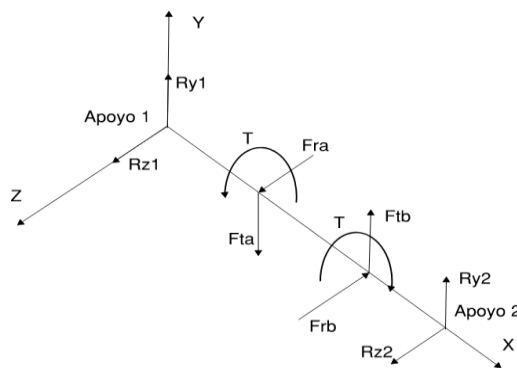


Ilustración 3-20: Representación de reacciones y cargas en el eje 1

Realizado por: García, Henry 2023.

Engrane Helicoidal (Corona) de la primera etapa

$$W_{ta} = 17.744 \text{ lbf}$$

$$d_{pa} = 1.443 \text{ in}$$

$$T = W_{ta} \cdot \frac{d_{pa}}{2} = 12.802 \text{ in} \cdot \text{ lbf}$$

$$W_{ra} = W_{ta} \cdot \frac{\tan(20^\circ)}{\tan(30^\circ)} = 7.457 \text{ lbf}$$

$$W_{aa} = W_{ta} \cdot \tan(30) = 10.245 \text{ lbf}$$

$$T_A = W_{aa} \cdot \frac{d_{pa}}{2} = 7.391 \text{ in} \cdot \text{ lbf}$$

Engrane Helicoidal (Piñón) de la segunda etapa

$$W_{tb} = 36.967 \text{ lbf}$$

$$d_{pb} = 0.693 \text{ in}$$

$$T = W_{tb} \cdot \frac{d_{pb}}{2} = 12.802 \text{ in} \cdot \text{ lbf}$$

$$W_{rb} = W_{tb} \cdot \frac{\tan(20^\circ)}{\tan(30^\circ)} = 15.536 \text{ lbf}$$

$$W_{ab} = W_{tb} \cdot \tan(30) = 21.343 \text{ lbf}$$

$$T_B = W_{ab} \cdot \frac{d_{pb}}{2} = 7.395 \text{ in} \cdot \text{ lbf}$$

Plano X-Z

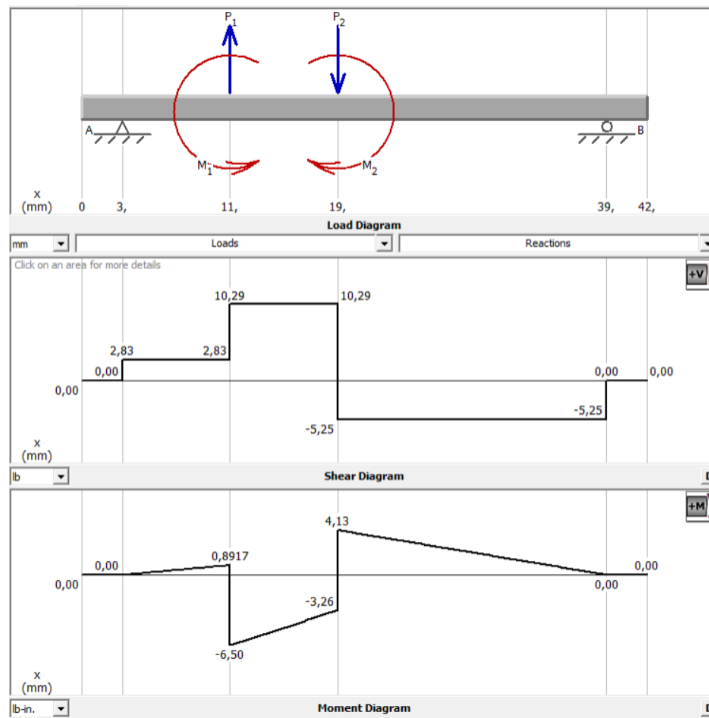


Ilustración 3-21: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Z)

Realizado por: García, Henry 2023.

Plano X-Y

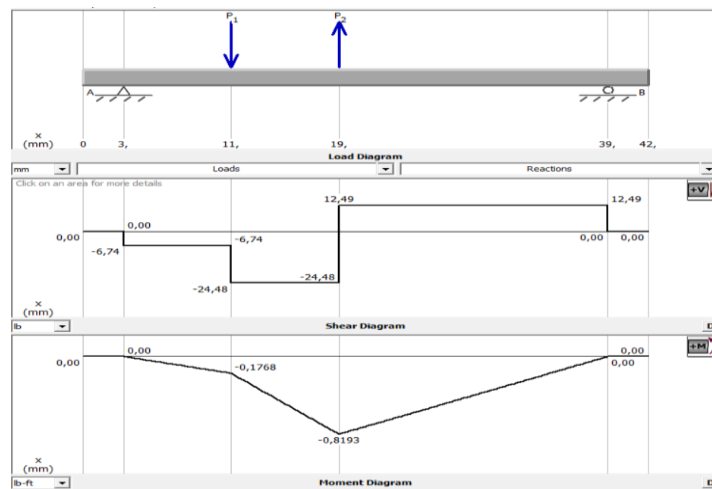


Ilustración 3-22: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Y)

Realizado por: García, Henry 2023.

Análisis del momento flector en el punto A.

$$M_f = \sqrt{(6.5 \text{ in} \cdot \text{lb}f)^2 + (0.1768 \text{ in} \cdot \text{lb}f)^2} = 6.502 \text{ in} \cdot \text{lb}f$$

$$T = 12.802 \text{ in} \cdot \text{lb}f$$

Las ecuaciones que requieren para el cálculo del esfuerzo a flexión y torsión son las siguientes.

$$\sigma_f = \frac{32 \cdot M_f}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ecuación 11-3}$$

$$\sigma_\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \quad \text{Ecuación 12-3}$$

Los esfuerzos amplitud y medio.

$$\sigma_{af} = \frac{\frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3} - \left(-\frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}\right)}{2} = \frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_{mf} = \frac{\frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3} + \left(-\frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}\right)}{2} = 0$$

$$\tau_{aT} = \frac{\frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3} - \frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}}{2} = 0$$

$$\tau_{mT} = \frac{\frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3} + \frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}}{2} = \frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}$$

Para el diseño del eje se aplicará fatiga a esfuerzos combinados, se requiere calcular los esfuerzos equivalentes amplitud y medio.

$$\sigma_{a eq} = \sqrt{(K_{fa} \cdot \sigma_{aa} + K_{ff} \cdot \sigma_{af})^2 + 3 \cdot (K_{fs} \cdot \tau_{aT})^2} \quad \text{Ecuación 13-3}$$

$$\sigma_{a eq} = \sqrt{\left(0 + 1.6 \cdot \frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}\right)^2 + 3 \cdot (0)^2} = 1.6 \frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_{m eq} = \sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 \cdot (\tau_{mT})^2} \quad \text{Ecuación 14-3}$$

$$\sigma_{m eq} = \sqrt{(0 + 0)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}\right)^2} = \sqrt{3} \cdot \frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}$$

Criterio de falla según Soderberg como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\frac{\sigma_{a eq}}{S_e} + \frac{\sigma_{m eq}}{S_y} = \frac{1}{n} \quad \text{Ecuación 15-3}$$

El límite de fatiga para elementos de maquina se calcula con la siguiente ecuación.

$$S_e = k \cdot S_e' \quad \text{Ecuación 16-3}$$

Para el cálculo se asume un factor de Marin $k=0.6$ y el límite de fatiga en probetas al predominar la flexión se asumen $S_e' = 0.5 S_{ut}$, y utilizando los un AISI 1040 para el eje se obtiene la siguiente dimensión.

$$\frac{1.6 \frac{32 \cdot 6.502}{\pi \cdot d^3}}{0.5 \cdot 0.6 \cdot 85000} + \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{16 \cdot 12.802}{\pi \cdot d^3}}{71000} = \frac{1}{2}$$

$$d = 0.226in = 5.74 mm$$

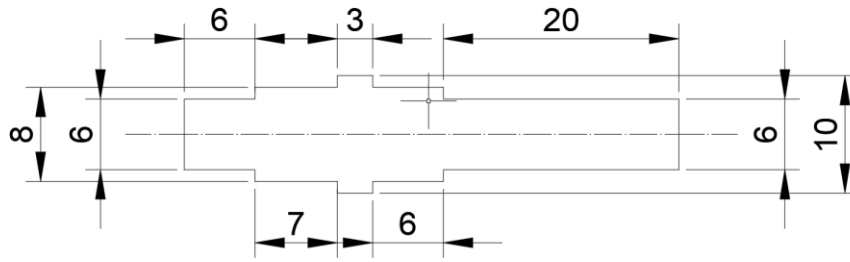


Ilustración 3-23: Representación del Eje 1 con sus dimensiones

Realizado por: García, Henry 2023.

El eje 2 este compuesto por dos rodamientos, un piñón y una corona donde analizaremos lo siguiente:

Criterio por resistencia

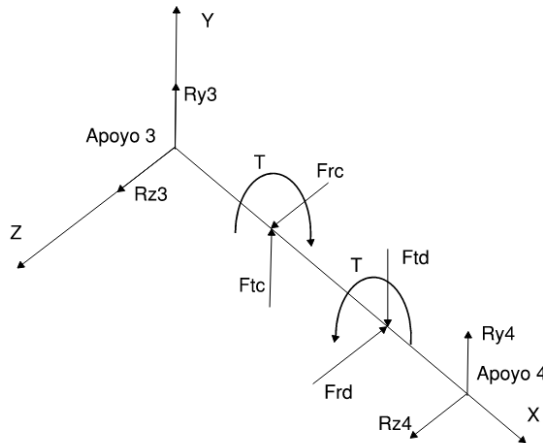


Ilustración 3-24: Representación de reacciones y cargas en el eje 2

Realizado por: García, Henry 2023.

Engrane Helicoidal (Corona) de la segunda etapa

$$W_{tc} = 36.967 \text{ lbf}$$

$$d_{pc} = 3.118 \text{ in}$$

$$T = W_{tc} \cdot \frac{d_{pc}}{2} = 57.632 \text{ in} \cdot \text{lbf}$$

$$W_{rc} = W_{tc} \cdot \frac{\tan(20^\circ)}{\tan(30^\circ)} = 15.536 \text{ lbf}$$

$$W_{ac} = W_{tc} \cdot \tan(30) = 21.343 \text{ lbf}$$

$$T_C = W_{ac} \cdot \frac{d_{pc}}{2} = 33.274 \text{ in} \cdot \text{lbf}$$

Engrane Helicoidal (Piñón) de la tercera etapa

$$W_{td} = 133.082 \text{ lbf}$$

$$d_{pd} = 0.866 \text{ in}$$

$$T = W_{td} \cdot \frac{d_{pd}}{2} = 57.632 \text{ in} \cdot \text{lbf}$$

$$W_{rd} = W_{td} \cdot \frac{\tan(20^\circ)}{\tan(30^\circ)} = 55.931 \text{ lbf}$$

$$W_{ad} = W_{td} \cdot \tan(30) = 76.835 \text{ lbf}$$

$$T_D = W_{ad} \cdot \frac{d_{pd}}{2} = 33.274 \text{ in} \cdot \text{lbf}$$

Plano X-Z

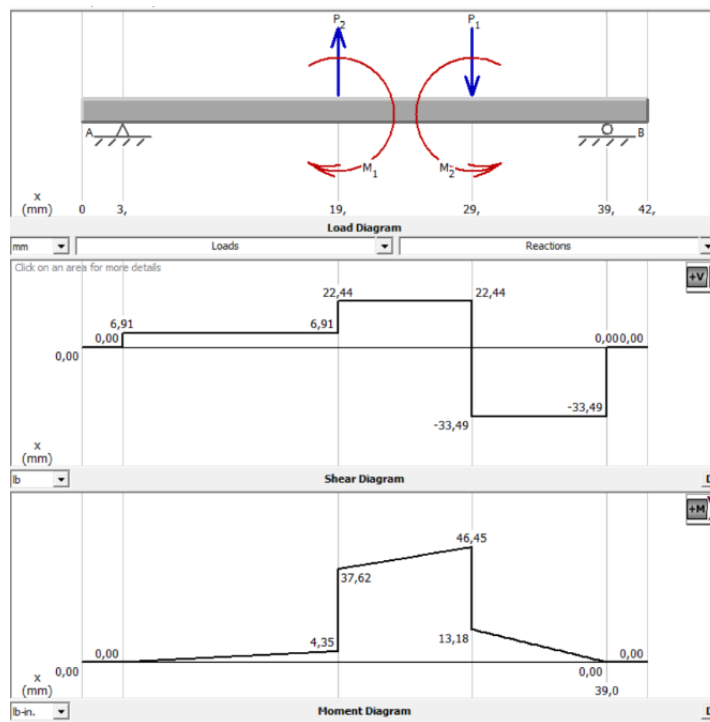


Ilustración 3-25: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Z)

Realizado por: García, Henry 2023.

Plano X-Y

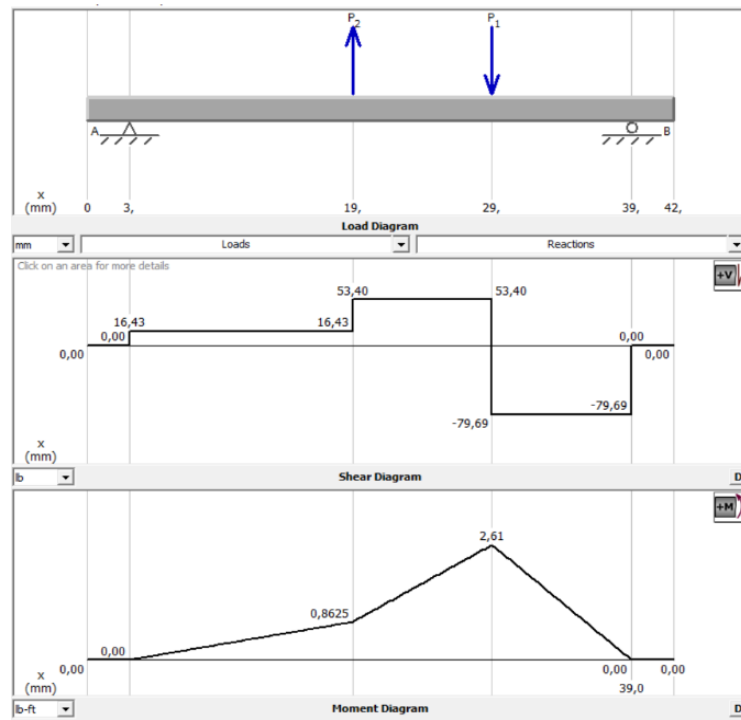


Ilustración 3-26: Diagrama de cortante y flector (Plano X-Y)

Realizado por: García, Henry 2023.

Análisis del momento flector en el punto D.

$$M_f = \sqrt{(46.45 \text{ in} \cdot \text{lb}f)^2 + (2.61 \text{ in} \cdot \text{lb}f)^2} = 45.523 \text{ in} \cdot \text{lb}f$$

$$T = 57.632 \text{ in} \cdot \text{lb}f$$

Las ecuaciones que requieren para el cálculo del esfuerzo a flexión y torsión son las siguientes ecuaciones 11-1, 12-2.

Los esfuerzos amplitud y medio.

$$\sigma_{af} = \frac{\frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3} - \left(-\frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}\right)}{2} = \frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_{mf} = \frac{\frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3} + \left(-\frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}\right)}{2} = 0$$

$$\tau_{aT} = \frac{\frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3} - \frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}}{2} = 0$$

$$\tau_{mT} = \frac{\frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3} + \frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}}{2} = \frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}$$

Para el diseño del eje se aplicará fatiga a esfuerzos combinados, se requiere calcular los esfuerzos equivalentes amplitud y medio como se muestra en la ecuación 13-1, 14-1.

$$\sigma_{a\ eq} = \sqrt{\left(0 + 1.6 \cdot \frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}\right)^2 + 3 \cdot (0)^2} = 1.6 \frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_{m\ eq} = \sqrt{(0 + 0)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}\right)^2} = \sqrt{3} \cdot \frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}$$

Criterio de falla según Soderberg como se muestra en la siguiente ecuación 15-1.

El límite de fatiga para elementos de maquina se calcula con la siguiente ecuación 16-1.

Para el cálculo se asume un factor de Marin $k=0.6$ y el límite de fatiga en probetas al predominar la flexión se asumen $S_e' = 0.5 S_{ut}$, y utilizando los un AISI 1040 para el eje se obtiene la siguiente dimensión.

$$\frac{1.6 \frac{32 \cdot 46.523}{\pi \cdot d^3}}{0.5 \cdot 0.6 \cdot 85000} + \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{16 \cdot 57.632}{\pi \cdot d^3}}{71000} = \frac{1}{2}$$

$$d = 0.419in = 10.643\ mm$$

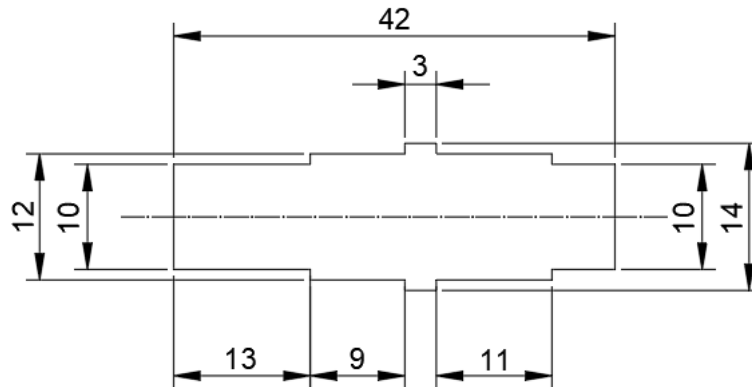


Ilustración 3-27: Representación del Eje 2 con sus dimensiones

Realizado por: García, Henry 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Al culminar la concepción del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras en su totalidad en los cuales se incluye a cada uno de sus elementos internos, elementos de inventario y componentes por maquinar, se inicia la fase de elaboración. En el ámbito de la ingeniería, es práctica común abordar simultáneamente labores de documentación y la confección de planos, al mismo tiempo que se realiza la validación de la geometría, los materiales y las condiciones de límites o cargas en un entorno computacional. En otras palabras, se hace imperativa una validación CAE para simular los escenarios operativos de los componentes, extraer datos y obtener una comprensión más profunda del desempeño de la máquina en un ambiente controlado por computadora.

La figura adjunta se ilustra el ensamble del prototipo de extractor de zumo de frutas y verduras y de los elementos que lo conforman.

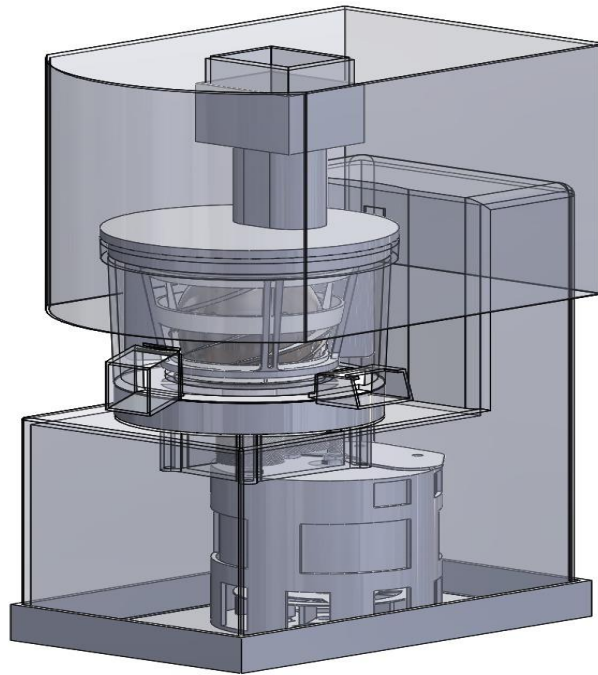


Ilustración 4-1: Prototipo de máquina extractora de zumo de de frutas y verduras

Realizado por: García, Henry 2023.

4.1. Ansys

4.1.1. Mallado

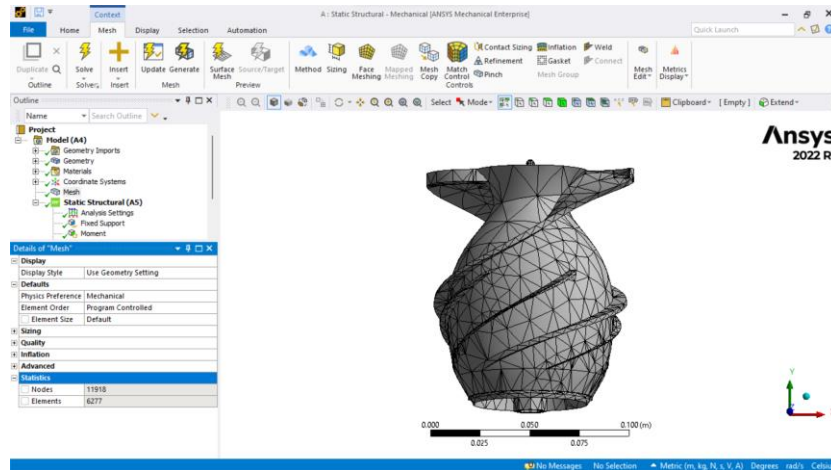


Ilustración 4-2: Mallado de la geometría del exprimidor

Realizado por: García, Henry 2023.

El modelo ha sido discretizado mediante un mallado con detalles específicos. La ordenación de los elementos es controlada por el programa, y el tamaño de los elementos se ha establecido en los valores predeterminados. Se ha utilizado un esquema de dimensionamiento adaptativo con una resolución predeterminada de 2. La defeaturización del mallado se ha aplicado, con un tamaño predeterminado, lo que sugiere que se han eliminado características geométricas no esenciales para la simulación.

Para el mallado de la geometría, se ha utilizado un enfoque de caja delimitadora (Bounding Box) con dimensiones específicas (0.27325 m x 4.445+004 m x 8.715+006 m). La calidad del mallado se ha verificado, y se ha aplicado una comprobación de calidad con límites de error, siendo el límite predeterminado de 5.e-002.

El número de nodos generados en el mallado es de 11,918, mientras que el número de elementos es de 6,277. Estos valores proporcionan una representación detallada y precisa de la geometría del exprimidor y el vaso para el análisis de esfuerzos.

Se ha aplicado una técnica de inflado (inflation) avanzada para mejorar la representación de la capa límite, y se ha realizado una estadística del mallado.

En resumen, el mallado ha sido cuidadosamente diseñado y configurado para capturar las características importantes del exprimidor y el vaso, y se ha verificado su calidad para garantizar resultados precisos en el análisis de esfuerzos bajo condiciones de presión y torsión.

4.1.2. Condiciones de Frontera

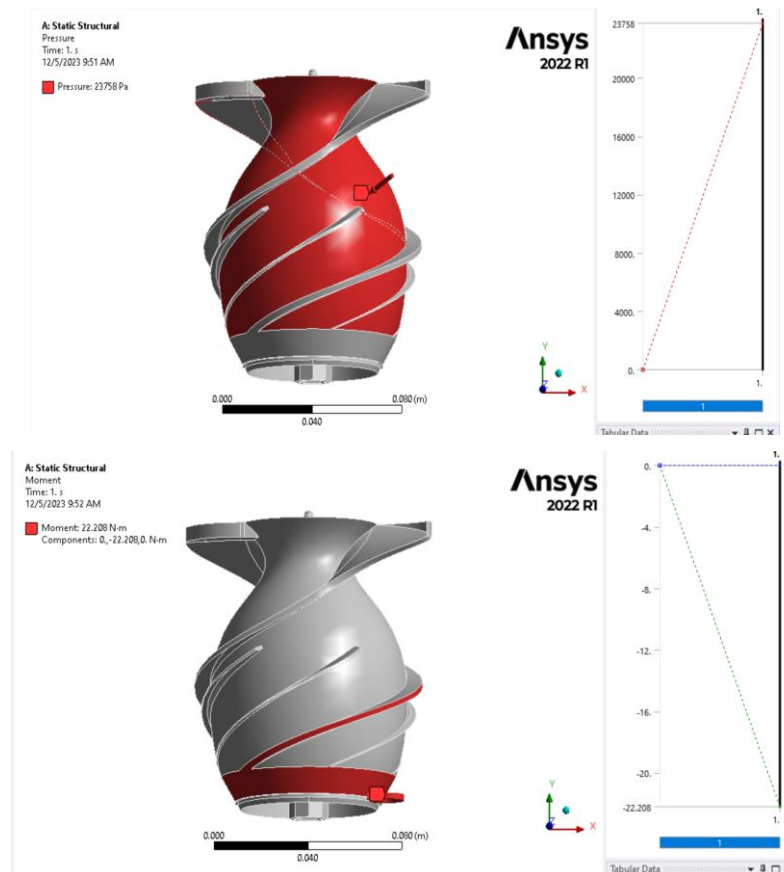


Ilustración 4-3: Presión y torque

Realizado por: García, Henry 2023.

Ámbito: La presión se aplica en una selección específica de la geometría, abarcando 8 caras.

Definición: Se ha utilizado un método de definición para especificar la magnitud de la presión.

Tipo: La carga aplicada es de tipo presión.

Área de aplicación: La presión se aplica normal a la superficie seleccionada.

Efecto de la Superficie Deformada: La carga de presión afecta a la superficie después de la deformación del modelo.

Magnitud: La magnitud de la presión aplicada es de 23,758 Pa y sigue una variación "ramped" (paulatina).

Momento:

Ámbito: El momento se aplica en 2 caras específicas de la geometría.

Definición: Se ha utilizado un método de definición para especificar los componentes del momento en las direcciones X, Y y Z.

Tipo: La carga aplicada es de tipo momento.

Sistema de Coordenadas: El sistema de coordenadas global se utiliza para definir el momento.

Componentes del Momento: Los componentes del momento en las direcciones X, Y y Z son respectivamente 0 N.m, -22.208 (con variación "ramped") y 0 N.m.

Deformable: El modelo es deformable bajo la acción de este momento.

En resumen, estas condiciones iniciales representan la aplicación de presión y momento en áreas específicas del modelo. La presión varía gradualmente, mientras que el momento se aplica con componentes específicos y con una variación gradual a lo largo del tiempo. Estas condiciones proporcionan la base para el análisis de esfuerzos bajo carga combinada de presión y torsión en el exprimidor dentro del vaso para zumo de frutas.

4.1.3. Resultados de Deformación

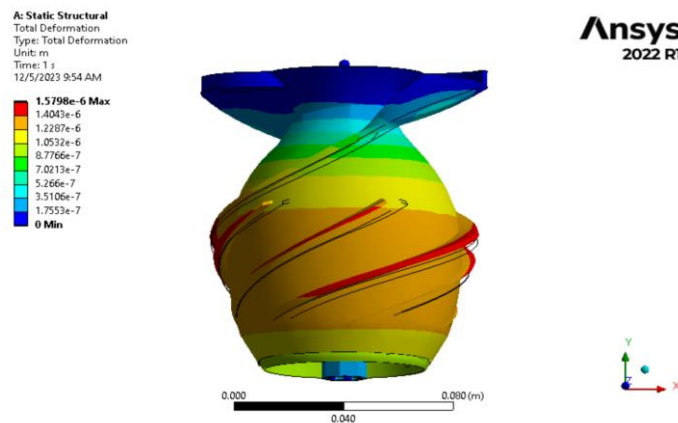


Ilustración 4-4: Deformación total

Realizado por: García, Henry 2023.

Ámbito: La deformación total se calcula para todo el modelo.

Método de selección: Se ha utilizado un método de selección que abarca todos los cuerpos del modelo.

Definición: La deformación total es una medida de la magnitud general de la deformación en el modelo.

Tipo: Se ha aplicado el tipo de deformación total.

Tiempo de visualización: La deformación total se visualiza en el último paso de tiempo.

Historial de Tiempo: Se ha activado el cálculo del historial de tiempo para la deformación total.

Identificador: La deformación total está asociada con un identificador específico.

Suprimida: La visualización de la deformación total está activa.

Resultados:

Mínimo: La deformación total mínima es de 1.5798+006 m.

Máximo: La deformación total máxima es de 9.6515+007 m.

Promedio: La deformación total promedio no se proporciona en los detalles proporcionados.

Mínimo Ocurre En: La deformación mínima ocurre en la ubicación identificada como "turbina-FreePartsICut.." (Ubicación específica en la geometría).

Máximo Ocurre En: La deformación máxima ocurre en la ubicación identificada como "turbina-FreePartsICut.." (Ubicación específica en la geometría).

Estos resultados indican la magnitud de la deformación total en el modelo, proporcionando información útil sobre la respuesta global del sistema frente a las cargas aplicadas. La variación de deformación se presenta tanto en el mínimo como en el máximo, y se proporciona información sobre la ubicación específica donde se produce cada extremo. Estos datos son esenciales para evaluar la integridad estructural del exprimidor dentro del vaso para zumo de frutas bajo las condiciones de carga definidas

4.1.4. Resultados De esfuerzo

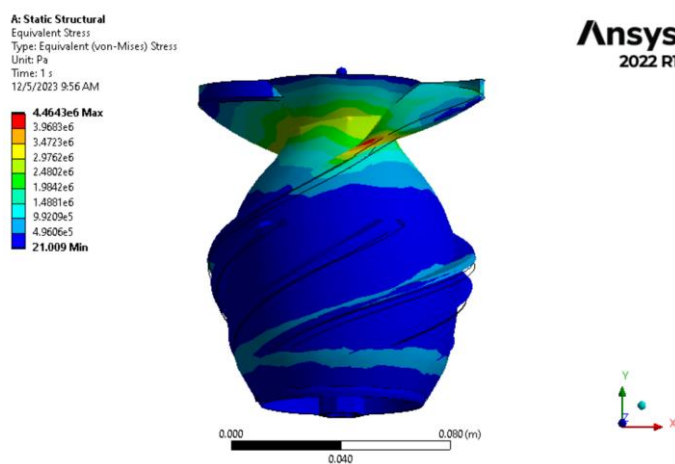


Ilustración 4-5: Esfuerzo total (Equivalent Stress)

Realizado por: García, Henry 2023.

Ámbito: El esfuerzo equivalente se calcula para todo el modelo.

Método de selección: Se ha utilizado un método de selección que abarca todos los cuerpos del modelo.

Definición: El esfuerzo equivalente se basa en la teoría de von Mises.

Tipo: Se ha aplicado el tipo de esfuerzo equivalente.

Tiempo de visualización: El esfuerzo equivalente se visualiza en el último paso de tiempo.

Historial de Tiempo: Se ha activado el cálculo del historial de tiempo para el esfuerzo equivalente.

Identificador: No se ha suprimido la identificación del esfuerzo equivalente.

Resultados:

Mínimo: El esfuerzo equivalente mínimo es de 21.009 Pa.

Máximo: El esfuerzo equivalente máximo es de 4.4643e+006 Pa.

Promedio: El esfuerzo equivalente promedio es de 4.1908e-005 Pa.

Mínimo Ocurre En: El esfuerzo equivalente mínimo ocurre en la ubicación identificada como "turbina-FreePartsICu" (ubicación específica en la geometría).

Máximo Ocurre En: El esfuerzo equivalente máximo ocurre en la ubicación identificada como "turbina-FreePartsICu" (ubicación específica en la geometría).

Estos resultados proporcionan información sobre el esfuerzo equivalente en el modelo, permitiendo evaluar la distribución del esfuerzo y determinar las áreas críticas que podrían estar sometidas a mayores tensiones. La variación en los valores de esfuerzo a lo largo del modelo es fundamental para comprender el comportamiento estructural del exprimidor dentro del vaso para zumo de frutas bajo las condiciones de carga definidas.

4.2. Construcción y montaje del prototipo de máquina extractora de zumo

Antes de realizar la construcción del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras primeramente se procede a la realización de planos en los cuales estarán detallados los materiales y las dimensiones de cada pieza, añadiendo a esto y dependiendo el tipo de pieza también se detalla el proceso de cada una de ellas. Al comprender cada uno de los procesos que se llevará a cabo en la construcción del prototipo se realiza un análisis de costos principalmente tomando en cuenta los costos directos en el cual el punto principal es la compra de materiales seguido por el proceso de manufactura y finalmente la mano de obra.

Tomando en cuenta los procesos y gastos principales para la ejecución del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras se procede a la división de los principales procesos para la ejecución del prototipo de máquina extractora, entre ellos tenemos el proceso de doblado, proceso de torneado y el proceso de soldadura por puntos, cada uno de estos procesos serán

realizados con la supervisión de especialistas en esa área. Cada uno de estos procesos fue un aprendizaje continuo que ayudo a reforzar el conocimiento en la ingeniería de detalle.

4.2.1. Proceso de doblado

El proceso de doblado consiste en dar forma a una lámina metálica, una vez dibujada una señal en la lámina esta se la coloca en la dobladora para que pueda coger la forma y el ángulo deseado, para la realización de este proceso la lámina fue doblada en frío debido a su espesor, ya que este proceso puede ser realizado tanto en caliente como en frío.



Ilustración 4-6: Proceso de doblado realizado para la carcasa del extractor

Realizado por: García, Henry 2023.

Para realizar este proceso se seleccionó una lámina de acero inoxidable de 2 mm de espesor a la cual primero se le dibujo señales donde se realizarán todos los dobles necesarios para llevar a cabo con la ejecución de la carcasa para el prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras.

4.2.2. Proceso de torneado

El torneado es un proceso de mecanizado que generalmente consiste en dar forma a un eje o pieza que pueda ser sostenida por la mordaza del mismo y pueda ser mecanizada mediante el huso de una herramienta de desbaste. En la actualidad existen los llamados torno CNC, (control numérico computarizado) este tipo de tornos utilizan softwares para realizar mecanizados de precisión en piezas de revolución.



Ilustración 4-7: Torno CNC para mecanizado del husillo

Realizado por: García, Henry 2023.

Para el mecanizado del husillo extractor se usó un eje de acero inoxidable de 6” de diámetro y 30 cm de largo. El cual antes de su mecanizado fue diseño y posteriormente fue llevado a ser mecanizado mediante un torno CNC.

4.2.3. *Proceso de soldadura por puntos*

La soldadura por puntos es un proceso en el cual una persona utiliza la presión y el tiempo, generalmente se la realiza en láminas de metal que tienen espesores pequeños. Este proceso consiste en realizar varios puntos sobre las piezas a unir, la persona debe tener un correcto control de su presión y el tiempo de realización del punto o puntos necesarios para unir las piezas, ya que de excederse de presión o tiempo puede generar huecos en las láminas a unir



Ilustración 4-8: Suelda por puntos

Realizado por: García, Henry 2023.

Debido al espesor fino de la carcasa y a su forma compleja, no toda la carcasa del prototipo de máquina extractora podía ser doblado se procedió a acoplar sus partes mediante la suelda por puntos.

4.3. Protocolo de pruebas

Para garantizar el correcto funcionamiento del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras se realizó una evaluación de funcionalidad en donde se tomaron en cuantos varios puntos de evaluación para una correcta elaboración de las pruebas.

A continuación, se elabora un método de evaluación, el cual está constituido por una serie de pasos ordenados para realizar de una manera eficaz el protocolo de pruebas.

- Definir las características que se necesitan evaluar.
- Crear un protocolo de pruebas
- Validar el funcionamiento del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras

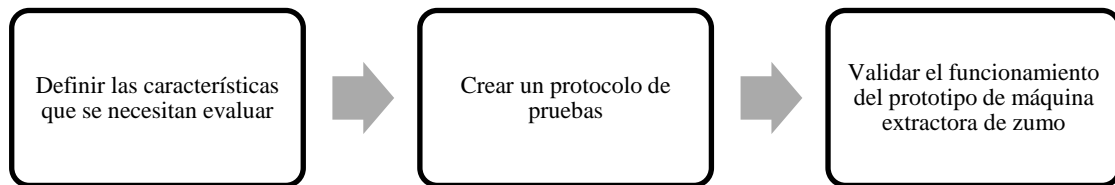


Ilustración 4-9: Suelda por puntos

Realizado por: García, Henry 2023.

El protocolo de pruebas se encuentra En la parte de ANEXOS

4.4. Análisis de costos

Se analiza cada uno de los costos de cada proceso que conlleva la construcción del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras. Para poder realizar un mejor análisis de costos se dividirán en dos tipos de costos que serán el análisis de estos costos directos y análisis de costos indirectos.

4.4.1. Costos directos

En este apartado se consideran todos los costos que se relación específicamente con la construcción del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras, por consiguiente, se tomará en cuenta el costo de materiales, costo del proceso de manufactura y finalmente el costo de mano de obra.

4.4.1.1. Costo de materiales

Se detallan todos los costos de los materiales que se necesitan para la construcción del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras y de cada uno de sus componentes.

Tabla 4-1: Costo de materiales

DESCRIPCIÓN	COSTO
Lámina de acero inoxidable de 1 mm	9.50
Eje de acero inoxidable de 3 1/2 in de diámetro y 25 cm de largo	80
Interruptor ON-OFF-REV	20
Cables para conexión del sistema de control	30
Motor de 100 w	80
Enchufe para 110 v Tipo B	20
Policarbonato ABS	60

Realizado por: García, Henry 2023.

4.4.1.2. Costo de manufactura

Se detallan cada uno de los costes que conlleva el proceso de que manufactura y mecanizado de cada una de las partes que componen el prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras, además, añadiendo los equipos para la corrección de cada uno de los procesos de mecanizado y manufactura.

Tabla 4-2: Costo de manufactura

DESCRIPCIÓN	COSTO
Herramientas	50
Dobladora	80
Soldadora	200
Torno	140
Fresa	250
Taladro	10
Amoladora	5
Impresora 3D	85

Realizado por: García, Henry 2023.

4.4.1.3. Costos de mano de obra

En este apartado describiremos todos los costos de mano de obra utilizados en el prototipo de extractor de zumo de frutas y verduras, en el cual se destacan tres personas calificadas para el desarrollo, las cuales son; Mecánico, Maestro soldador y un ayudante multifunciones, es importante que el personal este calificado o conste con experiencia laboral, ya que esto garantizará el buen funcionamiento de la máquina. Estos costos están relacionados con la calidad de construcción del prototipo de la extractora y de cada uno de sus componentes.

Tabla 4-3: Costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	COSTO
Mecánico	50
Maestro soldador	40
Ayudante Multifuncional	35

Realizado por: García, Henry 2023.

4.4.1.4. Costo directo total

Al finalizar el análisis de cada uno de los costos directos, se realiza un cálculo general, el cual nos indicara cual es el costo que tendrá el prototipo de extractora de zumo de frutas y verduras. En la siguiente tabla se mostrará un resumen de todos los costos directos y el total de costo directo.

Tabla 4-4: Costo directo total

MATERIALES	
DESCRIPCIÓN	COSTO
Lámina de acero inoxidable de 1 mm	9.50
Eje de acero inoxidable de 3 1/2 in de diámetro y 25 cm de largo	120
Interruptor ON-OFF-REV	20
Cables para conexión del sistema de control	30
Motor de 100 w	80
Enchufe para 110 v Tipo B	20
Policarbonato ABS	60
MANUFACTURA	
DESCRIPCIÓN	COSTO
Herramientas	50
Dobladora	80

Soldadora	200
Torno	140
Fresa	250
Taladro	10
Amoladora	5
Impresora 3D	85
MANO DE OBRA	
DESCRIPCIÓN	COSTO
Mecánico	50
Maestro soldador	40
Ayudante Multifuncional	35
TOTAL	1224.5

Realizado por: García, Henry 2023.

4.4.2. Costos indirectos

En esa sección detallaremos gastos que no tiene relación directa para la construcción del prototipo de extractora de zumo de frutas y verduras, pero son gastos necesarios que deben realizarse para que se ejecute la construcción del mismo.

4.4.2.1. Costos indirectos totales

Entre estos costos indirectos tenemos los gastos que se pueden surgir por inconvenientes de transporte, por problemas de salud, por tutorías de algún profesional o persona encargada en cierta área que se necesite, entre otros imprevistos que no tienen relación directa, pero si son necesarios para la adecuada ejecución del prototipo de máquina extractora de zumo de frutas y verduras.

Tabla 4-5: Costos indirectos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO
Ingeniería	0
Bioseguridad	100
Imprevistos	160
Transporte	150
TOTAL	410

Realizado por: García, Henry 2023.

4.4.3. Costo total del prototipo de extractora de zumo de frutas y verduras

Al finalizar el análisis de los costos directos y costos indirectos se obtiene un valor estimado del costo de fabricación del prototipo de extractor de zumo de frutas y verduras.

Tabla 4-6: Costos total del equipo

DESCRIPCIÓN	COSTO
Costos directos	1224,5
Costos indirectos	410
TOTAL	1634.5

Realizado por: García, Henry 2023.

4.5. Resultados de pruebas del prototipo de extractor de zumo

Tabla 4-7: Resultados de la Prueba del Extractor de Zumo

Remolacha				
Peso (kg)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Litros
2.5	11.4	13.6	00:03:24	1
Piña				
Peso (kg)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Litros
2.5	10.3	11.3	00:03:16	1
Manzana				
Peso (kg)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Litros
2.5	14.9	15.9	00:03:27	1
Zanahoria				
Peso (kg)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Tiempo (min)	Litros
2.5	10.2	13.9	00:03:31	1

Realizado por: García, Henry 2023.

4.5.1. Descripción de la prueba del extractor de zumo

La prueba se llevó a cabo utilizando un extractor de zumo de 100 W con un principio de funcionamiento basado en la compresión lenta. El extractor se caracteriza por su enfoque eficiente que busca preservar las propiedades nutricionales de las frutas mediante un proceso de extracción cuidadoso y gradual.

Las muestras utilizadas en la prueba fueron estandarizadas en 2.5 kg para garantizar consistencia en los resultados. La capacidad del extractor se estableció en 20 litros por hora, indicando su capacidad para manejar eficientemente grandes cantidades de materia prima.

Se consideraron cuatro tipos de frutas diferentes: remolacha, piña, manzana y zanahoria. Cada fruta se sometió al proceso de extracción, registrando datos como peso inicial, temperatura inicial y final, tiempo de extracción y volumen de zumo obtenido.

Los resultados obtenidos indican la eficacia del extractor en cada caso, destacando su capacidad para mantener condiciones controladas durante el proceso. Se observaron variaciones en los rendimientos de las frutas, con el extractor logrando extraer cantidades significativas de zumo en tiempos relativamente cortos.

En resumen, la prueba del extractor de zumo evidencia su capacidad para proporcionar rendimientos eficientes y consistentes, respaldando su diseño basado en la compresión lenta. La combinación de la potencia, la estandarización de las muestras y la capacidad horaria establecida posiciona al extractor como una opción efectiva para la extracción de zumo de diversas frutas.

4.5.1.1. Resultados de la prueba del extractor de zumo con remolachas



Ilustración 4-10: Remolacha

Realizado por: García, Henry 2023.

La prueba del extractor de zumo se realizó utilizando remolachas como materia prima.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Remolacha:

- Peso: 2.5 kg
- Temperatura Inicial: 11.4°C
- Temperatura Final: 13.6°C
- Tiempo de Extracción: 3 minutos y 24 segundos
- Volumen de Zumo Extraído: 1 litro

Observaciones:

- Durante la prueba, la temperatura de las remolachas experimentó un aumento moderado, indicando un proceso de extracción efectivo.
- El extractor logró producir 1 litro de zumo a partir de 2.5 kg de remolachas en un tiempo de 3 minutos y 24 segundos, demostrando eficiencia en la extracción.

Comparación con Licuadora:

- En contraste, la licuadora utilizada para comparación mostró un aumento significativo en la temperatura de la mezcla, indicando una mayor generación de calor durante el proceso de licuado.
- La diferencia en las temperaturas iniciales y finales refleja la eficacia del extractor en mantener condiciones más controladas durante la extracción.

Datos Fotográficos:

- Tiempo Inicial de la Prueba del Extractor: 12:56:51 PM
- Tiempo Final de la Prueba del Extractor: 13:00:15 PM
- Tiempo Promedio de Extracción: 00:03:24

Las imágenes capturadas durante la prueba proporcionan un registro visual del proceso, complementando los datos cuantitativos recopilados.

- Estos resultados sugieren que el extractor de zumo utilizado es eficiente en la extracción de líquidos a partir de remolachas, manteniendo condiciones controladas durante el proceso en comparación con el uso de una licuadora.

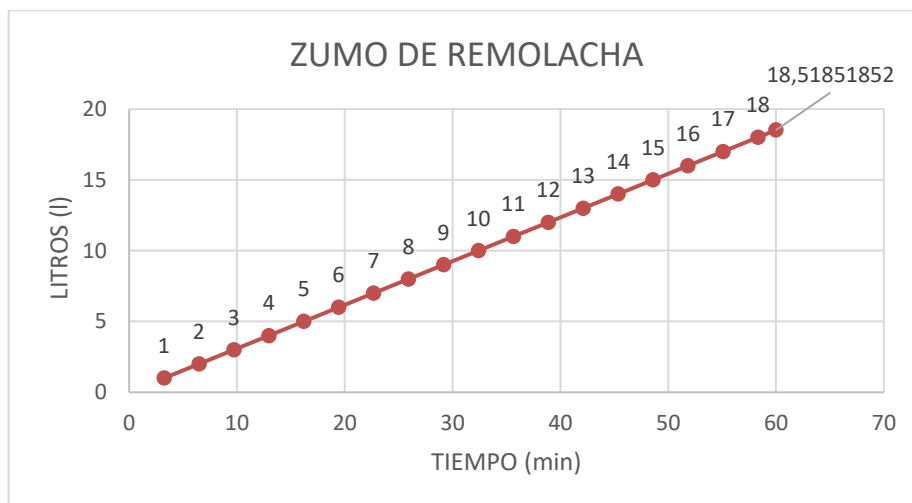
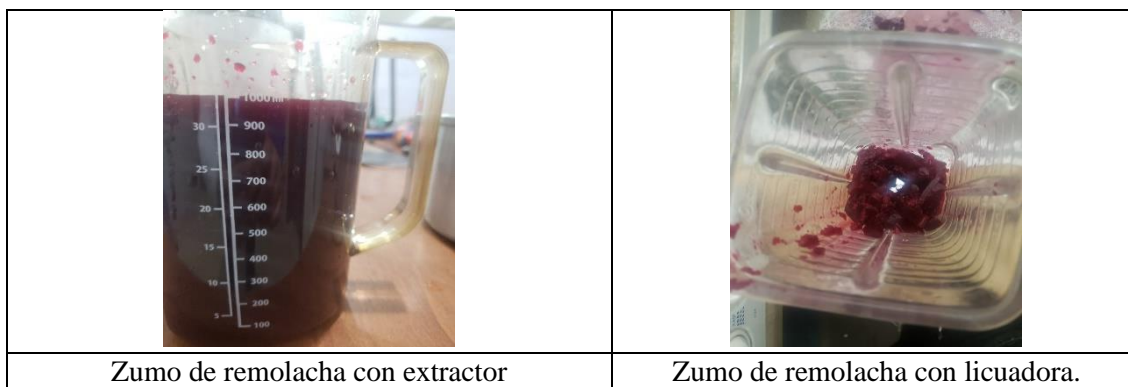


Ilustración 4-11: Zumo de remolacha litros vs tiempo

Realizado por: García, Henry 2023.

Tiempo (min)	Litros (l)
3,24	1
60	18,518

Tabla 4-8: Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la remolacha.



Realizado por: García, Henry 2023.

4.5.1.2. Resultados de la prueba del extractor de zumo con piña



Ilustración 4-12: Piña

Realizado por: García, Henry 2023.

La evaluación del extractor de zumo se llevó a cabo utilizando piñas como materia prima. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Piña:

- Peso: 2.5 kg
- Temperatura Inicial: 10.3°C
- Temperatura Final: 11.3°C
- Tiempo de Extracción: 3 minutos y 16 segundos
- Volumen de Zumo Extraído: 1 litro

Observaciones:

- Durante la prueba, se registró un aumento moderado en la temperatura de las piñas, indicando un proceso de extracción eficaz.
- El extractor logró obtener 1 litro de zumo a partir de 2.5 kg de piñas en un tiempo de 3 minutos y 16 segundos, resaltando su eficiencia en la extracción de líquidos.

Comparación con Licuadora:

- En comparación con la licuadora, se observó que el extractor mantuvo un control más preciso de la temperatura durante el proceso de extracción.
- La diferencia en las temperaturas iniciales y finales destaca la capacidad del extractor para preservar las condiciones óptimas durante la extracción.

Datos Fotográficos:

- Tiempo Inicial de la Prueba del Extractor: 6:15:20 PM
- Tiempo Final de la Prueba del Extractor: 6:18:36 PM
- Tiempo Promedio de Extracción: 00:03:16

Las imágenes capturadas proporcionan un registro visual del proceso de extracción, respaldando los datos cuantitativos recopilados.

- Estos resultados indican que el extractor de zumo utilizado es eficiente en la extracción de líquidos a partir de piñas, destacando su capacidad para mantener condiciones controladas durante el proceso en comparación con el uso de una licuadora.

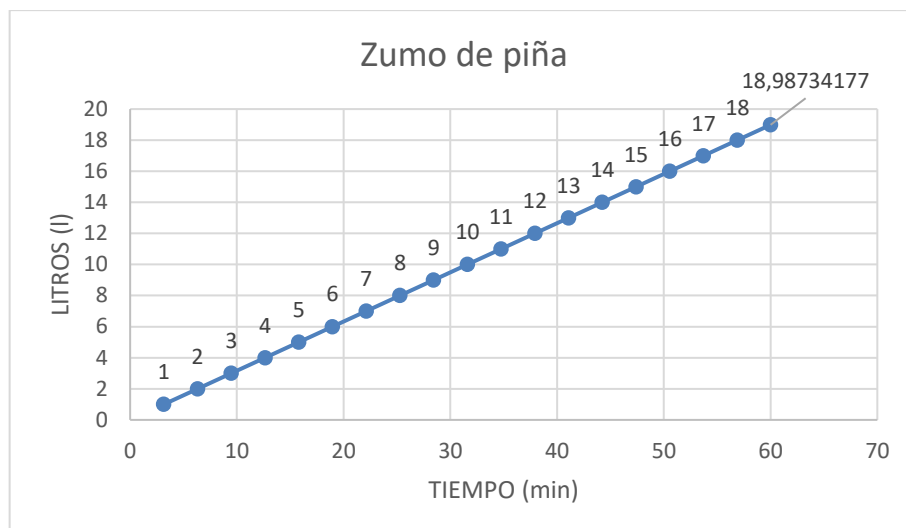
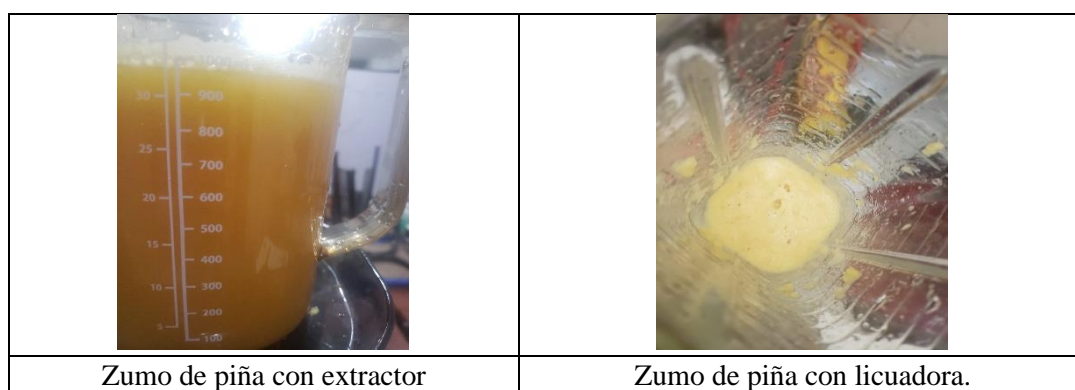


Ilustración 4-13: Zumo de piña litros vs tiempo

Realizado por: García, Henry 2023.

Tiempo (min)	Litros
3,16	1
60	18,987

Tabla 4-9: Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la piña.



Realizado por: García, Henry 2023.

4.5.1.3. Resultados de la prueba del extractor de zumo con manzana



Ilustración 4-14: Manzana

Realizado por: García, Henry 2023.

La prueba del extractor de zumo se realizó utilizando manzanas como materia prima. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Manzana:

- Peso: 2.5 kg
- Temperatura Inicial: 14.9°C
- Temperatura Final: 15.9°C
- Tiempo de Extracción: 3 minutos y 27 segundos
- Volumen de Zumo Extraído: 1 litros

Observaciones:

- Durante la prueba, se registró un aumento moderado en la temperatura de las manzanas, indicando un proceso de extracción efectivo.
- El extractor logró producir 1 litros de zumo a partir de 2.5 kg de manzanas en un tiempo de 3 minutos 27 segundos, demostrando eficiencia en la extracción.

Comparación con Licuadora:

- En comparación con la licuadora, se observó que el extractor mantuvo condiciones más controladas durante el proceso, como se evidencia en la diferencia de temperaturas iniciales y finales.
- La eficacia del extractor se refleja en la cantidad de zumo extraído en un tiempo relativamente corto.

Datos Fotográficos:

- Tiempo Inicial de la Prueba del Extractor: 6:55:58 PM
- Tiempo Final de la Prueba del Extractor: 6:59:25 PM
- Tiempo Promedio de Extracción: 00:03:27

Las imágenes capturadas durante la prueba proporcionan una visualización del proceso, complementando los datos cuantitativos recopilados.

- Estos resultados indican que el extractor de zumo utilizado es eficiente en la extracción de líquidos a partir de manzanas, destacando su capacidad para mantener condiciones controladas durante el proceso en comparación con el uso de una licuadora.

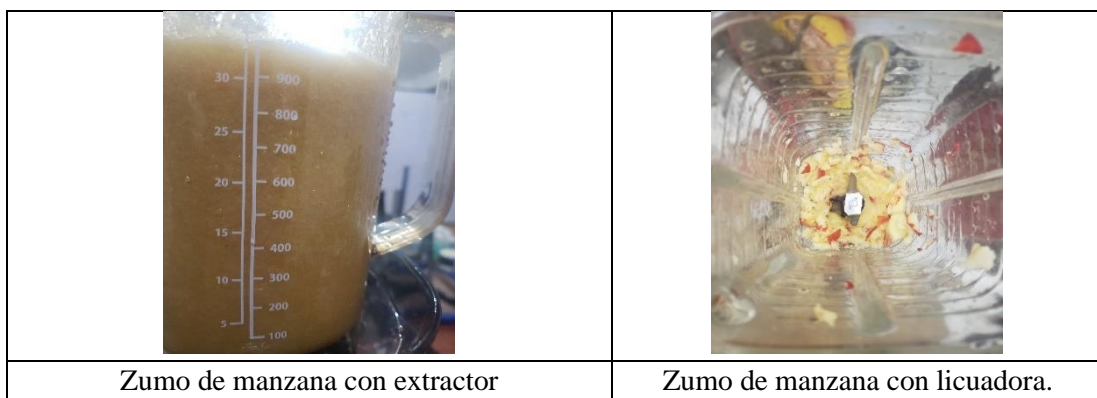


Ilustración 4-15: Zumo de manzana litros vs tiempo

Realizado por: García, Henry 2023.

Tiempo (min)	Litros
3,27	1
60	18,348

Tabla 4-10: Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la manzana.



Realizado por: García, Henry 2023.

4.5.1.4. Resultados de la prueba del extractor de zumo con zanahoria



Ilustración 4-16: Zanahoria

Realizado por: García, Henry 2023.

La evaluación del extractor de zumo se llevó a cabo utilizando zanahorias como materia prima. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Zanahoria:

- Peso: 2.5 kg
- Temperatura Inicial: 10.2°C
- Temperatura Final: 13.9°C
- Tiempo de Extracción: 3 minutos y 31 segundos
- Volumen de Zumo Extraído: 1 litro

Observaciones:

- Durante la prueba, se registró un aumento moderado en la temperatura de las zanahorias, indicando un proceso de extracción efectivo.
- El extractor logró obtener 1 litro de zumo a partir de 2.5 kg de zanahorias en un tiempo de 3 minutos y 31 segundos, demostrando eficiencia en la extracción.

Comparación con Licuadora:

- En comparación con la licuadora, se observó que el extractor mantuvo condiciones más controladas durante el proceso, evidenciado por la diferencia de temperaturas iniciales y finales.
- La eficacia del extractor se refleja en la cantidad de zumo extraído en un tiempo relativamente corto.

Datos Fotográficos:

- Tiempo Inicial de la Prueba del Extractor: 12:52:51 PM
- Tiempo Final de la Prueba del Extractor: 12:56:22 PM
- Tiempo Promedio de Extracción: 00:03:31

Las imágenes capturadas durante la prueba proporcionan una visualización del proceso, complementando los datos cuantitativos recopilados.

- Estos resultados indican que el extractor de zumo utilizado es eficiente en la extracción de líquidos a partir de zanahorias, resaltando su capacidad para mantener condiciones controladas durante el proceso en comparación con el uso de una licuadora.

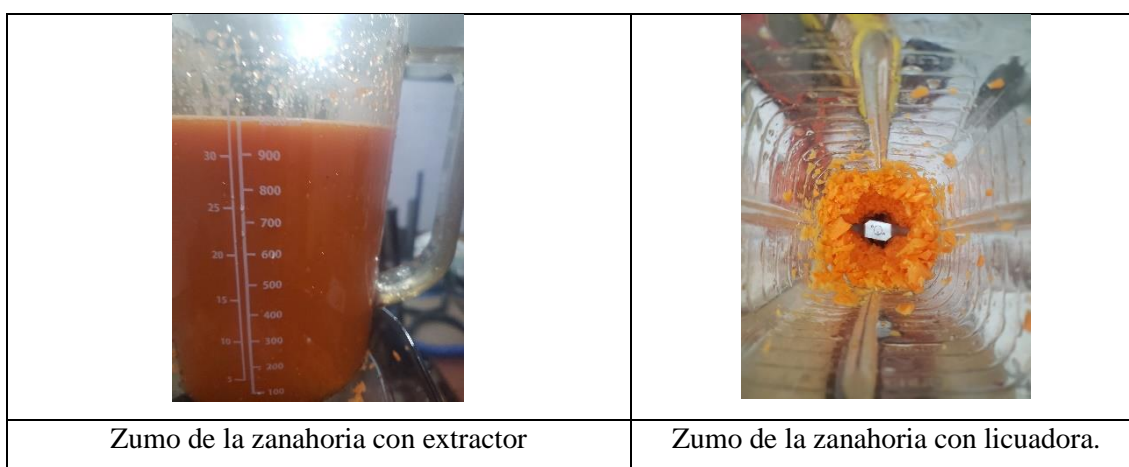


Ilustración 4-17: Zumo de zanahoria litros vs tiempo

Realizado por: García, Henry 2023.

Tiempo (min)	Litros
3,31	1
60	18,128

Tabla 4-11: Tabla comparativa del zumo obtenido entre la extractora vs licuadora de la zanahoria.



Realizado por: García, Henry 2023.

4.6. Manual de seguridad

El extractor de zumo de frutas y verduras al ser una máquina rotativa de gran torque y de movimiento constante se la considera peligrosa, por lo tanto, es natural que este tipo de máquinas pueda causar riesgos de operabilidad al usuario si este no realiza ciertas normas de operación, por tal motivo se desarrolla a continuación una serie de advertencias y precauciones para el usuario de la máquina.

El manual de seguridad se encuentra en el apartado de ANEXOS

Advertencias y precauciones para el funcionamiento del extractor de zumo de frutas y verduras.

4.6.1. Advertencias para el funcionamiento del extractor de zumo

- Si se inserta una fruta o verdura entera en el extractor, no se podrá obtener el zumo ya que esta quedará haciendo juego con el husillo extractor.
- Después de armar el extractor verificar que no exista juego entre el eje del motor con el husillo extractor ya que si se enciende sin antes verificar este puede dañar a las partes del extractor.
- No insertar frutas o verduras sumamente duras como el coco ya que dañarían al husillo extractor.
- Al momento de encender el extractor el usuario debe estar pendiente, ya que este se puede trabar y al no realizar el cambio de giro del motor este puede afectar a los componentes del mismo.

4.6.2. Precauciones para el funcionamiento del extractor de zumo

- Antes de encender el extractor de zumo de frutas y verduras hay que revisar que en el husillo extractor no exista algún cuerpo metálico, piedra, plástico u otro cuerpo que pueda dañar a la máquina.
- Antes de insertar cualquier fruta o verdura esta debe estar debidamente cortada en partes pequeñas que pueden ser comprimidas de una manera adecuada.
- Al momento de insertar la fruta o la verdura no meter la mano hasta el tope del husillo extractor ya que este puede causar daños en la mano.
- Antes de encender el extractor verificar que todo esté debidamente acoplado.
- Limpiar adecuadamente el husillo y el extractor después de cada uso ya que el zumo de frutas y verduras puede afectar a la integridad del extractor.
- Antes de empezar a extraer zumo de frutas y verduras asegurar que el área en donde se encuentre el extractor ese limpia ya que el zumo, la fruta o la verdura pueden contaminarse.

4.6.3. Cuidados del operador

- Verificar que existan todas sus piezas.
- Comprobar que cada pieza este en buen estado.
- Armar el extractor.

- Asegurarse que cada una de las piezas estén debidamente acoplada y en su lugar.
- Antes de encender el extractor verificar que no exista basura o algún cuerpo no deseado en el extractor.
- Verificar que las frutas o verduras estén debidamente cortadas en pedazos pequeños.
- Durante el funcionamiento verificar que el extractor no se trabe y de ser así cambiar el giro del motor por unos segundos hasta que se destrabe y finalmente cambiar de nuevo el sentido del motor a la función de extracción.

4.7. Plan de mantenimiento

En este apartado se elabora un plan de mantenimiento el cual nos permitirá controlar de mejor manera los parámetros necesarios para poder mantener en las mejores condiciones el funcionamiento del extractor de zumo.

Tabla 4-12: Tabla de mantenimiento del prototipo de máquina extractora de zumo

 Facultad de Mecánica	PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EXTRACTOR DE ZUMO		No.1 Código:
			EIM-TM-12-2023
			Página. 1/1
Sugerencias del plan de mantenimiento para la extractora de zumo		Seguir las indicaciones aquí descritas para garantizar el buen funcionamiento y vida útil de la extractora.	
Mantenimiento diario			
Actividad		Personal indicado	
Inspección visual del estado del extractor y sus partes.		Usuario	
Limpieza, lavado y secado de cada una de sus partes en el caso de uso diario.		Usuario	
Mantenimiento mensual			
Actividad		Personal indicado	
Inspección visual de la integridad de cada uno de los elementos del extractor.		Usuario	
Verificación de la estabilidad estructural del extractor.		Usuario	
Inspección y control de funcionamiento de los componentes eléctricos.		Eléctrico	
Ajuste y verificación de los elementos de fijación		Mecánico	

Mantenimiento anual	
Actividad	Personal indicado
Verificación y corrección del husillo extractor	Mecánico
Verificación y corrección de cada una de las partes del extractor.	Mecánico y eléctrico
Limpieza con antioxidante en la parte estructural.	Usuario
Desinfectar cada uno de los componentes del extractor.	Usuario

Realizado por: García, Henry 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con la revisión exhaustiva del estado del arte, se logró obtener una comprensión profunda de las tecnologías existentes en el ámbito de extractores de zumo de frutas y verduras. Este análisis permitió identificar las tendencias, los avances tecnológicos y las limitaciones actuales, proporcionando una base sólida para el desarrollo del proyecto.

La fase de estudio conceptual fue fundamental para establecer los principios y los requisitos de diseño de la máquina extractora. Se exploraron diversas soluciones y conceptos, considerando factores como la eficiencia, la durabilidad y la facilidad de mantenimiento.

Los resultados obtenidos mediante el análisis en ANSYS revelan aspectos críticos del husillo extractor dando como resultado una deformación mínima de $1.5798+006$ m y una deformación máxima de $9.6515+007$ m. Estos datos resaltan las áreas específicas, donde se concentran las mayores deformaciones. En cuanto al esfuerzo equivalente, calculado según la teoría de von Mises, se registra un esfuerzo mínimo de 21.009 Pa y un esfuerzo máximo de $4.4643e+006$ Pa. Estos resultados son fundamentales para orientar ajustes de diseño y optimización, garantizando la integridad estructural del extractor bajo las condiciones de carga definidas.

La conclusión del sistema eléctrico destaca la importancia crucial de la integración exitosa del control ON-OFF acoplado a un sensor en la máquina extractora de zumo. La implementación de un sistema eléctrico que se activa únicamente cuando el sensor detecta la posición correcta asegura un funcionamiento eficiente y seguro.

La construcción del prototipo marcó la culminación de la teórica y del diseño. La implementación práctica permitió validar la viabilidad del concepto y la aplicabilidad de las soluciones propuestas. El protocolo de pruebas evaluó de manera eficiente el rendimiento del extractor en diversas condiciones, garantizando la conformidad con los objetivos establecidos.

5.2. Recomendaciones

Explorar opciones para integrar tecnologías renovables en el funcionamiento del extractor, buscando reducir costos operativos y promover prácticas medioambientales responsables.

Se sugiere seguir el plan de mantenimiento de una manera correcta para proteger la integridad del equipo y alargar la vida útil del mismo.

Se sugiere una revisión constante de los procesos de manufactura, como el torneado y la soldadura, para identificar áreas de mejora en términos de eficiencia y calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BUDYNAS, Richard. G.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. [En línea] 2012. <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>.
2. **CORREA, Moisés Espinoza.** *Aplicación del método QFD para el diseño de un envase de geometría especail en el proceso de termoformado*. [En línea] Julio de 2015. <https://elibro.net/es/ereader/epoch/95359>.
3. **GARRIDO UNKEL, Betzabe Stephanie.** Universidad Técnica federico Santa Maria. [En línea] <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48045/3560901064645UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
4. **JARRÍN, Edison Lenin.** *Escuela Politécnica Nacional*. [En línea] Marzo de 2010. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1866/1/CD-2798.pdf>.
5. **KELJIK, Jeff.** *Electricidad 4 motores de ac/cc, controles y mantenimiento*. [En línea] 31 de Mayo de 2011. <https://elibro.net/es/ereader/epoch/76611>.
6. **LEIDA MARICELA BONILLA RIVERA, ANDREA LUCÍA PAGUAY ALVARADO.** *Escuela Superior Politecnica Del Litoral*. [En línea] 2017. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/7045bef2-b248-47b2-970f-a795c725f5e4/DCD254.pdf>.
7. **LUDEÑA, Robert Vicente.** *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. [En línea] <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/34311/DCD28576.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
8. **MIRAVETE, Marco, Antonio** *Transportadores y elevadores*. [En línea] https://www.google.com.ec/books/edition/Transportadores_y_elevadores/boBJEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=que+es+un+tornillo+sin+fin&pg=PA50&printsec=frontcover&bsh=m-ri-mc/1.
9. **PAÚL SANTIAGO MOLINA ORTIZ, JIMMY VICENTE VILLAZHAÑAY CARRIÓN.** *Universidad De Cuenca*. [En línea]

file:///C:/Users/HENRY%20GARCIA/Downloads/Trabajo%20de%20titulacion%20Paul%20Molina,%20Jimmy%20Villazha%20C3%B1ay.pdf.

10. **ROYDISA.** *Roydisa*. [En línea] 2023. <https://www.roydisa.es/archivos/3356>.
11. **TLAZALO, Emmanuel Jaén.** *Universidad Veracruzana*. [En línea] Febrero de 2011. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38460928/luis-libre.pdf?1439438092=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_VERACRUZANA_FACULTAD_DE_INGE.pdf&Expires=1701749493&Signature=fIzjz5Fi8JdKPZ1QwETj0ZaUBrVkJXdYIYVlzRgMLPc7dT9UQtqZ-r3uv.
12. **JAHANBAKHSI A, ABBASPOUR-GILANDEH Y, GUNDOSMIAN TM.** *Determination of physical and mechanical properties of carrot in order to reduce waste during harvesting and post-harvesting*. [En línea] 8 Julio de 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6189625/>.
13. **M. GROTTÉ, F. DUPRAT, D. LOONIS, E. PIÉTRI.** *Mechanical properties of the skin and the flesh of apples*. [En línea] 6 Febrero de 2007. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1081/JFP-100002193>.
14. **MONTERO, Marta. C.** *Internal quality profile and influence of packaging conditions on fresh-cut pineapple*. [En línea] 2010. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/51010/Tmcm1de1.pdf;sequence=1#page=106>.
15. **DRESS A. M., Hassan A. M., Ehab Mostafa.** *Physical and mechanical properties of fodder beet in related to cutting process*. [En línea] Julio 2017. https://mjae.journals.ekb.eg/article_99107_a00c2f6b90636765b96e72932118406d.pdf.

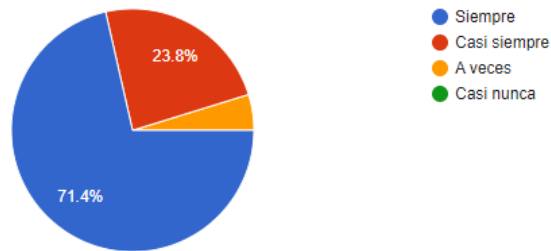


ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA PRELIMINAR PARA LA TOMA DE DATOS DEL CLIENTE SOBRE EL PROROTIPO DE EXTRACTORA DE ZUMO DE FRUTAS Y VERDURAS

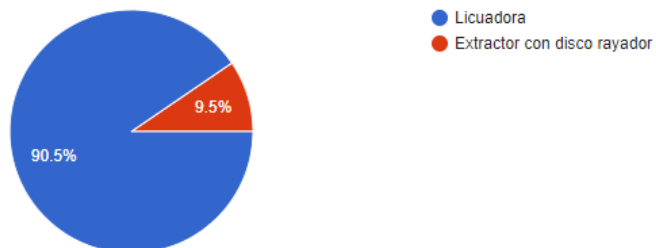
¿Con qué frecuencia consume usted zumo o jugo de frutas y verduras?

21 respuestas



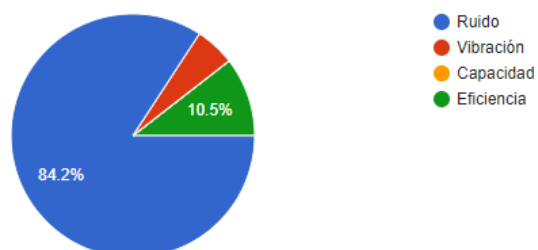
¿Cómo obtiene usted el zumo o jugo de frutas y verduras?

21 respuestas



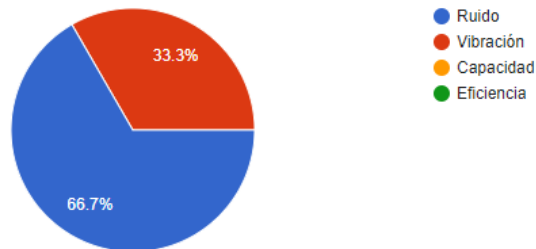
¿Qué le molesta del uso de la licuadora para obtener zumo o jugo de frutas y verduras? (Responder en el caso que haya seleccionado licuadora en la pregunta anterior)

19 respuestas



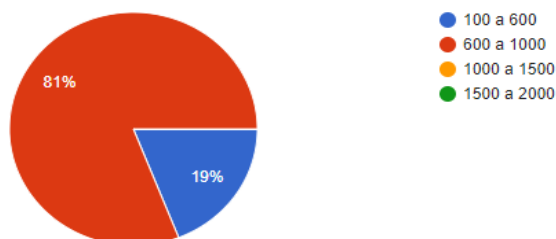
¿Qué le molesta del uso del extractor con disco rayador para obtener zumo o jugo de frutas y verduras? (Responder en el caso que haya seleccionado extractor con disco rayador en la pregunta anterior)

3 respuestas



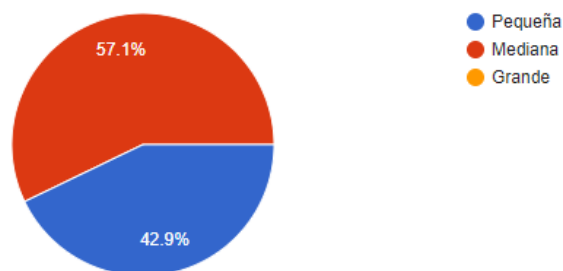
¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un extractor de frutas y verduras?, sabiendo que este es mucho más eficiente al momento de extraer el zumo de frutas y que tendría muchas más ventajas sobre los usados comúnmente

21 respuestas



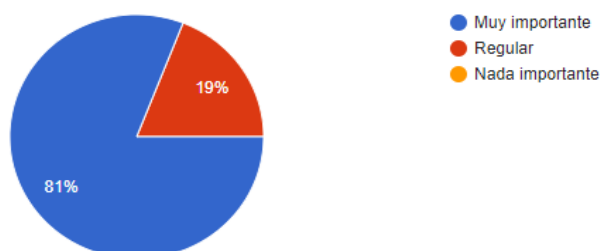
¿Si usted tuviera la oportunidad de adquirir una máquina extractora de zumo de frutas y verduras, de que dimensiones le gustaría que fuera?

21 respuestas



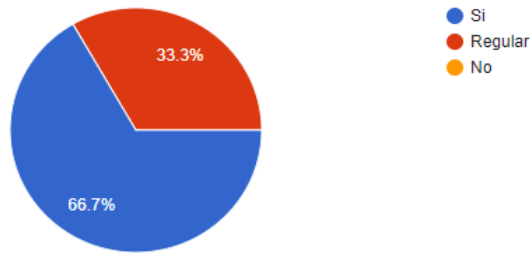
Al momento de extraer el zumo de frutas y verduras. ¿Qué tan importante cree usted que es la protección del baso donde se realiza el proceso de extracción de zumo?

21 respuestas



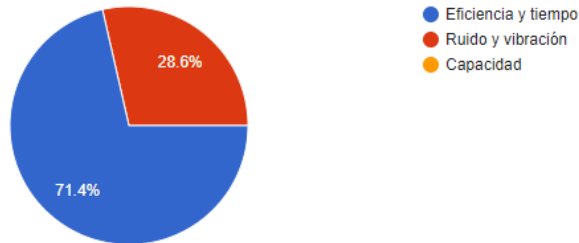
¿Cree usted que el diseño de una maquina extractora es importante?

21 respuestas



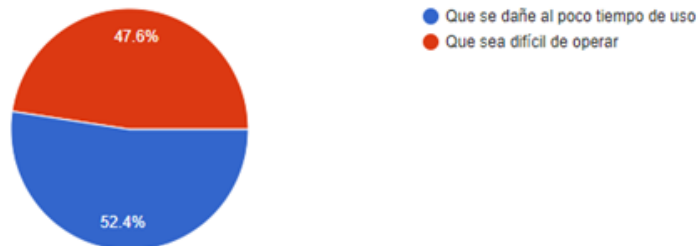
Si usted fuera o es dueño de un local de venta de zumos o jugos de frutas y verduras. ¿Cuál cree que es el punto mas importante que debería tener un extractor de zumo de frutas y verduras?

21 respuestas



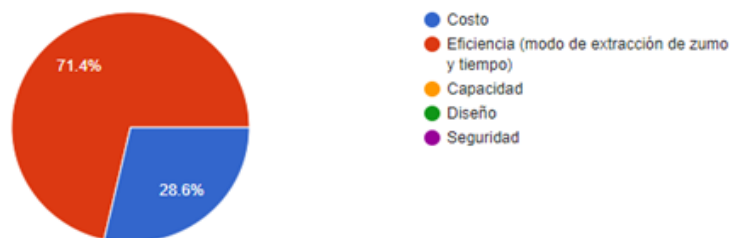
¿Qué es lo que mas le molestaría al momento de comprar un extractor que tenga mas costo de uno convencional es decir que una licuadora o de un extractor con disco rayador?

21 respuestas



De todas las características mencionadas antes. ¿Cuál cree usted que sería el punto más importante a tomarse en cuenta para la compra de un extractor de zumo de frutas y verduras?


21 respuestas



	afecten a su funcionamiento.			
ESTABILIDAD	Verificar que la extractora de zumo no presente movimientos bruscos que tiendan a hacer que la máquina se traslade.	INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS (✓)	
			NC ()	
DEFORMACIÓN	Verificar que el soporte estructural no demuestre deformaciones que afecten a su integridad.	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
HUSILLO EXTRACTOR				
CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	MÉTODO EMPLEADO	CÓDIGO	COMENTARIO
ESTABILIDAD	Verificar que el husillo extractor se mantenga estable mientras comprime a la fruta o verdura.	INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS (✓)	
			NC ()	
DEFORMACIÓN	Verificar que no exista deformaciones permanentes en las hélices de husillo.	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
MONTAJE Y DESMONTAJE	Verificar que las partes del extractor se acoplen y desacoplen adecuadamente al momento del montaje y desmontaje	INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS (✓)	
			NC ()	
VELOCIDAD DE ROTACIÓN	Verificar que el husillo gire a la velocidad de diseño	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
MOTOR				

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	MÉTODO EMPLEADO	CÓDIGO	COMENTARIO
TEMPERATURA	Verificar que no exista sobrecalentamiento durante el tiempo de uso (2 horas consecutivas).	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
SISTEMA DE CONTROL				
CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	MÉTODO EMPLEADO	CÓDIGO	COMENTARIO
TEMPERATURA	Verificar que los componentes no se sobrecaliente durante el tiempo de uso (2 horas consecutivas).	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
FUNCIONALIDAD	Verificar que el sistema de control realice su función.	HERRAMIENTA Y INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS ()	
			NC ()	
OPERABILIDAD				
CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	MÉTODO EMPLEADO	CÓDIGO	COMENTARIO
HERMETICIDAD	Verificar que no exista fugas al momento de la extracción de zumo.	INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS (✓)	
			NC ()	
CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN	Medir la capacidad de extracción de zumo (2 horas consecutivas).	HERRAMIENTA	CS (✓)	
			NC ()	
COMPROBACIÓN DE EXTRACCIÓN DE ZUMO	Verificar que la extracta cumple con su propósito.	INSPECCIÓN VISUAL (IV)	CS (✓)	
			NC ()	
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD				
RESPONSABLE DE LA MÁQUINA		RESPONSABLE DE LA PRUEBA		

ANEXO C: FICHA TÉCNICA


 Facultad de Mecánica	DATA SHEET		No.1 Código:	
			EIM-TM-11-2023	
			Página. 1/1	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
Función	El extractor de zumo de frutas y verduras tiene como objetivo extraer el zumo de frutas y verduras mediante un proceso de compresión por un husillo de hélice variable que gira a bajas revoluciones con un gran torque, para esto se emplea un motor que trabaja a una velocidad de 1650 RPM, de tal modo se diseñó una caja reductora de velocidades el que tendrá como salida una velocidad de 43 rpm. El husillo de hélice variable está construido con acero inoxidable de grado alimenticio el cual es apto para la extracción del zumo de frutas para el consumo humano bajo las normativas de procesos alimenticios del País.			
DATOS TÉCNICOS				
Máquina	Dimensiones de la fruta o verdura		Capacidad (l/h)	
Extractor de zumo de frutas y verduras	7cm de largo x 1,5 cm de diámetro		20	
Potencia del motor (hp)	Velocidad de trabajo del extractor (RPM)	Espacio de trabajo	Peso máquina (kg)	
0.134	43	200x295x496 cm (Ancho, largo y alto)	20.8	
TRANSMISIÓN DE POTENCIA				
Caja reductora de velocidades				
Tipo de engranaje	Lubricante		Material	
Helicoidal	aceite SAE 10w para motor PHG B134		Fundición gris	
OBSERVACIONES				

ANEXO D: MANUAL DE SEGURIDAD

Advertencias y precauciones para el funcionamiento del extractor de zumo de frutas y verduras.	
Advertencias para el funcionamiento del extractor de zumo	<ul style="list-style-type: none">• Si se inserta una fruta o verdura entera en el extractor, no se podrá obtener el zumo ya que esta quedará haciendo juego con el husillo extractor.• Después de armar el extractor verificar que no exista juego entre el eje del motor con el husillo extractor ya que si se enciende sin antes verificar este puede dañar a las partes del extractor.• No insertar frutas o verduras sumamente duras como el coco ya que dañarían al husillo extractor.• Al momento de encender el extractor el usuario debe estar pendiente, ya que este se puede trabar y al no realizar el cambio de giro del motor este puede afectar a los componentes del mismo.
Precauciones para el funcionamiento del extractor de zumo	<ul style="list-style-type: none">• Antes de encender el extractor de zumo de frutas y verduras hay que revisar que en el husillo extractor no exista algún cuerpo metálico, piedra, plástico u otro cuerpo que pueda dañar a la máquina.• Antes de insertar cualquier fruta o verdura esta debe estar debidamente cortada en partes pequeñas que pueden ser comprimidas de una manera adecuada.• Al momento de insertar la fruta o la verdura no meter la mano hasta el tope del husillo extractor ya que este puede causar daños en la mano.• Antes de encender el extractor verificar que todo esté debidamente acoplado.• Limpiar adecuadamente el husillo y el extractor después de cada uso ya que el zumo de frutas y verduras puede afectar a la integridad del extractor.• Antes de empezar a extraer zumo de frutas y verduras asegurar que el área en donde se encuentre el extractor ese limpia ya que el zumo, la fruta o la verdura pueden contaminarse.

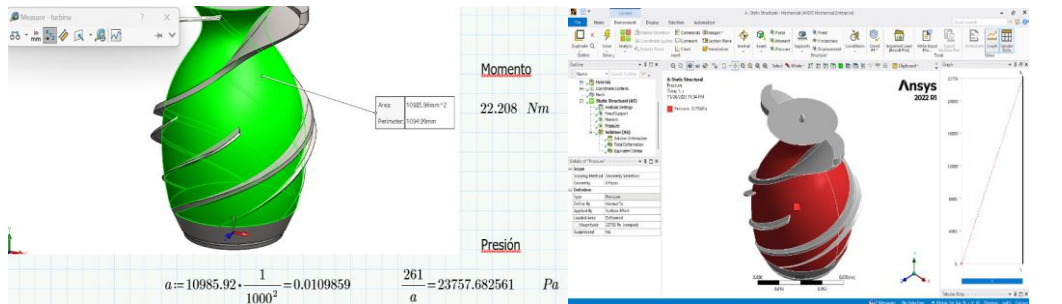
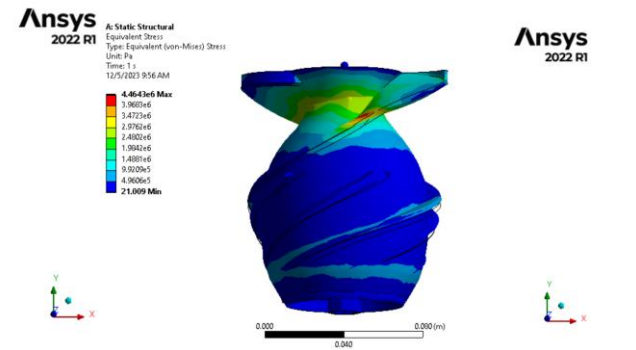
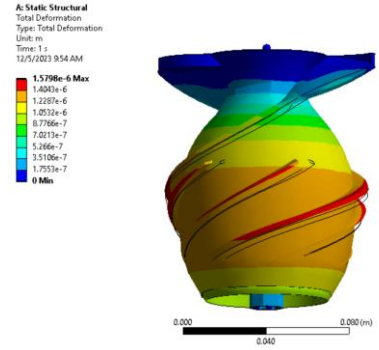
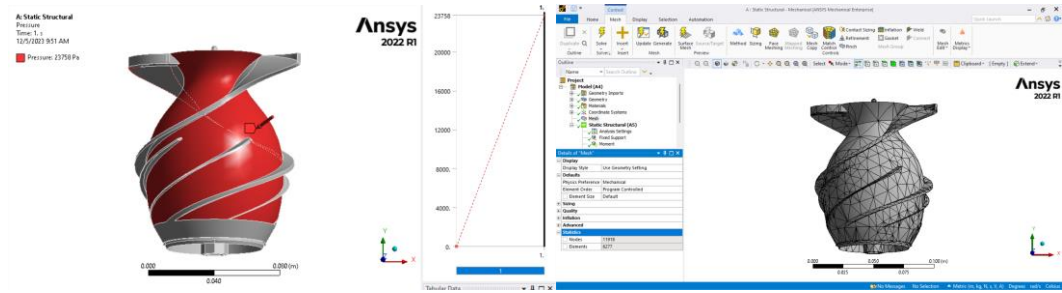
1.	Verificar que existan todas sus piezas.
2.	Comprobar que cada pieza este en buen estado
3.	Armar el extractor.
4.	Asegurarse que cada una de las piezas estén debidamente acoplada y en su lugar.
5.	Antes de encender el extractor verificar que no exista basura o algún cuerpo no deseado en el extractor.
6.	Verificar que las frutas o verduras estén debidamente cortadas en pedazos pequeños.
7.	Durante el funcionamiento verificar que el extractor no se trabe y de ser así cambiar el giro del motor por unos segundos hasta que se destrabe y finalmente cambiar de nuevo el sentido del motor a la función de extracción.
8.	Después del uso limpiar debidamente cada una de sus partes.

ANEXO E: PLAN DE MANTENIMIENTO

 <p>Facultad de Mecánica</p>	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EXTRACTOR DE ZUMO</p>	No.1 Código:
		EIM-TM-11-2023
		Página. 1/1
<p>Sugerencias del plan de mantenimiento para la extractora de zumo</p>	<p>Seguir las indicaciones aquí descritas para garantizar el buen funcionamiento y vida útil de la extractora.</p>	
<p>Mantenimiento diario</p>		
<p>Actividad</p>	<p>Personal indicado</p>	
<p>Inspección visual del estado del extractor y sus partes.</p>	<p>Usuario</p>	
<p>Limpieza, lavado y secado de cada una de sus partes en el caso de uso diario.</p>	<p>Usuario</p>	
<p>Mantenimiento mensual</p>		
<p>Actividad</p>	<p>Personal indicado</p>	
<p>Inspección visual de la integridad de cada uno de los elementos del extractor.</p>	<p>Usuario</p>	
<p>Verificación de la estabilidad estructural del extractor.</p>	<p>Usuario</p>	
<p>Inspección y control de funcionamiento de los componentes eléctricos.</p>	<p>Eléctrico</p>	
<p>Ajuste y verificación de los elementos de fijación</p>	<p>Mecánico</p>	
<p>Mantenimiento anual</p>		
<p>Actividad</p>	<p>Personal indicado</p>	
<p>Verificación y corrección del husillo extractor</p>	<p>Mecánico</p>	
<p>Verificación y corrección de cada una de las partes del extractor.</p>	<p>Mecánico y eléctrico</p>	
<p>Limpieza con antioxidante en la parte estructural.</p>	<p>Usuario</p>	
<p>Desinfectar cada uno de los componentes del extractor.</p>	<p>Usuario</p>	

Realizado por: (García, H. 2023)

ANEXO F: RESULTADOS ANSYS



ANEXO G: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ZANAHORIA, MANZANA, PIÑA Y REMOLACHA
ZANAHORIA

Table 2

Mechanical properties of carrot fruit in the pressure test

Parameters	Mean	Max	Min	SD	CV %
Elasticity modulus (MPa)	0.038	0.046	0.029	0.007	18.42
F_{max} (N)	71.90	92.30	56.70	17.88	24.86
DL at F_{max} (mm)	19.32	21.70	17.40	1.60	8.28
W to F_{max} (N.mm)	862.32	935.20	789.80	52.06	6.03

MANZANA

MECHANICAL PROPERTIES OF SKIN AND FLESH OF APPLES

159

Table 1. Contributions of the Skin to the Firmness Properties for Four Apple Varieties (Fuji, Granny Smith, Golden Delicious, Pink Lady), Tested After a 210-Day Storage at 2°C. Mean ± Standard Deviation

Variety	Contribution of the Skin (%)			
	Deformation	Rupture Force	Firmness	Toughness
Fuji	8.40 ± 11.04 (a)	67.26 ± 5.95 (a)	58.44 ± 5.20 (a)	65.35 ± 6.06 (a)
Pink Lady	14.53 ± 9.07 (b)	61.67 ± 3.71 (b)	56.87 ± 5.01 (a)	68.26 ± 7.32 (a)
Golden Delicious	25.24 ± 8.89 (c)	72.60 ± 2.16 (c)	61.19 ± 5.26 (a)	78.51 ± 3.59 (b)
Granny Smith	31.90 ± 8.23 (d)	67.95 ± 5.70 (a)	59.51 ± 5.20 (a)	81.41 ± 2.88 (c)

Note: Values in parentheses with the same letter are not significantly different ($P < .05$). (ANOVA: soft INRA-LAMPE, Avignon).

PIÑA

Table 1. Mechanical properties of pineapple flesh from different sections of the fruit for compression, penetration and shear tests.

Force type and cross-section	Fracturability (N)	Fracture work (N mm)	Hardness (N)	Hardness work (N mm)
Compression				
Bottom	nd	nd	25.2 ± 7.8	35 ± 16
Middle	nd	nd	26.7 ± 5.7	41 ± 15
Top	nd	nd	30.5 ± 9.6	42 ± 14
Penetration				
Bottom	4.0 ± 1.1	5.5 ± 2.7	5.2 ± 1.3	20 ± 10
Middle	3.0 ± 0.7	4.1 ± 1.9	4.5 ± 0.8	20 ± 7
Top	3.8 ± 1.0	6.4 ± 3.1	4.9 ± 1.2	24 ± 8
Shear				
Bottom	8.7 ± 4.0	16.9 ± 11.6	10.0 ± 3.5 ^b	41 ± 24 ^b
Middle	6.0 ± 1.5	10.4 ± 4.1	8.5 ± 1.2 ^{ab}	19 ± 6 ^a
Top	6.2 ± 2.1	11.4 ± 4.4	6.9 ± 2.2 ^a	24 ± 18 ^{ab}

nd: not detected. Data shown are mean values ± standard deviation. Different letters for sets of three values within a column indicate statistically significant differences (Duncan, $p < 0.05$). Letters not included when non significant differences exist.

REMOLACHA

Table (7): The effect of region on firmness, shearing stress and shearing energy.

Cutting region	Firmness (N)	Shearing stress (MPa)	Shearing energy (mJ mm⁻²)
Upper	179.8 ^a	0.489 ^a	8.55 ^a
Middle	153.9 ^b	0.418 ^b	7.32 ^b
Lower	127.2 ^c	0.346 ^c	6.05 ^c
F-test	*	*	*

NS and *: Non-significant, significant at $P > 0.05$, respectively. Means with the same letters are not significantly different at $P < 0.05$.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 08 / 02 / 2024

INFORMACION DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: HENRY BRYAN GARCÍA ALDAZ
INFORMACION INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MECÁNICA
Título a optar: INGENIERO MECÁNICO
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

0069-DBRA-UPT-2024

