



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
MÁQUINA DESCAMADORA DE PESCADO PARA EL
RESTAURANTE ZONA MARINERA

AUTOR: MASAPANTA GUAYTA, VICTOR HUGO

DIRECTOR: ING. TAPIA ZURITA, MELTON EDMUNDO

SANGOLQUÍ

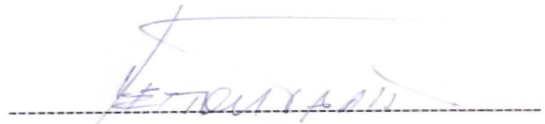
2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DESCAMADORA DE PESCADO PARA EL RESTAURANTE ZONA MARINERA***” realizado por el señor ***VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor ***VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA*** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de abril del 2017



ING. MELTON EDMUNDO TAPIA ZURITA
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA**, con cédula de identidad N° 1720926300, declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DESCAMADORA DE PESCADO PARA EL RESTAURANTE ZONA MARINERA**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 30 de abril del 2017

VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA

C.C: 1720926300



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DESCAMADORA DE PESCADO PARA EL RESTAURANTE ZONA MARINERA**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 30 de abril del 2017

VICTOR HUGO MASAPANTA GUAYTA

C.C: 1720926300

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a mis padres, por ser mi apoyo incondicional en toda mi etapa universitaria, a ellos quiero expresarles mi respeto y admiración por hacer de mí un ser humano honesto, responsable y sobre todo respetuoso.

Además, dedico este proyecto a mis hermanos y demás familiares por ayudarme con su aliento y buenos consejos, gracias a ellos salí fortalecido en los momentos difíciles.

Pienso que este logro no es solo mío sino también de todos nosotros, auguro de aquí en adelante seguir cumpliendo mis sueños.

Hugo Masapanta

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas, a todos mis maestros y compañeros, gracias a ellos por brindarme todo su respaldo y conocimiento, no me cabe la menor duda que en estas aulas se forjan grandes profesionales y extraordinarios seres humanos.

Agradezco a mis padres, familiares y amigos por estar siempre pendientes de mí y apoyarme en todo momento, gracias a todos y quiero decirles que todos los sueños se vuelven realidad con mucho esfuerzo y dedicación.

Finalmente agradezco al Ing. Melton Tapia por brindarme su ayuda durante el transcurso del proyecto.

Hugo Masapanta

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xx
Abstract	xxi
CAPITULO I	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Hipótesis	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.A Objetivo general.....	2
1.4.B Objetivos específicos	2
1.5 Justificación e importancia.....	3
1.6 Descripción del proyecto.....	3
CAPITULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Normas maquinarias de procesamiento de alimentos	4
2.1.A Materiales para la construcción	5

2.1.A.a	Acero inoxidable	5
2.1.A.b	Aluminio	6
2.1.A.c	Materiales sintéticos	7
2.1.A.d	Materiales no aconsejables	7
2.1.B	Zonas en el procesamiento de alimentos con distintos requerimientos de higiene.....	8
2.1.B.a	Área de contacto directo con alimentos [1]	8
2.1.B.b	Área propensa a salpicaduras [2]	9
2.1.B.c	Área sin contacto con alimentos [3]	9
2.1.C	Principios del diseño higiénico y construcción	9
2.1.C.a	Durables y resistentes:	9
2.1.C.b	Fácil limpieza	9
2.1.C.c	Funcionalidad	10
2.1.C.c.a	Tapa y aberturas	10
2.1.C.c.b	Rodamientos y transmisiones	10
2.1.C.c.c	Drenaje en los compartimientos	10
2.2	Máquinas utilizadas en el procesamiento de pescado.....	10
2.2.A	Despieladoras de pescado	11
2.2.B	Descamadoras de pescado	12
2.2.C	Fileteadoras	13
2.2.D	Evisceradoras	13
2.2.E	Líneas de producción	14
2.3	Máquinas descamadoras existentes en el mercado	14
2.3.A	Características máquina descamadora de pescado de pequeña capacidad	16

2.3.B	Datos técnicos máquina descamadora de pequeña capacidad	16
2.3.C	Características de la máquina descamadora de pescado de gran capacidad	17
2.4	Comparativas de especificaciones técnicas entre máquinas descamadoras de pescado	17
2.5	Diseño robusto.....	18
2.5.A	Arreglos ortogonales sin interacciones	19
2.5.B	Arreglos ortogonales para factores con interacciones	20
2.5.C	Arreglos ortogonales con señales de ruido.....	21
CAPÍTULO III		24
DISEÑO MECATRÓNICO.....		24
3.1	Etapa de prediseño.....	24
3.1.A	Identificación de las necesidades	24
3.1.A.a	Documentación e interpretación de las necesidades del cliente.....	24
3.1.A.b	Jerarquización de necesidades	25
3.1.A.c	Importancia relativa de las necesidades	27
3.1.A.d	Especificaciones objetivo del producto	27
3.2	Generación de conceptos	29
3.2.A	Combinación de conceptos.....	30
3.3	Selección del concepto	35
3.3.A	Filtrado de conceptos	35
3.3.B	Pruebas iniciales del concepto	37
3.3.B.a	Mallas	37
3.3.B.b	Matriz (15x15 mm) puntas salientes	38

3.3.B.c	Matriz (15x15 mm) con punzón de 9 mm espesor 1mm.....	38
3.3.B.d	Matriz (25x25 mm) con punzón de 9mm espesor 1,5mm.....	39
3.3.B.e	Matriz de perforaciones (15x15mm)	39
3.3.B.f	Matriz (25x25 mm) con punzón de 6mm espesor 1mm.....	40
3.3.B.g	Matriz de (15x15mm) con salientes lisos	40
3.3.C	Resultados de las pruebas iniciales de descamado	41
3.3.D	Selección de la rugosidad de la zona de contacto con los pescados	44
3.3.E	Bosquejo del concepto seleccionado.....	45
3.4	Diseño de detalle	46
3.4.A	Análisis de cargas estáticas.....	49
3.4.B	Análisis de cargas dinámicas.....	51
3.4.C	Diseño componentes mecánicos del prototipo	54
3.4.C.a	Dimensionamiento del motor	54
3.4.C.b	Diseño sistema reductor de velocidad	56
3.4.C.b.a	Diseño para obtener 160 rpm a la salida	57
3.4.C.b.b	Cálculo de la correa necesaria.....	58
3.4.C.b.c	Diseño para obtener 100 rpm a la salida.....	61
3.4.C.b.d	Cálculo de la correa necesaria.....	62
3.5	Componentes del sistema de control.....	65
3.5.A	Controlador	65
3.5.B	Actuadores.....	66
3.5.C	Sensores.....	66

3.5.D	Interfaz humano máquina	66
CAPÍTULO IV.....		67
IMPLEMENTACIÓN		67
4.1	Selección de equipos y materiales	67
4.1.A	Materiales	67
4.1.A.a	Material de la estructura del prototipo.....	67
4.1.A.b	Material de los soportes del prototipo	68
4.1.A.c	Material del sistema de alimentación de agua	69
4.1.B	Selección de sensores.....	70
4.1.B.a	Sensor de flujo de agua magnético	70
4.1.B.b	Sensor magnético	71
4.1.C	Selección de actuadores	71
4.1.C.a	Válvula solenoide.....	71
4.1.C.b	Motor.....	72
4.2	Construcción del prototipo	73
4.2.A	Proceso de elaboración estructura cilíndrica desmontable.....	73
4.2.B	Proceso de elaboración base giratoria	76
4.2.C	Proceso de elaboración de la estructura fija del prototipo ..	79
4.3	Implementación del sistema de control.....	82
4.3.A	Sistema eléctrico de actuadores	83
4.3.A.a	Electroválvula	83
4.3.A.b	Motor.....	83
4.3.B	Sistema eléctrico de sensores	85
4.3.B.a	Sensor magnético	85
4.3.C	Construcción de la caja eléctrica	86

4.4	Puesta en marcha.....	89
4.5	Diagrama de flujo del funcionamiento.....	92
4.6	Recomendaciones de mantenimiento.....	92
CAPÍTULO V.....		94
PRUEBAS Y RESULTADOS		94
5.1	Pruebas	94
5.2	Resultados.....	105
5.2.A	Especificaciones finales del prototipo	106
5.2.B	Comparativa entre especificaciones objetivo y especificaciones finales	107
CAPÍTULO VI.....		109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		109
6.1	Conclusiones	109
6.2	Recomendaciones	110
Bibliografía		111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de aceros inoxidables	6
Tabla 2 Materiales de aluminio	7
Tabla 3 Materiales sintéticos.....	7
Tabla 4 Datos técnicos descamadora ALFX-52.....	16
Tabla 5 Comparativa máquinas descamadoras existentes.....	17
Tabla 6 Arreglo ortogonal L4.....	19
Tabla 7 Arreglos ortogonales acorde a cantidad de parámetros.....	19
Tabla 8 Matriz ortogonal con interacción	21
Tabla 9 Arreglo ortogonal parámetros de diseño	22
Tabla 10 Arreglo ortogonal parámetros de ruido.....	22
Tabla 11 Arreglo ortogonal total con señales de ruido.....	23
Tabla 12 Interpretación de las necesidades.....	24
Tabla 13 Necesidades del usuario	27
Tabla 14 Lista de métricas	28
Tabla 15 Especificaciones del prototipo	28
Tabla 16 Exploración de productos con similar funcionalidad.....	30
Tabla 17 Combinación de conceptos	30
Tabla 18 Alternativa 1	31
Tabla 19 Alternativa 2	31
Tabla 20 Alternativa 3	31
Tabla 21 Alternativa 4	32
Tabla 22 Alternativa 5	32
Tabla 23 Alternativa 6	32
Tabla 24 Alternativa 7	33

Tabla 25 Alternativa 8	33
Tabla 26 Alternativa 9	33
Tabla 27 Alternativa 10	34
Tabla 28 Alternativa 11	34
Tabla 29 Alternativa 12	34
Tabla 30 Matriz de selección de conceptos	36
Tabla 31 Resultados obtenidos de las rugosidades	44
Tabla 32 Datos iniciales de diseño.....	46
Tabla 33 Volumen ocupado en la estructura cilíndrica.....	47
Tabla 34 Propiedades de material	49
Tabla 35 Sujeción fija	50
Tabla 36 Carga estática	50
Tabla 37 Información de la malla	50
Tabla 38 Propiedades del material.....	51
Tabla 39 Sujeción fija	52
Tabla 40 Carga dinámica	52
Tabla 41 Aceros disponibles en el mercado.....	68
Tabla 42 Ángulos de acero inoxidable	69
Tabla 43 Tabla de resistencia	69
Tabla 44 Especificaciones sensor de flujo	70
Tabla 45 Especificaciones válvula solenoide	72
Tabla 46 Especificaciones motor Weg	72
Tabla 47 Problemas y acciones	91
Tabla 48 Parámetros con sus respectivos niveles	95
Tabla 49 Matriz ortogonal L8.....	96

Tabla 50 Resultados pruebas de funcionamiento	96
Tabla 51 Suma por niveles de cada parámetro.....	99
Tabla 52 Influencia de los parámetros en el descamado	101
Tabla 53 Selección de niveles por cada parámetro	102
Tabla 54 Tabla de especificaciones finales.....	107
Tabla 55 Especificaciones objetivo y especificaciones finales	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zonas procesamiento de alimentos	8
Figura 2 Despieladora ST700V10	11
Figura 3 Despieladora ST700T	12
Figura 4 Descamadora STEEN ST521	12
Figura 5 Fileteadora	13
Figura 6 Evisceradora Kroma Gutmaster	13
Figura 7 Línea de procesado de salmón.....	14
Figura 8 Descamadora de pescados Frigomaq	15
Figura 9 Descamadora MYR 2.....	15
Figura 10 Descamadora Allance	16
Figura 11 Descamadora Allance de gran capacidad.....	17
Figura 12 Matriz de interacciones	20
Figura 13 Análisis matriz de interacciones.....	21
Figura 14 Mallas.....	37
Figura 15 Matriz puntas salientes	38
Figura 16 Matriz punzón 9mm espesor 1mm.....	38
Figura 17 Matriz 9mm espesor 1,5mm.....	39
Figura 18 Matriz de perforaciones.....	39
Figura 19 Matriz punzón de 6mm espesor 1mm	40
Figura 20 Matriz de salientes lisos	40
Figura 21 Prueba inicial 1.....	41
Figura 22 Prueba inicial 2.....	41
Figura 23 Prueba inicial 3.....	42
Figura 24 Prueba inicial 4.....	42

Figura 25 Prueba inicial 5.....	43
Figura 26 Prueba inicial 6.....	43
Figura 27 Prueba inicial 7.....	44
Figura 28 Concepto seleccionado.....	45
Figura 29 Recipiente en el que se basó el diseño.....	46
Figura 30 Diseño de la estructura cilíndrica	48
Figura 31 Estructura externa.....	49
Figura 32 Resultados del análisis estático	51
Figura 33 Resultados del estudio dinámico.....	53
Figura 34 Estimación de la correa.....	58
Figura 35 Polea de diámetro interno 100mm y banda de 24 pulgadas .	60
Figura 36 Estimación de la banda.....	62
Figura 37 Polea de diámetro interno 160mm y banda de 28 pulgadas.	64
Figura 38 Pines Raspberry Pi 2	65
Figura 39 Lámina de acero inoxidable 304	67
Figura 40 Ángulo de acero inoxidable AISI 304	68
Figura 41 Sensor de flujo de agua	70
Figura 42 Sensor Magnético	71
Figura 43 Válvula Solenoide	71
Figura 44 Motor.....	72
Figura 45 Lámina para la estructura cilíndrica	73
Figura 46 Marcación sitios a perforar	74
Figura 47 Taladrado y retiro de limalla.....	74
Figura 48 Punzón y placa matriz.....	75
Figura 49 Barolado estructura cilíndrica rugosa.....	75

Figura 50 Cortes para las compuertas	76
Figura 51 Estructura cilíndrica desmontable	76
Figura 52 Lámina de la base giratoria espesor 1mm	77
Figura 53 Recorte de la lámina	77
Figura 54 Repujado de una lámina circular.....	78
Figura 55 Punzonado de la base	78
Figura 56 Base giratoria rugosa	79
Figura 57 Base del prototipo	79
Figura 58 Lámina de 3mm barolada	80
Figura 59 Soldadura alrededor de la estructura externa	80
Figura 60 Fijación del motor y transmisión.....	80
Figura 61 Ensamble externo	81
Figura 62 Estructura externa.....	82
Figura 63 Circuito de alimentación principal.....	82
Figura 64 Circuito eléctrico electroválvula.....	83
Figura 65 Circuito eléctrico motor sentido horario.....	84
Figura 66 Circuito eléctrico motor sentido antihorario	84
Figura 67 Circuito eléctrico del sensor magnético.....	85
Figura 68 Circuito eléctrico sensor de flujo	86
Figura 69 Cableado caja eléctrica.....	87
Figura 70 Panel caja eléctrica	88
Figura 71 Ícono de inicialización de interfaz.....	89
Figura 72 Pantalla de inicio interfaz gráfica.....	89
Figura 73 Pantalla de menú	90
Figura 74 Pantalla modo automático.....	90

Figura 75 Indicador para abrir compuerta de salida.....	91
Figura 76 Diagrama de flujo de la lógica de programación	92
Figura 77 Grafica de efectos por parámetro en el proceso	103
Figura 78 Resultado final	105
Figura 79 Descamadora de pescados	108

RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó y construyó un prototipo de máquina descamadora de pescado para el restaurante Zona Marinera. El prototipo es sencillo, económico y aportará a la automatización del proceso de descamado de pescado en el restaurante antes mencionado y puede servir como base para futuros desarrollos de equipos para aplicaciones similares. El prototipo está construido bajo las normas establecidas para maquinaria alimenticia y estructuralmente consta de una base giratoria, una estructura cilíndrica desmontable, una estructura fija, compuerta de entrada de pescados, compuerta de salida de pescados y un ducto de salida de agua residual. Dentro del diseño mecánico se utilizó un sistema mixto de transmisión constituido por poleas y una caja de engranes planetarios. La máquina descamadora de pescado cuenta con dos actuadores; el primero es un motor, que se encarga de suministrar la potencia necesaria al sistema, mediante el giro de la base se produce la fricción entre los pescados y la pared de la estructura cilíndrica retirando de esta manera las escamas, además posee una electroválvula que tiene como función el arrojar agua a los pescados y direccionar las escamas a la bandeja de salida de agua residual. El prototipo tiene tres sensores: dos magnéticos instalados en las compuertas y uno de flujo instalado en la tubería de suministro de agua, se utilizó un microcontrolador y una pantalla táctil para monitorear y controlar el funcionamiento del prototipo. Como resultado se consiguió un prototipo robusto, de fácil utilización, configurable de forma manual y automática que realiza el proceso de descamado con gran eficiencia.

Palabras clave:

- **ESCAMAS**
- **MAQUINARIA DE ALIMENTOS**
- **ACERO INOXIDABLE**
- **HIGIENE**
- **RUGOSIDAD**

Abstract

In this project a fish scaler prototype was designed and built for Zona Marinera restaurant. The prototype is simple, economical and it will contribute to the automation of process to remove the scales in the aforementioned restaurant and it can serve as a base for future developments of equipment for similar applications. Prototype was built with norms for food machinery and its structure consist of: a rotatory base, a removable cylindrical structure, a fixed structure, fish inlet gate, fish outlet gate, fish outlet tray, and a duct of waste water. The mechanical design used a mixed transmission system constituted by pulleys and a planetary gearbox. Fish scaler machine has two actuators; first was the motor, it supplies the necessary power to the system, when the base rotates, the fishes friction with the wall of the cylindrical structure and the scales are removed, in addition prototype has a solenoid valve that throw water to the fishes and the scales went to the duct of waste water. Prototype has three sensors: two magnetic installed in the gates and one flow sensor installed in the water pipeline, a microcontroller and a touch screen were used to control and supervise the prototype's operation. As a result, the prototype is robust, easy to use, automatically and manual configurable and it remove the scales with great efficiency.

Keywords:

- **SCALES**
- **FOOD EQUIPMENT**
- **STAINLESS STEEL**
- **HYGIENE**
- **RUGOSITY**

CAPITULO I GENERALIDADES

En este capítulo se describe de forma general el trabajo realizado, en primera instancia se analiza los antecedentes, objetivos y justificación del proyecto; finalmente se realiza una descripción breve del mismo.

1.1 Antecedentes

“En Ecuador, el consumo anual per cápita de productos de mar es del 7,8 kg, según el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Espol” (El Telégrafo, 2014).

El pescado es uno de los productos con mayor demanda en las marisquerías debido a su variedad y forma en que se puede preparar, entre los diferentes tipos de peces están: pargo, camotillo, róbalo, tilapia, dorado, etc.

Entre los principales procesos que se realizan con los pescados podemos encontrar: descamado, eviscerado, fileteado, despielado entre otros.

Actualmente en la mayoría de sitios de expendio de pescado y restaurantes se realiza el proceso de descamado de forma manual a través de cuchillos y otros instrumentos cortantes.

Este procedimiento demanda de una gran cantidad de tiempo, debido a que se procesa los pescados de uno en uno y las personas que se dedican a realizar el proceso de descamado están expuestos a sufrir heridas a causa de los implementos utilizados.

Un problema que se suscita al realizar el proceso de descamado de forma manual es la recolección de las escamas, pues al momento ser retiradas salpican en diferentes direcciones y se convierte en un proceso antihigiénico.

En tal motivo la industria alimenticia se ha visto en la necesidad de utilizar máquinas y equipos que faciliten el procesamiento de mariscos y lo realicen de una forma eficiente, higiénica y segura.

1.2 Planteamiento del problema

En el restaurante Zona Marinera actualmente el proceso de descamado de pescados se lo realiza de manera manual, esto implica mucho tiempo debido a la cantidad de pescados que se deben descamar para satisfacer la demanda, tomando en cuenta que las personas que realizan esta actividad están propensas a sufrir alguna herida al trabajar con cuchillos y otros implementos de cocina cortantes, razón por la cual el restaurante se ha visto en la necesidad de realizar el proceso de descamado de una forma más rápida y eficiente.

Por tal motivo la construcción de una máquina descamadora de pescado pretende reducir sustancialmente el tiempo que conlleva este proceso de una forma segura e higiénica.

1.3 Hipótesis

El prototipo de máquina descamadora de pescado tendrá una capacidad máxima de carga de 8kg que se procesarán en 5 minutos por cada puesta en marcha.

1.4 Objetivos

1.4.A *Objetivo general*

Diseñar, construir y automatizar un prototipo de máquina descamadora de pescado para el restaurante Zona Marinera.

1.4.B *Objetivos específicos*

Dimensionar los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos del sistema de control para la automatización del prototipo.

Construir el prototipo en base al diseño realizado.

Diseñar e implementar un panel táctil para el manejo y control del proceso.

Validar el funcionamiento del prototipo mediante pruebas experimentales.

1.5 Justificación e importancia

El diseño y construcción de un prototipo descamador de pescado es una alternativa para optimizar el tiempo, proteger la integridad de las personas que preparan los alimentos, cuidar la salud pública al no intervenir la mano humana que pueda contagiarla y mejorar el proceso de descamado de pescado.

1.6 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un prototipo descamador de pescado. El prototipo tiene como objetivo optimizar el tiempo que emplea la actividad de descamado de pescados para la posterior preparación de estos alimentos y además precautelar la integridad de las personas encargadas de realizar esta actividad con el fin que este proceso sea lo más eficiente, higiénico y seguro por parte del restaurante.

El prototipo se lo desarrollará haciendo uso de energía eléctrica, mediante un motor que proporcionará la potencia necesaria al sistema. El equipo utilizará agua que será la encargada de direccionar las escamas de los pescados hacia un recipiente en donde se filtrará las escamas y el agua residual.

Para la automatización del proceso de descamado se realizará una interfaz manejada por el operador que active y desactive automáticamente el sistema en conjunto.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la fundamentación teórica en la que se encuentra basado el presente proyecto de tesis como son: normas, máquinas utilizadas en la industria de los mariscos, máquinas descamadoras existentes que permitirán generar ideas fundamentadas del prototipo a construir.

2.1 Normas maquinarias de procesamiento de alimentos

En el Ecuador existe un reglamento técnico para la seguridad e higiene de máquinas para procesado de alimentos, es el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 131.

Este reglamento hace mención a los requisitos de higiene y seguridad que las máquinas utilizadas en el procesado de alimentos deben cumplir con el fin de resguardar la salud e integridad de las personas y evitar malas prácticas por parte de los usuarios.

Existen otras normas internacionales enfocadas en el campo del proyecto a realizar como son las especificadas por la Asociación Española de Normalización y certificación. En esta norma se “especifica los requisitos de higiene comunes aplicables a la maquinaria utilizada en la preparación y procesado de alimentos destinados al consumo humano” (AENOR, 2009).

Además, existen las normas americanas FDA (Food and Drugs Administration) especificadas en el Código de Alimentos que “entrega orientación práctica, basada en la ciencia, y disposiciones con fuerza ejecutiva para mitigar los factores de riesgo que son causantes conocidos de enfermedades transmitidas por los alimentos” (Public Health Service, 2009, p. 5).

2.1.A Materiales para la construcción

Los materiales que se usan para la fabricación de máquinas e instrumentos utilizados en alimentos y tienen contacto directo con los mismos, necesariamente deben ser materiales duraderos, anticorrosivos, seguros, deben resistir a la limpieza constante, con acabados lisos, resistentes al rayado, picaduras, entre otros.

2.1.A.a Acero inoxidable

El acero inoxidable por lo general es la opción más viable para la fabricación de una máquina en la industria alimenticia, los aceros inoxidables más utilizados son: AISI 304, AISI 316 y AISI 316L.

El AISI 304 es un acero que resiste a la corrosión causada por gran parte de alimentos y productos de limpieza, es fácil de limpiar y su costo es menor que los otros aceros inoxidables, pero es sensible al dióxido de azufre que se encuentra en los vinos, por lo que este material es aconsejable cuando se tenga un valor bajo de dióxido de azufre, caso contrario es preferible utilizar el AISI 316.

En casos que se deba soldar, es una mejor alternativa utilizar los aceros con bajo contenido de carbono como son el AISI 304L y 316L para minimizar riesgos de corrosión internos, el cordón de soldadura no debe ser pulido con un disco que contenga hierro, pues podría inducir a la aparición de óxido en la junta.

Tabla 1
Composición química de aceros inoxidables

Componente	Norma AISI			
	304	304L	316	316L
Carbono (max)	0,08	0,03	0,08	0,03
Cromo	18-20	18-20	16-18	16-18
Níquel	8-12	8-12	10-14	10-14
Molibdeno	—	—	2-3	2-3
Manganeso (max)	2	2	2	2
Fósforo (max)	0,045	0,045	0,045	0,045
Azufre (max)	0,030	0,030	0,030	0,030
Silicio (max)	1	1	1	1

Las cantidades se expresan en % del elemento.

Fuente: (Castañeda, s.f., pág. 307)

Los elementos del prototipo serán construidos con acero AISI 304. Este material es un acero inoxidable de aleación fina y es utilizado para la construcción de equipos en la industria alimentaria.

Las superficies que no tienen contacto con los alimentos, que se encuentran expuestas a salpicaduras, derrames u otro tipo de suciedad se deben construir de un material resistente a la corrosión, no absorbente y liso.

2.1.A.b Aluminio

El aluminio es utilizado frecuentemente para la construcción de máquinas en la industria alimenticia, es barato, fácil de maquinar y procesar. Los elementos construidos de aluminio son resistentes a los productos utilizados en la limpieza.

El aluminio es un metal liviano y además buen conductor térmico y eléctrico, es resistente a la corrosión.

Tabla 2
Materiales de aluminio

Denominación	Código de material según EN	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC sin tratar	Clase de resistencia a la corrosión CRC anodizado
AlCuMg1, AlCuMg2	EN AW-2017A, EN AW-2024	–	0	1
Al99,5	EN-AW-1050A	ANSI/NSF 51	0 ... 1	2
AlMgSi0,5	EN-AW-6060	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi0,7	EN-AW-6005A	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi1	EN-AW-6082	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMg1, AlMg3, AlMg5	EN-AW-5005, EN-AW-5774, EN-AW-5019	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3

Fuente: (Wagner, 2015, pág. 18)

2.1.A.c Materiales sintéticos

“Los materiales sintéticos y elastómeros que pueden entrar en contacto directo con el alimento deben cumplir la disposición 1935/2004/CE o la disposición sobre materiales sintéticos 10/2011 o las directivas de la FDA” (Wagner, 2015, p. 3).

Tabla 3
Materiales sintéticos

Denominación	Abreviatura	Conformidad dentro de un grupo posible según:	Resistencia a ácidos diluidos	Resistencia a lejías diluidas
Polipropileno	PP	FDA y / o 10/2011	±	+
Poliamida	PA	FDA y / o 10/2011	–	0
Cloruro de polivinilo	PVC	–	±	±
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	FDA y / o 10/2011	±	±
Polioximetileno	POM	FDA y / o 10/2011	–	0
Polimetilmetacrilato	PMMA	FDA y / o 10/2011	±	±
Policarbonato	PC	FDA y / o 10/2011	±	–
Poliétileno HD	PE-HD	FDA y / o 10/2011	±	±
Tereftalato de polietileno	PET	FDA y / o 10/2011	0	–
Polieteretercetona	PEEK	FDA y / o 10/2011	±	±
Politetrafluoroetileno	PTFE	FDA y / o 10/2011	±	±
Caucho etileno-propileno-dieno	EPDM	FDA	±	±
Caucho fluorado	FKM/caucho fluorado	FDA	±	–

Fuente: (Wagner, 2015, pág. 19)

2.1.A.d Materiales no aconsejables

Los materiales menos recomendados en la manufactura de máquinas alimenticias son: el acero galvanizado, plásticos termoestables y la madera.

Salvo en recipientes para fermentar no se debe utilizar madera en superficies que se encuentren en contacto directo con alimentos.

2.1.B Zonas en el procesamiento de alimentos con distintos requerimientos de higiene

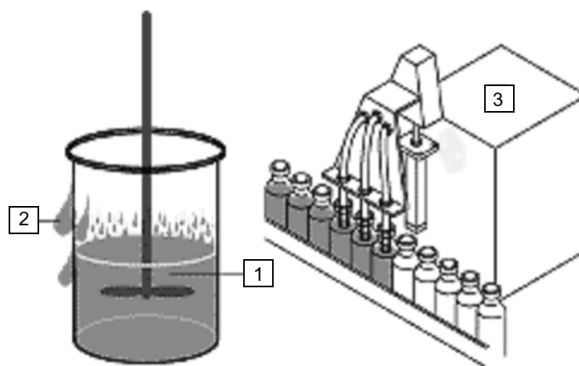


Figura 1 Zonas procesamiento de alimentos

Fuente: (Wagner, 2015)

Según la norma europea UNE-EN 1672-2 existen 3 zonas en el procesamiento de alimentos con distinto requerimiento de higiene, estas son:

2.1.B.a Área de contacto directo con alimentos [1]

En esta área se encuentran todas las superficies y elementos en contacto permanente con los alimentos.

Es indispensable que todos componentes de esta área cumplan con los siguientes requerimientos:

- Deben ser lavables;
- De fácil desinfección;
- Deben ser anticorrosivos;
- Deben ser anti absorbentes
- No tóxicos
- Deben ser lisos

2.1.B.b Área propensa a salpicaduras [2]

En esta área se localizan todas las superficies y componentes en contacto con los alimentos, pero no de forma permanente como en el área anterior. Esta área debe estar diseñada con los mismos parámetros que la zona de contacto directo con alimentos.

2.1.B.c Área sin contacto con alimentos [3]

En esta área se localizan todos los componentes que no tienen contacto directo con los alimentos, es importante que los componentes localizados en esta área cumplan los siguientes requerimientos:

- Deben ser resistentes a la corrosión
- De fácil lavado y desinfectado.

2.1.C Principios del diseño higiénico y construcción

Para garantizar la seguridad de los alimentos procesados, las máquinas encargadas de manipular y procesar alimentos deben cumplir con varios principios de diseño higiénico como son:

2.1.C.a Durables y resistentes:

Las máquinas e instrumentos que trabajan con alimentos deben ser diseñados y elaborados para ser duraderos y conservar sus características bajo un uso considerado y adecuado.

2.1.C.b Fácil limpieza

En cuanto a la limpieza las superficies de las zonas que tienen contacto directo con los alimentos deben ser lisas, sin esquinas ni fisuras, con un buen acabado de los cordones de soldadura.

Deben ser de fácil acceso a la limpieza si es posible sin ser desmontados los componentes de la máquina, si este no es el caso deben ser desmontados

estos componentes con herramientas de fácil acceso como son: desarmadores, llaves, pinzas y otras herramientas manuales.

Para las superficies que no tienen contacto permanente con los alimentos deben carecer de filos y grietas con el fin de facilitar la limpieza.

2.1.C.c Funcionalidad

2.1.C.c.a Tapa y aberturas

La tapa debe tener una inclinación para un correcto drenaje,

2.1.C.c.b Rodamientos y transmisiones

Las máquinas que posean rodamientos y transmisiones que utilicen algún lubricante deben ser diseñados para que el lubricante no contamine los alimentos ni las superficies de contacto directo con los mismos.

2.1.C.c.c Drenaje en los compartimientos

“Los compartimientos de los equipos que están expuestos a la acumulación de humedad debido a la condensación, goteos de alimentos o bebidas, o el derretimiento de hielo; deben estar inclinados hacia un desagüe para que se realice un drenaje completo” (Public Health Service, 2009, p. 137).

2.2 Máquinas utilizadas en el procesamiento de pescado

En la industria pesquera existen varios tipos de máquinas para los diferentes procesos y escalas de producción, es decir para una producción a gran escala como en atuneras y plantas de procesamiento, así como para lugares de procesamiento de mediana y pequeña escala como es en los mercados y restaurantes.

Con la finalidad de realizar los procesos de una forma más eficiente y segura varias empresas dedicadas a la comercialización de maquinaria de procesamiento de pescado se han enfocado en este sector para facilitar los

siguientes procesos: despielado, descamado, fileteado, eviscerado, entre otros.

2.2.A Despieladoras de pescado

Estas máquinas están encargadas de retirar la piel de los pescados, ya sean enteros o en filetes, la mayor parte de su estructura están construidas con acero inoxidable. Dependiendo el sector en que se la utilice, existen despieladoras que tienen una gran capacidad de procesar (STEEN ST700V10), pero también existen despieladoras para una menor capacidad de procesamiento (STEEN ST700T).



Figura 2 Despieladora ST700V10

Fuente: (STEEN, 2016)



Figura 3 Despieladora ST700T

Fuente: (STEEN, 2016)

2.2.B Descamadoras de pescado

Para este proceso podemos encontrar desde utensilios de cocina para uso doméstico hasta máquinas con gran tasa de producción para uso industrial, su función es quitar las escamas de los pescados con la mayor eficiencia posible. Existen diferentes tipos de descamadoras como son: de rodillos, de cepillos y de paredes rugosas. Todos los tipos de descamadoras cumplen la misma función, pero están enfocadas en diferentes sectores de producción.



Figura 4 Descamadora STEEN ST521

Fuente: (STEEN, 2016)

2.2.C Fileteadoras

Estas máquinas están destinadas a realizar los cortes en filetes de los diferentes tipos de pescados. Previo a este proceso se debe retirar las vísceras de los peces.



Figura 5 Fileteadora

Fuente: (Danmix, 2014)

2.2.D Evisceradoras

Estas máquinas están encargadas de limpiar y retirar las vísceras de los pescados, a través de una bandeja alimentada por una banda transportadora.



Figura 6 Evisceradora Kroma Gutmaster

Fuente: (Danmix, 2014)

2.2.E Líneas de producción

Una línea de producción de pescados integra varias máquinas de las detalladas anteriormente, en la figura 7 se observa una planta de procesamiento de salmón, que consta de bandas transportadoras, cortadoras, despieladoras, fileteadoras, entre otras. Cabe resaltar que en esta línea de producción, los pescados pasan por cada una de las máquinas mencionadas hasta finalizar el proceso en donde el producto se encuentra listo para ser comercializado al consumidor.

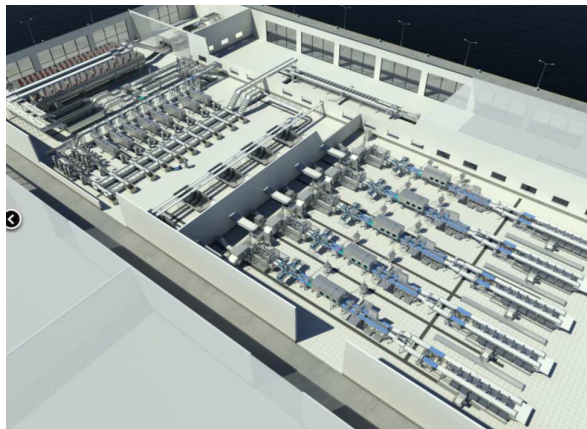


Figura 7 Línea de procesamiento de salmón

Fuente: (Danmix, 2014)

2.3 Máquinas descamadoras existentes en el mercado

Existen un gran número de máquinas descamadoras de pescado, pero principalmente se analizarán las máquinas utilizadas en una escala media de producción, debido a que el presente proyecto está enfocado a nivel de restaurantes, en donde la materia prima es decir el pescado es utilizado para la preparación de distintos platos. A continuación, se detallará las máquinas descamadoras existentes con sus respectivas especificaciones técnicas.

La máquina descamadora fabricada por la empresa Frigomaq de industria brasileña, presenta el eje motriz ubicado en sentido vertical, su funcionamiento es mediante la velocidad radial de su base, por fricción con las paredes y base realiza el proceso de descamado, tiene una taza de

producción de 1000 kg/h fabricada de acero inoxidable, está construida con poleas y utiliza un caudal constante de agua durante el proceso.



Figura 8 Descamadora de pescados Frigomaq

Fuente: (Frigomaq, 2016)

La máquina MYR 2 fabricada por la empresa MYR Distribuciones tiene un diseño cuyo eje se encuentra ubicado de manera horizontal y para realizar el proceso de descamado utiliza una estructura recubierta de malla. Esta máquina se encuentra fabricada con acero inoxidable 304, posee un motor Siemens de 2HP, su capacidad de carga de 600 kg/h y para el proceso de descamado tarda de 5 a 8 minutos.



Figura 9 Descamadora MYR 2

Fuente: (MYR Distribuciones Comercial, 2014)

La empresa Allance se encuentra en China y está dedicada a la comercialización de utensilios y máquinas de procesamiento de alimentos. Posee dos tipos de máquinas descamadoras de pescado, denominadas: máquina descamadora de pescado de pequeña capacidad y máquina descamadora de pescado de gran capacidad.

2.3.A Características máquina descamadora de pescado de pequeña capacidad



Figura 10 Descamadora Allance

Fuente: (Allance, 2012)

- Construida de acero inoxidable.
- Posee reductor de velocidad con engranes cónicos.
- Para desalojar las escamas se necesita añadir manualmente abundante agua.
- Trabaja con pescados con una masa de entre 0,25 – 1.75 kg.

2.3.B Datos técnicos máquina descamadora de pequeña capacidad

Tabla 4

Datos técnicos descamadora ALFX-52

Modelo	ALFX-52
Uso	Remueve todo tipo de escamas de pescados.
Potencia	1.1 KW
Voltaje	220 V
Capacidad	8kg/vez, 20 s por vez
Peso	52 kg
Tamaño	530 x 530 x 730 mm
Taza de limpieza	99%
Taza de deterioro	1%
Velocidad	150 rpm

Fuente: (Allance, 2012)

2.3.C Características de la máquina descamadora de pescado de gran capacidad



Figura 11 Descamadora Allance de gran capacidad

Fuente: (Allance, 2012)

- Esta máquina descamadora de pescado está hecha de acero inoxidable con una estructura de cepillos.
- Su capacidad va desde 800 kg/h hasta 5000 kg/h.

2.4 Comparativas de especificaciones técnicas entre máquinas descamadoras de pescado

Tabla 5

Comparativas máquinas descamadoras existentes

Característica	Frigomaq	MYR 2	ALFX-52
Procedencia	Brasil	Colombia	China
Taza de producción	1000 kg/h	600 kg/h	200 kg/h
Capacidad máxima por ciclo	120 kg	70 kg	8 kg
Precio	\$ 4300	--	\$ 1500
Tiempo por ciclo	4 minutos	5 minutos	20 segundos
Tipo de rugosidad de la máquina	Lámina perforada troquelada	Malla	Cepillos
Transmisión	Poleas	Reductor de velocidad	Reductor de velocidad
Flujo de agua	Automático	Automático	Manual
Posicionamiento eje motriz	Vertical	Horizontal	Vertical
Sector de aplicación	Industrial	Industrial	Restaurantes

Mediante la tabla 5 se puede evidenciar el funcionamiento y las especificaciones técnicas de cada una de las máquinas descamadoras de pescado existentes.

El prototipo a construirse pretenderá cubrir las necesidades solicitadas por el dueño y el personal del restaurante “Zona Marinera”, se espera que el prototipo tenga las siguientes características: capacidad máxima por ciclo de 8 kg, el tiempo por ciclo sea de aproximadamente 5 minutos, cuente con una base y tanque rugoso que permita dar fricción en el momento del proceso y funcione con un flujo de agua automático.

2.5 Diseño robusto

Para el diseño robusto se utilizan las técnicas de diseño de experimentos desarrolladas por el Doctor Genichi Taguchi, las mismas que son usadas para asegurar la mejora en calidad y manufactura de los productos.

El método de Taguchi tiene 3 fases que son: “diseño del sistema, diseño de parámetros y diseño de tolerancias” (Reyes, s.f.)

La fase fundamental es la de diseño de parámetros, cuyos propósitos son:

Reconocer los parámetros que influyen directamente en el producto tanto en la calidad como en la variabilidad.

Delimitar los rangos óptimos que deben tener cada uno de los parámetros, con la finalidad de obtener los mejores resultados del funcionamiento del producto y tener mayor robustez en el mismo.

Reconocer los parámetros que no tienen influencia notable en la calidad del producto con la finalidad de economizar costos de pruebas y tomar alguna acción de control sobre los parámetros.

El método de Taguchi propone una alternativa similar al diseño de experimentos conocido como arreglos ortogonales que consiste en hacer la mínima cantidad de pruebas con el fin de obtener la mejor solución a nuestro problema.

El Dr. Taguchi realizó arreglos matriciales y los representó con la siguiente simbología: $L_a(b^c)$ en donde “a” representa la cantidad de experimentos a

realizar, “b” es el número de niveles de cada parámetro y “c” simboliza el número de parámetros independientes a ser analizados.

Tabla 6
Arreglo ortogonal L4

Número de experimentos (a)	Parámetros(c)			Resultados
	A	B	C	
1	1	1	1	X1
2	1	2	2	X2
3	2	1	1	X3
4	2	2	1	X4

Niveles de cada parámetro (b)

Fuente: (Reyes, s.f.)

La matriz expuesta anteriormente se la representa de la siguiente forma: $L_4(2^3)$ por tener 4 pruebas o experimentos a realizar, cuenta con dos niveles en cada uno de los parámetros y contiene 3 parámetros.

Entre los arreglos ortogonales tenemos:

2.5.A Arreglos ortogonales sin interacciones

En el caso de los arreglos ortogonales sin interacciones se considera de manera independiente a cada parámetro y el arreglo ortogonal a escoger dependerá directamente del número de parámetros.

A continuación, se detalla los arreglos ortogonales más aplicados para 2 niveles en cada parámetro y los arreglos ortogonales a seleccionar acorde a la cantidad de parámetros independientes.

Tabla 7
Arreglos ortogonales acorde a cantidad de parámetros

Cantidad de parámetros	Arreglo ortogonal a escoger	Cantidad de experimentos a desarrollar
De 1 a 3	L4	4
De 4 a 7	L8	8
De 8 a 11	L12	12
De 12 a 15	L16	16
De 16 a 31	L32	32
De 32 a 63	L64	64

Fuente: (Reyes, s.f.)

2.5.B Arreglos ortogonales para factores con interacciones

“En los casos anteriores se asumió que el efecto de un factor sobre la variable de respuesta, no dependía del nivel de otros factores. Cuando el efecto de un factor depende del nivel de otro factor, se dice que existe una interacción entre los factores” (Reyes, s.f.).

Las interacciones que a nuestro parecer son relevantes se deben definir a tiempo para que formen parte del análisis, en ocasiones están interacciones se detectan cuando se está experimentando el proceso.

Supongamos que queremos analizar el efecto de cuatro parámetros A, B, C y D, además la interacciones AxB.

Es necesario utilizar una matriz L_8 debido a que se van a analizar 4 parámetros y una interacción, por lo que necesitamos un mínimo de 5 columnas.

La matriz de interacciones tiene como finalidad establecer en que columna se ubicará la interacción o interacciones establecidas.

Columnas	1	2	3	4	5	6	7
(1)	3	2	5	4	7	6	
(2)	1	6	7	4	5		
(3)		7	6*	5	4		
(4)			1	2	3		
(5)				1	2		
(6)					1		
(7)						1	

Figura 12 Matriz de interacciones

Se ubicará a los parámetros A y B del ejemplo propuesto en la columna 1 y 2 respectivamente, por lo tanto, es necesario hallar en que columna se ubicará la interacción AxB

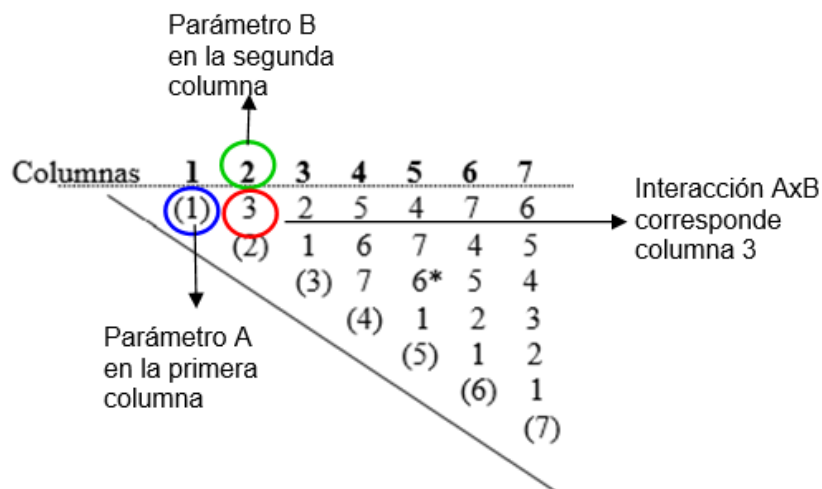


Figura 13 Análisis matriz de interacciones

En las columnas 4 y 5 se ubicarán los parámetros C y D y las columnas restantes se asignarán a los errores.

Por lo tanto, el arreglo ortogonal quedaría de la siguiente manera:

Tabla 8

Matriz ortogonal con interacción

Nº	A	B	AxB	C	D	E1	E2
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

2.5.C Arreglos ortogonales con señales de ruido

El análisis de estos arreglos contiene dos tipos de parámetros:

Los parámetros de ruido "son aquellos que no podemos, queremos o deseamos controlar, y más bien deseamos que nuestros procesos y productos sean insensibles a su impacto" (Reyes, s.f.).

Por otro lado, tenemos los parámetros de diseño que “son aquellos que si podemos controlar en nuestro proceso de producción, y deseamos encontrar a qué nivel operarlos, a fin de optimizar el producto o proceso, esto es, que los productos sean de alta calidad y bajo costo” (Reyes, s.f.).

Para realizar un ejemplo didáctico se considerará 5 parámetros de diseño: A, B, C, D, E y 2 parámetros de ruido: F y G.

En primera instancia se coloca a los parámetros de diseño en el arreglo ortogonal correspondiente, como se observa a continuación:

Tabla 9
Arreglo ortogonal parámetros de diseño

Nº	A	B	C	D	E	E1	E2
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

De la misma manera se ubica a los parámetros de ruido en la matriz ortogonal que corresponda.

Tabla 10
Arreglo ortogonal parámetros de ruido

Nº	F	G	E3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	1
4	2	2	1

Finalmente, el arreglo total quedaría de la siguiente manera:

Tabla 11

Arreglo ortogonal total con señales de ruido

								E3	1	2	2	1
								G	1	2	1	2
								F	1	1	2	2
Nº	A	B	C	D	E	E1	E2					
1	1	1	1	1	1	1	1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	
2	1	1	1	2	2	2	2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	
3	1	2	2	1	1	2	2	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	
4	1	2	2	2	2	1	1	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄	
5	2	1	2	1	2	1	2	Y ₅₁	Y ₅₂	Y ₅₃	Y ₅₄	
6	2	1	2	2	1	2	1	Y ₆₁	Y ₆₂	Y ₆₃	Y ₆₄	
7	2	2	1	1	2	2	1	Y ₇₁	Y ₇₂	Y ₇₃	Y ₇₄	
8	2	2	1	2	1	1	2	Y ₈₁	Y ₈₂	Y ₈₃	Y ₈₄	

Los valores Y_{##} se establecen en base a pruebas experimentales.

CAPÍTULO III DISEÑO MECATRÓNICO

3.1 Etapa de prediseño

3.1.A Identificación de las necesidades

El proceso de identificar las necesidades del cliente “es parte integral del proceso de desarrollo del producto y está más estrechamente relacionado con la generación de conceptos, selección del concepto, la comparación contra productos de la competencia y el establecimiento de especificaciones del producto” (Ulrich & Eppinger, 2013, pág. 74).

Para recopilar datos de las necesidades del cliente se procedió a entrevistar al dueño y a los trabajadores del restaurante “Zona Marinera” para formular la entrevista hay que tener en cuenta “ser receptivo a información proporcionada por clientes, y evitar confrontaciones o actitudes defensivas” (Ulrich & Eppinger, 2013, pág. 79).

3.1.A.a Documentación e interpretación de las necesidades del cliente

Mediante notas manuscritas se procedió a captar las respuestas de las personas entrevistadas, que son las involucradas directamente en realizar el proceso de descamado en el restaurante “Zona Marinera”.

Tabla 12
Interpretación de las necesidades

Usuario 1		Entrevistador:	Hugo Masapanta
Dirección:	Santa Rita	Fecha:	21 de noviembre de 2016
¿Dispuesta a otra entrevista?	Si	Tipo de usuario:	Trabajadora en restaurante
Pregunta	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada	
Cantidad de pescados que suele descamar	Alrededor de 15 pescados.	El prototipo albergará en su interior alrededor de 15 pescados.	
Le gusta: utensilio de cocina actual.	Es ligero. Fácil de utilizar.	Los componentes desmontables del prototipo son livianos.	
CONTINUA →			

importancia crítica. Se formarán grupos con un nombre definido que generalice a las necesidades pertenecientes al mismo, las necesidades consideradas redundantes serán omitidas.

A: Necesidad primaria

B: Necesidad secundaria

C: Necesidad de importancia crítica

La capacidad del prototipo

El prototipo albergará en su interior alrededor de 15 pescados. (A)

El prototipo está diseñado para alojar en su interior de entre 15 a 20 pescados. (Redundante)

El prototipo esta dimensionado para la capacidad especificada. (B)

El prototipo es cómodo para el usuario

Los componentes desmontables del prototipo son livianos. (B)

El prototipo cuenta con una interfaz de usuario de fácil manejo. (A)

El costo del prototipo es accesible. (B)

El prototipo es seguro para el usuario

El prototipo tiene esquinas redondeadas. (B)

El prototipo tiene filos bordeados tanto al interior y en el exterior del mismo. (Redundante)

El prototipo cuenta con las protecciones necesarias para evitar cualquier eventualidad que ponga en riesgo la integridad del usuario. (C)

El prototipo se pondrá en marcha cuando las compuertas estén correctamente cerradas. (B)

El prototipo está construido de materiales para alimentos. (A)

El funcionamiento del prototipo

El prototipo es semiautomático. (B)

El prototipo utiliza poco tiempo por ciclo de descamado. (A)

El prototipo desaloja automáticamente las escamas del interior del tanque. (A)

3.1.A.c Importancia relativa de las necesidades

En base a las necesidades sugeridas y requeridas por el restaurante “Zona Marinera” se procedió a tabular los resultados.

Tabla 13
Necesidades del usuario

	Necesidad	Importancia
1	El prototipo albergará en su interior alrededor de 15 pescados.	5
2	El prototipo esta dimensionado para la capacidad especificada.	4
3	Los componentes desmontables del prototipo son livianos.	3
4	El prototipo cuenta con una interfaz de usuario de fácil manejo.	5
5	El costo del prototipo es accesible.	3
6	El prototipo utiliza poco tiempo por ciclo de descamado.	4
7	El prototipo desaloja automáticamente las escamas del interior del tanque.	4
8	El prototipo es seguro para el usuario.	4
9	El prototipo cuenta con las protecciones necesarias para evitar cualquier eventualidad que ponga en riesgo la integridad del usuario.	4
10	El prototipo se pondrá en marcha cuando las compuertas estén correctamente cerradas.	4
11	El prototipo es semiautomático.	3
12	El prototipo está construido de materiales para alimentos.	5

3.1.A.d Especificaciones objetivo del producto

Las especificaciones del producto “explican, con detalles precisos y medibles lo que el producto tiene que hacer. Una especificación consiste en una métrica y un valor” (Ulrich & Eppinger, 2013, págs. 94, 95).

Tabla 14
Lista de métricas

Métrica número	Número de necesidad	Métrica	Valor	Unidades
1	1	Capacidad máxima por ciclo	8	Kg
2	2, 3	Masa total	60	Kg
3	2	Voltaje funcionamiento	110	V
4	3	Masa de los componentes desmontables	3	Kg
5	4	Tiempo de configuración de la interfaz	60	s
6	5	Costo del prototipo	1635	\$
7	6	Tiempo por ciclo de descamado	5	min
8	7	Velocidad de funcionamiento	150	Rpm
9	7	Volumen de agua	4	gal

A continuación, se analiza el grupo de necesidades restantes del usuario y se establecerá las especificaciones que tendrá el prototipo:

Tabla 15
Especificaciones del prototipo

Necesidad	Especificaciones
8. El prototipo es seguro para el usuario.	Las normas de la AENOR sugieren que el radio de esquinas de una máquina de procesamiento de alimentos sea mayor o igual a 3mm.
9. El prototipo cuenta con las protecciones necesarias para evitar cualquier eventualidad que ponga en riesgo la integridad del usuario.	
10. El prototipo se pondrá en marcha cuando las compuertas estén correctamente cerradas.	El prototipo contará con sensores para controlar el funcionamiento del proceso de descamado.
11. El prototipo es semiautomático.	
12. El prototipo está construido de materiales para alimentos.	El prototipo será construido con acero inoxidable AISI 304.

Análisis y justificación:

Todas las métricas se establecieron en base a las necesidades establecidas por los usuarios.

La capacidad máxima por ciclo se estimó tomando en cuenta la masa promedio de los pescados utilizados en el restaurante Zona Marinera (0,5 kg),

considerando que el prototipo está diseñado para 15 pescados la capacidad máxima por ciclo es de 8kg.

Para la estimación de la masa total del prototipo se tomó en cuenta la masa de una máquina descamadora ALFX-52 que es de 52 kg.

En cuanto al voltaje de funcionamiento del prototipo se tomó en cuenta la energía eléctrica con la que cuenta el restaurante actualmente, es decir 110V.

Los componentes desmontables deben ser livianos por tanto se estima que la masa de cada uno se encontrará alrededor de 3Kg.

En base a un presupuesto referencial se estimó que el costo del prototipo será de 1635 dólares.

En base a la hipótesis planteada se estima un tiempo de 5 minutos por ciclo de descamado.

La velocidad de funcionamiento del prototipo se estima que será de alrededor de 150rpm, considerando que es la velocidad de funcionamiento de la máquina descamadora ALFX-52.

3.2 Generación de conceptos

Al finalizar el proceso de identificación de las necesidades de los usuarios del restaurante Zona Marinera y establecer las especificaciones objetivo del prototipo se debe generar conceptos que satisfagan las necesidades y especificaciones señaladas de donde se hará una selección final de todas las alternativas exploradas.

Al prototipo en conjunto se le considera como el problema general que a su vez se descompone en subproblemas para crear una descripción más específica.

Los subproblemas considerados son:

- Convertir energía eléctrica en energía mecánica
- Sistema de transmisión de potencia
- Posición eje motriz

- Rugosidad zona de contacto con los alimentos

Para facilitar el proceso de generación de conceptos se exploró los productos relacionados con similar funcionalidad a la del prototipo en desarrollo.

Tabla 16
Exploración de productos con similar funcionalidad

Característica	Frigomaq	MYR 2	ALFX-52
Convertor energía eléctrica a energía mecánica	Motor eléctrico	Motor eléctrico	Motor eléctrico
Sistema de transmisión	Poleas	Reductor de velocidad	Reductor de velocidad
Tipo de rugosidad de la máquina	Lámina perforada troquelada	Malla	Cepillos
Posicionamiento eje motriz	Vertical	Horizontal	Vertical

3.2.A Combinación de conceptos

La tabla de combinación de conceptos tiene como finalidad asignar fragmentos de solución a cada subproblema, las soluciones potenciales al problema general se obtienen combinando un fragmento de cada columna.

Tabla 17
Combinación de conceptos

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas	Horizontal	Lámina troquelada
	Caja de engranes	Vertical	Malla
	Mixta (Poleas y engranes)		

A continuación, se presentan las posibles soluciones combinando los fragmentos de conceptos propuestos.

Alternativa 1:

Tabla 18

Alternativa 1

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 2:

Tabla 19

Alternativa 2

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 3:

Tabla 20

Alternativa 3

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 4:

Tabla 21

Alternativa 4

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 5:

Tabla 22

Alternativa 5

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 6:

Tabla 23

Alternativa 6

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 7:

Tabla 24

Alternativa 7

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 8:

Tabla 25

Alternativa 8

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 9:

Tabla 26

Alternativa 9

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 10:

Tabla 27

Alternativa 10

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 11:

Tabla 28

Alternativa 11

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Alternativa 12:

Tabla 29

Alternativa 12

Convertir energía eléctrica en energía mecánica	Sistema de transmisión de potencia	Posición eje motriz	Rugosidad zona de contacto con los alimentos
Motor eléctrico	Poleas Caja de engranes Mixta (Poleas y engranes)	Vertical Horizontal	Lámina troquelada Malla

Análisis de alternativas:

Todas las alternativas de solución para el prototipo de máquina descamadora de pescado fueron expuestas al dueño de la entidad auspiciante y se dejó a libertad del autor del proyecto decidir el sistema de transmisión de potencia y la rugosidad de la zona de contacto con los alimentos.

En cuanto al eje motriz se decidió que tendrá una posición vertical, pues el área en donde se ubicará del prototipo es limitada y generalmente las máquinas existentes con un eje motriz en posición horizontal ocupan mucho espacio y son utilizadas en líneas de producción, además se decidió que el prototipo cuente con una base giratoria y un tanque desmontable como exigen las normas para maquinarias alimenticias con el fin de facilitar la limpieza.

3.3 Selección del concepto

“La selección del concepto es el proceso para evaluar conceptos con respecto a las necesidades del cliente y otros criterios, comparando los puntos relativamente fuertes y débiles de los conceptos, y seleccionando uno o más de estos para su posterior investigación” (Ulrich & Eppinger, 2013).

Para una correcta selección es necesario someter a los conceptos por un proceso de filtrado y una evaluación. El filtrado es un proceso rápido y tiene como finalidad encontrar alternativas viables, en tanto que el proceso de evaluación es un análisis más profundo que tiene como objetivo seleccionar el concepto con mayor probabilidad de éxito.

3.3.A Filtrado de conceptos

A continuación, se evaluó las alternativas para el prototipo de máquina descamadora de pescado para identificar los conceptos más viables. Este análisis se hizo tomando como referencia la alternativa 1, es decir el concepto de un motor eléctrico que suministra energía mecánica, poleas como sistema de transmisión de potencia, el eje motriz ubicado en posición vertical y una

rugosidad de la zona de contacto con los alimentos mediante una lámina troquelada.

Se utilizó una matriz de selección de conceptos en donde:

“+”: mejor que el concepto de referencia

“0”: igual al concepto de referencia

“-”: peor que el concepto de referencia

Tabla 30
Matriz de selección de conceptos

Criterios de selección	Conceptos					
	Alternativa 1 (Referencia)	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 7	Alternativa 8	Alternativa 9
Facilidad de manejo	0	0	0	0	0	0
Bajo costo de manufactura	0	-	+	0	-	+
Durabilidad	0	+	+	0	+	+
Facilidad de manufactura	0	-	0	+	+	+
Facilidad de limpieza	0	0	0	-	-	-
Evaluación	0	-1	2	0	0	2

Análisis:

En la matriz de selección de conceptos se evaluaron una a una todas las alternativas con respecto a la alternativa 1 (Referencia) con los siguientes criterios de evaluación: facilidad de manejo, bajo costo de manufactura, durabilidad, facilidad de manufactura y facilidad de limpieza. Al evaluar todas las alternativas, dos conceptos sobresalieron de los demás.

Los conceptos 3 y 9 se seleccionan para mayor refinamiento y análisis debido a que son los conceptos más destacados con respecto al concepto 1.

Los conceptos seleccionados tienen algo en común, ya que ambos utilizan un motor eléctrico, un sistema de transmisión de potencia mixto compuesto por una caja de engranes y poleas, y su eje motriz se encuentra

ubicado en posición vertical, lo único que faltaría por definirse es el tipo de rugosidad en la zona de contacto con los pescados.

Por lo que se realizará pruebas enfocadas en la rugosidad de la zona de contacto con los alimentos.

3.3.B Pruebas iniciales del concepto

Para las pruebas iniciales se tomó trozos de láminas de acero inoxidable 304, se dio diferentes rugosidades a las láminas y posteriormente en forma manual se procedió a descamar los pescados utilizando estos pedazos de láminas elaborados, mediante un análisis visual y experimental se procedió a cuantificar los resultados obtenidos, para validar cual rugosidad es la más eficiente.

A continuación, se detalla las rugosidades utilizadas para las pruebas iniciales:

3.3.B.a Mallas

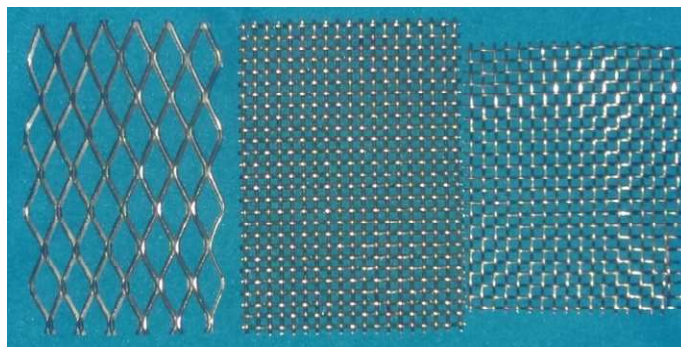


Figura 14 Mallas

Estas mallas se pueden adquirir en un centro de distribución de láminas perforadas, son de acero inoxidable 304, por lo que se pueden aplicar en el prototipo, algunas máquinas descamadoras están construidas con las mismas.

3.3.B.b Matriz (15x15 mm) puntas salientes



Figura 15 Matriz puntas salientes

Para manufacturar esta rugosidad se procedió a trazar una matriz de 15x15mm, con la ayuda de un rayador se marcó los sitios exactos en los que se aplicó el punto, mediante golpes en los sitios marcados se sacó el filo de cada perforación.

3.3.B.c Matriz (15x15 mm) con punzón de 9 mm espesor 1mm



Figura 16 Matriz punzón 9mm espesor 1mm

Para elaborar esta rugosidad en primer lugar se trazó con el rayador los sitios en los que se localizan las perforaciones, con el punto se marca estos sitios para facilitar el proceso de taladrado, con una broca de 7mm de diámetro se realizó las perforaciones, finalmente con un punzón de diámetro 9 mm se le da rugosidad a la lámina.

3.3.B.d Matriz (25x25 mm) con punzón de 9mm espesor 1,5 mm



Figura 17 Matriz 9mm espesor 1,5mm

Al igual que en el proceso anterior se procede con el rayador a trazar la matriz, con el punto se marca los sitios en donde se realizará las perforaciones y finalmente con un punzón se le proporciona rugosidad a la lámina.

En la manufactura de esta rugosidad se presentó deformación en la lámina, algo que lógicamente es perjudicial ya que se pretende una homogeneidad en toda la superficie.

3.3.B.e Matriz de perforaciones (15x15mm)



Figura 18 Matriz de perforaciones

Para elaborar esta rugosidad se procede a trazar los lugares en los que se desea realizar las perforaciones, posteriormente con el punto se marca los sitios en los que se realizará el taladrado, esto con el fin de que la broca permanezca fija y los orificios sean más sencillos de realizar.

3.3.B.f Matriz (25x25 mm) con punzón de 6mm espesor 1mm



Figura 19 Matriz punzón de 6mm espesor 1mm

Esta rugosidad se la realizó trazando con el rayador los lugares en donde van las perforaciones, con un punto se marcó estos sitios para luego realizar los oricios con una broca de diámetro 4mm, con la ayuda de un punzón de 6mm se procede a dar rugosidad a la lámina.

3.3.B.g Matriz de (15x15mm) con salientes lisos



Figura 20 Matriz de salientes lisos

Para manufacturar esta rugosidad se trazó una matriz con el rayador, luego mediante golpes con punzón se procedió a realizar estas elevaciones teniendo en cuenta que la lámina no debe romperse para que se obtenga una rugosidad no muy áspera.

3.3.C Resultados de las pruebas iniciales de descamado

Descamado utilizando mallas



Figura 21 Prueba inicial 1

Como se puede observar en la figura en el proceso de descamado con mallas el pescado prácticamente no sufrió daños por lo tanto se estimó en un 2% de porcentaje de deterioro, pero la tasa de limpieza se estableció en 60% porque no fueron retiradas con facilidad todas las escamas del pescado.

Matriz (15x15 mm) puntas salientes



Figura 22 Prueba inicial 2

Durante el desarrollo de esta prueba se estimó una tasa de limpieza de 95% debido a que las escamas fueron retiradas con facilidad, pero el pescado sufrió daños por lo tanto se consideró un porcentaje de deterioro de 20%.

Matriz (15x15 mm) con punzón de 9 mm espesor 1mm



Figura 23 Prueba inicial 3

En el transcurso de esta prueba se logró retirar las escamas del pescado con relativa facilidad y se estimó la tasa de limpieza en 90%, pero el pescado sufrió daños mínimos por lo que la tasa de deterioro se estableció en 10%.

Matriz (25x25 mm) con punzón de 9 mm espesor 1,5 mm



Figura 24 Prueba inicial 4

Durante la realización de esta prueba inicial se obtuvo una tasa de deterioro de 5%, es decir el pescado no sufrió daños y las escamas fueron removidas correctamente y con facilidad, por lo que se estimó una tasa de limpieza de 95%.

Sin embargo, la superficie de fricción sufrió deformaciones en la manufactura debido al espesor de la lámina.

Matriz de perforaciones (15x15mm)



Figura 25 Prueba inicial 5

En el transcurso de esta prueba se obtuvo una tasa de limpieza aceptable de 90% sin embargo se presentó daño superficial en la piel del pescado por lo que se estimó una tasa de deterioro de 10%.

Matriz (25x25 mm) con punzón de 6mm espesor 1mm



Figura 26 Prueba inicial 6

En el desarrollo de esta prueba se pudo retirar las escamas del pescado con facilidad y con un deterioro mínimo por lo que se estimó la tasa de limpieza en un 95% y la tasa de deterioro en 5%.

Matriz de (15x15mm) con salientes lisos



Figura 27 Prueba inicial 7

En esta prueba se estimó que la tasa de limpieza se encuentra alrededor de 80% con un deterioro bajo de 3%.

3.3.D Selección de la rugosidad de la zona de contacto con los pescados

Tabla 31

Resultados obtenidos de las rugosidades

Tipo de rugosidad	Espesor lámina	Taza de limpieza	Taza de deterioro
Mallas	1,2mm	60%	2%
Matriz (15x15 mm) puntas salientes	1mm	95%	20%
Matriz (15x15 mm) con punzón de 9mm	1mm	90%	10%
Matriz (25x25 mm) con punzón de 9mm	1,5mm	95%	5%
Matriz de perforaciones (15x15mm)	1mm	95%	10%
Matriz (25x25 mm) con punzón de 6mm	1mm	95%	5%
Matriz de (15x15mm) con salientes lisos	1,5mm	80%	3%

Análisis de resultados:

Mediante la siguiente tabla se estableció que existen dos alternativas viables, estas son: matriz (25x25 mm) con punzón de 9mm espesor de lámina 1.5mm y matriz (25x25 mm) con punzón de 5mm con espesor de lámina 1mm. De estas dos alternativas por facilidad en la manufactura y no presentar

deformaciones en la sección, la alternativa seleccionada es la matriz de 25x25mm con punzón de 6mm en una lámina de espesor 1mm.

3.3.E Bosquejo del concepto seleccionado

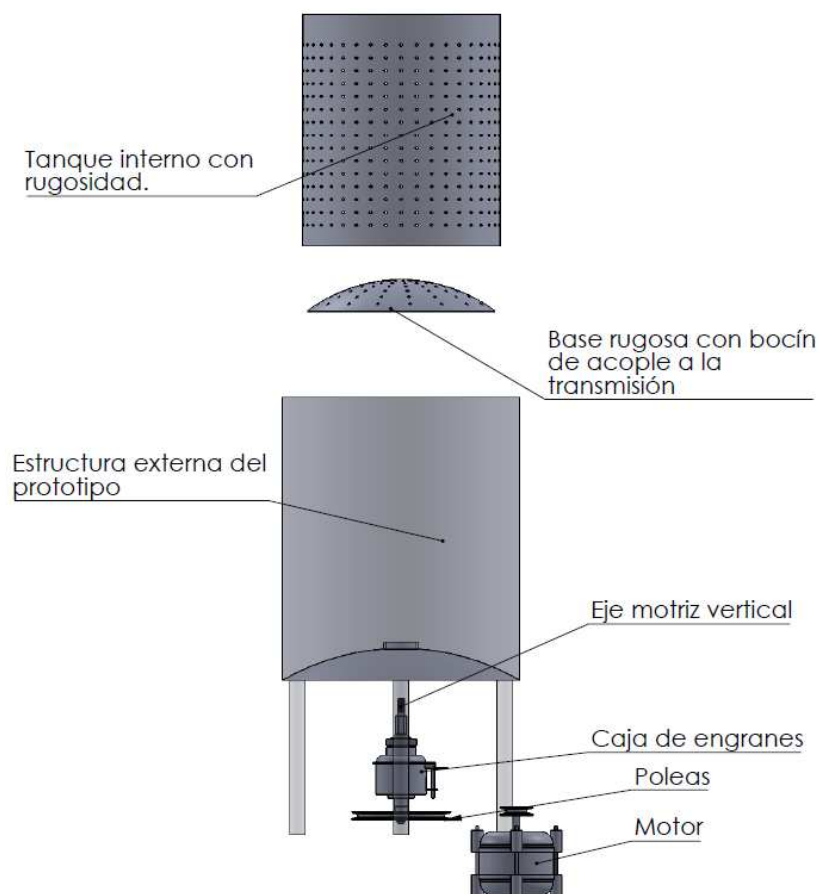


Figura 28 Concepto seleccionado

En la figura 28 se presenta el concepto seleccionado destinado a solucionar las necesidades establecidas por los usuarios del prototipo, esta alternativa es la más viable y es el resultado de la generación y selección del concepto.

3.4 Diseño de detalle

En primera instancia para el dimensionamiento de la máquina descamadora de pescados se identificó el área en donde se va a realizar el proceso y por tanto es la más importante. Analizando las máquinas existentes y con el consentimiento del dueño del restaurante Zona Marinera se optó por realizar un diseño que posee una estructura cilíndrica estática y una base giratoria.

Para el diseño inicial de la base y la estructura cilíndrica desmontable se ubicó la masa máxima que albergará el prototipo en distintos recipientes con diferentes diámetros, pero la alternativa seleccionada fue un recipiente de 40 cm de diámetro, como se evidencia en la siguiente figura los pescados se acomodaron de una manera adecuada, por lo tanto, se consideró este diámetro como la medida de diseño para la estructura cilíndrica desmontable.



Figura 29 Recipiente en el que se basó el diseño

Ya seleccionado el recipiente se procedió a tabular la masa y altura ocupada por dos tipos distintos de pescados, de donde se obtuvo:

Tabla 32

Datos iniciales de diseño

Tipo de pescado	Masa (g)	Altura (cm)	Cantidad
Tilapias	8200	16	15
Pargos	5700	11	15

Volumen ocupado por las tilapias en el recipiente:

$$Vol_{Tilapias} = \pi * r^2 * h \quad (3.1)$$

$$Vol_{Tilapias} = \pi * 20^2 * 16$$

$$Vol_{Tilapias} = 20106 \text{ cm}^3$$

Volumen ocupado por los pargos en el recipiente:

$$Vol_{Pargos} = \pi * r^2 * h \quad (3.2)$$

$$Vol_{Pargos} = \pi * 20^2 * 11$$

$$Vol_{Pargos} = 13823 \text{ cm}^3$$

Se decidió que la estructura cilíndrica cuente con un diámetro interno de 40 cm, 45 cm de altura y en acero inoxidable 304 de espesor 1mm, la altura se estimó considerando que:

- Los pescados serán arrojados contra la pared de la estructura cilíndrica desmontable producto de la velocidad angular de la base.
- La estructura cilíndrica desmontable estará ubicada una cierta distancia más abajo que el filo de la base giratoria.
- La estructura cilíndrica desmontable tendrá agarraderas para poder retirarla fácilmente de la estructura fija del prototipo.

Tabla 33

Volumen ocupado en la estructura cilíndrica

Tipo de pescado	h (cm)	H (cm)	D(cm)	Volumen (cm ³)
Tilapias	16	45	40	20106
Pargos	11	45	40	13823

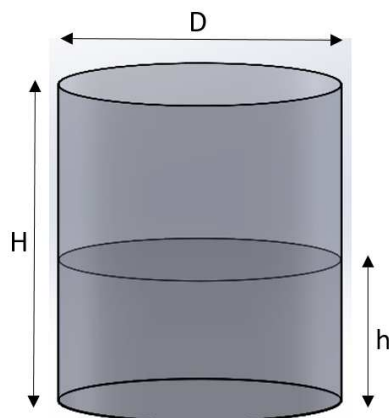


Figura 30 Diseño de la estructura cilíndrica

La base se diseño considerando que el diámetro debe ser menor que el de la estructura cilíndrica desmontable, pues permanece fija y unicamente gira la base. Por tanto, se estimó un diámetro de 38 cm tomando en cuenta que por la abertura entre la estructura desmontable y la base se evacúa las escamas.

En cuanto a la estructura fija del prototipo se considera que el diámetro interno será de 46 cm, es decir 6cm más grande que la estructura cilíndrica desmontable con la finalidad de tener el espacio suficiente para que puedan ingresar las manos al momento de retirarla.

La altura de la parte cilíndrica de la estructura externa del prototipo será 10cm mayor que la altura de la estructura cilíndrica desmontable es decir 55cm como se puede visualizar a continuación.

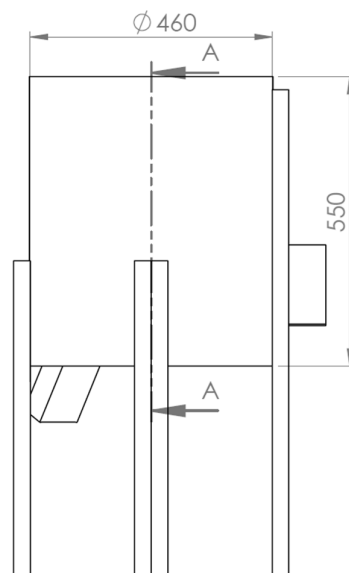


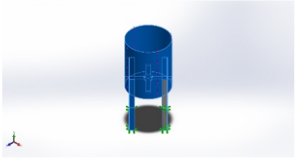
Figura 31 Estructura externa

Los soportes del prototipo son ángulos comerciales de acero inoxidable con alas de 4cm y 6mm de espesor, se encuentran sobrepasados 20 cm desde el filo inferior de la parte cilíndrica, mediante un software de simulación se procederá a validar el siguiente diseño.

3.4.A Análisis de cargas estáticas

Tabla 34

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.06807e+008 N/m² Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m² Módulo elástico: 1.9e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 8000 kg/m³ Módulo cortante: 7.5e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir6)(Estructura 3mm)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Tabla 35

Sujeción fija

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	7.77692e-005	200.002	-0.000238657	200.002
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 36

Carga estática


Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 200 N		

Tabla 37

Información de la malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	36.4263 mm
Tolerancia	1.55006 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

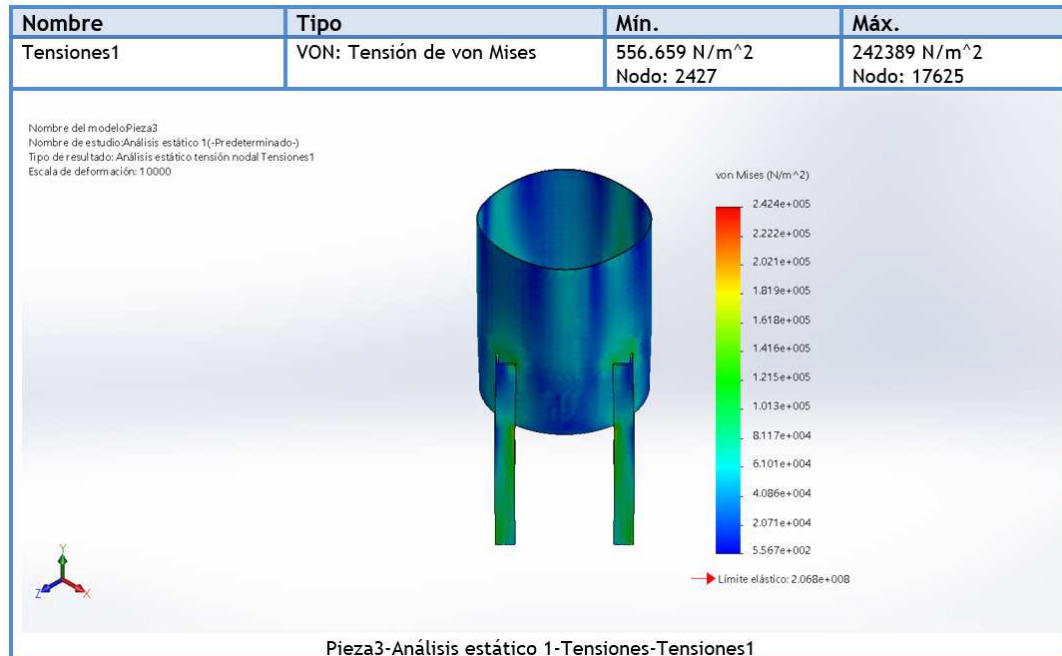


Figura 32 Resultados del análisis estático

Conclusión:

Mediante el análisis estático se evidencia que la estructura está en la capacidad de soportar el peso de sí misma, dando un factor de seguridad aproximado de 850, por lo que se valida la estructura fija cuando está expuesta a su propio peso.

3.4.B Análisis de cargas dinámicas

Tabla 38

Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.06807e+008 N/m² Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m² Módulo elástico: 1.9e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 8000 kg/m³ Módulo cortante: 7.5e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir6)(Estructura 3mm)</p>

Cargas y sujeciones

Tabla 39

Sujeción fija

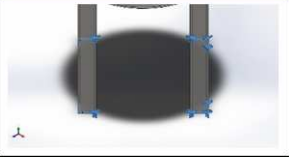
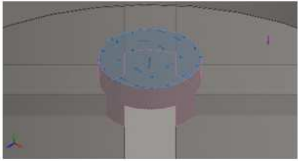
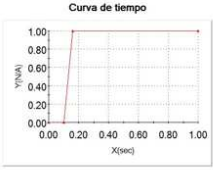
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	2.6077e-008	2	-1.49012e-008	2
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 40

Carga dinámica

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	Curva de función
Torsión-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 14.8 N.m Variación de tiempo: activada	 Curva de tiempo

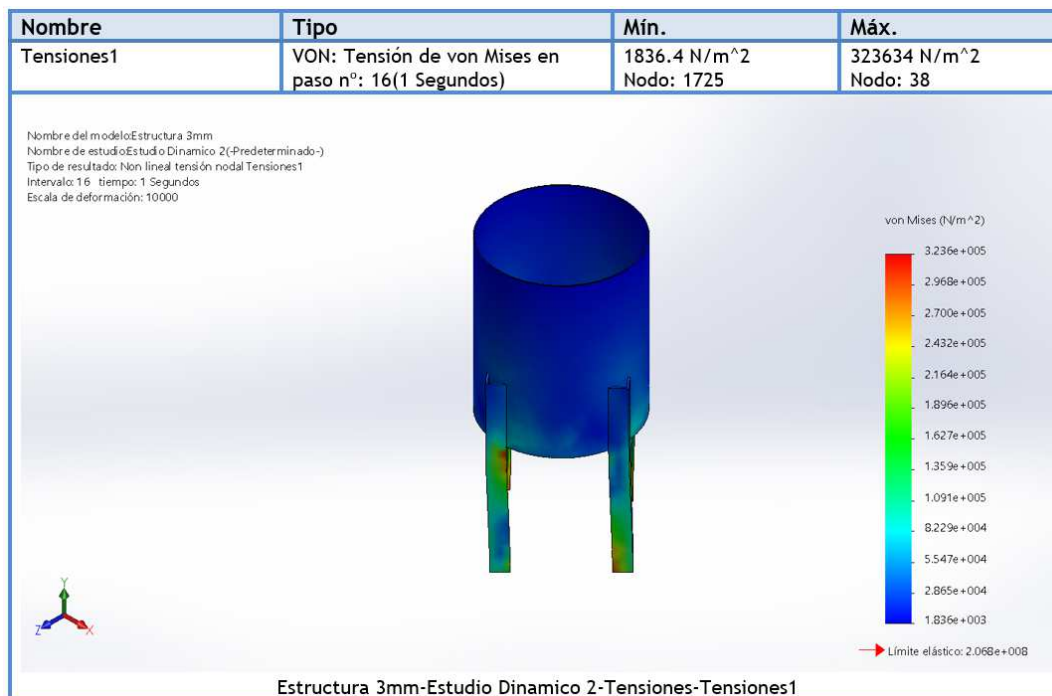


Figura 33 Resultados del estudio dinámico

Conclusión:

Para la simulación de este análisis se consideró el peso del prototipo y además el torque generado en la base giratoria, se observa en el análisis dinámico que el prototipo está expuesto a mayores esfuerzos que en el análisis estático, pero sin embargo la estructura tiene un factor de seguridad aproximado de 630. Por lo que se valida el diseño y se continuará con el dimensionamiento de los demás elementos estructurales.

Teniendo en claro que se utilizará un sistema de transmisión mixto compuesto por engranes y poleas. Se indagó en el mercado nacional y se encontró cierta similitud de funcionamiento entre el prototipo y las lavadoras de ropa, por lo tanto se estudió el tipo de transmisión que utilizan y resultó ser el mismo sistema del concepto seleccionado a desarrollar, compuesto por poleas y una caja de engranes planetarios. Tomando en cuenta estos aspectos se tomó la decisión de adquirir una transmisión de engranes

planetarios cuya relación de transmisión es de 1/5 y se diseñará las poleas para complementar el sistema de transmisión.

El resto de componentes estructurales del prototipo se dimensionaron tomando en cuenta las medidas de los componentes ya establecidos y se encuentran en los anexos.

3.4.C Diseño componentes mecánicos del prototipo

3.4.C.a Dimensionamiento del motor

Para el dimensionamiento del motor en primer lugar es necesario conocer la carga máxima a la que va a estar expuesto el prototipo, en este caso el prototipo estará diseñado para albergar en su interior una masa máxima de 8kg.

$$m_{max} = 8 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la carga máxima que va a estar expuesto el prototipo es:

$$C_{max} = m_{max}(g) \quad (3.3)$$

$$C_{max} = 8(9,8)$$

De donde:

$$C_{max} = 78,40[N]$$

A continuación, se procederá a calcular el torque máximo que genera esta carga, que estará ubicado en el extremo de la base rugosa perforada de diámetro 38cm, se conoce que el eje de giro está ubicado en el centro de la base, por lo tanto, la distancia que generará el torque máximo es el radio de la base.

$$r_b = 19\text{cm}$$

$$r_b = 0,19\text{m}$$

El torque máximo generado es igual al producto de la carga máxima por la distancia con respecto al eje de giro, esto es:

$$T_{max} = C_{max}(r_b) \quad (3.4)$$

$$T_{max} = 78,40(0,19)$$

$$T_{max} = 14,80 \text{ N.m}$$

Se considerará las pérdidas de potencia en el prototipo tanto en la transmisión con engranes como en la transmisión por banda.

El libro de Shigley hace mención que en bandas en "V" la eficiencia varía entre un 80% y 96%, por lo tanto, se tomará en cuenta una eficiencia promedio de 88%, por otro lado, en el sistema reductor planetario de engranes se tiene una alta eficiencia de 98%.

$$\eta_{banda} = 0,88$$

$$\eta_{planetario} = 0,98$$

Seguidamente se procederá a calcular el torque de entrada tomando en cuenta las eficiencias de cada etapa de los sistemas de transmisión de potencia, el torque máximo que se halló previamente es el torque de salida y el torque de entrada es el que entrega el motor de aquí se obtiene lo siguiente:

$$T_{entrada} = \frac{T_{max}}{\eta_{banda} * \eta_{planetario}} \quad (3.5)$$

$$T_{entrada} = \frac{14,80}{0,88(0,98)}$$

$$T_{entrada} = 17,16 \text{ N.m}$$

Consecuentemente, la potencia mecánica del motor viene dado por la siguiente ecuación:

$$P_{motor} = T_{entrada}(\omega_{base}) \quad (3.6)$$

P_{motor}: Potencia mecánica del motor [W]

T_{entrada}: Torque entregado por el motor [N.m]

ω_{base}: Velocidad de giro de la base rugosa perforada [rad/s]

Tomando en cuenta las velocidades de funcionamiento de otras máquinas descamadoras de pescados (ALFX-52 funciona a 150rpm), se estima que la

velocidad óptima de la base esté entre 100 rpm a 160 rpm, por lo tanto, la velocidad a tomar en cuenta es la de 160 rpm por ser la que requiere de mayor potencia en el motor.

$$\omega_{base} = 160 \text{ rpm}$$

$$\omega_{base} = 160 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi \cdot \text{rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$\omega_{base} = 16,70 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La potencia del motor es:

$$P_{motor} = 17,16(16,70)$$

$$P_{motor} = 286,57 \text{ W}$$

Transformando a caballos de potencia:

$$P_{motor} = 286,57 \text{ W} \times \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}}$$

$$P_{motor} = 0,38 \text{ HP}$$

Se procede a la selección de un motor comercial con mayor potencia que la calculada para dar mayor seguridad, consiguiente, se optó por elegir un motor de ½ HP de potencia para el prototipo implementado.

El coeficiente de seguridad es:

$$f_s = \frac{P_{diseño}}{P_{trabajo}} \quad (3.7)$$

$$f_s = \frac{0,5}{0,38}$$

$$f_s = 1,3$$

3.4.C.b Diseño sistema reductor de velocidad

Se diseñará un sistema de transmisión reductor para obtener dos diferentes velocidades de giro de la base, uno para 100rpm y otro para obtener

una velocidad angular de 160 rpm, esto con la finalidad de hacer pruebas y seleccionar la velocidad adecuada del prototipo.

Además, se conoce que el prototipo contará con una transmisión de engranes planetarios con una relación de transmisión de 1/5.

$$r_{\text{Planetario}} = \frac{1}{5}$$

3.4.C.b.a Diseño para obtener 160 rpm a la salida

$$\omega_{\text{base}} = 160 \text{ rpm}$$

$$r = \frac{\omega_{\text{base}}}{\omega_{\text{motor}}}$$

$$r = \frac{160}{1600}$$

$$r = \frac{1}{10}$$

Para obtener una velocidad de salida de 160 rpm es necesario una relación de transmisión de 1/10, pero se conoce que la relación de la transmisión de engranes planetarios es de 1/5, se optó por implementar una transmisión por poleas al sistema, de donde es necesario una relación de transmisión de:

$$r = r_{\text{Planetario}} * r_{\text{Poleas}} \quad (3.8)$$

$$r_{\text{Poleas}} = \frac{r}{r_{\text{Planetario}}}$$

$$r_{\text{Poleas}} = \frac{\frac{1}{10}}{\frac{1}{5}}$$

$$r_{\text{Poleas}} = \frac{1}{2}$$

Para el dimensionamiento de la polea conducida se conoce que el diámetro interno de la polea conductora es de 50mm, con estos datos se calcula el diámetro interno de la polea conducida.

$$r_{Poleas} = \frac{D_{Conductora}}{D_{Conducida}} \quad (3.9)$$

$$D_{Conducida} = \frac{D_{Conductora}}{r_{Poleas}}$$

$$D_{Conducida} = \frac{50}{\frac{1}{2}}$$

$$D_{Conducida} = 100mm$$

3.4.C.b.b Cálculo de la correa necesaria

Para estimar la correa es necesario conocer los diámetros de cada polea y la distancia entre centros, en el caso del prototipo a implementar esta distancia entre centros es de 180mm.

$$C = 180mm$$

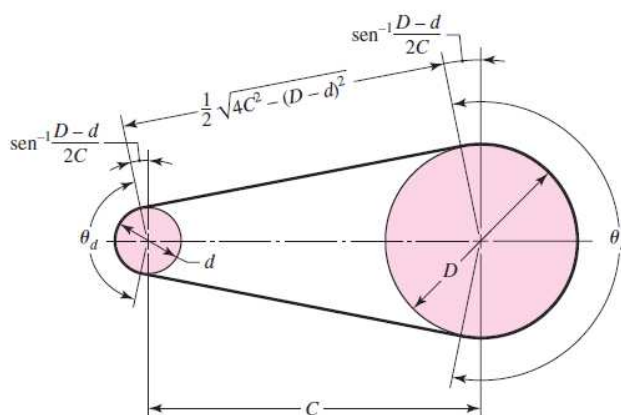


Figura 34 Estimación de la correa

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

$$\theta_d = \pi - 2 \cdot \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (3.10)$$

$$\theta_D = \pi + 2 \cdot \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (3.11)$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad (3.12)$$

Donde:

Θ_d : Angulo de contacto polea conductora [rad]

Θ_D : Angulo de contacto polea conducida [rad]

d: diámetro polea conductora [mm]

D: diámetro polea conducida [mm]

C: distancia entre centros de poleas [mm]

L: Longitud de la correa [mm]

$$\theta_d = \pi - 2 \cdot \sin^{-1} \frac{100 - 50}{2(180)}$$

$$\theta_d = 2,86 \text{ rad}$$

$$\theta_d = 2,86 \text{ rad} * \frac{180^\circ}{\pi \cdot \text{rad}}$$

$$\theta_d = 163,90^\circ$$

En la polea conductora el ángulo de contacto es de 163,90 grados.

$$\theta_D = \pi + 2 \cdot \sin^{-1} \frac{100 - 50}{2(180)}$$

$$\theta_D = 3,42 \text{ rad}$$

$$\theta_D = 3,42 \text{ rad} * \frac{180^\circ}{\pi \cdot \text{rad}}$$

$$\theta_D = 195,95^\circ$$

En la polea conducida el ángulo de contacto es de 195,95 grados.

$$L = \sqrt{4(180)^2 - (100 - 50)^2} + \frac{1}{2}(100 * 3,42 + 50 * 2,86)$$

$$L = 599 \text{ mm}$$

Para seleccionar la correa es necesario transformar las unidades al sistema inglés porque así se las comercializa en el mercado nacional.

$$L = 599 \text{ mm} * \frac{1 \text{ inch}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$L = 23,6 \text{ inch}$$

Consecuentemente la correa seleccionada será de 24 pulgadas por ser el valor inmediato superior al calculado.



Figura 35 Polea de diámetro interno 100mm y banda de 24 pulgadas

A continuación, se calculará la velocidad lineal de la banda:

$$V_{banda} = \frac{D_{conductora}}{2} * \omega_{motor} = \frac{D_{conducida}}{2} * \omega_{Polea\ conducida} \quad (3.13)$$

$$\omega_{motor} = 1600 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi.rad}{1rev}$$

$$D_{conductora} = 50mm = 0,05m$$

$$\omega_{motor} = 167,60 \frac{rad}{s}$$

$$V_{banda} = \frac{0,05}{2} * 167,60$$

$$V_{banda} = 4,19 \frac{m}{s}$$

Finalmente se calcula la velocidad angular de la polea conducida:

$$\frac{D_{conductora}}{2} * \omega_{motor} = \frac{D_{conducida}}{2} * \omega_{Polea\ conducida} \quad (3.14)$$

Despejando $\omega_{Polea\ conducida}$:

$$\omega_{Polea\ conducida} = \frac{D_{conductora}}{D_{conducida}} * \omega_{motor}$$

$$\omega_{Polea\ conducida} = \frac{50}{100} * 1600$$

$$\omega_{Polea\ conducida} = 800rpm$$

3.4.C.b.c Diseño para obtener 100 rpm a la salida

$$\omega_{base} = 100\ rpm$$

$$r = \frac{\omega_{base}}{\omega_{motor}}$$

$$r = \frac{100}{1600}$$

$$r = \frac{1}{16}$$

Para obtener una velocidad de salida de 100 rpm es necesario una relación de transmisión de 1/16, pero se conoce que la relación de la transmisión de engranes planetarios es de 1/5, se optó por implementar una transmisión por poleas al sistema, de donde es necesario una relación de transmisión de:

$$r = r_{Planetario} * r_{Poleas}$$

$$r_{Poleas} = \frac{r}{r_{Planetario}}$$

$$r_{Poleas} = \frac{\frac{1}{16}}{\frac{1}{5}}$$

$$r_{Poleas} = \frac{5}{16}$$

Para el dimensionamiento de la polea conducida se conoce que el diámetro interno de la polea conductora es de 50mm, con estos datos se calcula el diámetro interno de la polea conducida.

$$r_{Poleas} = \frac{D_{Conductora}}{D_{Conducida}} \quad (3.15)$$

$$D_{Conducida} = \frac{D_{Conductora}}{r_{Poleas}} \quad (3.16)$$

$$D_{Conducida} = \frac{50}{\frac{16}{5}}$$

$$D_{Conducida} = 160mm$$

3.4.C.b.d Cálculo de la correa necesaria

Para estimar la correa es necesario conocer los diámetros de cada polea y la distancia entre centros, en el caso del prototipo a implementar esta distancia entre centros es de 180mm.

$$C = 180mm$$

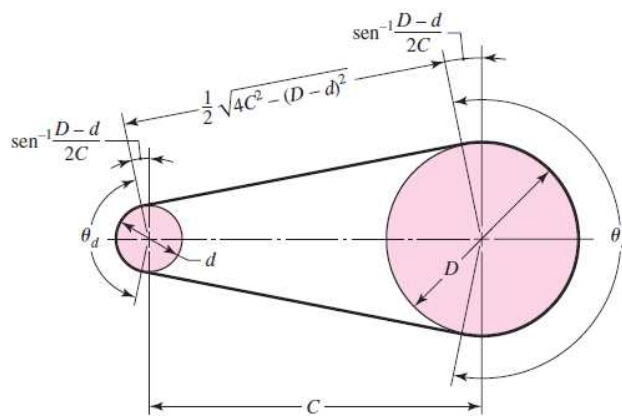


Figura 36 Estimación de la banda

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

$$\theta_d = \pi - 2 \cdot \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (3.17)$$

$$\theta_D = \pi + 2 \cdot \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (3.18)$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad (3.19)$$

Donde:

θ_d : Angulo de contacto polea conductora [rad]

θ_D : Angulo de contacto polea conducida [rad]

d: diámetro polea conductora [mm]

D: diámetro polea conducida [mm]

C: distancia entre centros de poleas [mm]

L: Longitud de la correa [mm]

$$\theta_d = \pi - 2 \cdot \sin^{-1} \frac{160 - 50}{2(180)}$$

$$\theta_d = 2,52 \text{ rad}$$

$$\theta_d = 2,52 \text{ rad} * \frac{180^\circ}{\pi \cdot \text{rad}}$$

$$\theta_d = 144,39^\circ$$

En la polea conductora el ángulo de contacto es de 163,90 grados.

$$\theta_D = \pi + 2 \cdot \sin^{-1} \frac{160 - 50}{2(180)}$$

$$\theta_D = 3,76 \text{ rad}$$

$$\theta_D = 3,76 \text{ rad} * \frac{180^\circ}{\pi \cdot \text{rad}}$$

$$\theta_D = 215,43^\circ$$

En la polea conductora el ángulo de contacto es de 195,95 grados.

$$L = \sqrt{4(180)^2 - (160 - 50)^2} + \frac{1}{2}(160 * 3,76 + 50 * 2,52)$$

$$L = 706,58 \text{ mm}$$

Para seleccionar la correa es necesario transformar las unidades al sistema inglés porque así se las comercializa en el mercado nacional.

$$L = 706,58 \text{ mm} * \frac{1 \text{ inch}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$L = 27,81 \text{ inch}$$

Consecuentemente la correa seleccionada será de 28 pulgadas por ser el valor inmediato superior al calculado.



Figura 37 Polea de diámetro interno 160mm y banda de 28 pulg.

A continuación, se calculará la velocidad lineal de la banda:

$$V_{banda} = \frac{D_{conductora}}{2} * \omega_{motor} = \frac{D_{conducida}}{2} * \omega_{Polea\ conducida} \quad (3.20)$$

$$\omega_{motor} = 1600 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi.rad}{1rev}$$

$$D_{conductora} = 50mm = 0,05m$$

$$\omega_{motor} = 167,60 \frac{rad}{s}$$

$$V_{banda} = \frac{0,05}{2} * 167,60$$

$$V_{banda} = 4,19 \frac{m}{s}$$

Finalmente se calcula la velocidad angular de la polea conducida:

$$\frac{D_{conductora}}{2} * \omega_{motor} = \frac{D_{conducida}}{2} * \omega_{Polea\ conducida} \quad (3.21)$$

Despejando $\omega_{Polea\ conducida}$:

$$\omega_{Polea\ conducida} = \frac{D_{conductora}}{D_{conducida}} * \omega_{motor}$$

$$\omega_{Polea\ conducida} = \frac{50}{160} * 1600$$

$$\omega_{Polea\ conducida} = 500rpm$$

3.5 Componentes del sistema de control

3.5.A Controlador

El microcontrolador que se utilizó quedó a libertad del autor del proyecto, se seleccionó la Raspberry Pi 2 modelo B por ser de fácil manejo y económico con respecto a los elementos utilizados en control industrial. Esta tarjeta tiene las siguientes características:

- 1 GB de RAM
- 4 Puertos USB
- 40 pines para buses serie y GPIO
- Puerto HDMI
- Ranura para tarjeta micro SD
- Conector ethernet hembra

De los 40 pines de la tarjeta 24 son pines de entrada o salida, 2 son para comunicación SPI, 2 son para comunicación I2C, 2 pines de 5V, 2 pines de 3,3V y 8 pines de tierra.

Este microcontrolador es el adecuado para el desarrollo del proyecto, pues cumple con las condiciones generales y suficientes, además utiliza un software libre como es Linux, por lo tanto, el prototipo no presentará costos de licenciamiento en cuanto a software.

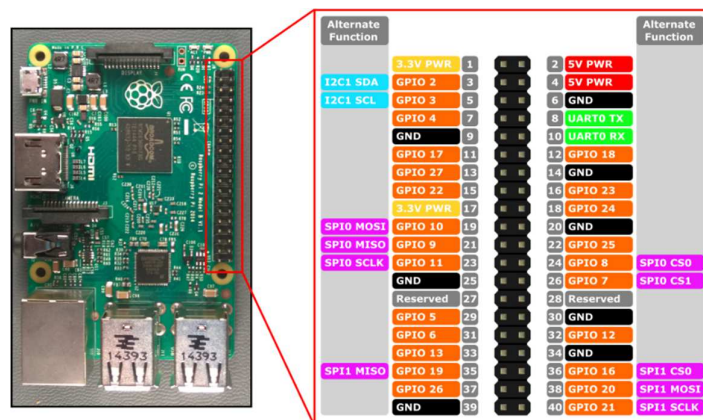


Figura 38 Pines Raspberry Pi 2

Fuente: (Microsoft, s.f)

Dentro del sistema operativo Linux se instaló el programa My Open Lab en donde se realizó el código de programación mediante diagramas de flujo.

En el anexo 3 se presenta el código de programación del microcontrolador en el software de programación gráfica My Open Lab.

3.5.B Actuadores

El prototipo contará con dos actuadores, el primero es el motor eléctrico que será el encargado de suministrar la potencia requerida para el proceso, además la máquina descamadora contará con una electroválvula que cumple la función de la alimentar con agua el área en donde se va a realizar el proceso.

3.5.C Sensores

Se utilizará dos sensores magnéticos para comprobar que las compuertas del prototipo se encuentren correctamente cerradas y un sensor de paso de agua para verificar que haya suministro de este líquido en el sistema

3.5.D Interfaz humano máquina

Desde esta interfaz el operario podrá manejar el prototipo de forma automática mediante botones de accionamiento y se podrá visualizar el comportamiento del sistema.

A pedido del dueño del restaurante la interfaz se la realizará desde una pantalla táctil.

CAPÍTULO IV IMPLEMENTACIÓN

4.1 Selección de equipos y materiales

4.1.A Materiales

El material seleccionado para la construcción del prototipo es el acero inoxidable AISI 304 en el mercado nacional más conocido como acero mate, toda la estructura y componentes estructurales serán elaborados con este material a excepción del sistema de alimentación de agua.

4.1.A.a Material de la estructura del prototipo

Se analizó si el material seleccionado cumple con las normas de diseño higiénico para máquinas de la industria alimenticia, por tal razón se seleccionó el acero AISI 304, que es el apropiado para la construcción del prototipo.

“El acero inoxidable es una aleación de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo” (ACEROSCENTER, s.f.).

Las láminas de acero inoxidable gracias a su bajo contenido de carbono son resistentes a la corrosión.



Figura 39 Lámina de acero inoxidable 304

Fuente: (ACEROSCENTER, s.f.)

Las láminas comercializadas en el mercado ecuatoriano son las detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 41
Aceros disponibles en el mercado

1.22 x 2.44	
Denominación	Peso (kg)
0.4mm	8.92
0.6mm	14.30
0.7mm	16.59
0.9mm	21.54
1.0mm	22.84
1.5mm	33.87
2.0mm	44.88
* 3.0mm	71.00

Fuente: (ACEROSCENTER, s.f.)

4.1.A.b Material de los soportes del prototipo

Para los soportes de la máquina descamadora de pescado se seleccionó un ángulo que en primer lugar es laminado en caliente, luego enderezado y decapado, finalmente es cortado acorde a las dimensiones comerciales de los mismos.

Cabe mencionar que estos ángulos son de acero inoxidable AISI 304.



Figura 40 Ángulo de acero inoxidable AISI 304

Fuente: (Montanstahl AG, 2014)

En el mercado nacional podemos encontrar estos ángulos que se detallan a continuación en la siguiente tabla

Tabla 42
Ángulos de acero inoxidable

Alas (mm)	Espesor (mm)											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
20	.	.	.									
25								
30								
35								
40								
50
60		
70			
75			
80		
100			

Fuente: (ACERINOX, 2013)

El ángulo seleccionado posee alas iguales de 40 mm con un espesor de 6mm.

4.1.A.c Material del sistema de alimentación de agua

Este sistema de alimentación está hecho con tuberías convencionales de agua potable, para el presente prototipo es suficiente trabajar con tuberías de ½ pulgada que son hechas de PVC y en la siguiente tabla se detallada las resistencias de las mismas.

Tabla 43
Tabla de resistencia

Temperatura C	Tiempo de vida útil años	PRESION NOMINAL	
		1 MPa	
		Presión permisible de trabajo o servicio	
		MPa	lb/pulg ²
20	25	1.15	166.8
	50	1.00	145.0
30	25	0.90	130.5
	50	0.90	130.5
40	25	0.70	101.5
	50	0.65	94.3
50	25	0.50	72.5
	50	0.45	65.3
60	25	0.35	50.8
	50	0.30	43.5
70	20	0.25	36.3
	25	0.20	29.0
80	10	0.20	29.0
	20	0.15	21.8
95	5	0.10	14.5
	10	0.10	14.5

Basada en normas IRAM 13473

Fuente: (Plastigama, 2016)

4.1.B Selección de sensores

4.1.B.a Sensor de flujo de agua magnético



Figura 41 Sensor de flujo de agua

Fuente: (Newweg, 2017)

El sensor de flujo de agua seleccionado puede ser utilizado en la industria en tratamiento de aguas para la protección ambiental y en otros sistemas de monitoreo.

Este sensor es de alto rendimiento, posee un imán permanente y no requiere una fuente de alimentación.

Tabla 44

Especificaciones sensor de flujo

Modo de instalación	Vertical o Horizontal (Tomar en cuenta la dirección del flujo)
Material	ABS (Plástico)
Color	Negro
Diámetro de la tubería	20 mm
Modo de operación	Normalmente abierto
Voltaje máximo de activación	220 VAC
Voltaje mínimo de cortocircuito	200 VDC
Máxima corriente de conmutación	3 A

Fuente: (Newweg, 2017)

4.1.B.b Sensor magnético



Figura 42 Sensor Magnético

Fuente: (Tanyx, 2017)

Este sensor tiene un modo de operación normalmente abierto y es ideal para lugares en donde existe una superficie fija y una móvil, se acciona al juntar las dos partes del sensor.

4.1.C Selección de actuadores

4.1.C.a Válvula solenoide



Figura 43 Válvula Solenoide

Fuente: (TCS Industrial, 2014)

Tabla 45
Especificaciones válvula solenoide

Voltaje de funcionamiento	110 VAC
Material	Plástico y metal
Diámetro tubería	½ in
Presión de funcionamiento	0 – 0.8 MPa
Medio aplicable	Agua
Temperatura ambiente	0 – 40 °C
Característica del flujo	0,02 MPa, 3 L/min 0,1 MPa, 8 L/min 0,3 MPa, 13 L/min 0,8 MPa, 25 L/min
Accionamiento	Piloto
Modo de operación	Normalmente cerrado

Fuente: (TCS Industrial, 2014)

4.1.C.b Motor



Figura 44 Motor

El motor seleccionado cuenta con las siguientes características:

Tabla 46
Especificaciones motor Weg

Fabricante	WEG
Modelo	189D1753P009
Potencia	0,373 kW
Voltaje de funcionamiento	110 V
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1590 – 1625 rpm
Capacitor permanente	Si

4.2 Construcción del prototipo

4.2.A Proceso de elaboración estructura cilíndrica desmontable

En primera instancia se procedió a realizar el corte de la lámina de acero inoxidable 304 necesaria para realizar una estructura cilíndrica de diámetro interno 40cm y de altura 45cm.

Longitud de la lámina:

$$L = \pi D = 2\pi r \quad (4.1)$$

$$L = \pi(40)$$

$$L \approx 126 \text{ cm}$$

De esta manera se recortó una lámina de 45 x 126 cm.



Figura 45 Lámina para la estructura cilíndrica

A continuación se procedió a trazar los lugares en donde van a realizarse las perforaciones de la matriz de 25 x 25mm, pero se consideró dejar un espacio libre en la parte superior y en la inferior de la lámina. En la parte de abajo con el fin de que la estructura cilíndrica desmontable se encuentre una distancia por debajo del filo de la base giratoria para evitar atascamientos de los pescados.

La parte de arriba se dejó libre de perforaciones debido a que en este lugar se van a ubicar las agarraderas para el desmontaje de la estructura cilíndrica y además para no perder rigidez a causa de las perforaciones. También se consideró que en la estructura cilíndrica desmontable se

localizará la compuerta de evacuación de pescados, razón por la cual se dejó un espacio libre de perforaciones en el lugar donde se realizaría el corte de la misma.

Para evitar un desalineamiento de la broca del taladro con un punto se marca todos los lugares en donde se realizarán las perforaciones.



Figura 46 Marcación sitios a perforar

Seguidamente se procedió a taladrar todos los lugares marcados y retirar la limalla dejada por el taladro.

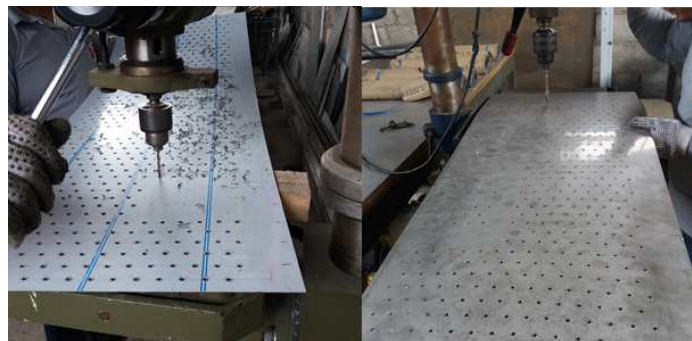


Figura 47 Taladrado y retiro de limalla

Luego mediante el punzón de 6mm y la placa matriz a cada uno de los orificios se le dio la rugosidad previamente seleccionada mediante pruebas experimentales.



Figura 48 Punzón y placa matriz

Posteriormente se sometió a la lámina a la baroladora para darle cilindridad, pero para evitar aplastar la matriz rugosa se utilizó un caucho, y luego se realizó el cordón de soldadura en toda la junta.



Figura 49 Barolado estructura cilíndrica rugosa

Más adelante se realizó los cortes de la compuerta de salida y de las agarraderas.



Figura 50 Cortes para las compuertas

Finalmente se cortó, dobló y colocó las guías en la estructura cilíndrica rugosa que servirán para facilitar el montaje y desmontaje desde la estructura externa.



Figura 51 Estructura cilíndrica desmontable

4.2.B Proceso de elaboración base giratoria

En primer lugar se procedió a realizar una perforación en el centro de una lámina cuadrada mayor de 43 cm por lado. Con la ayuda del torno se trazó una circunferencia de diámetro 42cm.

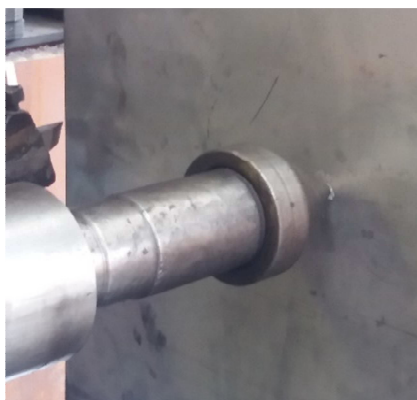


Figura 52 Lámina de la base giratoria espesor 1mm

A continuación se procede a recortar la circunferencia marcada por el torno y pulir la limalla dejada en el proceso de corte.



Figura 53 Recorte de la lámina

Seguidamente la lámina circular es sometida a un proceso de repujado con el fin de que las escamas retiradas de los pescados tengan caída hacia el ducto de agua residual, cabe mencionar que al someter esta lámina al proceso de repujado su diámetro disminuye.



Figura 54 Repujado de una lámina circular

Fuente: (Molina, 2017)

Al igual que en la estructura cilíndrica se procede a trazar los lugares en donde se va a realizar las perforaciones con un esferográfico y luego con el punto se marca estos sitios. Seguidamente es sometido al punzón y a la placa matriz para darle la rugosidad requerida.



Figura 55 Punzonado de la base

A continuación esta base se fijó a otra base de las mismas dimensiones y forma, pero de espesor 2mm para darle mayor rigidez y estabilidad a la misma en donde se encuentra el bocín de acople a la transmisión.



Figura 56 Base giratoria rugosa

4.2.C Proceso de elaboración de la estructura fija del prototipo

La base de la estructura del prototipo fue sometida a un proceso de repujado, con el objeto de tener una caída hacia el conducto de salida del agua residual, en esta estructura repujada se soldó un bocín que sirve como guía para la transmisión de engranes planetarios y además sella e impede el paso de agua hacia la parte inferior del prototipo.



Figura 57 Base del prototipo

La estructura fija del prototipo está elaborada con una lámina de 3mm que se sometió a la baroladora para darle forma cilíndrica.

Longitud de la lámina:

$$L = \pi D = 2\pi r$$

$$L = \pi(46)$$

$L \approx 145 \text{ cm}$

De esta manera se recortó una lámina de 55 x 145 cm que fue barolada.



Figura 58 Lámina de 3mm barolada

La base fija y la estructura cilíndrica fija fueron soldadas en todo su alrededor porque no deben permitir fugas de agua hacia el exterior.



Figura 59 Soldadura alrededor de la estructura externa

En la estructura fija se localizan los soportes de la máquina y demás miembros estructurales para fijar la transmisión y el motor.



Figura 60 Fijación del motor y transmisión

En la estructura fija se recortó el lugar en donde se encuentra la compuerta de salida de pescados y la bandeja de salida de agua residual.

Luego se soldo las bandejas de salida de pescado, bandeja de salida de agua y las guías que se encargarán de soportar la estructura cilíndrica desmontable.



Figura 61 Ensamble externo

Finalmente se colocó las bisagras, aladeras y las compuertas de evacuación e ingreso de pescados.



Figura 62 Estructura externa

4.3 Implementación del sistema de control

El prototipo utiliza dos diferentes fuentes, en primera instancia se encuentra la luz doméstica, es decir 110 V 60 Hz, esta fuente es la encargada de alimentar a los actuadores, luces piloto, circuitos de acondicionamiento y a la fuente de corriente continua.

La fuente de 5V DC alimenta al microcontrolador y a la pantalla táctil, todos los sensores y circuitos de acondicionamiento de control trabajan con este nivel de voltaje.

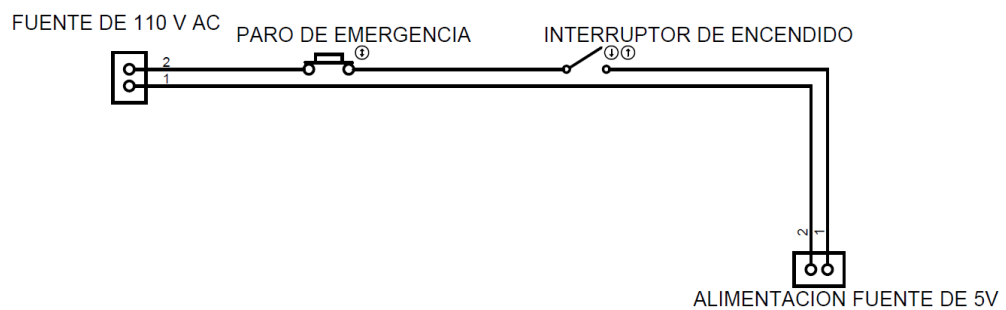


Figura 63 Circuito de alimentación principal

4.3.A Sistema eléctrico de actuadores

4.3.A.a Electroválvula

A continuación, se detalla la conexión eléctrica y de control de la electroválvula. Como se observa en la gráfica la tarjeta raspberry será la encargada de enviar señales de activación y desactivación de la electroválvula comunicando el circuito de control y el de potencia mediante un relé, este actuador cuenta con un control on/off.

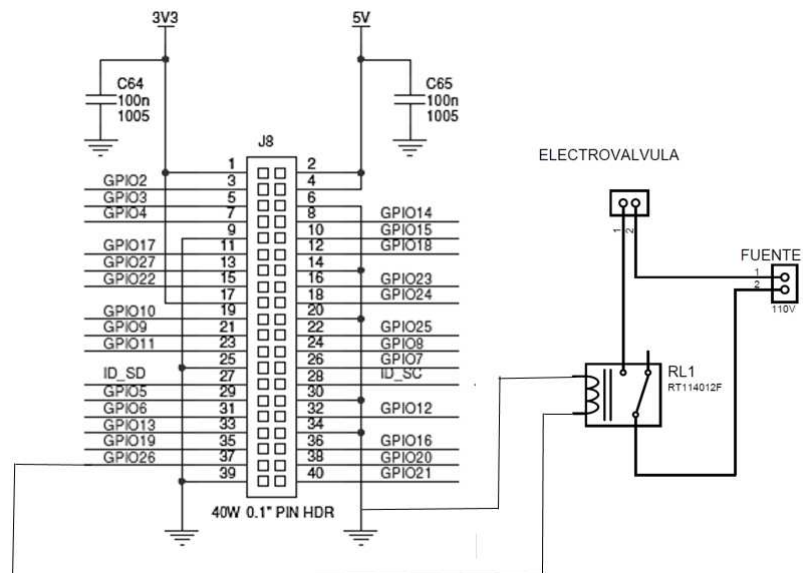


Figura 64 Circuito eléctrico electroválvula

4.3.A.b Motor

El sistema eléctrico del motor consta de una parte de control y una de potencia, el microcontrolador es el encargado de enviar señales de activación a dos relés que se encargan de energizar a un capacitor permanente y en base a la dirección en que se encuentra circulando la corriente en las bobinas del motor se produce un sentido de giro horario o antihorario.

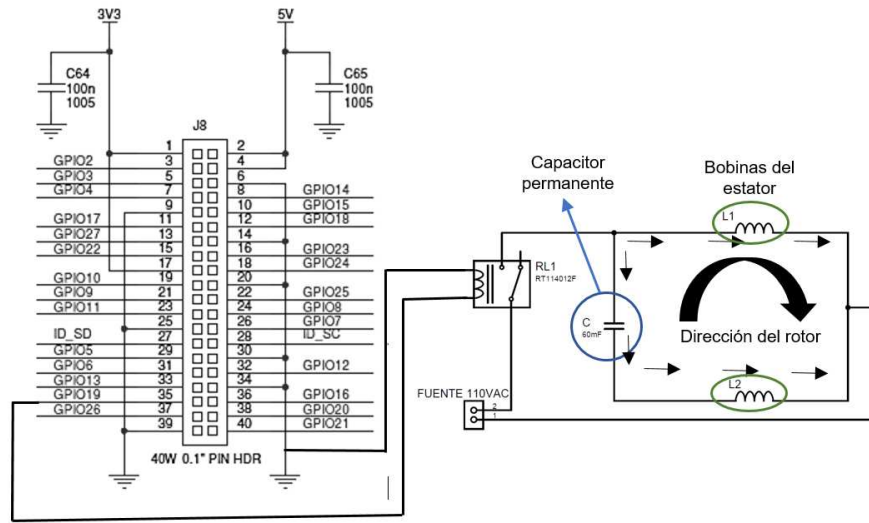


Figura 65 Circuito eléctrico motor sentido horario

Inversión del sentido de giro

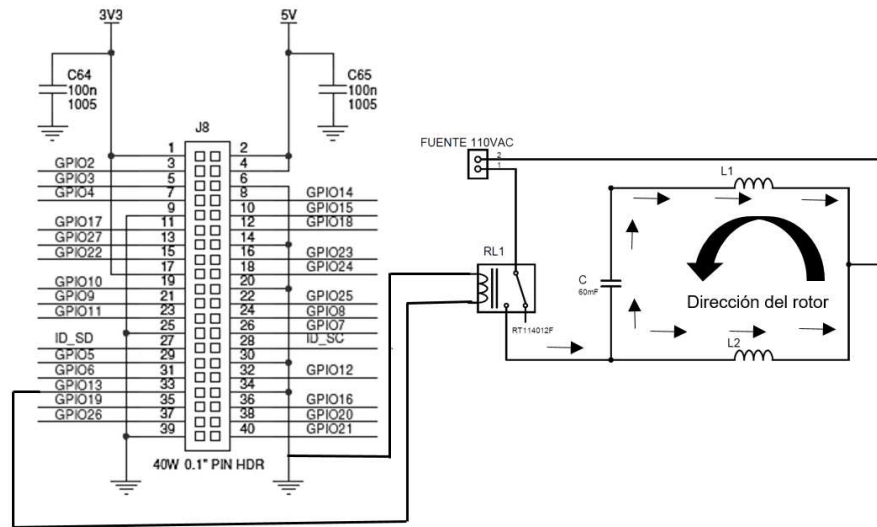


Figura 66 Circuito eléctrico motor sentido antihorario

4.3.B Sistema eléctrico de sensores

4.3.B.a Sensor magnético

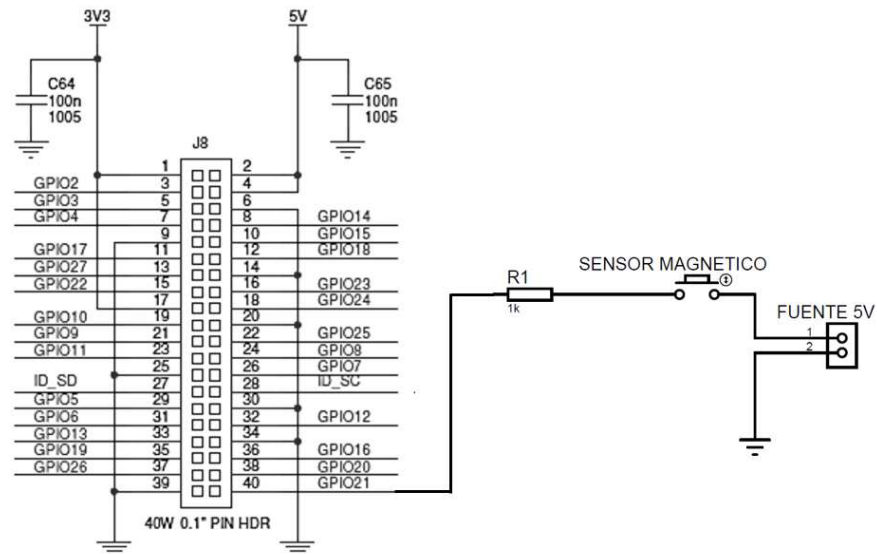


Figura 67 Circuito eléctrico del sensor magnético

Los sensores magnéticos se encuentran localizados en las compuertas de entrada y salida de pescados, estos envían una señal al microcontrolador, el mismo que se encarga de tomar una acción de control.

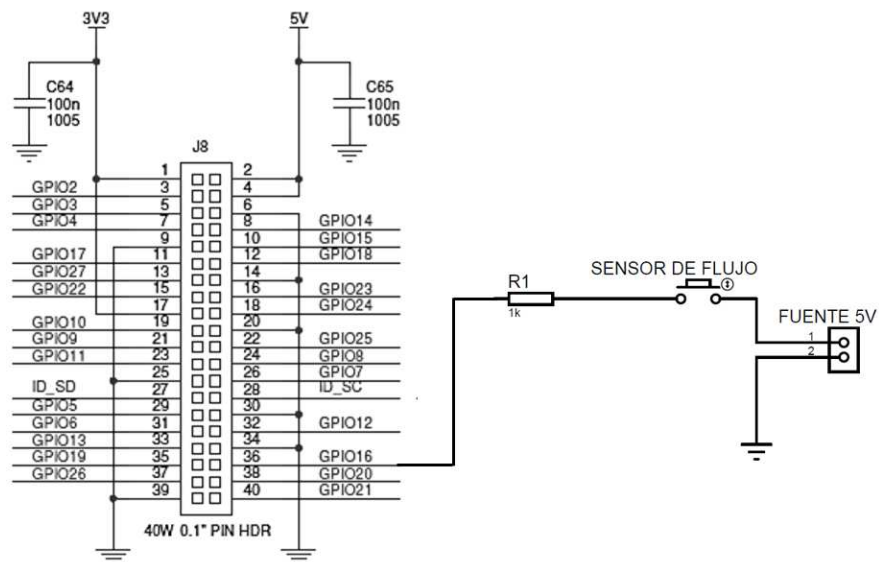


Figura 68 Circuito eléctrico sensor de flujo

El sensor de flujo de agua se encuentra localizado en el sistema de alimentación de agua y se encarga de enviar una señal al microcontrolador, el mismo que se encarga de tomar una acción de control.

4.3.C Construcción de la caja eléctrica

A continuación, se detallará el proceso que se siguió para armar los circuitos eléctricos del prototipo:

En primer lugar, se procedió a ubicar los sensores y actuadores en el prototipo, al motor se lo fijo con tornillos en los rieles de apoyo tomando en cuenta que la banda se encuentre correctamente templada, en el caso de la válvula solenoide y el sensor de flujo se los instaló en el sistema de alimentación de agua, y se ubicó los sensores magnéticos en las compuertas del prototipo

Seguidamente se procedió a ubicar las canaletas y riel para borneras, luego se realizó los cortes y se fijó en los respectivos lugares las luces indicadoras, interruptor de encendido, paro de emergencia, borneras y pantalla táctil.

Las borneras, portafusible y fusible se colocaron en el riel, mientras que el módulo de relés, la raspberry y el tomacorriente fueron fijados a la caja eléctrica.

Posteriormente se realizó el cableado de sensores hacia la raspberry y de actuadores hacia el módulo de relés y del módulo al microcontrolador.

Finalmente se conectó la pantalla táctil al microcontrolador con la ayuda de un cable HDMI y un cable USB. La fuente DC se conectó al tomacorriente interno de la caja eléctrica para poder energizar el microcontrolador.

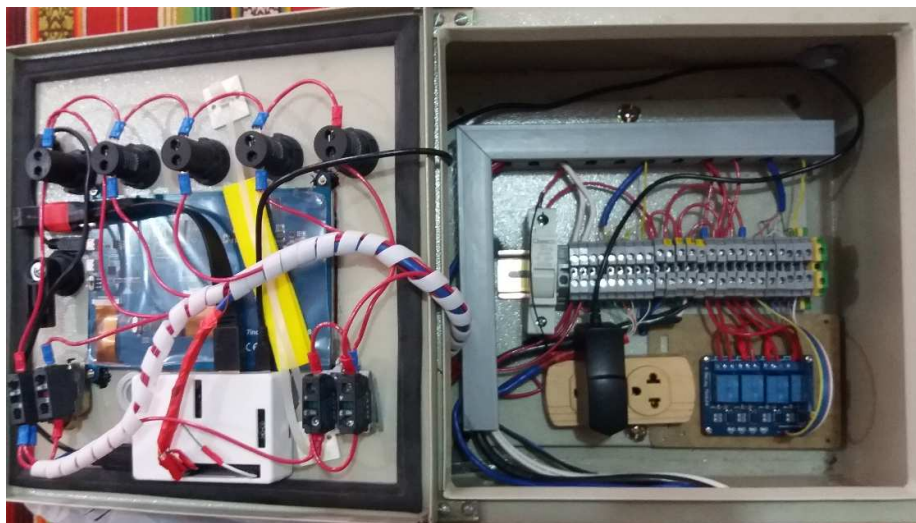


Figura 69 Cableado caja eléctrica

En la figura 69 se puede visualizar el cableado de los circuitos de control y de potencia del prototipo.



Figura 70 Panel caja eléctrica

En la figura 70 se visualiza el panel de control del prototipo, esta caja cuenta con un interruptor de encendido y un botón hongo de paro de emergencia.

Además, el panel contiene luces piloto que indican las etapas del proceso de descamado como son: microcontrolador energizado, motor encendido, electroválvula activada, abrir compuerta de salida de pescados y paro de emergencia activo.

Desde este panel táctil se puede monitorear todo el proceso y visualizar las señales enviadas por los sensores.

Seguridades tomadas en cuenta en el prototipo:

El prototipo cuenta con un fusible para proteger al sistema eléctrico de un cortocircuito.

Posee niveladores para evitar vibraciones a causa del suelo desnivelado.

El cableado se encuentra en una manguera para evitar riesgos a causa de salpicaduras de agua, además la caja eléctrica es modular y se puede desacoplar con facilidad del prototipo.

4.4 Puesta en marcha

Para una correcta puesta en marcha del prototipo es conveniente verificar lo siguiente:

Verificar que el cable de alimentación eléctrica del prototipo se encuentre correctamente conectado al tomacorriente.

Arrancar el prototipo accionando el interruptor y verificar que la luz indicadora se encienda.

Abrir la interfaz gráfica que se encuentra en el escritorio dando doble clic sobre el siguiente ícono start ubicado en la carpeta Descamadora.

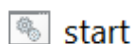


Figura 71 Ícono de inicialización de interfaz

Navegar en la interfaz y seleccionar el modo manual o automático.



Figura 72 Pantalla de inicio interfaz gráfica

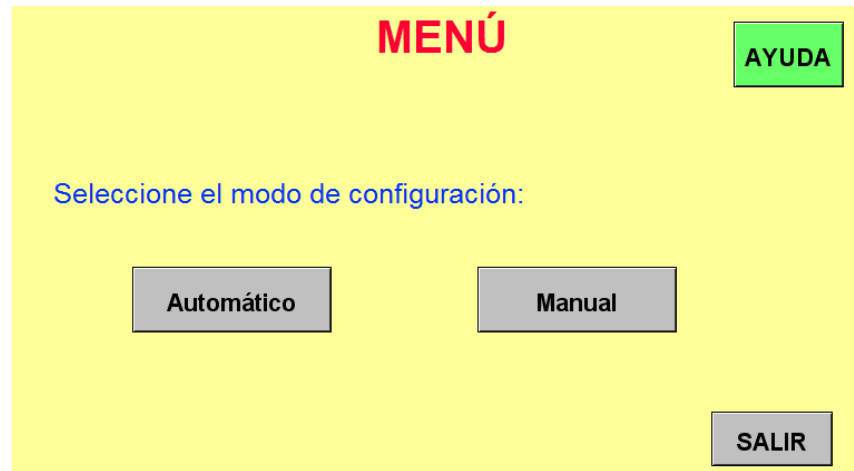


Figura 73 Pantalla de menú

En caso de seleccionar automático configurar el peso y verificar que las compuertas se encuentren cerradas y la llave de paso de agua se encuentre abierta antes de inicializar el proceso.



Figura 74 Pantalla modo automático

Para el proceso de evacuación de los pescados de la zona de trabajo la interfaz gráfica y una luz piloto se encargará de indicarnos en que momento abrir la compuerta de salida.



Figura 75 Indicador para abrir compuerta de salida

Posibles problemas que se pueden presentar:

Tabla 47

Problemas y acciones

Problemas	Acción
El prototipo no se energiza.	Verificar la conexión del prototipo al tomacorriente. Verificar que el botón paro de emergencia no se encuentre accionado. Verificar que la fuente de 5V se encuentre correctamente conectada al interruptor. Verificar el fusible.
La pantalla táctil no se enciende.	Verificar la conexión del cable HDMI. Verificar la conexión del cable USB. Verificar que el interruptor interno de la pantalla se encuentre en ON.
El proceso de descamado no se inicializa.	Verificar que las compuertas se encuentren cerradas. Verificar que la llave de paso de agua se encuentre abierta. Verificar cableado.

4.5 Diagrama de flujo de la lógica de programación

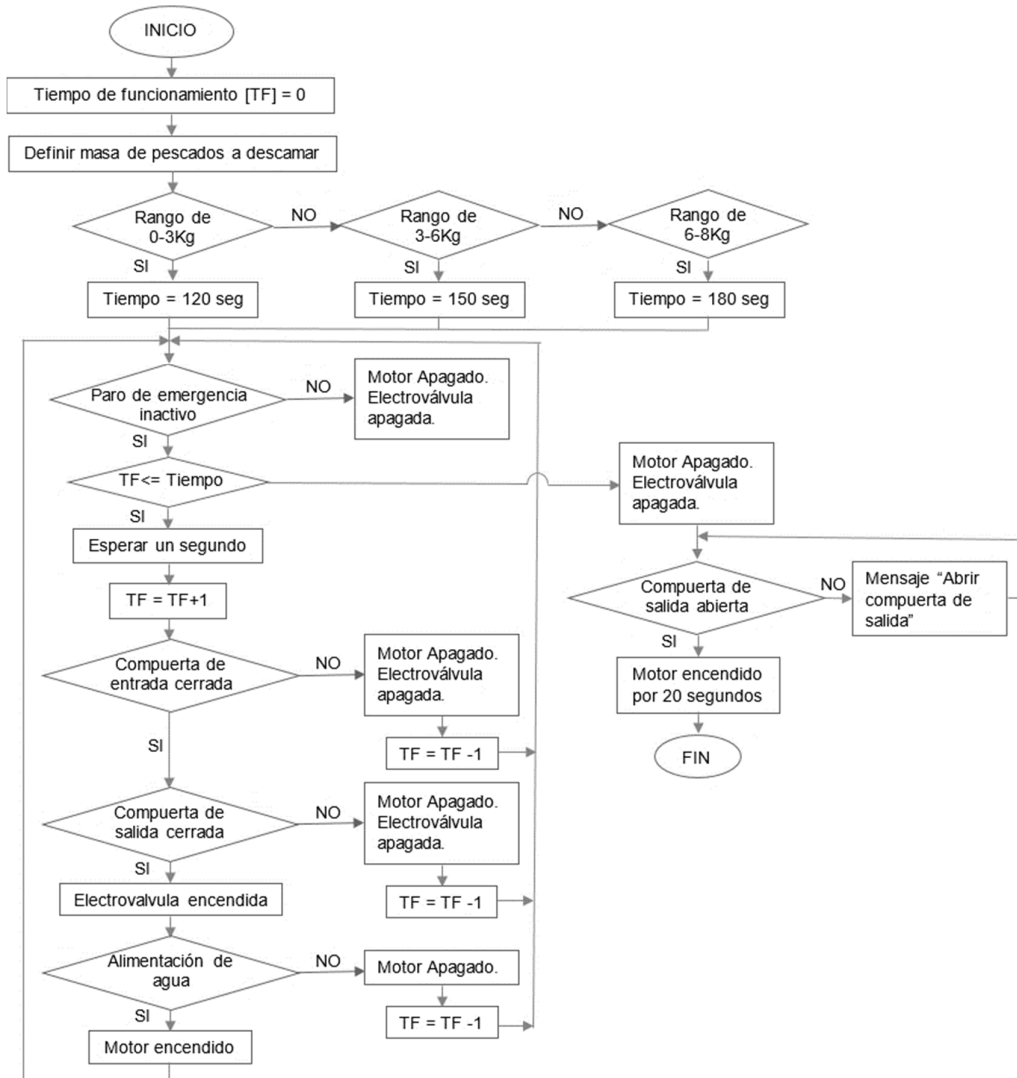


Figura 76 Diagrama de flujo de la lógica de programación

4.6 Recomendaciones de mantenimiento

- Realizar la limpieza del prototipo después de cada puesta en funcionamiento.
- Verificar que la correa de transmisión se encuentre correctamente tensada cada 6 meses.

- Realizar la limpieza interior y exterior de la caja eléctrica para retirar las partículas de polvo con productos de limpieza especiales para tarjetas y componentes electrónicos cada 4 meses.
- Realizar un reajuste de las borneras para evitar falsos contactos cada 6 meses.
- Realizar un reajuste de tuercas del sistema de transmisión y motor cada 6 meses.
- Revisar periódicamente la lubricación de los elementos móviles.
- Revisar que el pitón de agua no se encuentre taponado por la suciedad de manera trimestral.
- Inspeccionar que el sistema de alimentación de agua no tenga fugas.

CAPÍTULO V PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Pruebas

En este capítulo se realizó pruebas experimentales del prototipo mediante una técnica basada en análisis y diseño de experimentos para ahorrar costos de pruebas y mejorar el desempeño del prototipo. El objetivo de realizar estas pruebas es mejorar la eficiencia del proceso de descamado, analizando el efecto que puede tener la velocidad de la base giratoria, el cambio en el sentido de giro, tiempo de funcionamiento, volumen de agua y la cantidad de pescados. Para comprobar la influencia de cada uno de estos parámetros en el proceso de descamado es necesario variarlos.

La técnica utilizada ayudará a identificar que parámetros influyen en la calidad del proceso de descamado mediante un análisis de la variabilidad de cada parámetro, también se podrá identificar los niveles óptimos en que se debe fijar cada parámetro a fin de optimizar el proceso de descamado y hacer del prototipo lo más robusto. Además, se identificará los factores que no influyen sustancialmente en el proceso de descamado con la finalidad de ahorrar costos de pruebas.

El diseño de experimentos tiene la finalidad de establecer las pruebas que se van a realizar y de qué manera para resolver un problema o lograr mejoras.

Todos los métodos de diseños de experimentos siguen las siguientes etapas:

- Identificar el objetivo del estudio.
- Identificar la variable de respuesta.
- Delimitar los factores a estudiarse.
- Seleccionar los niveles de cada factor, elegir la técnica de diseño a implementar y finalmente realizar el experimento.

Durante la primera etapa se planteó como objetivo mejorar el proceso de descamado de pescados, estudiando la influencia de los parámetros

controlables sobre la variable de respuesta para garantizar la calidad del prototipo a un bajo costo. Como variable de respuesta se seleccionó al porcentaje de eficiencia en el descamado, por lo tanto, mientras mayor sea esta lectura, mejor serán los resultados obtenidos.

Los parámetros estudiados son:

- Velocidad de rotación de la base
- Cambio del sentido de giro
- Tiempo de funcionamiento
- Volumen de agua
- Cantidad de pescados

Cada parámetro contará con dos tipos distintos de niveles denominados nivel 1 y nivel 2 como se especifica en la tabla 48:

Tabla 48
Parámetros con sus respectivos niveles

Parámetros	Descripción	Nivel 1	Nivel 2
A	Velocidad	100 rpm	160 rpm
B	Cambio del sentido de giro	Con cambio	Sin Cambio
C	Tiempo de funcionamiento	90 seg	120 seg
D	Volumen de agua	3 gal	3,5 gal
E	Cantidad de pescados	De 1 a 5	De 6 a 10

Considerando la cantidad de parámetros estudiados, el número de niveles que se prueban en cada factor y el objetivo del experimento se optó por utilizar la técnica de Taguchi que está destinada para aseverar que los productos sean robustos con un bajo costo y además de gran calidad. El factor costo está directamente relacionado con la cantidad de experimentos a realizarse.

Para el proceso de descamado se debe estudiar el efecto de 5 parámetros con dos niveles cada uno, por lo tanto, la metodología de Taguchi establece que se debe utilizar una matriz ortogonal L8. Es decir, se realizarán 8 tratamientos, en donde se establecerá una columna a cada uno de los parámetros.

En este caso como son 5 parámetros y se dispone de 7 columnas, se asignará de forma ordenada las primeras 5 columnas a los parámetros existentes y las 2 columnas restantes quedarán libres.

Tabla 49
Matriz ortogonal L8

#	A	B	C	D	E	e1	e2	Vel.	Giro	Tiempo	Vol.	Cant.	Lecturas
1	1	1	1	1	1	1	1	100 rpm	Si	90 seg	3 gal	1 a 5	0.65
2	1	1	1	2	2	2	2	100 rpm	Si	90 seg	3,5 gal	6 a 10	0.70
3	1	2	2	1	1	2	2	100 rpm	No	120 seg	3 gal	1 a 5	0.65
4	1	2	2	2	2	1	1	100 rpm	No	120 seg	3,5 gal	6 a 10	0.75
5	2	1	2	1	2	1	2	160 rpm	Si	120 seg	3 gal	6 a 10	0.90
6	2	1	2	2	1	2	1	160 rpm	Si	120 seg	3,5 gal	1 a 5	0.85
7	2	2	1	1	2	2	1	160 rpm	No	90 seg	3 gal	6 a 10	0.80
8	2	2	1	2	1	1	2	160 rpm	No	90 seg	3,5 gal	1 a 5	0.75

El valor de las lecturas de cada tratamiento se lo obtuvo experimentalmente y se lo estimo realizando un promedio entre la tasa de integridad y la tasa de descamado en los pescados.

La tasa de integridad hace referencia a la percepción visual y palpable del buen estado del pescado finalizado el proceso de descamado, la tasa de descamado hace referencia a la eficiencia, es decir que tan libres de escamas quedaron los peces.

Tabla 50
Resultados pruebas de funcionamiento

Combinación	Taza de integridad	Taza de descamado	Promedio
1	70%	60%	65%
2	75%	65%	70%
3	65%	65%	65%
4	70%	80%	75%
5	90%	90%	90%
6	90%	80%	85%
7	75%	85%	80%
8	75%	80%	75%

El análisis de la varianza de cada uno de los parámetros nos permitirá establecer que parámetros influyen más en el proceso de descamado, pero en primera instancia se debe obtener la suma de los valores de eficiencia de cada parámetro por nivel, estos valores posteriormente nos servirán para hallar la varianza.

Para el parámetro A la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$A_1 = 0,65 + 0,70 + 0,65 + 0,75$$

$$A_1 = 2,95$$

Para el parámetro A la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$A_2 = 0,90 + 0,85 + 0,80 + 0,75$$

$$A_2 = 3,10$$

Para el parámetro B la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$B_1 = 0,65 + 0,70 + 0,90 + 0,85$$

$$B_1 = 3,1$$

Para el parámetro B la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$B_2 = 0,65 + 0,75 + 0,80 + 0,75$$

$$B_2 = 2,95$$

Para el parámetro C la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$C_1 = 0,65 + 0,70 + 0,80 + 0,75$$

$$C_1 = 2,90$$

Para el parámetro C la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$C_2 = 0,65 + 0,75 + 0,90 + 0,85$$

$$C_2 = 3,15$$

Para el parámetro D la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$D_1 = 0,65 + 0,65 + 0,90 + 0,80$$

$$D_1 = 3,00$$

Para el parámetro D la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$D_2 = 0,70 + 0,75 + 0,85 + 0,75$$

$$D_2 = 3,05$$

Para el parámetro E la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$E_1 = 0,65 + 0,65 + 0,85 + 0,75$$

$$E_1 = 2,90$$

Para el parámetro E la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$E_2 = 0,70 + 0,75 + 0,90 + 0,80$$

$$E_2 = 3,15$$

Para el parámetro e1 la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$e_{11} = 0,65 + 0,75 + 0,90 + 0,75$$

$$e_{11} = 3,05$$

Para el parámetro e1 la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$e_{12} = 0,70 + 0,65 + 0,85 + 0,80$$

$$e_{12} = 3,00$$

Para el parámetro e2 la suma de las lecturas de nivel 1 son:

$$e_{21} = 0,65 + 0,75 + 0,85 + 0,80$$

$$e_{21} = 3,05$$

Para el parámetro e2 la suma de las lecturas de nivel 2 son:

$$e_{22} = 0,70 + 0,65 + 0,90 + 0,75$$

$$e_{22} = 3,00$$

Resumiendo:

Tabla 51
Suma de niveles por cada parámetro

Parámetro	A	B	C	D	E	e1	e2
Nivel 1	2,75	3,10	2,90	3,00	2,90	3,05	3,05
Nivel 2	3,30	2,95	3,15	3,05	3,15	3,00	3,00
Suma de Niveles	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05

Estos resultados de las sumas de cada parámetro por nivel servirán para calcular la varianza de cada uno de ellos.

A continuación, se procede a hallar la varianza, mediante la siguiente fórmula:

$$SS = \frac{(Total N2 - Total N1)^2}{n} \quad (5.1)$$

Donde n es la cantidad total de tratamientos que se realizaron, debido a que se hicieron 8 tratamientos n=8.

$$SS_A = \frac{(A_2 - A_1)^2}{n}$$

$$SS_A = \frac{(2,75 - 3,30)^2}{8}$$

$$SS_A = 0,03781$$

Para el parámetro B se obtiene:

$$SS_B = \frac{(B_2 - B_1)^2}{n}$$

$$SS_B = \frac{(2,95 - 3,10)^2}{8}$$

$$SS_B = 0,002812$$

Para el parámetro C se obtiene:

$$SS_C = \frac{(C_2 - C_1)^2}{n}$$

$$SS_C = \frac{(3,15 - 2,90)^2}{8}$$

$$SS_C = 0,007812$$

Para el parámetro D se obtiene:

$$SS_D = \frac{(D_2 - D_1)^2}{n}$$

$$SS_D = \frac{(3,05 - 3,00)^2}{8}$$

$$SS_D = 0,000313$$

Para el parámetro E se obtiene:

$$SS_E = \frac{(E_2 - E_1)^2}{n}$$

$$SS_E = \frac{(3,15 - 2,90)^2}{8}$$

$$SS_E = 0,007813$$

Para el parámetro e₁ se obtiene:

$$SS_{e_1} = \frac{(e_{12} - e_{11})^2}{n}$$

$$SS_{e_1} = \frac{(3,00 - 3,05)^2}{8}$$

$$SS_{e_1} = 0,000313$$

Para el parámetro e₂ se obtiene:

$$SS_{e_2} = \frac{(e_{22} - e_{21})^2}{n}$$

$$SS_{e_2} = \frac{(3,00 - 3,05)^2}{8}$$

$$SS_{e_2} = 0,000313$$

Los parámetros que presentan mayor varianza son: la velocidad, el cambio en el sentido de giro, el tiempo de funcionamiento y la cantidad de

pescados, con los análisis de la varianza posteriores se buscará establecer los niveles óptimos para cada parámetro.

A continuación, a la suma de las varianzas de las columnas libres se le considera como la varianza natural por presentar variabilidad que no se puede explicar con los factores estudiados y tendrá dos grados de libertad, pues este valor representa a las dos columnas libres.

$$SS_e = 0,000313 + 0,000313$$

$$SS_e = 0,000626$$

Posteriormente se procede a hallar la varianza media V que permite estudiar si los parámetros son significativos, este valor se obtiene dividiendo la varianza de cada parámetro para el número de grados de libertad.

$$V = \frac{SS}{g.l.} \quad (5.2)$$

La prueba F servirá para determinar la influencia de los parámetros en el proceso, si se obtiene un valor F superior a 2 se considera que el parámetro influye en la respuesta del sistema, este valor se obtiene dividiendo la varianza media de cada parámetro para la varianza natural.

$$F = \frac{V_{Parámetro}}{V_{Natural}} \quad (5.3)$$

La varianza natural se ubica en las columnas libres, pues representa la variación propia del proceso, que no se puede explicar con los parámetros en estudio.

Tabla 52

Influencia de los parámetros en el descamado

Parámetro	A	B	C	D	E	Col. libres
SS	0,03781	0,002812	0,007812	0,000313	0,007813	0,000626
G. L.	1	1	1	1	1	2
						Varianza natural
V	0,03781	0,002812	0,007812	0,000313	0,007813	0,000313
F	121	9	25	1	25	1

En base a la prueba F se obtuvo como resultado que los parámetros que influyen en el proceso de descamado son: la velocidad, el cambio de giro, el tiempo y la cantidad de pescados a descamar, pues superan su valor a 2.

La eficiencia de descamado promedio del prototipo se denota con la letra \bar{y} , por lo tanto:

$$\bar{y} = \frac{\text{Suma de las lecturas}}{8} \quad (5.4)$$

$$\bar{y} = \frac{6,05}{8}$$

$$\bar{y} = 0,7563$$

En base a los tratamientos realizados se puede afirmar que existe una eficiencia promedio de descamado de 75.6%, la técnica de diseño de experimentos de Taguchi nos asegura obtener una combinación de niveles de todos los parámetros con eficiencia superior al promedio obtenido en los experimentos realizados.

Para seleccionar los niveles de cada parámetro se realiza el promedio de cada parámetro por nivel y se toma el valor más alto, pues se requiere mayor eficiencia en el proceso de descamado.

Tabla 53

Selección de niveles por cada parámetro

Parámetro	Nivel 1	Nivel 2	Seleccionar	Corresponde
A	Ap ₁ = 0,6875	Ap ₂ = 0,825	Nivel 2	160 rpm
B	Bp ₁ = 0,775	Bp ₂ = 0,7375	Nivel 1	Cambio de giro
C	Cp ₁ = 0,725	Cp ₂ = 0,7875	Nivel 2	120 seg
D	Dp ₁ = 0,75	Dp ₂ = 0,7625	Nivel 2	3,5 galones
E	Ep ₁ = 0,725	Ep ₂ = 0,7875	Nivel 2	6 a 10 pescados

En la figura 77 se puede observar el efecto de cada parámetro en el proceso de descamado, mientras más grande es la línea de cada parámetro, mayor será el efecto de este parámetro en el proceso.

Claramente se evidencia que los parámetros con mayor influencia en el proceso son la velocidad, el cambio en el sentido de giro, el tiempo de

funcionamiento y la cantidad de pescados, mientras el parámetro con menor influencia es el volumen de agua por lo que deberá ser seleccionado el nivel más económico.

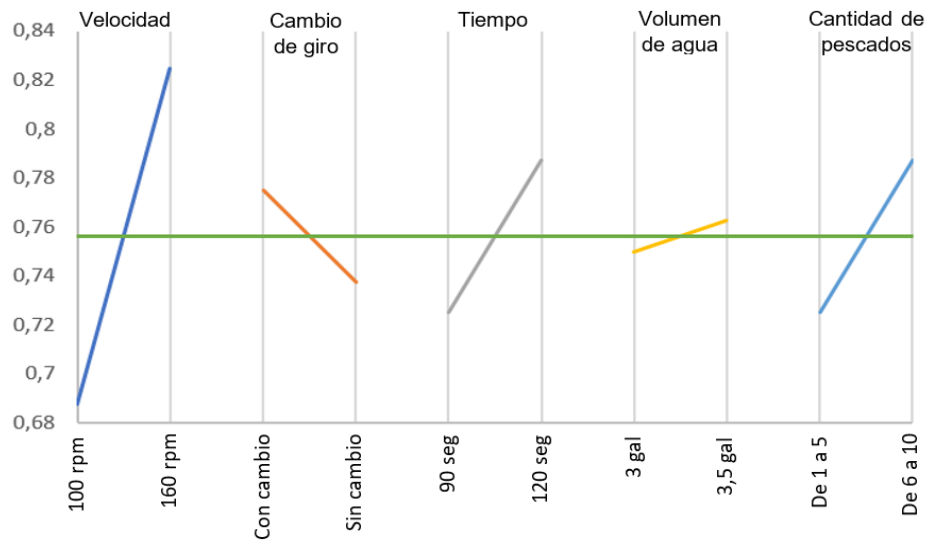


Figura 77 Grafica de efectos por parámetro en el proceso

Como resultado del análisis de la varianza se obtuvo que el prototipo presentará una mejor eficiencia de descamado con las siguientes especificaciones:

- Velocidad de rotación de la base [160 rpm].
- Cambio en el sentido de giro.
- Tiempo de funcionamiento [120 segundos].
- Volumen de agua [3,5 galones].
- De 6 a 10 pescados procesados.

La combinación de parámetros que surgió como resultado del análisis de la varianza nos asegura la mejora en eficiencia de descamado del prototipo por tanto será un valor superior a 75,6% que es la eficiencia promedio actual.

A continuación, se estimará el resultado de la eficiencia esperada con los niveles de cada parámetro fijado y se comparará con una prueba experimental para validar el funcionamiento.

Para hallar el nuevo porcentaje de eficiencia, se debe hallar los efectos de cada uno de los parámetros en sus niveles establecidos con respecto al promedio de eficiencia de los tratamientos realizados.

Para el parámetro A:

$$Ef_A = 0,825 - 0,7563$$

$$Ef_A = 0,0687$$

Para el parámetro B:

$$Ef_B = 0,775 - 0,7563$$

$$Ef_B = 0,0187$$

Para el parámetro C:

$$Ef_C = 0,7875 - 0,7563$$

$$Ef_C = 0,0312$$

Para el parámetro D:

$$Ef_D = 0,7625 - 0,7563$$

$$Ef_D = 0,0062$$

Para el parámetro E:

$$Ef_E = 0,7875 - 0,7563$$

$$Ef_E = 0,0312$$

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que los parámetros con mayor efecto en el proceso de descamado corresponden a la velocidad, tiempo de funcionamiento y la cantidad de pescados.

En conclusión, el resultado esperado con las condiciones: velocidad de 160rpm, cambio en el sentido de giro, tiempo de descamado de 120 segundos,

volumen de agua de 3,5 galones y con una cantidad de 6 a 10 pescados es el siguiente:

$$Y_{estimado} = \bar{y} + Ef_A + Ef_B + Ef_C + Ef_D + Ef_E \quad (5.5)$$

$$Y_{estimado} = 0,7563 + 0,0687 + 0,0187 + 0,0312 + 0,0062 + 0,0312$$

$$Y_{estimado} = 0,9123$$

Este resultado nos indica que el porcentaje de eficiencia de descamado que podemos esperar es de 91,23% con los niveles de parámetros seleccionados.

Comparando el porcentaje de eficiencia esperado con el resultado experimental podemos concluir que se valida el funcionamiento del prototipo y los resultados obtenidos en el proceso pruebas. Además, se puede asegurar que se obtuvo los mejores resultados fijando las variables controlables en los niveles antes especificados.



Figura 78 Resultado final

5.2 Resultados

El presente proyecto dejó como resultado un prototipo robusto, de fácil manejo, fácil limpieza y cumple con eficiencia el proceso de descamado.

Se cumplió con las necesidades de los usuarios mostrando satisfacción del trabajo realizado.

El prototipo cumplió las expectativas y objetivos trazados, además se redujo sustancialmente el tiempo planteado para realizar el proceso de descamado de pescados.

5.2.A Especificaciones finales del prototipo

Las especificaciones finales se definieron con los niveles óptimos de cada parámetro en donde el prototipo presentó un mejor desempeño y se detallan a continuación:

- La capacidad máxima del prototipo es de 8 Kg, este es un parámetro de diseño.
- Con una balanza se cuantificó la masa total del prototipo que se encuentra alrededor de 65 kg.
- El prototipo utiliza energía eléctrica doméstica de 110 V para alimentar los actuadores y el sistema de control.
- Se obtuvo que la masa de la estructura cilíndrica desmontable es de 3,7 kg.
- El tiempo empleado desde la inicialización de la interfaz hasta la puesta en marcha del dispositivo es de 120 segundos.
- En el anexo 2 se detalla los gastos invertidos en el prototipo.
- El prototipo emplea alrededor de 3 minutos por cada ciclo de descamado.
- Las pruebas finales establecieron que la velocidad óptima de trabajo es de 160 rpm.
- El prototipo utiliza un volumen de agua de aproximadamente 3,5 galones por ciclo de trabajo.
- La presión de agua con que se trabajo es la doméstica es decir 50 psi.
- Siguiendo las recomendaciones de las normas de fabricación de maquinaria alimenticia todas las esquinas se redondearon con un radio aproximado de 4mm.
- En total en el prototipo se instalaron tres sensores: en la compuerta de ingreso de pescados se utilizó un sensor magnético, en la compuerta de

salida también se instaló un sensor magnético y en el sistema de alimentación de agua se utilizó un sensor de flujo.

- La estructura y componentes estructurales del prototipo están contruidos de acero inoxidable 304.

Tabla 54

Tabla de especificaciones finales

Métrica	Valor	Unidades
Capacidad máxima por ciclo	8	Kg
Masa total	65	Kg
Voltaje funcionamiento	110	V
Masa de los componentes desmontables	3,7	Kg
Tiempo de inicialización de la interfaz	120	s
Costo del prototipo	1731,85	\$
Tiempo por ciclo de descamado	3	min
Velocidad de funcionamiento	160	Rpm
Volumen de agua	3,5	gal
Presión de agua	50	psi

5.2.B Comparativa entre especificaciones objetivo y especificaciones finales

Tabla 55

Especificaciones objetivo y especificaciones finales

Métrica	Valor objetivo	Valor final	Unidades
Capacidad máxima por ciclo	8	8	Kg
Masa total	60	65	Kg
Voltaje de funcionamiento	110	110	V
Masa de los componentes desmontables	3	3,7	Kg
Tiempo de inicialización de la interfaz	60	90	s
Costo del prototipo	1635,00	1731,85	\$
Tiempo por ciclo de descamado	5	3	min
Velocidad de funcionamiento	150	160	Rpm
Volumen de agua	4	3,5	gal
Presión de agua	50	50	psi

Análisis:

Finalizado el proceso de pruebas se observa que ciertas especificaciones finales variaron de las especificaciones objetivo entre las que permanecieron iguales están: capacidad máxima por ciclo, voltaje de funcionamiento presión de agua.

Entre las especificaciones que variaron se encuentran: masa total, masa de los componentes desmontables, tiempo de inicialización de interfaz, costo del prototipo, tiempo por ciclo de descamado, velocidad de funcionamiento y volumen de agua, es comprensible que estas especificaciones hayan presentado variaciones puesto que los valores iniciales fueron estimados, sin embargo, en todos los casos no se presentó una alteración muy significativa.

A continuación, se presenta una imagen del lugar en donde se encuentra instalada la máquina descamadora de pescados.

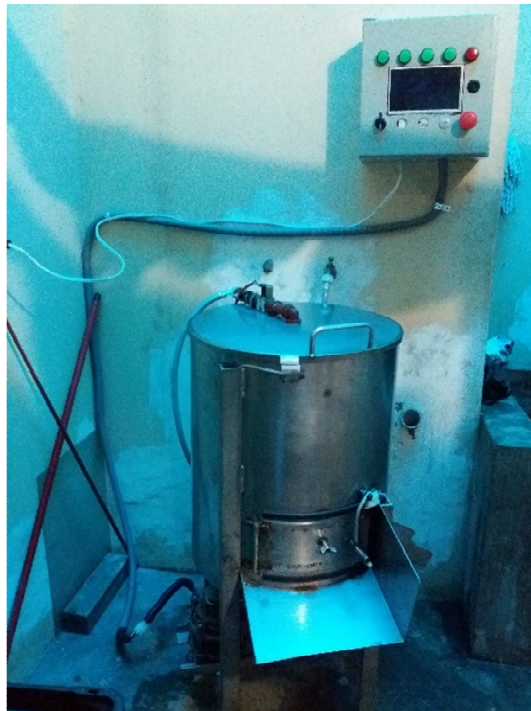


Figura 79 Descamadora de pescados

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se evidenció que las variables con mayor influencia en el proceso de descamado son la velocidad de giro de la base, el tiempo de funcionamiento y la cantidad de pescados a descamar.
- Se comprobó que a mayor cantidad de pescados hay mayor eficiencia en el proceso de descamado porque al chocar los pescados con sí mismos se voltean permanentemente y por lo tanto tienden a deteriorarse poco.
- Se comprobó mediante un software de simulación que el prototipo soportará las carga estáticas y dinámicas a las que se encuentra expuesto.
- Toda máquina expuesta a cargas dinámicas debe contar con niveladores para corregir alguna inclinación en el piso y evitar vibraciones en la estructura.
- Los componentes del prototipo cumplen con las normas para máquinas que procesan alimentos, está construido en acero inoxidable AISI 304, es de fácil desmontaje, de fácil limpieza y carece de filos cortantes.
- El panel de control permite al operario configurar de manera manual o automática el proceso de descamado, así como también monitorear el estado del sistema.
- La metodología de Taguchi utilizada para la fase final de pruebas permitió definir las especificaciones finales óptimas del prototipo con el menor número de pruebas y al menor costo.
- Al trabajar en un lenguaje de programación basado en un software libre se evita gastos por licenciamiento, por tanto, disminuye el costo de la máquina.

6.2 Recomendaciones

- Previo a la construcción de un prototipo se debe realizar el estudio estático y dinámico del mismo para evitar sobredimensionamientos, esto nos permitirá utilizar de mejor manera los recursos económicos.
- El proceso de soldadura TIG es el más recomendable para la fabricación de máquinas alimenticias ya que tiene una mayor penetración, brinda mayor resistencia y tiene buena apariencia visual.
- Es de suma importancia que las superficies giratorias se encuentren bien centradas y de ser el caso balanceadas.
- Considerar implementar un proceso de filtrado de agua residual y recirculación de agua para máquinas alimenticias que utilicen en gran cantidad este recurso.
- Se recomienda que el panel eléctrico se encuentre en un sitio seguro en donde no esté expuesto directamente a agua o salpicaduras.

Bibliografía

- ACERINOX. (2013). Obtenido de Acerinox: www.acerinox.com
- ACEROSCENTER. (s.f.). *Aceroscenter*. Obtenido de <http://www.aceroscenter.com.ec/productos.html>
- AENOR. (2009). *Maquinaria para procesado de alimentos*. Madrid: AENOR.
- Allance. (2012). *Healthy food and drink*. Obtenido de <http://www.foodmachinesale.com/>
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGraw Hill.
- Castañeda, E. (s.f.). *Diseño higiénico del equipo de procesado de alimentos*. Madrid.
- Danmix. (2014). *Danmix*. Obtenido de <http://www.danmix.es>
- El Telégrafo. (25 de Octubre de 2014). Ecuatorianos consumen 7,8 kg de mariscos al año. *El Telégrafo*.
- Frigomaq. (2016). *Frigomaq*. Obtenido de frigomaq.net.br
- Microsoft. (s.f.). *Miscrosoft*. Obtenido de <https://developer.microsoft.com>
- Molina, L. (2017). *Molina*. Obtenido de <http://www.molina-spain.com>
- Montanstahl AG. (2014). *Montanstahl*. Obtenido de www.montanstahl.com
- MYR Distribuciones Comercial. (2014). *MYR Distribuciones de Colombia*. Obtenido de <https://sites.google.com/a/myrdistribuciones.com/www/about-us>
- Newweg. (2017). *Newweg*. Obtenido de <https://www.newegg.com>
- Plastigama. (2016). *Plastigama*. Obtenido de <http://www.plastigama.com/>
- Public Health Service. (2009). *FDA Food Code*. College PArk: Department of Health and Human Services.

- Reyes, P. (s.f.). *Servicios de consultoría*. Obtenido de http://www.icicm.com/Catalogo_Cursos_MetEstAvz.html
- STEEN. (2016). *STEEN*. Obtenido de <http://steen.be/es/>
- Tanyx. (2017). *Tanyx*. Obtenido de <http://tanyx.com.ar>
- TCS Industrial. (2014). *TCS Industrial*. Obtenido de <http://www.tcsindustrial.com/>
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México: McGraw Hill.
- Wagner, A. (2015). *Libro blanco - Seguridad alimentaria*. Obtenido de www.festo.com