

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LINEA DE
PROCESAMIENTO DE PESCADO EN LA EMPRESA
PROMOPESCA S.A.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

REALIZADO POR:

JHONY JOSÉ MENDOZA INTRIAGO

DIRECTOR: ING. HERNÁN LARA P.

CODIRECTOR: ING. MILTON ACOSTA J.

Sangolquí, 2012-11-28

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LINEA DE PROCESAMIENTO DE PESCADO EN LA EMPRESA PROMOPESCA S.A.” fue realizado en su totalidad por Jhony José Mendoza Intriago, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. Hernán Lara

DIRECTOR

Ing. Milton Acosta

CODIRECTOR

Manta, 2012-11-20

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LINEA DE PROCESAMIENTO DE
PESCADO EN LA EMPRESA PROMOPESCA S.A.”**

ELABORADO POR:

Jhony José Mendoza Intriago

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA.

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Ing. Hernán Lara P.

Sangolquí, 2012-11-28

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo: Jhony José Mendoza Intriago.

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado: 'DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LINEA DE PROCESAMIENTO DE PESCADO EN LA EMPRESA PROMOPESCA S.A.', cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Jhony José Mendoza Intriago

Sangolquí, 2012-11-28

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo antes que todo, a Dios que me ha permitido alcanzar todos los retos planteados hasta ahora, por la salud y su guía. A mis padres Jhony y Yaneth por el amor, el tiempo que me han dedicado, el apoyo, el sacrificio que han hecho, y el buen ejemplo que me han dado durante toda mi vida.

A mis abuelitos que siempre han estado pendientes de mí y preocupados de que me encuentre bien a la distancia.

A Nilo García y su familia que me han brindado total apoyo y son parte fundamental del logro conseguido, que por ellos viajé a Quito a cumplir mi sueño en realidad.

A Malu por su amor, apoyo y comprensión durante esta etapa tan importante en mi vida.

A mis amigos de la carrera que siempre fueron un apoyo en los momentos difíciles de la vida estudiantil y que se han cosechado logros juntos.

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer primero a Dios y a mi familia. A la Escuela Politécnica del Ejército y sus profesores por habernos brindado las herramientas necesarias para adquirir el conocimiento. A la empresa Promopesca S.A. por darme la oportunidad de ejecutar el proyecto y a todas las personas que me facilitaron el desarrollo del mismo principalmente al Director y Codirector del proyecto de grado, al gerente de planta de la empresa por la guía brindada para conseguir la consecución del mismo.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
INDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ECUACIONES.....	xx
INDICE DE ANEXOS.....	xxv
RESUMEN.....	xxvi

Contenido

CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.3.1. HIPÓTESIS.	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.6. ALCANCE DEL PROYECTO.....	5
1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.	7
2.1. NORMAS FDA ALIMENTOS PARA LATINOAMÉRICA.	7
U.S. FDA Sustancias en Contacto con Alimentos (FCS).....	7
2.1.1. Requisitos aplicables a los materiales y objetos.....	8

2.2.PROCESOS DE CORTE	11
2.2.1. Descripción.....	11
2.2.2. ESPECIFICACIONES DE LA HOJA.....	12
2.2.2.1. MATERIALES DE HOJAS.....	12
2.2.2.2. CORTE DE LA HOJA.....	12
2.2.2.3. ANCHO DE LA HOJA	12
2.2.2.4. CALIBRE DE LA HOJA	12
2.2.2.5. PASO DE LA HOJA	12
2.2.2.6. DIENTES DE LAS SIERRAS	12
2.2.3. Elementos de protección de la máquina.....	13
2.2.3.1. Carcasa superior.....	14
2.2.3.2. Carenado de la correa de transmisión	15
2.2.3.3. Normas generales de seguridad	15
2.2.3.4. RECOMENDACIÓN DE LUBRICACIÓN.....	16
2.3.SISTEMAS DE VACÍO	16
2.3.1. Formas de Aspiración de Desperdicios	16
2.3.1.1. Aspiración unitaria móvil.	17
2.3.1.2. Aspiración unitaria estacionaria	17
2.3.1.3. Aspiración de Grupo	17
2.3.1.4. Aspiración central de carga total	17
2.3.1.5. Aspiración central de carga parcial	18
2.3.1.6. Aspiración por medio del sistema de ductos	18
2.3.2.TUBOS DE ASPIRACIÓN	18
2.3.2.1. Velocidad de flujo de aire	18
2.3.2.2. Diámetros de tubos	19
2.3.3. Instalación de los tubos de aspiración.....	19
2.3.3.1. Instalación aérea.....	20
2.3.3.1.1. Ventajas:	20
2.3.3.1.2. Desventajas:	20
2.3.3.2. Instalación debajo del piso:	20
2.3.3.2.1. Ventajas:	20
2.3.3.2.2. Desventajas:	20
2.3.4. Colectores de vísceras	21

2.3.5.	EL CAUDAL DE AIRE (m ³ /seg., m ³ /min.,m ³ /h)	22
2.3.6.	PRESIÓN DE AIRE DENTRO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN	22
2.3.6.1.	Presión dinámica.....	22
2.3.6.2.	Presión estática.....	23
2.3.6.3.	Resistencia de presión unitaria	24
2.3.6.4.	Factores de resistencia unitaria	25
2.3.7.	POTENCIA DEL EXTRACTOR	26
2.3.8.	Sistemas de separación	27
2.3.8.1.	Cámaras de asiento	27
2.3.9.	SILOS.....	27
2.3.10.	EQUIPO UTILIZADO PARA LA SUCCIÓN DE VÍSCERAS	28
2.3.10.1.	BOMBA DE VACÍO	28
2.3.10.1.1.	Usos y aplicaciones de las bombas de vacío.....	28
2.3.10.1.2.	Funcionamiento de una bomba de vacío	29
2.3.10.2.	VACUÓMETRO	30
2.3.10.3.	VALVULA DE RETENCIÓN	30
2.3.10.4.	GRIFO ATENUADOR	30
2.3.10.5.	FILTRO DE AGUA	31
2.4.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINA.....	31
2.4.1.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	31
2.4.1.1.	CADENAS.....	31
2.4.1.1.1.	Métodos de lubricación de cadenas.....	35
2.4.1.1.2.	Comprobación de selección de la cadena adecuada:.....	36
2.4.1.2.	TRANSMISIÓN POR BANDAS.....	36
2.4.1.2.1.	Bandas deslizantes:	37
2.4.1.2.1.1.	Banda plana.....	37
2.4.1.2.1.2.	Banda plana tipo listón.....	37
2.4.1.2.1.3.	Banda plana de costilla.....	38
2.4.1.2.1.4.	Banda en V	38
2.4.1.2.1.5.	Banda en V ajustable.....	38
2.4.1.2.2.	Bandas no deslizantes:	39
2.4.1.2.2.1.	Banda plana dentada.....	39
2.4.1.2.2.2.	Banda en V dentada.....	39

2.4.1.2.3. Problemas producidos en bandas y poleas.....	40
2.4.1.2.3.1. Apalancamiento o forzamiento de correas en las poleas.....	40
2.4.1.2.3.2. Desalineamiento en bandas y poleas.	41
2.4.1.2.3.3. Vibración debida a las bandas de accionamiento.	41
2.4.1.2.3.4. Poleas desgastadas o dañadas.	42
2.4.1.2.3.5. La polea montada muy lejos del punto de apoyo.....	42
2.4.1.2.3.6. La condición de la polea.	43
2.4.1.2.3.7. La tensión insuficiente.	43
2.4.1.2.4. Estándares determinados para el tensado de bandas y poleas.	43
2.4.1.2.5. Reglas generales de tensión.....	44
2.4.1.2.6. Tensión Estática de la Correa.....	45
2.4.1.2.7. Comprobación de la selección de banda	46
2.4.1.2.7.1. Ecuación de Tensión Estática.....	46
2.4.1.2.7.2. Relaciones geométricas.....	46
2.4.1.3. Transmisión Multipoleas.....	51
2.4.1.3.1. Selección de la banda	51
2.4.1.3.2. Comprobación de la selección de banda	53
2.4.2. COJINETES	54
2.4.2.1. Relación entre carga y vida útil.	55
2.4.2.2. Fricción.....	55
2.4.3. Cálculo resistente de chavetas.....	56
2.4.3.1. Fallo por cizallamiento:.....	56
2.4.3.2. Fallo por aplastamiento:.....	57
2.4.4. EJES O FLECHAS	58
2.4.4.1. Generalidades.....	58
2.4.4.2. Procedimiento de Diseño de Eje	58
2.4.4.3. DEFORMACIÓN DE VIGAS. MÉTODO DE LA DOBLEINTEGRACIÓN.....	60
2.4.4.4. IMPORTANCIA DE LAS FLECHAS DE LAS VIGAS:.....	60
2.4.4.5. MÉTODO PARA DETERMINAR LAS FLECHAS DE LAS VIGAS: 61	
2.4.4.5.1. MÉTODO DE LA DOBLE INTEGRACIÓN:	61
2.4.4.6. PROCESO DE INTEGRACIÓN:	61
2.4.4.6.1. CRITERIOS DE SIGNOS:.....	62
2.4.4.6.2. HIPOTESIS Y LIMITACIONES:	62

2.4.4.7. Deformaciones en la torsión.....	63
2.4.5. RESORTES.....	64
2.4.5.1. Cálculo de muelles.....	66
2.5.PESAJE DINÁMICO	67
2.6.EQUIPOS ELÉCTRICOS.ELECTRÓNICOS DE CONTROL	68
2.7.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	70
CAPITULO III.....	75
3.DISEÑO MECATRÓNICO.....	75
3.1.DISEÑO DE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA.....	75
3.1.1. FASE DE PREDISEÑO	75
3.1.1.1. CRITERIOS DE EVALUACION.....	75
3.1.1.1.1. Costos.....	75
3.1.1.1.2. Operación.....	75
3.1.1.1.3. Funcionalidad.....	75
3.1.1.1.4. Mantenimiento.....	75
3.1.1.1.5. Seguridad.....	76
3.1.1.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	76
3.1.1.2.1. Alternativa 1: Corte por proceso de aserrado.....	76
3.1.1.2.2. Alternativa 2: Corte por cuchillo neumático.....	76
3.1.1.3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS.	76
3.1.1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	77
3.1.2. PRODUCCIÓN	77
3.1.3. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS	78
3.1.3.1. Movimiento de la banda de transporte de pescado.....	78
3.1.3.1.1. Adecuación de la banda de transporte de pescado	78
3.1.3.1.1.1. Cálculo de la velocidad	79
3.1.3.1.2. Selección de la velocidad del motor.....	80
3.1.3.1.3. Cálculo de fuerzas	81
3.1.3.1.3.1. Cálculo de fuerzas para el movimiento de bandas para el transporte de la cabeza del pescado.....	82
3.1.3.1.3.2. Diagrama del cuerpo libre	83
3.1.3.1.4. Cálculos de ejes.....	84
3.1.3.1.5. Cálculos de chavetas	86

3.1.3.1.6. Selección del método de transmisión.....	87
3.1.3.1.7. Selección de rodamientos.....	87
3.1.3.1.7.1. Pérdidas generadas por los rodamientos	88
3.1.3.1.8. Flujo de potencia.....	89
3.1.3.1.9. Cálculo de potencia mecánica del motor.....	92
3.1.3.1.10. Selección del motor comercial	92
3.1.3.2. Movimiento de las cuchillas de corte.....	92
3.1.3.2.1. Cálculos de fuerzas.....	93
3.1.3.2.2. Cálculo de potencia mecánica del motor.....	98
3.1.3.2.3. Selección del motor comercial	98
3.1.3.3. Movimiento de banda central	99
3.1.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO	99
3.2. SELECCIÓN DE LA SUCCIÓN DE VÍSCERAS.....	102
3.3. DISEÑO DE LA CORTADORA DE PANZA	103
3.3.1. FASE DE PREDISEÑO	103
3.3.1.1.1. Costos.....	103
3.3.1.1.2. Producción	103
3.3.1.1.3. Funcionalidad.....	103
3.3.1.1.4. Mantenimiento.....	104
3.3.1.1.5. Seguridad.....	104
3.3.1.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	104
3.3.1.2.1. Alternativa 1: Corte con sierras y apriete lateral de pescado en posición vertical.	104
3.3.1.2.2. Alternativa 2: Corte con sierras de pescado en posición horizontal.	104
3.3.1.3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS.	105
3.3.1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.	105
3.3.2. PRODUCCIÓN	106
3.3.3. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS	107
3.3.3.1. Movimiento de la banda de transporte de pescado sin cabeza y sin cola	107
3.3.3.1.1. Adecuación de la banda.....	107
3.3.3.1.2. Análisis del eje crítico.....	108
3.3.3.1.3. Análisis de transmisión multipoleas	111

3.3.3.1.3.1. Verificación de las relaciones geométricas de la banda	112
3.3.3.1.4. Flujo de potencia.....	113
3.3.3.1.5. Cálculo de potencia mecánica del motor.....	114
3.3.3.2. Movimiento de cuchillas	114
3.3.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO	116
3.4.DISEÑO DE LA ESCAMADORA	116
3.4.1. FASE DE PREDISEÑO	117
3.4.1.1.1. Costos.....	117
3.4.1.1.2. Producción	117
3.4.1.1.3. Funcionalidad.....	117
3.4.1.1.4. Mantenimiento.....	117
3.4.1.1.5. Seguridad.....	117
3.4.1.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	117
3.4.1.2.1. Alternativa 1: Escamado de pescados por grupos definidos.....	117
3.4.1.2.2. Alternativa 2: Escamado de pescado de forma continua (sistema FIFO).....	118
3.4.1.3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS.	118
3.4.1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.	119
3.4.2.PRODUCCIÓN.....	119
3.4.3.DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS.....	120
3.4.3.1. Movimiento del tambor rotatorio.....	120
3.4.3.2. Cálculo de eje según torsión uniforme	123
3.4.3.3. Flujo de potencia.....	123
3.4.3.4. Cálculo de potencia mecánica del motor.....	124
3.4.4.DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO.....	125
3.5.SELECCION DE LA CLASIFICADORA POR TAMAÑO.....	125
3.5.1. FASE DE PREDISEÑO	125
3.5.1.1.1. Costos.....	125
3.5.1.1.2. Producción	125
3.5.1.1.3. Funcionalidad.....	126
3.5.1.1.4. Mantenimiento.....	126
3.5.1.1.5. Seguridad.....	126
3.5.1.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	126
3.5.1.2.1. Alternativa 1: Clasificación por pesaje dinámico	126

3.5.1.2.2. Alternativa 2: Clasificación por grosor del pescado.....	126
3.5.1.3. EVALUACION DE ALTERNATIVAS.	127
3.5.1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.	127
CAPITULO IV	129
4.IMPLEMENTACION	129
4.1.SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	129
4.1.1. Materiales para las diferentes partes mecánicas.....	129
4.1.2. Selección de equipos	131
4.2.CONSTRUCCION DE LAS MAQUINAS POR ETAPAS	133
4.2.1. Estructura	133
4.2.2. Ubicación de ejes	133
4.2.2.1. Cortadora de cabeza y cola	134
4.2.2.2. Cortadora de panza	135
4.2.2.3. Escamadora	136
4.2.3. Ubicación de motores.....	137
4.2.4. Culminación de las máquinas.....	138
4.2.5. Limpieza de máquinas.....	138
4.2.6. Ubicación de tableros eléctricos	138
CAPITULO V	139
5.PRUEBAS Y RESULTADOS	139
5.1.PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS	139
5.1.1. Pruebas de la cortadora de cabeza y cola	139
5.1.2. Pruebas de la cortadora de panza.....	142
5.1.3. Pruebas de la escamadora.....	146
5.2.ANALISIS DE RESULTADOS.....	152
5.2.1. Funcionamiento del sistema.....	156
5.2.2. Parámetros de interés	156
5.3.COSTO DEL PROYECTO	157
CAPITULO VI	159
6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159

6.1.CONCLUSIONES	159
6.2.RECOMENDACIONES	160
REFERENCIAS	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Resistencia unitaria – codos 90°	25
Tabla 2.2 Resistencia unitaria – Derivaciones	25
Tabla 2.3 Resistencia unitaria reducción – ampliación	26
Tabla 2.4 Dimensiones y propiedades de algunos tipos de cadenas estándar.....	32
Tabla 2.5 Factor de servicio en el cálculo de potencia para la cadena de rodillos.....	35
Tabla 2.6 Tabla de selección de cadena (Tamaño 60) (comercial).....	36
Tabla 2.7 Valores permisibles de tensión en bandas o poleas.	45
Tabla 2.8 Cota h máxima de comba según el diámetro de la polea.....	53
Tabla 2.9. Factores de seguridad para la tensión en bandas.	53
Tabla 2.10 Coeficiente de fricción constante μ para rodamientos sin obturaciones.....	56
Tabla 3.1 Evaluación de alternativa de diseños	77
Tabla 3.2. Ángulos en puntos críticos del eje.....	86
Tabla 3.3. Dimensiones de las chavetas.....	87
Tabla 3.4. Momentos de fricción	88
Tabla 3.5. Fuerzas necesarias para corte de cabeza y cola	93
Tabla 3.6. Momentos de las chumaceras	97
Tabla 3.7 Potencias consumidas por bobina y luces piloto.....	100
Tabla 3.8 Evaluación de alternativas de diseño cortadora de panza.	105
Tabla 3.9. Ángulos en puntos críticos del eje cortadora de panza	111
Tabla 3.10. Momentos de las chumaceras de la cortadora de panza	113
Tabla 3.11 Evaluación de alternativas de diseño de escamadora.	119
Tabla 3.12 Evaluación de alternativas de diseño clasificadora.	127
Tabla 5.1 Mediciones en muestras aleatorias de pescado	143
Tabla 5.2 Diseño experimental factorial	148
Tabla 5.3 Pruebas de la cortadora de cabeza y cola	127
Tabla 5.4 Resultados de la cortadora de cabeza y cola	151
Tabla 5.5 Pruebas y resultados del tobogán de pescado	152
Tabla 5.6 Pruebas de la cortadora de panza	152
Tabla 5.7 Resultados de la cortadora de panza	153
Tabla 5.8 Resultados de la escamadora	153

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Hoja de sierra y protecciones.....	13
Figura 2.2. Carter de las cuchillas.....	15
Figura 2.3. Métodos de aspiración de desperdicios.....	17
Figura 2.4. Reducción de velocidad de succión.....	21
Figura 2.5 Presión dinámica.....	22
Figura 2.6 Presión estática.....	23
Figura 2.7 Funcionamiento de una bomba de vacío.....	29
Figura 2.8. Descripción de componentes de las transmisiones por cadenas.....	31
Figura 2.9. Variación de la capacidad de transmisión de potencia con la velocidad.....	33
Figura 2.10. Banda plana.....	37
Figura 2.11. Banda plana de costilla.....	38
Figura 2.12. Banda en V.....	38
Figura 2.13. Banda en V ajustable.....	39
Figura 2.14. Banda plana dentada.....	39
Figura 2.15. Banda en V dentada.....	40
Figura 2.16. Desalineamiento en bandas y poleas.....	41
Figura 2.17. Verificador de tensión.....	44
Figura 2.18 Parámetros de transmisión por banda.....	47
Figura 2.19. Tamaños Normalizados de bandas trapezoidales.....	48
Figura 2.20. Selección de tamaño de banda.....	48
Figura 2.21. Factor de servicio de bandas en V.....	49
Figura 2.22. Selección de correas 3V.....	49
Figura 2.23. Selección de correas 5V.....	50
Figura 2.24. Factor de corrección por ángulo de contacto.....	50
Figura 2.25. Factor de corrección por longitud.....	50
Figura 2.26 Disposición de banda en transmisión multipoleas.....	51
Figura 2.27. Disposición para invertir giro en una polea.....	52
Figura 2.28. Combado de poleas para banda plana de transmisión.....	52
Figura 2.29. Caja de chumacera con cojinete de bolas.....	54
Figura 2.30 Chaveta en eje de transmisión.....	57
Figura 2.31. Eje con diferentes tipos de montajes.....	58
Figura 2.32. Solicitaciones en un eje y diagrama de cuerpo libre.....	59

Figura 2.33 Deformación en viga antes y después de aplicada la carga.	60
Figura 2.34 Deformación angular sobre una barra.....	63
Figura 2.35 Resortes helicoidales.	65
Figura 2.36 Deformación de un resorte.....	65
Figura 2.37 Métodos de clasificación de pescados.....	68
Figura 2.38 Variables de un proceso y preguntas a responder al diseñar un experimento	71
Figura 3.1 Banda ensamblada	78
Figura 3.2 Disposición de las dos bandas transportadoras de pescado	79
Figura 3.3 Diagrama del cuerpo libre	83
Figura 3.4. Representación de la transmisión por cadena para las bandas de transporte de pescado	83
Figura 3.5. Representación de las cargas sobre el eje	84
Figura 3.6. Diagrama de cuerpo libre para cálculos del eje..	85
Figura 3.7 Diagrama de esfuerzos cortantes. Fuente Msdsolis.	85
Figura 3.8 Diagrama del momento flector	86
Figura 3.9a. Chumaceras de ejes conducidos	88
Figura 3.9b. Chumaceras de apoyos.	89
Figura 3.10. Diseño de engrane según requerimiento de la forma de dientes y paso determinado	90
Figura 3.11. Disposición de cuchillas en las banda.....	93
Figura 3.12. Disposición de cuchillas en la máquina.....	94
Figura 3.13. Diagrama del cuerpo libre para cálculos del eje	94
Figura 3.14 Diagrama de esfuerzos cortantes	95
Figura 3.15 Diagrama momento flector.....	95
Figura 3.16 Ubicación de tableros eléctricos de la máquina	102
Figura 3.17 Instalación de equipo de vacío.....	103
Figura 3.18. Vista isométrica de la cortadora de panza	106
Figura 3.19. Sentido de giro de las poleas.....	109
Figura 3.20. Eje principal de transmisión bandas de pescado	109
Figura 3.21. Diagrama del cuerpo libre para cálculos del eje	110
Figura 3.22. Diagrama de esfuerzos cortantes	110
Figura 3.23 Diagrama momento flector.....	110
Figura 3.24. Disposición de las poleas de transmisión	112

Figura 3.25. Vista isométrica de la escamadora de pescado	121
Figura 3.26. Disposición de las poleas guías y rodamiento	121
Figura 3.27. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas y momentos del tambor	122
Figura 3.28. Ubicación del eje en el tambor de la escamadora	123
Figura 4.1 Estructura elaborada con tubo cuadrado de 2" de acero inoxidable ..	129
Figura 4.2 Plancha doblada montada sobre estructura de acero inoxidable.....	130
Figura 4.3b Utilización de poleas y tapas elaboradas en nylon-escamadora.....	131
Figura 4.4 Utilización de motores marca Siemens en la cortadora de panza.	132
Figura 4.4 Elementos de fuerza y control de un tablero eléctrico instalado.	133
Figura 4.5 Banda ensamblada de trapecios extruidos y banda plana.....	134
Figura 4.6 Engrane particular elaborado localmente.....	134
Figura 4.7 Colocación de eje, engrane y bandas en la cortadora de cabeza y cola	135
Figura 4.8 Ubicación de eje, poleas y bandas de transmisión en la cortadora de panza.	135
Figura 4.9 Ensamblaje de mallas y anillos guías sobre las poleas.	136
Figura 4.10 Ubicación de tanque recolector de agua de la escamadora.	136
Figura 4.11 Ubicación del motor en la escamadora previo a realizar pruebas...	137
Figura 4.12 Máquina en etapa de desarme para limpiar soldaduras y pulir.	138
Figura 5.1 Ubicación de las cuchillas en posición de corte	139
Figura 5.2 Varillas de soporte para la cabeza y para la cola en el corte.	140
Figura 5.3 Cortes en pescados chicos y grandes	140
Figura 5.4 Cortes en pescados grandes	140
Figura 5.5 Pescado ingresado a la cortadora de panza por la parte más fina y sin escamas (producto final)	143
Figura 5.6 Pescado ingresado a la cortadora de panza por la parte más ancha	142
Figura 5.7 Panza cortada del pescado ingresado a la cortadora por la parte más ancha.....	144
Figura 5.8 Reorientación de objetos a través de riel	144
Figura 5.9 Tobogán de pescado	144
Figura 5.10 Sistema experimento escamadora.....	144

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ECUACIONES

d_p = diámetro del tubo principal [Ec. 2.1]

v_2 = Velocidad de flujo [Ec. 2.2]

Q = Caudal de Aire [Ec. 2.3]

P_{din} = Presión dinámica [Ec. 2.4]

P_{est} = presión estática [Ec. 2.5]

λ = coeficiente de resistencia de tubo [Ec. 2.6]

ρ_{aire} = peso específico de aire [Ec. 2.7]

P_{ru} = Pérdida presión por resistencias unitarias [Ec. 2.8]

P = Potencia del motor [Ec. 2.9]

V = Velocidad lineal de cadena [Ec. 2.10]

L = Largo de la cadena (en pasos) [Ec. 2.11]

C = Distancia entre centros [Ec. 2.12]

D = Diámetro de catalina [Ec. 2.13]

T_{est} = Tensión estática [Ec. 2.14]

$R1$ = Relación geométrica banda1 [Ec. 2.15]

θ_1 = Ángulo de contacto polea menor y banda [Ec. 2.16]

$R2$ = Relación geométrica banda2 [Ec. 2.17]

θ_2 = Ángulo de contacto polea mayor y banda [Ec. 2.18]

L_1 = Largo de la banda (en metros) [Ec. 2.19]

V_b = Velocidad lineal de banda [Ec. 2.20]

$R3$ = Relación geométrica banda3 [Ec. 2.21]

$Vida_{rod}$ = Vida del rodamiento [Ec. 2.22]

M = Momento generado por un rodamiento [Ec. 2.23]

F = Fuerza de corte en chaveta [Ec. 2.24]

τ = Tensión en la sección de corte [Ec. 2.25]

l_c = Longitud de la chaveta por cizallamiento [Ec. 2.26]

σ_{apl} = Tensión de compresión aplicada a la chaveta [Ec. 2.27]

l_a = Longitud de la chaveta por aplastamiento [Ec. 2.28]

M = ecuación diferencial de la curva deformada de una viga [Ec. 2.29]

E = Módulo de elasticidad del material acero inoxidable AISI 304L [Ec. 2.30]

γ = Deformación angular de un eje [Ec. 2.31]

$\gamma(\rho)$ = Deformación para cada punto radial [Ec. 2.32]

θ = Ángulo de torsión de una barra [Ec. 2.33]

I_o = Momento de inercia polar de la sección transversal del eje [Ec. 2.34]

G = Módulo de elasticidad transversal del acero [Ec. 2.35]

R = Radio del eje sometido a torsión uniforme [Ec. 2.36]

N_t = Número total de espiras de un resorte [Ec. 2.37]

l_b = longitud del cuerpo del resorte [Ec. 2.38]

ε = Alargamiento unitario de resorte [Ec. 2.39]

f = deformación de resorte [Ec. 2.40]

Fm = fuerza ejercida por el muelle [Ec. 2.41]

Tt = Trabajo total de deformación de resorte [Ec. 2.42]

V = Volumen del muelle [Ec. 2.43]

T = trabajo elástico [Ec. 2.44]

$m_{pescado}$ = Masa promedio del pescado [Ec. 3.1]

P_t = PROCESADO TEÓRICO [Ec. 3.2]

P_b = Paso de la banda [Ec. 3.3]

PPM = Cantidad de pescados en un metro de banda [Ec. 3.4]

r_e = radio del engrane para la banda transportadora del pescado [Ec. 3.5]

M_{total} = masa total banda y pescado [Ec. 3.6]

PCS = Cantidad de pescados cortados por segundo [Ec. 3.7]

$V_{t_{banda}}$ = Velocidad tangencial de la banda [Ec. 3.8]

ω_{banda} = Velocidad angular de la banda [Ec. 3.9]

ω_{salida} = Velocidad angular de salida [Ec. 3.10]

ω_{motor} = Velocidad angular del motor [Ec. 3.11]

I = Relación de la caja reductora [Ec. 3.12]

$\omega_{reductor}$ = Velocidad final de la caja reductora [Ec. 3.13]

I_2 = Relación reductor – velocidad necesaria [Ec. 3.14]

z_1 = número de dientes de engrane conductor [Ec. 3.15]

z_2 = Número de dientes del engrane conducido [Ec. 3.16]

$F1$ = fuerza de rozamiento apoyada sobre metal [Ec. 3.17]

g = Gravedad [Ec. 3.18]

μ_{e1} = Coeficiente estático acero/teflón [Ec. 3.19]

$F2$ = fuerza de rozamiento apoyada sobre teflón [Ec. 3.20]

μ_{e2} = Coeficiente estático teflón/teflón [Ec. 3.21]

m_{cabeza} = masa promedio de la cabeza del pescado [Ec. 3.22]

$F3$ = Fuerza transporte de cabezas [Ec. 3.23]

Ft = Fuerza tangencial necesaria para mover bandas [Ec. 3.24]

φ = Ángulo de inclinación entre motor y eje de transmisión [Ec. 3.25]

τ_{nec} = torque necesario para mover el eje motriz [Ec. 3.26]

$P1$ = Peso del engrane 1 [Ec. 3.27]

$P2$ = fuerza necesaria para transmitir el movimiento [Ec. 3.28]

$P3$ = Peso del engrane 2 [Ec. 3.29]

A = Reacción sobre la chumacera izquierda [Ec. 3.30]

B = Reacción sobre la chumacera derecha [Ec. 3.31]

\emptyset = diámetro de eje [Ec. 3.32]

$Mt_{rodamientos}$ = Momento total generado por los rodamientos [Ec. 3.33]

τ_o = Torque de salida [Ec. 3.34]

η_{eng1} = eficiencia engrane de las bandas transportadoras de pescado [Ec. 3.35]

η_{cad} = eficiencia transmisión por cadena de rodillos [Ec. 3.36]
 η_{red} = eficiencia reductor mecánico de engranajes [Ec. 3.37]
 τ_i = Torque de entrada al sistema [Ec. 3.38]
 $P_{mec\ motor}$ = Potencia mecánica necesitada del motor [Ec. 3.39]
 ω_{corte} = Velocidad angular de las cuchillas de corte [Ec. 3.40]
 $Ft_{cuchillas}$ = Fuerza tangencial de un punto de las cuchillas [Ec. 3.41]
 r_c = radio de la cuchilla de corte [Ec. 3.42]
 τ_{nec2} = Torque necesario para mover cuchillas [Ec. 3.43]
 r_{polea} = radio de la polea para la banda trapezoidal [Ec. 3.44]
 Ft_p = fuerza tangencial ejercida sobre la banda trapeoidal [Ec. 3.45]
 fs = Factor de seguridad [Ec. 3.46]
 C_θ = factor de corrección por ángulo de contacto [Ec. 3.47]
 cl = factor de corrección por longitud [Ec. 3.48]
 $P_{servicio}$ = Potencia de servicio de las bandas trapezoidales [Ec. 3.49]
 $P_{corregida}$ = Potencia corregida para banda trapezoidal [Ec. 3.50]
 n_{bandas} = Número de bandas necesarias para la transmisión [Ec. 3.51]
 η_{bt} = eficiencia transmisión por banda trapezoidal [Ec. 3.52]
 PPM_2 = cantidad de pescados en un metro de banda [Ec. 3.53]
 d_{poleac} = diámetro de polea combada [Ec. 3.54]
 h_c = altura de la comba de una polea para banda plana [Ec. 3.55]
 T_ε = Tracción al 1% de elongación de la banda [Ec. 3.56]
 $a_{mín}$ = ángulo mínimo de sencción de banda [Ec. 3.57]
 $\eta_{banda\ plana}$ = factor de corrección de deslizamiento banda plana [Ec. 3.58]
 A = ancho de la plancha [Ec. 3.59]
 B = largo de la plancha [Ec. 3.60]
 D_{tambor} = diámetro del tambor enrollado [Ec. 3.61]

L_{arco} = Longitud de arco de la malla en contacto con el pescado [Ec. 3.62]

$Dist_{pescados}$ = Distribución de pescados por m^2 de escamadora [Ec. 3.63]

A_{nec} = Área necesaria para escamar la producción de pescado [Ec. 3.64]

L_{tambor} = Largo del tambor de la escamadora [Ec. 3.65]

R_{ay} = Valores de las reacciones verticales en los apoyos [Ec. 3.66]

R_{ax} = Valores de las reacciones horizontales en los apoyos [Ec. 3.67]

ΣMo = Sumatoria de momentos en el punto central [Ec. 3.68]

f_r = fuerza de rozamiento ejercida en los apoyos [Ec. 3.69]

μ_d = coeficiente de fricción entre acero y bronce [Ec. 3.70]

L_{eje} = Longitud del eje de la escamadora [Ec. 3.71]

ω_{tambor} = Velocidad angular del tambor de la escamadora [Ec. 3.72]

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: BANDAS SELECCIONADAS PARA TRANSPORTE Y TRANSMISIÓN

ANEXO B: PLANOS MECANICOS.

ANEXO C: PLANOS ELÉCTRICOS

ANEXO D: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO

ANEXO E: MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO

ANEXO F: PRUEBAS DE LAS MÁQUINAS Y EXPERIMENTACIÓN

ANEXO G: FOTOS DE LA LINEA TERMINADA

ANEXO H: CARTA DE SATISFACCIÓN DE LA EMPRESA AUSPICIANTE

ANEXO I: TABLAS DE DISEÑO

RESUMEN

El presente proyecto denominado: “Diseño y construcción de una línea de procesamiento de pescado”, basa principalmente su desarrollo en el diseño mecánico y mecatrónico, debido a que se aplican teorías técnicas innovadoras para el desarrollo y selección de nuevos elementos y sistemas tecnológicos considerando aspectos importantes de precisión y control industrial, además de todos los parámetros técnicos básicos que son necesarios para el funcionamiento, operación y control de las máquinas utilizadas en las etapas de esta línea de proceso y que puedan adaptarse a diferentes características de demanda considerando siempre mejorar el nivel de productividad y competitividad de la organización.

El presente proyecto desarrolla e implementa las etapas más importantes de la línea de producción: escamado del pescado, corte de cabeza y cola y corte de panza, adicionalmente se realiza una selección general de los elementos de succión de vísceras y la selección de la clasificadora por tamaños con el fin de cumplir los requerimientos de la empresa para el procesamiento de pescado previo al enlatado de las sardinas cumpliendo todas las normas técnicas, higiénicas y de seguridad integral.

Para cumplir con la satisfacción de las necesidades planteadas por la empresa auspiciante PROMOPESCA se realizaron un sinnúmero de pruebas y validaciones para que lo desarrollado en el presente proyecto quede a completa satisfacción no solo de la organización sino también de la universidad

A través de los resultados de las diferentes pruebas expuestas, se puede decir que la línea de procesamiento de pescado trabaja con diferentes tamaños de pescados para el enlatado de sardina en varias presentaciones comerciales.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe de manera general las metas del proyecto de grado. En primer lugar se presentan la situación actual de la industria conservera de sardinas en el país, adicionalmente se determina las oportunidades empresariales que se presentan en esta industria. Cabe mencionar que para esta es muy importante la utilización de máquinas industriales para el procesamiento para mejorar la productividad y competitividad principalmente en la empresa Promopesca.

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El progreso tecnológico es uno de los factores que inciden en las decisiones de las empresas hacia el cambio de su visión. El valor agregado de las sociedades, la demanda de servicios y productos inducen a las empresas a competir por conquistar y mantener su mercado satisfecho.

Es notoria la importancia de la ingeniería en el siglo XXI, la cual busca mejorar la calidad de sus productos, reducción de tiempos de introducción al mercado y la reducción de costos de producción aplicando técnicas de control de la calidad, pues de esta actividad depende en su mayor parte tanto el desempeño funcional del producto como su flexibilidad en su procesamiento.

El despliegue de las herramientas y metodologías de diseño y construcción en la industria manufacturera como software CAD/CAM/CAE, software de diseño y normas que rigen el desarrollo de un proyecto han logrado un avance gigantesco en la industria. El presente trabajo, a través de un requerimiento indispensable de una planta de conservas de sardina, documenta el resultado de la integración práctica de diseño mecánico, sistemas eléctricos de control, implementación local con normas FDA, tres importantes herramientas utilizadas para apoyar las fases del diseño de un producto y representar el ahorro logrado a través de diseños eficientes.

La principal contribución del trabajo descrito en este proyecto consiste en el diseño de una línea de proceso que integra varias máquinas y evita la contaminación del producto.

1.2. ANTECEDENTES

El Ecuador se ha convertido en uno de los mayores productores y exportadores de pescado de América del Sur, y este éxito ha ayudado a la industria pesquera a comprar embarcaciones modernas y equipos de procesamiento, situados en la ciudad portuaria de Manta. El atún y sardina son unas de las exportaciones de frutos de mar más importantes del Ecuador, y las cálidas aguas del Golfo de Guayaquil albergan a muchos establecimientos de cría de camarones. Para los ecuatorianos, esta cosecha valiosísima de los frutos del mar ha contribuido a mejorar las vidas de miles de personas que viven en la región costera que alguna vez padeció la depresión económica.

Solo la pesca de Manta tiene un aporte del 7% del Producto Interno Bruto y es considerado el sector con mayor potencial. La pesca ocupa el tercer puesto en la generación de divisas por las exportaciones y en la generación de empleos, luego del petróleo y banano.

Por su industria y su flota, Manta no solo es el puerto pesquero más importante del Pacífico Oriental sino que tiene otras características geográficas que convierten a la ciudad en estratégica para los negocios portuarios, el comercio exterior por vía marítima y aérea y el turismo de trasatlánticos, en una ruta que la mantiene enlazada con puertos de Estados Unidos, Panamá, Perú, Chile y Argentina.

A finales de la década del 70, las plantas conserveras inician una transformación tecnológica sustancial tanto para el procesamiento de atún como de sardinas. Durante la década de los 80, 90 y 2000, la sobreproducción mundial ha causado una caída en los precios lo que ha obligado a las plantas a mejorar su eficiencia mucho más para poder subsistir y entre ellas la industria conservera ecuatoriana en su gran mayoría se ha mantenido actualizada con los cambios tecnológicos, lo que la lleva a estar entre las mejores del mundo.

En lo referente a maquinaria moderna para procesar las conservas de pescado se cuenta con los procesos de empacado, sellado, cocinado de atún en conservas, acogiéndose a las últimas normas en cuanto a calidad y embalaje, siendo un requerimiento indispensable para países consumidores del mismo.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La reciente conformación de la empresa Promopesca S.A. en la industria conservera de sardinas en la ciudad de Manta, ha sido integradora de nuevas plazas de trabajo directo e indirecto, desde la construcción de la planta industrial hasta el funcionamiento de la misma, enfocándose en tener una planta de calidad y con buen volumen de producción.

Dentro de su planta necesitan abarcar la mayor cantidad de procesos productivos de la sardina, desde la pesca hasta la comercialización final para obtener mejores plusvalías es por tal motivo que se ha vuelto indispensable tener maquinaria de punta que supla todas estas necesidades, como una de estas es el procesamiento del pescado o “lavado de pesca” donde a la materia prima se la prepara previo al empaque en las latas.

1.3.1. HIPÓTESIS

Esta línea de procesamiento trabajará durante 8 horas diarias ininterrumpidamente con una tasa de procesamiento máxima de 3 toneladas/hora de pescados pelágicos (sardina, pinchagua, macarela).

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una línea de procesamiento de pescado que cumpla con todas las normas técnicas y funcionales en base al desarrollo del escamado, corte de cabeza y cola y corte la panza, previo al proceso de enlatado de conservas de sardinas, para la empresa Promopesca S.A. de la ciudad de Manta.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y construir una línea que cumpla normas técnicas y FDA para el procesamiento de alimentos, haciendo de esta línea de procesado un diseño higiénico para el producto y seguro para los operarios de la máquina teniendo en consideración las condiciones ambientales de la costa ecuatoriana.

Implementar un diseño con equipos y materiales accesibles, con disponibilidad en el mercado local, a propósitos de la intercambiabilidad de elementos y sistemas, y cumplir con los parámetros de confiabilidad, seguridad, mantenimiento básico, operatividad, además de brindar flexibilidad en las etapas de corte de cabeza, cola y panza.

Establecer y elaborar la línea de procesamiento en base a materiales de bajo coste y utilización de equipos aptos para trabajar en humedad.

Emplear técnicas de diseño experimental para obtener una optimización apropiada en la etapa de escamación y corregir las fallas en el menor tiempo posible.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La empresa Promopesca S.A. aún no pone en marcha el proceso de producción de conservas, por lo que está en una etapa de inversión solventado la maquinaria que sea necesaria para tener sus líneas de procesado lo más automatizada posible evitando la subcontratación de procesos con intermediarios.

Los procesos que se van a automatizar se lo realiza manualmente en los mismos puertos pesqueros donde los trabajadores compran el pescado, luego retiran las escamas, cortan cabeza y cola, retiran las vísceras con un alambre y por ultimo retiran la panza donde se concentran las espinas y los residuos de las vísceras, después de esto es cuando la empresa compra el pescado pagando por el valor agregado que dieron los porteños.

A veces se conoce su procedencia, si cumplen las normas de higiene y aseo, si el agua con la que lavan el pescado sea la adecuada, el tiempo que tarda el pescado en llegar del barco a la planta, si el ambiente no está controlado y

sobre todo si el pescado se encuentra a la temperatura de congelamiento requerida.

Son tantos factores de riesgo que se controlarán, como el ahorro que representará comprar un cargamento en el puerto y realizar estos procesos con máquinas automáticas.

1.6. ALCANCE DEL PROYECTO

Dentro del proyecto que engloba la tesis, se tiene como especificaciones por parte de la empresa auspiciante que de la “LINEA DE PROCESAMIENTO DE PESCADO” se construya máquinas con los procesos de escamado, corte de cabeza-cola y corte de panza, y con la definición de requerimiento de clasificadora y succión de vísceras previo a ser llevado el pescado a una mesa de empaque.

Se construyeron las máquinas cortadora de cabeza y cola, cortadora de panza y un prototipo de la escamadora, y se definió el equipo de succión de vísceras que será adquirido a los fabricantes de la bomba de vacío e implementado por ellos a la línea construida. De la clasificadora se definió el requerimiento para su adquisición.

Esta línea procesará 2.7 ton/h (349 pesc/min) de pescados pelágicos (sardina, jurel, macarela, pinchagua) de forma semiautomática, contará con 24 personas trabajando en la línea en lo que concierne al desplazamiento del pescado en la etapa de escamación y ubicación del pescado en la banda previo al corte de cabeza y cola. Esta línea de procesamiento trabajará durante 8 horas diarias.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se diseña y construye una línea de procesamiento de pescado, para lo cual se implementa varias etapas de acondicionamiento del pescado previo al enlatado de conservas de sardinas. Este proyecto contempla las etapas de clasificación del pescado en dos tamaños mediante un mecanismo de caída por gravedad en base al ancho del pescado para determinar a qué talla corresponde, la talla mayor será llevada hacia la etapa

de escamación la cual permanecerá durante un tiempo hasta salir de la misma, es retirado de las escamadoras para ser depositado en una banda transportadora horizontal donde el pescado se mueve al granel, paralela a esta banda transportadora se encuentran otras dos bandas donde alrededor de 8 personas colocan el pescado en una posición perpendicular a la dirección del movimiento de la banda previo al corte, al final de la banda transportadora el pescado pasa por dos sierras circulares que cortan la cabeza y la cola, se succionarán las vísceras mediante un sistema de vacío y posterior a esto se cortará la panza donde se alojan las espinas del pescado, al final se encuentran 16 personas para la inspección final y limpieza. Así mismo se seleccionó el equipo adecuado para controlar el encendido y apagado de la línea, empleo de instrumentación para salvaguardar la vida de los operadores, selección de motores y sus respectivas instalaciones eléctricas logrando así un sistema mecatrónico en conjunto.

Este proyecto fue realizado en la empresa Promopesca S.A. de la ciudad de Manta, Manabí.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. NORMAS FDA ALIMENTOS PARA LATINOAMÉRICA.¹

U.S. FDA Sustancias en Contacto con Alimentos (FCS)

Los alimentos son muy sensibles ante el contacto con objetos o sustancias que rodean su ambiente (o toca algo que afecta a los alimentos) y son un aditivo alimenticio indirecto. Los requisitos de la FDA de Estados Unidos con respecto al uso de aditivos alimentarios indirectos que se conoce como "Sustancia en contacto con alimentos" (FCS).

Ejemplos de productos FCS pueden incluir:

Envasado de Alimentos, utensilios de cocina, vajilla, etc.

Equipos de procesamiento de alimentos, ayuda a la producción, desinfectantes, etc.

Productos químicos utilizados como adhesivos, lubricantes, recubrimientos, etc.

La FDA de los EE.UU. requiere que todos los productos FCS se determinen seguros para su uso previsto antes de que se permita su venta en Estados Unidos. Estas normas de seguridad son dictadas por la situación reglamentaria de cada componente que forma parte de la FCS. Los nuevos componentes y usos de los productos requieren la notificación previa a la comercialización de FCS a la FDA de los EE.UU. antes de su comercialización en los Estados Unidos.

La determinación de cómo una FCS está regulado depende de su composición química. Es la responsabilidad del fabricante del FCS para garantizar que los materiales en contacto con alimentos cumplan con las especificaciones y limitaciones de todas las autorizaciones aplicables. La identidad, las especificaciones y limitaciones de los componentes individuales de FCS están

¹ UNIÓN EUROPEA. CF EUROPA. "Materiales y objetos en contacto con los alimentos". Etiquetado y embalaje de los productos. Dirección General de Sanidad y Consumidores. (2009)

regulados por las disposiciones del Código de Regulaciones Federales, el Federal Register, eficaces Notificaciones contacto con los alimentos, Cartas Antes sancionadas, avisos GRAS, reglamentos de umbral de exenciones, así como la aplicación de la FDA de EE.UU. acciones tales como la negativa de importación, las alertas de importación, cartas de aviso, etc. Muchas empresas quieren una evaluación escrita para determinar la situación reglamentaria de su producto de FCS. Register Corp. ofrece una revisión de FCS, que incluye:

Un informe detallado (normalmente entre unas 10-15 páginas), preparado por un equipo de especialistas en regulación, las que determinarán la situación reglamentaria de cada elemento de la FCS, incluidos los usos previstos, la composición, y la necesidad de notificación previa a la comercialización.

Una descripción detallada de los procedimientos de pruebas de la FDA de Estados Unidos requiere de productos específicos de FCS, en su caso.

Una política de revisión generosa que le permite presentar revisiones de las reformulaciones más de la FCS plazo de 90 días sin ningún coste adicional.

2.1.1. MATERIALES PARA MÁQUINAS ALIMENTÍCIAS

Requisitos aplicables a los materiales y objetos

Los materiales y objetos en contacto con productos alimenticios deben estar fabricados de conformidad con las buenas prácticas de fabricación. En ningún caso podrán transferir sus componentes a los alimentos en cantidades que puedan:

Representar un peligro para la salud humana;

Provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos; o

Provocar una alteración de las características organolépticas de los alimentos.

Los materiales y objetos “activos”, que modifican la composición o las características organolépticas de los productos alimenticios, deben cumplir la directiva 89/107/CEE relativa a los aditivos y/o las normas nacionales pertinentes.

El etiquetado, la publicidad y la presentación de los materiales u objetos no deben inducir a error a los consumidores.

2.1.1.1. Medidas específicas para grupos de materiales y objetos

Los materiales y objetos activos e inteligentes;

Los pegamentos;

Los objetos de cerámica;

El corcho;

Las gomas;

El vidrio;

Las resinas intercambiadoras de iones;

Los metales y aleaciones;

El papel y el cartón;

Los materiales plásticos;

Las tintas de impresión;

Las celulosas regeneradas;

Las siliconas;

Los productos textiles;

Los barnices y revestimientos;

Las ceras;

Las maderas.

Estas medidas específicas pueden incluir:

Una lista de las sustancias autorizadas para su uso en la fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios;

Especificaciones de pureza;

Condiciones especiales de uso;

Límites para la migración de ciertos componentes a los alimentos o a su superficie;

Disposiciones destinadas a proteger la salud humana o a garantizar el respeto de los requisitos aplicables a los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos;

Normas fundamentales para controlar el cumplimiento de las disposiciones anteriores;

Normas relativas a la toma de muestras;

Disposiciones para garantizar la trazabilidad;

Disposiciones adicionales para el etiquetado de materiales y objetos activos e inteligentes;

Disposiciones para la elaboración de un registro comunitario de sustancias, procesos, materiales u objetos autorizados;

A falta de medidas específicas, los Estados miembros pueden mantener o adoptar disposiciones nacionales.

Los materiales que se emplearán en el proyecto serán en su mayoría acero inoxidable AISI 304 L.²

2.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES DE TRABAJO

Se controlan las condiciones higiénicas del personal que prepara el producto, teniendo en cuenta las precauciones de seguridad personal en ambientes de baja temperatura.

² UNIÓN EUROPEA. CF EUROPA. "Materiales y objetos en contacto con los alimentos". Etiquetado y embalaje de los productos. Dirección General de Sanidad y Consumidores. (2009)

La temperatura de trabajo se mantendrá en un promedio de 5°C, y a esa temperatura trabajarán las máquinas de este proyecto, por tanto se deben seleccionar materiales con estas características.

En su mayoría, los motores y materiales que se emplearon para este proyecto están en un margen de -10 a 50°C.³

2.2. PROCESOS DE CORTE

2.2.1. DESCRIPCIÓN

La cortadora de sierra circular es una máquina que corta longitudinal o transversal de metales y actualmente utilizada como rebanadora de carnes y mariscos en los supermercados. Dotada principalmente de un motor eléctrico que hace girar a gran velocidad una hoja circular.

La sierra circular utilizada comúnmente en la construcción es ligera y sencilla, compuesta de una mesa fija con una ranura en el tablero que permite el paso del disco de sierra.

La transmisión puede ser por correa, en cuyo caso la altura del disco sobre el tablero es regulable a voluntad, o directamente del motor al disco, siendo entonces éste fijo.

Normalmente, esta máquina está dotada de otros dispositivos y accesorios, de los cuales trataremos más adelante, por estar demostrada su utilidad en la eliminación de riesgos.

Esta es una forma de corte rápida y fácil de materiales de menor resistencia que la propia de la hoja de corte, en costos son muy económicas por su diseño que no es muy automatizado, para el proceso de corte del sistema que se proyecta implementar, se utiliza una cortadora similar a esta que será regulada a una posición que consiga penetrar todo el pescado.

Dependiendo de la época del año se tienen distintos tamaños de pescado por lo que la ubicación de las sierras será regulable unos +/- 1 cm por cada sierra,

³ MERCHAN, Héctor. (2011). "Manual curso taller de manipulación de alimentos". Oficina de alimentos. Ministerio de Salud. Buenos aires.

esto significa que podemos cortar pescado desde los 9 cm, hasta los 13 cm desde la cabeza hasta la cola⁴

2.2.2. ESPECIFICACIONES DE LA HOJA

2.2.2.1. Materiales de hojas

Se fabrican de aceros al carbono y de aceros aleados de alta velocidad

Pueden tener también puntas carburo de tungsteno en sus dientes.

2.2.2.2. Corte de la hoja

El corte o ranura que abre un asierra es la anchura del corte producido por la hoja.

2.2.2.3. Ancho de la hoja

Es la distancia de punta del diente a la parte posterior de la hoja.

2.2.2.4. Calibre de la hoja

Es el espesor de la hoja. Para segueta reciprocantes de máquinas grandes pueden tener hasta 0,250" de espesor. Las hojas comunes de sierra de cinta son de 0,025" a 0,035".

2.2.2.5. Paso de la hoja

Es el número de dientes por pulgada. Una hoja de paso 8 tiene 8 dientes / pulgada (una separación entre dientes de 1/8 de pulgada).

2.2.2.6. Dientes de las sierras

La forma de los dientes puede ser: estándar, de balde o de gancho. Estándar o normal: da cortes exactos con acabado terso. De balde: da holgura adicional para las rebabas. De gancho: proporciona un corte más rápido por el ángulo de inclinación que tiene

⁴ DELGADO BENAVIDES, F. "Estudio y diseño de mecanismos y sistemas de protección para las máquinas de trabajar la madera: Tupis y sierras circulares Fundación MAPFRE, Madrid. (1982) pp.18-25

Por lo general, las máquinas aserradoras mecánicas se denominan por el tamaño de la barra que pueden cortar. Se especifican por:

La longitud de la hoja a montar en la máquina.

La longitud de la carrera.

El número de carreras por minuto.

El tipo de transmisión.

La potencia requerida por la transmisión de la máquina.

Se puede definir:

La **velocidad de corte** es la velocidad del movimiento de corte, expresada en metros por minuto. La velocidad de corte es la velocidad relativa entre la pieza de trabajo y Capítulo 1 - Introducción 2 de 9 la herramienta de corte. Según el proceso de maquinado que se utilice, la velocidad de corte puede ser de movimiento recíprocante (alternado), continuo en línea recta o rotatorio de la herramienta, la pieza de trabajo o ambas.⁵

2.2.3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LA MÁQUINA

El montaje del cuchillo permitirá regular su posición respecto del disco, bien por usarse sierras de distinto diámetro o bien por ser regulable la altura de éstas.

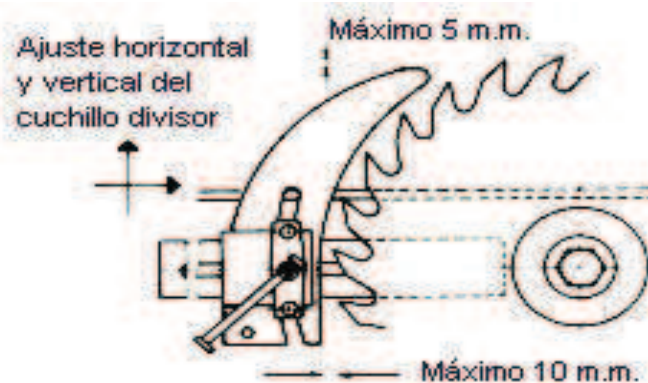


Figura 2.1. Hoja de sierra y protecciones⁵

⁵ ZEGARRA Kenyi. "Especificaciones de la hoja". Aserrado. Noviembre (2010). 25 p.

2.2.3.1. Carcasa superior

La misión de este resguardo es la de impedir el contacto de las manos con el disco en movimiento y proteger contra la proyección de fragmentos y, por lo tanto, consiguiendo un diseño correcto que cubra estos riesgos habremos conseguido una reducción importantísima de los accidentes ocasionados por esta máquina.

Las condiciones que debe reunir el propio resguardo son:

Ser regulable automáticamente, es decir, el movimiento del resguardo será solidario con el avance de la pieza (existen en el mercado cubre sierras de reglaje manual que, aunque su fiabilidad no es total, deben ser utilizados hasta la implantación de los normalizados).

Cubrirá, en todo momento, el mayor arco posible del disco.

Debe impedir aserrar piezas de espesores tales que oculten el disco en su máxima elevación sobre la mesa, es decir, operaciones ciegas.

El hueco del resguardo donde se aloja el disco debe estar cubierto con material (opaco o transparente) que impida la proyección de fragmentos.

Debe garantizar la ejecución del corte, bien permitiendo su visión o bien mediante la existencia de un indicador o guía.

Una vez montado, ninguna de sus partes podrá entrar en contacto con el disco en cualquier circunstancia.

No debe entorpecer al operario en su trabajo.

Será de construcción sólida y al mismo tiempo ligera.

Permitirá serrar contra la guía cortes delgados, es decir, realizar pasadas finas.

Su montaje impedirá que sea retirada o manipulada por el operario.

Lógicamente, todas estas condiciones están supeditadas a la más importante como es la de impedir que en todo momento de la operación se imposibilite el acceso de las manos al disco.

2.2.3.2. Carenado de la hoja de sierra.

El acceso, voluntario o involuntario, de las manos del operario a las cuchillas debe impedirse mediante la instalación de un resguardo fijo. Este resguardo o carenado estará construido de metal perforado, resistente y rígido, con dimensiones de la malla tales que los dedos no puedan alcanzar el punto de peligro.



Figura 2.2. Carter de las cuchillas⁶

2.2.3.3. Normas generales de seguridad

El interruptor debería ser de tipo embutido y situado lejos de las correas de transmisión.

Las masas metálicas de la máquina estarán unidas a tierra y la instalación eléctrica dispondrá de interruptores diferenciales de alta sensibilidad.

La máquina debe estar perfectamente nivelada para el trabajo.

No podrá utilizarse nunca un disco de diámetro superior al que permite el resguardo instalado.

No deberá ser utilizada por persona distinta al profesional que la tenga a su cargo, y si es necesario se la dotará de llave de contacto.

La utilización correcta de los dispositivos protectores deberá formar parte de la formación que tenga el operario.

Antes de iniciar los trabajos debe comprobarse el perfecto afilado del útil, su fijación, la profundidad del corte deseado y que el disco gire hacia el lado en el que el operario efectuó la alimentación.

Se dispondrá de carteles de aviso en caso de avería o reparación. Una forma segura de evitar un arranque repentino es desconectar la máquina de la fuente de energía y asegurarse que nadie pueda conectarla.

2.2.3.4. Recomendación de lubricación

La existencia de una lubricación suficiente entre la superficie de la muestra y la superficie de esmerilado o pulido es necesaria por tres razones: del corte: Un lubricante correcto mejora el proceso de corte y permite conseguir la menor profundidad posible de las rayas y la deformación más baja.

Reducción de la fricción: La fricción que se produce entre la muestra y el soporte debe ser la correcta; la falta de lubricante provocara un recalentamiento; el exceso del mismo provocara una disminución de la capacidad de corte, al eliminar por lavado las partículas del abrasivo y generar una situación de hidropilano.

Refrigeración:

Las condiciones ideales para un esmerilado o pulido optimo generan calor por fricción. La utilización de un lubricante correcto permite mantener el calentamiento en un valor bajo. Tres posiciones de una partícula de abrasivo, pasando sobre la superficie de la muestra, en una posición fija.⁶

2.3. SISTEMAS DE VACÍO

2.3.1. FORMAS DE ASPIRACIÓN DE DESPERDICIOS

Según el número de máquinas que deben ser aspirados por un solo ventilador, tenemos las siguientes formas de sistemas de aspiración. La figura 1 muestra los diferentes métodos de aspiración

⁶ DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. "Utilizar una sierra circular, herramientas de corte. Herramientas eléctricas accesorios. (2010).



Figura 2.3. Métodos de aspiración de desperdicios ⁷

2.3.1.1. Aspiración unitaria móvil.

Se utiliza ventajosamente en caso de máquinas ubicadas de forma aislada o si por causa de normas de seguridad se debe almacenar los residuos de forma separada de los demás desperdicios a aspirarse.

2.3.1.2. Aspiración unitaria estacionaria

La aspiración se conecta automáticamente cuando empieza a funcionar la máquina. Esto economiza el consumo de energía eléctrica. Este sistema de aspiración permite una fácil ampliación, si la maquinaria aumenta. Al apagar la máquina los extractores se desconectan luego de unos 15 segundos de post-aspiración. La capacidad instalada de aspirar coincide exactamente con la necesidad de acuerdo a las máquinas existentes. La aspiración unitaria es la más costosa en comparación a los otros sistemas pero puede amortizarse debido a su menor consumo energético.

2.3.1.3. Aspiración de Grupo

Un extractor aspira a varias máquinas que forman una unidad, puede ser esta local por su ubicación o según su interdependencia en su funcionamiento.

2.3.1.4. Aspiración central de carga total

Un solo extractor aspira a todas las máquinas existentes. Este sistema es el más económico respecto a su instalación pero tiene un consumo excesivo de

energía eléctrica en el caso que solamente funcionen algunas de las máquinas. Es por eso solamente recomendable para empresas grandes con alta probabilidad de ocupación simultánea de toda la maquinaria.

2.3.1.5. Aspiración central de carga parcial

La diferencia con “el sistema antes mencionado es en considerar un factor, de simultaneidad de la ocupación de las máquinas en el dimensionamiento del extractor. La capacidad del ventilador permite aspirar solamente una determinada parte de las máquinas. Al funcionar toda la maquinaria al mismo tiempo el volumen de aire ya no alcanza para abastecer debidamente a las máquinas conectadas.

El paso de aire de la aspiración de máquinas no utilizadas debe ser cerrado para no bajar la velocidad de flujo de aire dentro de ductos que están aspirando o sea transportando vísceras de pescado.

Las compuertas de cierre del paso de aire pueden ser accionados manualmente o mecánicamente por ejemplo mediante un pistón neumático.

Existen hoy sistemas de accionamiento de ventiladores que aumentan el caudal en caso de un mayor número de máquinas que están en funcionamiento.

2.3.1.6. Aspiración por medio del sistema de ductos

Los ductos de tubos de aspiración son el camino de transporte de las vísceras a aspirarse. Para que este transporte se realice sin mayores problemas, el aire debe tener una velocidad de flujo de aproximadamente el doble de la velocidad de suspensión de la pieza a transportarse.

2.3.2. TUBOS DE ASPIRACIÓN

2.3.2.1. Velocidad de flujo de aire

Velocidades recomendadas para vísceras de pescado: con un máximo de 5 pescados se recomienda una velocidad de flujo de aire de 10 m/s.

2.3.2.2. Diámetros de tubos

El diámetro de los tubos de aspiración debe ser mayor que el diámetro máximo que pueda llegar a ocupar la víscera succionada, esto sería superior a 1" de diámetro de tubería.

El área del tubo principal debe ser igual a la suma de áreas de los tubos que se desvían de él. Su diámetro se calcula con la fórmula:

$$d_p = \sqrt{\sum d_n^2} \text{ [Ec. 2.1]}$$

Donde:

d_p = diámetro del tubo principal.

d = suma de los diámetros cuadrados de los demás tubos⁷

Al modificar el diámetro de los ductos se cambia también la velocidad de flujo si se mantiene constante el caudal de aire. La función matemática entre diámetros y velocidades de flujo es:

$$v_2 \times d_2^2 = v_1 \times d_1^2 \text{ [Ec. 2.2]}$$

Donde:

v_2 = Velocidad de flujo con diámetro de tubo modificado

v_1 = Velocidad de flujo con diámetro de tubo inicial

d_1 = diámetro de tubo inicial

d_2 = diámetro de tubo modificado

2.3.3. INSTALACIÓN DE LOS TUBOS DE ASPIRACIÓN

Los ductos de aspiración pueden ser instalados de forma aérea o debajo del piso. Las dos formas tienen sus ventajas y desventajas:

⁷ SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

2.3.3.1. Instalación aérea

2.3.3.1.1. Ventajas:

Se puede instalar los tubos en línea directa a la máquina.

Los tubos son de fácil acceso para limpieza o reparaciones.

Los tubos son prolongables sin mayores problemas.

Los ductos y sus canales no estorban en el transporte de material en el piso.

Las máquinas son reubicables fácilmente.

2.3.3.1.2. Desventajas:

Los ductos pueden molestar en la iluminación (sombra).

Los tubos se cubren con polvo.

Los ductos ascendentes de las máquinas pueden molestar en el transporte de montacargas que circulen cerca de las máquinas.

2.3.3.2. Instalación debajo del piso:

2.3.3.2.1. Ventajas:

No hay problemas de sombra en la iluminación.

No hay acumulación de polvo encima de los tubos.

Libre manejo de piezas largas, especialmente en el caso de transporte de gavetas de pescado en montacargas recomendable instalar el tubo debajo del piso hasta subirlo a lo largo de una pared.

2.3.3.2.2. Desventajas:

Las modificaciones en la ubicación de las máquinas son complicadas.

Se requiere generalmente de más codos y con ellos sube la resistencia del sistema de ductos y aumenta el peligro de obstrucciones de desperdicios.

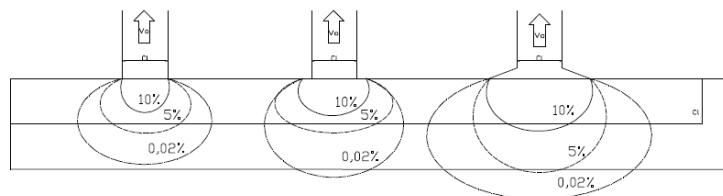
Es aconsejable reforzar los bordes de los canales de los tubos con perfiles metálicos "L" para que no se dañen en el transporte interno del material.

Los canales deben ser cubiertas con planchas metálicas o con madera sólida cuya fibra es de sentido transversal al recorrido del canal.

2.3.4. COLECTORES DE VÍSCERAS

El diseño y la ubicación de los colectores de vísceras requieren de mucho cuidado y atención. El sistema de aspiración no puede funcionar si estos elementos no recogen debidamente las vísceras.

El aire aspirado reduce rápidamente su velocidad de flujo a poca distancia antes de la entrada del ducto. En la siguiente figura (1-3) se observa que en dependencia de la forma de salida, la velocidad de flujo con una distancia equivalente a su diámetro, se reduce a un 7 a 13 % de su velocidad inicial.



_____ $V = 0.10\% V_0$

----- $V = 0.05\% V_0$

-.-.-.-. $V = 0.02\% V_0$

Figura No.1-3 Reducción de velocidad de succión.

Figura 2.4. Reducción de velocidad de succión⁷

2.3.5. EL CAUDAL DE AIRE (M3/SEG., M3/MIN.,M3/H)

El medio de transporte de las vi rutas es el aire. El volumen necesario depende de su velocidad de flujo (m/seg.) y del diámetro del tubo por el cual circula. El caudal de aire que debe ser generado por un extractor en un tiempo determinado, es equivalente a la cantidad de aire que pasara por el tubo en el mismo tiempo.

$$Q = V * A * 60seg./ minuto [Ec. 2.3]$$

Donde:

Q = Caudal de aire (m3/min)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg)

A = Área de sección del tubo de aspiración. (m2)

60 = segundos por minuto, este factor de multiplicación es de 3600 (seg/hora) en caso de necesitar el caudal de aire por hora (m3/h)

2.3.6. PRESIÓN DE AIRE DENTRO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN

2.3.6.1. Presión dinámica

Para lograr un movimiento del aire debe existir una diferencia de presión entre dos puntos, misma que en un sistema de aspiración es generado por un extractor. El aire en movimiento, a su vez produce una determinada presión que podemos medir si ponemos un cierre en medio del flujo.

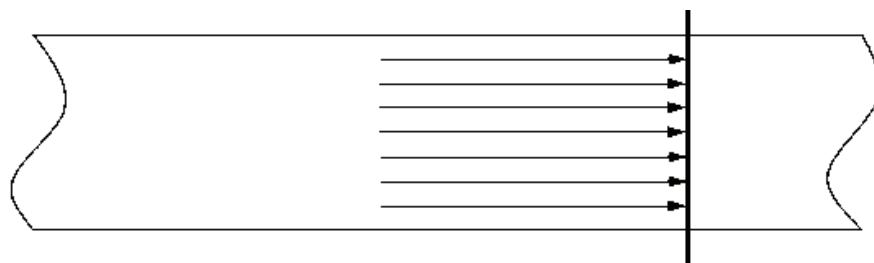


Figura 2.5 Presión dinámica⁷

Esta presión se denomina “Presión dinámica” y se calcula con la fórmula:

$$P_{din} = \frac{V^2 * \rho_{aire}}{2 * g} \text{ [Ec. 2.4]}$$

Donde:

P_{din} = Presión dinámica (daN/m²)

V = Velocidad de flujo de aire (m/seg)

ρ_{aire} = peso específico del aire (kg/m³)

g = fuerza de gravedad (9.81 m/s²)

La unidad de medida de la presión según el SI es el Pa (Pascal) esto equivale a una presión de 1 daN/m².

2.3.6.2. Presión estática

La presión dinámica se reduce a lo largo de un sistema de aspiración debido a fuerzas de rozamiento del aire en las paredes de los tubos. El accionamiento del extractor debe generar la energía necesaria para vencer esta diferencia de presión causada por la fuerza de rozamiento, denominada presión estática (pest) Figura (1-9).

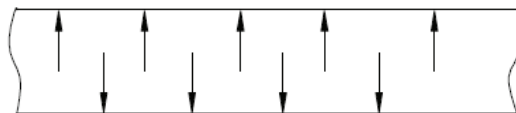


Figura 2.6 Presión estática⁷

La presión estática se calcula según la fórmula:

$$P_{est} = l \frac{\lambda}{D} * P_{din} \text{ [Ec. 2.5]}$$

Donde:

P_{est} = presión estática (daN/m²)

P_{din} = presión dinámica (daN/m²)

l = longitud de los tubos (m)

D = diámetro del tubo (m)

ρ_{aire} = peso específico de aire (kg/m³)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg)

g = fuerza de gravedad (9,81 m/seg²)

λ = coeficiente de resistencia de tubo

Para la determinación del coeficiente de resistencia del tubo hay diferentes métodos, el que a continuación utilizamos es según el coeficiente de resistencia no tiene dimensión y tiene una magnitud de:

$$\lambda = 0.0125 + \frac{0.0011}{D} \quad [\text{Ec. 2.6}]$$

Donde:

λ = coeficiente de resistencia de tubo.

D = diámetro de tubo (m)

El peso específico de aire depende de su presión atmosférica, de su temperatura y de su contenido de humedad relativa. El peso específico de aire a 0 metros sobre el nivel de mar, con 20 °C de temperatura, y con 60 % de humedad relativa es:

$$\rho_{aire} = 1.1992 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad [\text{Ec. 2.7}]$$

2.3.6.3. Resistencia de presión unitaria

A la resistencia de los tubos rectos se debe sumar las de los diferentes codos, desviaciones, reducciones, colectores y la resistencia del separador de vísceras. Estos se llaman resistencias unitarias (r_u) y se calcula mediante un factor de resistencia unitaria (zeta) que se multiplica con la presión dinámica (P_{din}) del aire en el tubo. La pérdida de presión por las diferentes resistencias unitarias se calcula mediante la fórmula:

$$P_{ru} = \zeta * P_{din} \quad [\text{Ec. 2.8}]$$

$$P_{ru} = \sum \zeta_n = \frac{\rho_{aire} * V^2}{2 * g}$$

Donde:

P_{ru} = Pérdida presión por resistencias unitarias.

P_{din} = Presión dinámica (daN/m²).

ζ = factor de resistencia unitaria.

$\sum \zeta_n$ = suma de factores de resistencia.

ρ_{aire} = peso específico del aire (kg/m³)

V = velocidad de flujo de aire (m/seg).

G = fuerza de gravedad (m/s²)

El radio (r) de codos no debería ser menor de 2 a 3 veces el diámetro (d) del tubo. Las reducciones de tubos, en el caso posible de realizar serían de un largo aproximado de un metro.

2.3.6.4. Factores de resistencia unitaria

Codos de 90°

Tabla 2.1 Resistencia unitaria – codos 90°

r=d	$\zeta=0.30$
r>2d	$\zeta=0.15$
r>6d	$\zeta=0.01$

Fuente: SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

Derivaciones

Tabla 2.2 Resistencia unitaria – Derivaciones

$\alpha=15^\circ$	$\zeta=0.1$
$\alpha=30^\circ$	$\zeta=0.2$
$\alpha=45^\circ$	$\zeta=0.25$
$\alpha=60^\circ$	$\zeta=0.5$

Fuente: SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

Resistencia por reducción – ampliación de diámetros

Tabla 2.3 Resistencia unitaria reducción – ampliación

	→	←
α°	ζ	ζ
5	0.15	0.12
10	0.25	0.15
15	0.4	0.16
30	0.8	0.23

Fuente: SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

En el cálculo de la resistencia de un sistema de aspiración con varios tramos, se considera el tramo con la mayor de esta. Para ello se calcula la resistencia de los diferentes puntos de aspiración para poder tomar en cuenta el más alto de ellos.

2.3.7. POTENCIA DEL EXTRACTOR

La potencia requerida para el accionamiento de un extractor, depende de los siguientes factores:

Caudal de aire (m³/seg).

Longitud de los tubos.

Numero de resistencia unitaria.

El peso del aire (kg/m³).

La cantidad de viruta en el aire (kg).

La velocidad de flujo de aire (m/seg).

El grado de rendimiento de la bomba.

El grado de rendimiento del motor.

La potencia de un succionador se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{\Sigma P_{est} * V_{aire} * 1.25}{\eta_{vent} * \eta_{mot} * 10^2} \text{ [Ec. 2.9]}$$

Donde:

P = potencia motor (kW)

ΣP_{est} = suma perdida presión estática (N/m²)

V_{aire} = volumen de aire (m³/seg)

1,25 = factor de reserva (25 %)

η_{vent} = rendimiento ventilador (0,45. ..0,8)

η_{mot} = rendimiento motor (0,8)

2.3.8. SISTEMAS DE SEPARACIÓN

2.3.8.1. Cámaras de asiento

La forma más simple de separar las vísceras es succionar el aire con las vísceras a un cuarto grande en el cual las vísceras caen por gravedad al tanque por la reducción de la velocidad de flujo.

2.3.9. SILOS

Los silos de vísceras deben ser contruidos de material inoxidable para su limpieza y descarga. Deben estar equipados con compuertas de descarga de presión que se abren cada que el tanque se llene por completo.

Para evitar un exceso de acumulación de vísceras en el silo, solo se llena solamente hasta 2/3 de su altura total. Las paredes interiores deben ser lisas y sin partes que sobresalgan.⁸

⁸ SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

2.3.10. EQUIPO UTILIZADO PARA LA SUCCIÓN DE VÍSCERAS

2.3.10.1. Bomba de vacío

Las bombas de vacío son aquellos dispositivos que se encargan de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un vacío parcial, también llegan a extraer sustancias no deseadas en el producto, sistema o proceso.

2.3.10.1.1. Usos y aplicaciones de las bombas de vacío

Algunas de las aplicaciones y usos más comunes son:

Cocción y/o concentrado a baja temperatura de: mosto, jaleas, dulces, jarabes, etcétera

Vacío central para clínicas médicas o laboratorios.

Termoformado de termoplásticos.

Calibración de tubos de termoplásticos extrusados.

Máquinas para la industria cárnica.

Desgasificado y deshidratado para la impregnación de madera u otro material poroso.

Enfriamiento rápido (evaporación rápida de la humedad en frutas, verduras, lográndose un veloz descenso de la temperatura.).

Industria textil (tratamiento de diferentes fibras, planchado).

Desodorizado (eliminando gases indeseables en sustancias químicas, producción de alimentos, etcétera).

Destilación a baja temperatura (extracción en vacío de fracciones volátiles)

Eviscerado (eliminación de vísceras en aves, pescados, etcétera).

Aceleración de filtrado, reduciendo la presión en la descarga del filtro (ej.: filtros rotativos).

Equipos de esterilización hospitalaria.

Succión para odontología.

Etiquetadoras.

Construcciones varias en fibrocemento.

Cebado de bombas centrífugas.

Depresión de napas en suelos.

2.3.10.1.2. Funcionamiento de una bomba de vacío

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.

Dos características esenciales de las bombas de vacío son:

La presión límite, también llamada presión mínima de entrada.

El tiempo necesario para alcanzar dicha presión.

Ambos factores no dependen necesariamente del tipo de bomba sino del recipiente a evacuar.



Figura. 2.7 Funcionamiento de una bomba de vacío. ⁹

1. En ella se observa el colector y placa de lumbreras que están comunicadas con sus conductos correspondientes de succión y expulsión.
2. Aquí puede observarse el rotor, montado sobre su eje. Dicho eje es excéntrico respecto al cilindro exterior. El volumen de agua esquematizado es

el que se establece en el cuerpo de la bomba, cuando se alcanza el equilibrio fluido-dinámico.

3. En este esquema puede observarse la configuración del agua durante la marcha, que se dispone según un anillo hidráulico centrifugado por el rotor y concéntrico con el cilindro. De esta forma el agua, cuando se aleja del núcleo del rotor (correspondencia con la lumbrera de succión) succiona como si fuese un pistón. A su vez, durante el acercamiento al núcleo (correspondencia con la lumbrera de descarga), se expulsa el aire y vapores antes mencionados, más el agua de alimentación que en forma independiente es tomada por la bomba de una línea o tanque para asegurar su refrigeración, lubricación y sello hidráulico. El agua de alimentación es succionada por la bomba y devuelta por la descarga, junto con los gases y vapores.⁹

2.3.10.2. Vacuómetro

Los que miden depresiones o presiones negativas respecto a la presión atmosférica.

2.3.10.3. Válvula de retención

Válvulas unidireccionales utilizadas en dispositivos donde es importante mantener la depresión de un sistema cerrado de vacío. La válvula bloquea la fuga de vacío, manteniendo el material succionado cogido por las ventosas o tuberías de aspiración cuando el generador de vacío no está funcionando.

Son utilizadas en sistemas de seguridad y ahorro de energía, en los cuales hay un remanente de vacío en un depósito acumulador.¹⁰

2.3.10.4. Grifo atenuador

Cuando deba producirse una fuga controlada con el objeto de reducir el vacío en el sistema, se recomienda recurrir al grifo atenuador (válvula esférica que se

⁹ QUIMINET. "El funcionamiento de una bomba de vacío y sus características". Maquinaria y equipo, Tratamiento de agua, maquinaria y equipo periférico. España. Julio (2011). 3 p.

¹⁰ AR. SISTEMA DE VACIO. "Válvulas de retención de vacíos". Barcelona, España. (2007). 1 p.

entrega instalada en el frente de su unidad) para lograr el ingreso de aire atmosférico.¹¹

2.3.10.5. Filtro de agua

Estando en un sistema de vacío es necesario que a la bomba solo llegue aire, más no agua, por tal motivo se debe colocar un filtro a modo de secador que recoja el agua que pudiese llegar a la bomba por la línea de succión.

2.4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINA

2.4.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

2.4.1.1. Cadenas

Las cadenas de rodillos se utilizan para transmitir potencia entre ejes paralelos a distancias relativamente grandes y con una eficacia elevada en comparación con las correas. Esto se debe a que las cadenas no poseen tanta deformabilidad como las correas y se puede incrementar sustancialmente la capacidad de carga. Se requiere una cuidadosa alineación entre las ruedas dentadas que transmiten el movimiento y una continua lubricación de las partes de las cadenas. En la Figura 2.8 se muestra las partes componentes de las cadenas. El ensamble de ajuste por presión impide que los pasadores tengan rotación respecto de las placas exteriores, mientras que son los rodillos los que rotan respecto del pasador.

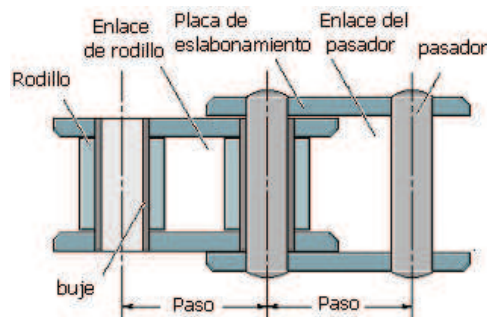


Figura. 2.8. Descripción de componentes de las transmisiones por cadenas¹²

¹¹ DHSC. Bombas para vacío por sello hidráulico diseño compacto. “Manual de operaciones”. Febrero (2006). 10 p.

En la Tabla 2.4 se muestran algunas medidas estándar para las cadenas de rodillos. Las tolerancias para la transmisión por cadenas son mayores que para los engranajes, en tanto que resultan más fáciles para instalar y mantener.

El ángulo de abrace o de cobertura mínimo de la rueda dentada (también llamada “rueda catarina”) es de unos 120° , aun cuando se puede disponer de ángulos de abrace menores en tanto que se empleen ruedas dentadas locas para ajustar la cadena y evitar que se suelte. El empleo de transmisiones de este tipo impone como convencional que la línea de centros sea horizontal (o aproximadamente horizontal) para evitar que la cadena se suelte en la rueda dentada más pequeña. Si se dispone el empleo de este tipo de transmisión en sentido vertical, es imperioso el uso de ruedas dentadas locas para prevenir que la cadena cuelgue y pierda el contacto.

Tabla 2.4 Dimensiones y propiedades de algunos tipos de cadenas estándar

Número de cadena	Paso P_t , [pul]	rodillo		pasador diámetro d , [pul].	enlace Espesor de la placa a [pul]	Resistencia promedio a rotura S_u , [lbf]	peso lineal [lbf/pie]
		Diametro [pul].	Ancho, [pul].				
25 ^a	1/4	0.130	1/8	0.0905	0.030	875	0.084
35 ^a	3/8	0.200 ^a	3/16	0.141	0.050	2100	0.21
41 ^b	1/2	0.306	1/4	0.141	0.050	2000	0.28
40	1/2	5/16	5/16	0.156	0.060	3700	0.41
50	5/8	2/5	3/8	0.200	0.080	6100	0.68
60	3/4	15/32	1/2	0.234	0.094	8500	1.00
80	1	5/8	5/8	0.312	0.125	14500	1.69
100	1 1/4	3/4	3/4	0.375	0.156	24000	2.49
120	1 1/2	7/8	1	0.437	0.187	34000	3.67
140	1 3/4	1	1	0.500	0.219	46000	4.93
160	2	1 1/8	1 1/4	0.562	0.250	58000	6.43
180	2 1/4	1 13/32	1 13/32	0.687	0.281	76000	8.70
200	2 1/2	1 9/16	1 1/2	0.781	0.312	95000	10.51
240	3	1 7/8	1 7/8	0.937	0.375	130000	16.90

Fuente: NISBETT, R. J. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.). Chicago: Mc Graw Hill. (2008). p 325.

Se recomienda que el número mínimo de dientes del piñón más pequeño de una transmisión por cadena sea:

$N_{dientes} = 12$ baja velocidad.

$N_{dientes} = 17$ media velocidad.

Ndientes = 21 alta velocidad.

Se debe entender por velocidad baja de cadena cuando es menor de 2 m/s y por velocidad alta cuando supera los 20 m/s.

Hay un detalle constructivo importante y que no debe dejarse pasar por alto, es el hecho de que con un número impar de dientes en el piñón pequeño y un número par de dientes en el piñón grande la frecuencia de contacto entre un diente y un rodillo determinados es mínima, lo que origina una mejor distribución del desgaste.

Las fuerzas que aparecen durante el funcionamiento hacen que la potencia que pueden transmitir para una tracción máxima determinada F_1 (téngase en cuenta que $F_2=0$ en las transmisiones por cadena) aumenta con la velocidad lineal hasta llegar a un máximo, a partir del cual disminuye, según se presenta en la figura siguiente.

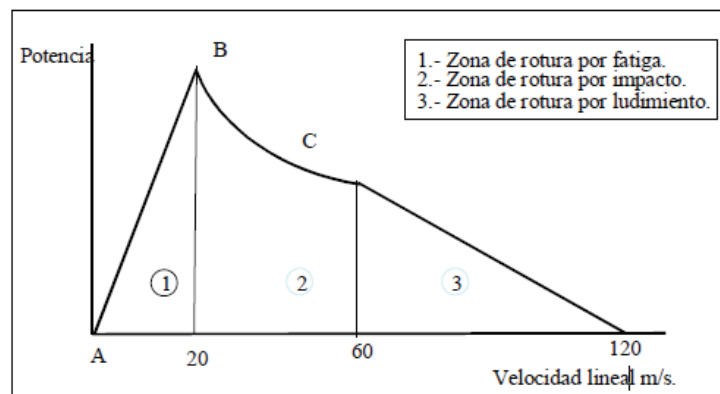


Figura 2.9. Variación de la capacidad de transmisión de potencia con la velocidad¹²

El cálculo de la velocidad lineal de la cadena se puede hacer de dos formas:

$$V = \pi * d_p * n \quad [\text{Ec. 2.10}]$$

Donde:

d_{pp} = diámetro primitivo del piñón.

n= régimen de giro del piñón

$$V = P * Z * n$$

Donde:

P= paso de la cadena

Z= número de dientes del piñón.

n= régimen de giro del piñón

El montaje de una cadena, es sumamente sencillo y requiere pocas atenciones, se precisa que:

El montaje de piñones cumpla:

Que mantengan un paralelismo entre piñón conductor y piñón conducido.

Para su comprobación es frecuente recurrir a dos reglas que situadas a ambos lados de los piñones indican de forma muy clara el paralelismo de montaje.

Que los piñones además de paralelos se mantengan en un plano perfecto.

Que el eje o el árbol sobre el que se monten los piñones no tengan holgura ni estén descentrados lo que hace que aparezcan brincos y tensiones anómalas.

La colocación de la cadena cumpla:

Que no ofrezca ni exceso, ni defecto de tensión. En caso de exceso se acorta su vida útil, en el caso de defecto tiende a salirse.

En el caso de montaje horizontal es conveniente, para una correcta tensión de montaje que la cadena tenga una pequeña flecha. En el caso de transmisión vertical la cadena tendrá una tensión adecuada cuando admita una ligera presión de la mano sin hacer resorte.

En general para el montaje de una transmisión por cadena se tendrá en cuenta:

1. Haber efectuado un montaje con las debidas condiciones de alineamiento.

2. Que la totalidad de la transmisión disponga de un sistema eficaz de engrase.
3. Que se puedan verificar los eslabones de unión por ser éstos la zona más débil de las cadenas.

Para seleccionar una cadena es preciso conocer:

La potencia a transmitir.

Las revoluciones por minuto del árbol motor y del conducido.

Las condiciones de trabajo, las cuales harán que la potencia a transmitir sea mayor con un coeficiente obtenido de la siguiente tabla:

Tabla 2.5 Factor de servicio en el cálculo de potencia para la cadena de rodillos.

Tipo de carga	TIPO DE IMPULSOR		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna
Uniforme: Agitadores, ventiladores, transportadores ligeros.	1.0	1.0	1.2
Choque moderado: máquinas grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimentos y molinos	1.2	1.3	1.4
Choque pesado: Prensas de troquelado, molinos de martillos, accionamiento molinos de rodillo	1.4	1.5	1.7

Fuente: NISBETT, R. J. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.). Chicago: Mc Graw Hill. (2008). p 325.

Para una selección adecuada de cadena se deben seguir ciertos criterios y disponibilidades en el mercado para acomodarse a los requerimientos.

2.4.1.1.1. Métodos de lubricación de cadenas

Tipo A: Manual o por goteo.

Manual: brocha saturada o canal vertedor, c/8 horas.

Goteo: alimentación directa.

Tipo B: De baño o con disco.

Baño: sumergida.

Disco: levanta el aceite.

Tipo C: Con chorro de aceite.

Bomba inyectora flujo continuo.

2.4.1.1.2. Comprobación de selección de la cadena adecuada:

Largo de cadena (en pasos de cadena).

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 + N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad [\text{Ec. 2.11}]$$

Distancia entre centros

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad [\text{Ec. 2.12}]$$

Diámetro Catarina

$$D = \frac{p}{\sin(180^\circ/N)} \quad [\text{Ec. 2.13}]$$

Mediante las formulas antes mencionadas comprobamos que una aplicación que emplee cadenas no tenga diseños mal elaborados.¹²

2.4.1.2. Transmisión por bandas

También llamada correa, es un elemento de hule con fibra reforzada generalmente con una sección transversal "V" (pero existen otras secciones: cuadradas, circular, plana, dentada, etc.). Se usa para mover varios accesorios como el alternador, el aire acondicionado, el compresor y la bomba de agua.

¹² NISBETT, R. J. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.). Chicago: Mc Graw Hill. (2008). p 325.

En una primera distinción existen bandas deslizantes y no deslizantes, las segundas son las dentadas.

Una correa es un elemento flexible capaz de transmitir potencia que asienta en forma ajustada sobre un conjunto de poleas o poleas acanaladas, cuando se utiliza para reducción de velocidad, el caso más común la polea acanalada más pequeña se monta en el eje de alta velocidad, como el eje de un motor eléctrico, la polea de mayor tamaño se monta en la máquina que es impulsada. La correa se diseña de manera que gire alrededor de las dos poleas sin deslizarse, la correa se instala colocándola entre las dos poleas mientras la distancia central entre ellas se reduce, luego se separan las dos poleas acanaladas colocando la correa con una tensión inicial relativamente alta.

2.4.1.2.1. Bandas deslizantes:

2.4.1.2.1.1. Banda plana.

Fue la primera que se utilizó, y se usa en donde existen poleas planas y abombadas, son muy baratas pero patinan fácilmente. Están elaboradas, comúnmente, en caucho sin reforzamiento de alambres ó con protección de fibras.



Figura 2.10. Banda plana.¹³

2.4.1.2.1.2. Banda plana tipo listón.

Son muy delgadas y están elaboradas tanto en plástico como con fibras sintéticas, y este tipo de banda se usaba en el sistema sintonizador de los radios antiguos.

2.4.1.2.1.3. Banda plana de costilla.

Es utilizada en motores de más de 100 HP por patinar poco, se asemeja a un arreglo entre una banda plana y varias en V, quedando la superficie plana sin contacto con la superficie horizontal de la polea, es más resistente que la plana o la banda en V, aunque no menos flexible está es muy propensa a calentarse por su considerable área de contacto con las poleas.

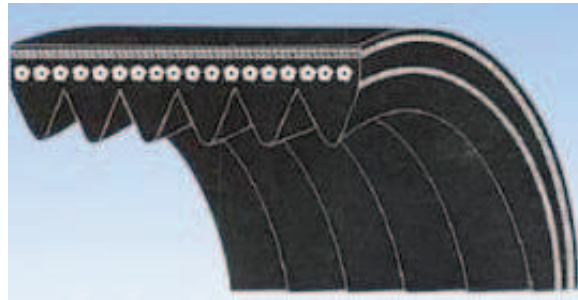


Figura 2.11. Banda plana de costilla.¹³

2.4.1.2.1.4. Banda en V

Es menos propensa al patinaje que la banda plana, se utiliza con poleas acanaladas y ajustables en donde la transmisión debe ser por lo menos continua, las que se encuentran en los automóviles son de caucho con alambres y protección de fibra, además de ser ampliamente utilizada en la industria mecánica también se le encuentra en la electrónica como es el caso de las videograbadoras o en las caseteras.

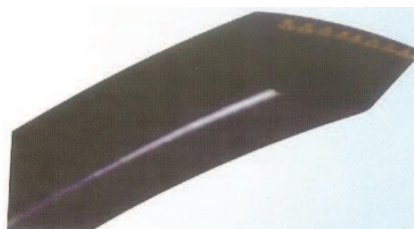


Figura 2.12. Banda en V.¹³

2.4.1.2.1.5. Banda en V ajustable.

Cuando una banda está sujeta a trabajo rudo e intenso la mayoría de las veces no se daña toda completa, sino por secciones, debido a esto existen bandas ajustables ó que están formadas por secciones pequeñas que quedan unidas

con una grapa ó remache removible para posibilitar su adaptabilidad a las condiciones de trabajo y a la distancia existente entre poleas, es como armar pieza por pieza, pero tiene la desventaja de que los elementos de unión se deterioran más que las secciones elaboradas en caucho, se les encuentra en máquinas de trabajo y en ambientes extremos.

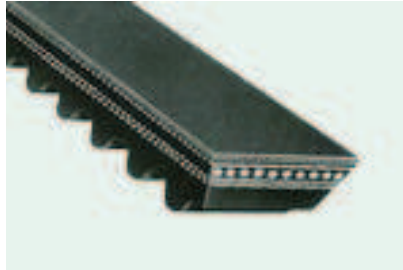


Figura 2.13. Banda en V ajustable.¹³

2.4.1.2.2. Bandas no deslizantes:

2.4.1.2.2.1. Banda plana dentada.

Cuando se necesita una transmisión flexible lo más exacta posible y que esté libre de patinajes se recurre a la banda dentada, muy utilizada cuando hay engranes unidos a las flechas o ejes, sus dientes se acoplan perfectamente a los engranes por lo que no patinan, pero existe el riesgo de perderlos si están muy tensas, son muy utilizadas en situaciones donde debe existir sincronización como es el caso del árbol de levas y el cigüeñal en los automóviles, también se le conoce como banda de sincronización.



Figura 2.14. Banda plana dentada.¹³

2.4.1.2.2.2. Banda en V dentada.

Semejante a la anterior, pero con la ventaja de evitar en mayor medida los rechinidos y patinajes pronunciados con el cambio de temperatura.

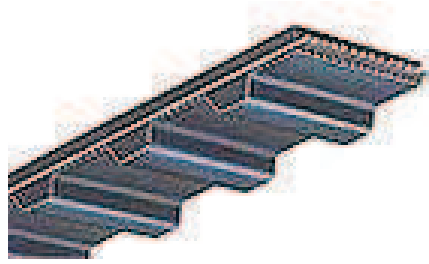


Figura 2.15. Banda en V dentada.¹³

2.4.1.2.3. Problemas producidos en bandas y poleas

Hacer una apropiada instalación como técnica de mantenimiento preventivo es importante para una larga vida útil de la correa sin problemas, a continuación se muestran los problemas más comunes presentados en las bandas y poleas.

2.4.1.2.3.1. Apalancamiento o forzamiento de correas en las poleas

Puede y usualmente sucede, romper alguna de las cuerdas de tensión de resistencia, cuando esto sucede, la correa puede o romper o darse vuelta en la acanaladura, normalmente en los primeros minutos de operación. Este método de instalación seguramente se evidenciará por la rotura o resquebrajadura en la cubierta de la correa causada por la herramienta con la que se apalancó o con el borde la polea.

La flojedad puede también causar rotura de la correa, también, usualmente, en el arranque, esto ocurre con correas de múltiple comando cuando todas las correas no se ajustan del mismo lado del mando después de la tensión. Si alguna correa está floja de un lado, y otra está floja del otro lado, el fuerte shock de carga de arranque lo lleva una sola de las correas, así se debilita o se rompe la cuerda que lleva el peso.

¹³ GONZALEZ Gonzalo Rey. "Apuntes para el cálculo de transmisiones para correas en V". Edición elaborada para la Asignatura Componentes Mecánicos de la Maestría de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE). Ciudad de la Habana. Cuba. (1999). pp. 34-39

2.4.1.2.3.2. Desalineamiento en bandas y poleas

Pueden causar el rápido desgaste en los bordes de las correas, disminuyendo considerablemente el tiempo de servicio de la polea y de la correa, el mal alineamiento también puede causar la separación de la “atadura de la correa”, o la repentina zafadura de correas individuales.

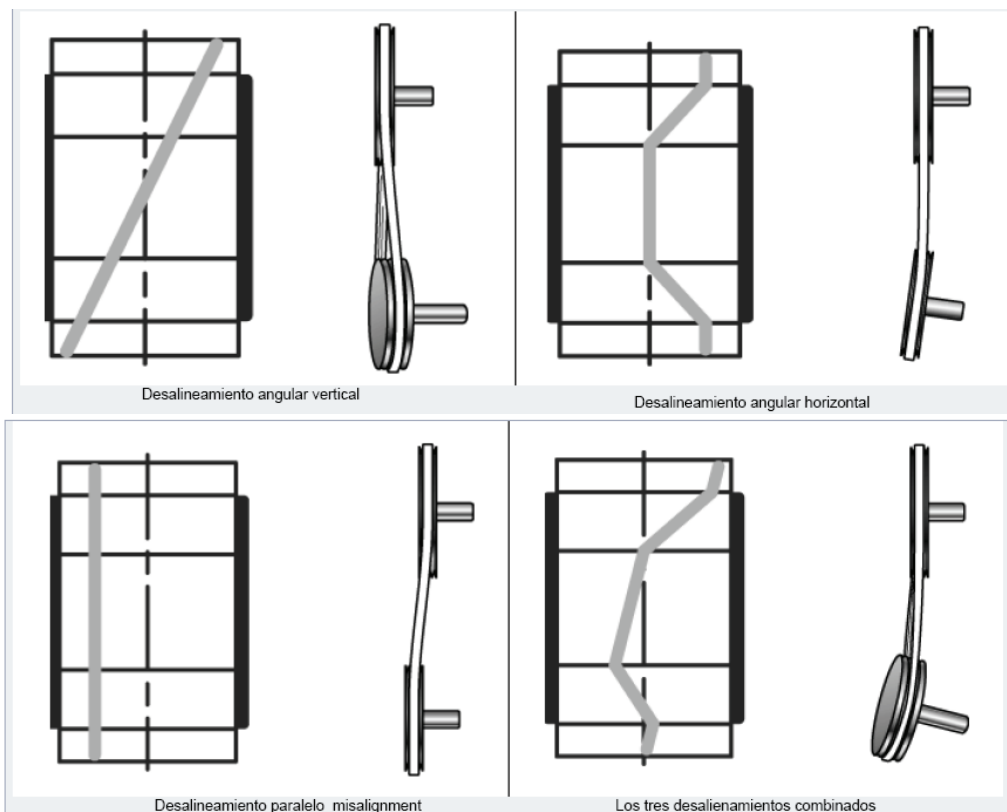


Figura 2.16. Desalineamiento en bandas y poleas.¹⁴

2.4.1.2.3.3. Vibración debida a las bandas de accionamiento.

Las bandas de accionamiento del tipo en “V” gozan de mucha popularidad para la transmisión del movimiento puesto que tiene una alta capacidad de absorción de golpes, choques y vibraciones.

Los problemas de vibración asociados con las bandas en “V” son clasificados generalmente por:

Reacción de la banda a otras fuerzas, originadas por el equipo presente, que causan alteraciones.

Vibraciones creadas por problemas de la banda en sí.

Las bandas en “V” son consideradas a menudo como fuente de vibración porque es tan fácil ver que las bandas saltan y se sacuden entre poleas, por lo general, el reemplazo de las bandas es a menudo una de las primeras tentativas de corrección de los problemas de vibración.

Sin embargo es muy posible que la banda esté sencillamente reaccionando a otras fuerzas presentes en la máquina, en tales casos la banda es solamente un indicador de que hay problemas de vibración y no representan la causa misma.

2.4.1.2.3.4. Poleas desgastadas o dañadas.

Son eventualmente causantes de rápidos desgastes, deslizamientos y vibración, la polea desgastada puede causar sobretensión y perder rendimiento por resbalamiento, causando indirectamente sobrecalentamiento de punto de apoyo y daño en la polea.

Si la polea ha perdido piezas del reborde, resultará que los lados de la correa se dañarán, y el resultado será que el eje desbalanceado puede dañar puntos de apoyo y crear seguramente un riesgo, cuando solo alguna de las acanaladuras está dañada o más dañada que las otras, el efecto es que la correa aparece desigual, esto causa un “andar diferente”, cuando solo alguna de las correas lleva el peso entero del mando.

En el caso de correas en banda, la acanaladura gastada hace que la correa corra más lenta en las acanaladuras, así causa la rotura de la unión de la banda sobre el borde de la polea entre los acanalados. En muchos casos puede tener el mismo efecto de una hoja circular cortando la banda y separando las correas.

2.4.1.2.3.5. La polea montada muy lejos del punto de apoyo.

La polea montada muy lejos del punto de apoyo, causa excesiva resistencia de colgado y sobre calentamiento, esto puede causar también latigazo en el eje

que puede romper la banda, las poleas deben ser montadas tan cerca del eje como sea posible.

2.4.1.2.3.6. La condición de la polea.

La condición de la polea y el desgaste normal puede llegar a ser la causa de sobrecalentamiento, más que la tensión de la correa, esto debe ser inspeccionado para poder dar una apropiada lubricación y que el desgaste sea acorde a las especificaciones del eje o del equipo original.

La condición de la polea debe ser también chequeada y reemplazada de ser necesario, así como las poleas curvadas pueden dañar el eje, correas y poleas, el balanceo de la polea puede ser causado por curvatura de ejes.

2.4.1.2.3.7. La tensión insuficiente

La tensión insuficiente en la correa va de la mano con problemas de acanaladuras desgastadas de la polea lo cual provoca correas resbaladizas y otros problemas.

Esto es evidenciable a menudo por el desgaste de la correa, el modo más fácil y práctico de chequear personalmente la tensión de la correa es “MET”– Mire, Escuche, Toque.

2.4.1.2.4. Estándares determinados para el tensado de bandas y poleas.

El correcto tensado de la correa tiene una importancia crucial para conseguir una transmisión de potencia sin problemas y la vida útil de la correa esperada, las correas poco o demasiado tensadas sufren con frecuencia un deterioro prematuro, además, una correa sobre tensada puede tener consecuencias negativas sobre los rodamientos de la máquina motriz o de la accionada.

La experiencia muestra que las instrucciones y especificaciones de tensado, por ejemplo, usando la presión del pulgar» no es suficiente para asegurar un ajuste de tensión que permita a los accionamientos trabajar de forma óptima.

La correa deberá vigilarse regularmente durante las primeras horas de servicio, la experiencia demuestra que, después de aproximadamente, 30 minutos a 4

horas trabajando a plena carga deberá hacerse un retensado, con ello se compensará el alargamiento inicial de la correa.

Después de aproximadamente 24 horas de servicio resulta recomendable, especialmente cuando no se trabaje a plena carga, controlar el accionamiento y, si es necesario, retensar, después de esta fase, los intervalos de mantenimiento pueden ampliarse considerablemente.

Todas las transmisiones por bandas deben funcionar con la tensión adecuada a fin de generar la acción de sujeción de la banda contra la pared ranurada, debemos tener en cuenta la siguiente regla: la mejor tensión para una transmisión por bandas es la MENOR tensión a la que no se deslizará la transmisión en una situación de carga máxima, es recomendable utilizar un verificador de tensión para bandas a fin de determinar de manera adecuada la tensión de las bandas.



Figura 2.17. Verificador de tensión¹⁴

2.4.1.2.5. Reglas generales de tensión.

La tensión ideal es la menor tensión a la que no se deslizará la transmisión en una situación de carga pico.

Controle regularmente la tensión entre las 24 y las 48 horas de funcionamiento.

La sobretensión disminuye la vida de la banda y del rodamiento.

Evite que las bandas tengan materiales extraños que puedan causar deslizamientos.

Realice la inspección de la transmisión en V periódicamente.

Tabla 2.6 Valores permisibles de tensión en bandas o poleas.

Sección de la correa	Diámetro de la polea menor	Fuerza de deflexión recomendada	
		N	
	mm	mín	máx
XPZ/3VX	100-125	13	19
	132-180	16	24
XPA	80-125	18	27
XPB/5VX	112-118	24	36
XPC	180-236	50	75

Fuente: INTRIAGO NACEVILLA Darwin, MANCHAY LASCANO Wellington. "Readecuación e implementación de un equipo para alineación láser de bandas y poleas en el laboratorio de análisis vibracional de la escuela de ingeniería de mantenimiento de la ESPOCH". Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. (2011). 156 p.

2.4.1.2.6. Tensión Estática de la Correa.

En una transmisión por correa, con dimensiones establecidas y una adecuada cantidad de correas para el perfil seleccionado, el factor más importante que determina la capacidad de tracción de la transmisión es la tensión estática de la correa, conocida también como tensión inicial, previa o de montaje de la correa. Por ello, el valor de tensión estática debe ser debidamente calculado en función de la potencia que se desea transmitir en un accionamiento por correas, de forma tal, que sea empleada la tensión estática correcta, es decir aquella tensión más baja con la cual la correa no deslizará.

Muchos operarios confían en su experiencia y no en métodos de control y cálculo del tensado correcto. Los métodos numéricos de cálculo del tensado tienen indiscutibles ventajas: ellos previenen la inexperiencia en operarios no expertos y evitan un excesivo o escaso tensado, permitiendo precisar la tensión de las correas en cada accionamiento; esto es mucho más importante en accionamientos modernos donde la capacidad de carga de las correas es cada vez mayor.

Debe ser conocido que una: Tensión escasa: Puede causar un intenso deslizamiento que puede provocar un desgaste excesivo de la cubierta, puntos de combustión y sobre calentamiento de la correa. Tensión excesiva: Puede causar un sobrecalentamiento en la correa, debido a un incremento de la fricción interna en la correa por el aumento de las tensiones normales, y un estiramiento excesivo así como daño a los componentes de la transmisión (arboles, poleas y cojinetes) por sobrecarga. ¹⁴

2.4.1.2.7. Comprobación de la selección de banda

El cálculo del tensado de forma numérica consiste en:

Determinar la tensión estática que garantice un tensado correcto cuando la transmisión está trabajando.

Determinar los parámetros de control de la tensión estática, de forma tal que sea ajustada su valor exacto

2.4.1.2.7.1. Ecuación de Tensión Estática.

Muchas veces es más cómodo realizar el cálculo de la tensión estática en función de la potencia a transmitir y de la cantidad de correas del accionamiento.

$$T_{est} = \frac{1000 * N_D}{Z * v} (N) \text{ [Ec. 2.14]}$$

Donde:

N_D = Potencia de diseño de la transmisión (KW). Considera posibles variaciones de la carga entre la máquina motriz y la movida.

Z: Cantidad de correas trapeciales en la transmisión.

2.4.1.2.7.2. Relaciones geométricas

$$R1: D_2 < C < 3(D_2 + D_1) \text{ [Ec. 2.15]}$$

¹⁴ INTRIAGO NACEVILLA Darwin, MANCHAY LASCANO Wellington. "Readecuación e implementación de un equipo para alineación láser de bandas y poleas en el laboratorio de análisis vibracional de la escuela de ingeniería de mantenimiento de la ESPOCH". Escuela superior politécnica de Chimborazo. (Ecuador). (2011). 156 p.

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \text{ [Ec. 2.16]}$$

$$R2: \theta_1 > 120^\circ \text{ [Ec. 2.17]}$$

Donde:

C= Distancia entre centros.

θ_1 = Ángulo de contacto polea menor

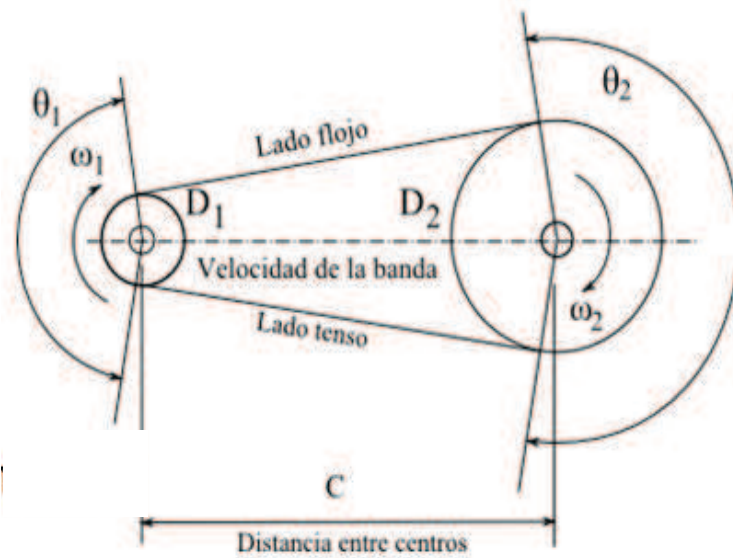


Figura 2.18 Parámetros de transmisión por banda¹⁴

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \text{ [Ec. 2.18]}$$

$$L_1 = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \text{ [Ec. 2.19]}$$

$$V_b = \frac{D_1 \cdot \omega_1}{2} = \frac{D_2 \cdot \omega_2}{2} \text{ [Ec. 2.20]}$$

Donde:

θ_2 = Ángulo de contacto polea mayor.

L= Longitud de la banda.

V_b = Velocidad lineal

$$R3: V_b = 1000 - 6500 \frac{\text{pies}}{\text{min}}, \text{ ideal } 4000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \left(\frac{20m}{s} \right) \text{ [Ec. 2.21]}$$

Si $V_b < 1000 \text{ pies/min}$ excesiva tensión en la correa, probar con otra relación de transmisión.

Tamaños normalizados

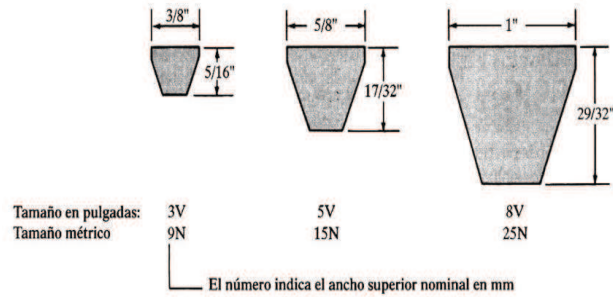


Figura 2.19. Tamaños Normalizados de bandas trapezoidales¹⁴

Selección tamaño de banda

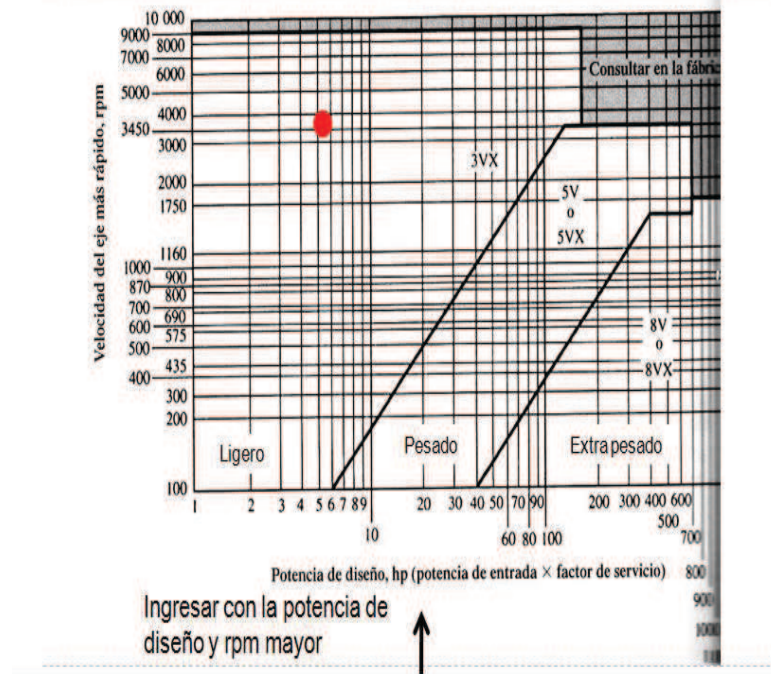


Figura 2.20. Selección de tamaño de banda¹⁴

Factor de servicio

Potencia de diseño= potencia nominal ^a factor de servicio	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: Par torsional normal			Motores de CA: Par torsional alto		
Tipo de máquina impulsada	Motores de CD: Bobinado en derivación			Motores de CD: Bobinado en serie		
	Motores de combustión: Múltiples cilindros			Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	< 6 h por día	6-15 h por día	> 15 h por día	< 6 h por día	6-15 h por día	> 15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Generadores, máquinas herramientas, mezcladores, transportadores de grava	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates,	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Figura 2.21. Factor de servicio de bandas en V¹⁴

Selección correas 3V

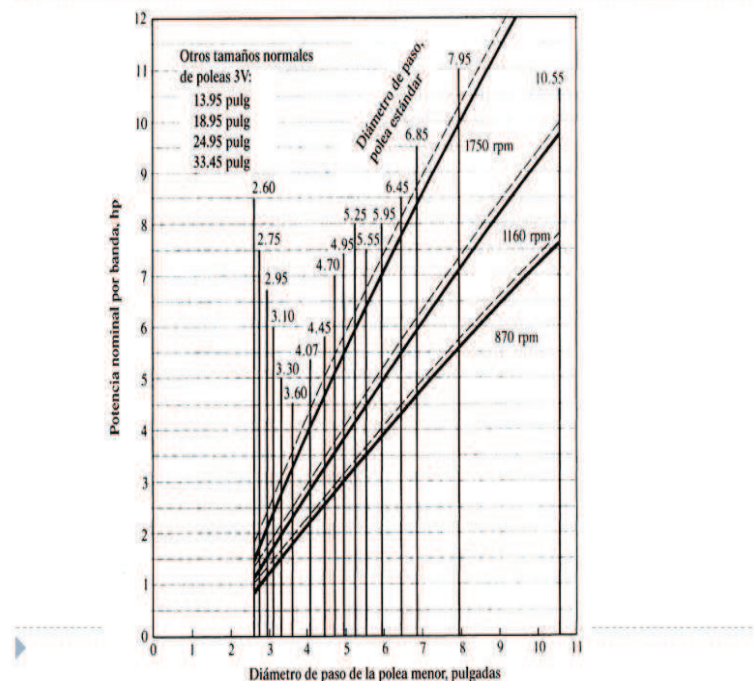


Figura 2.22. Selección de correas 3V.¹⁴

Selección correas 5V

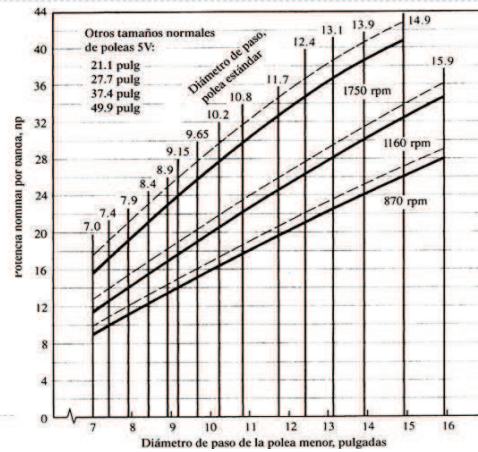


Figura 2.23. Selección de correas 5V.¹⁴

Factor de corrección por ángulo de contacto

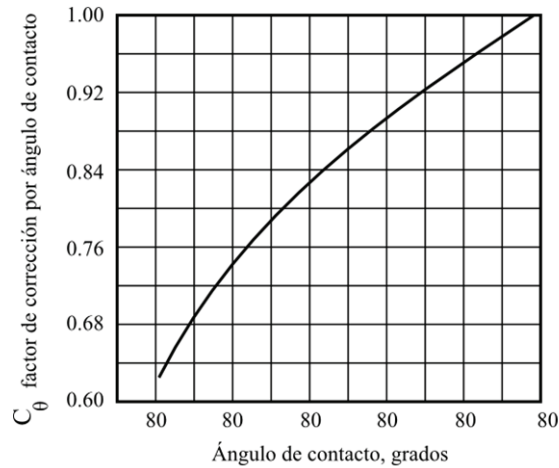


Figura 2.24. Factor de corrección por ángulo de contacto.¹⁴

Factor de corrección por longitud

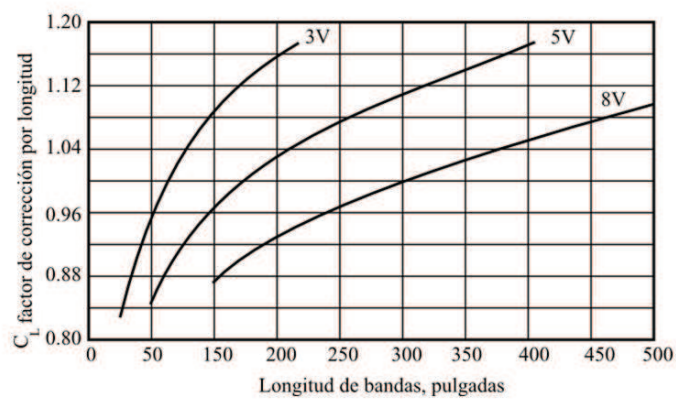


Figura 2.25. Factor de corrección por longitud.¹⁴

2.4.1.3. Transmisión Multipoleas

Esta aplicación se da cuando con una sola polea motriz se mueven varias poleas, a través de una banda plana, al menos dos de esas poleas transmiten potencia a otras partes de la máquina, en algunos casos estas poleas tienen sentido de rotación inverso.

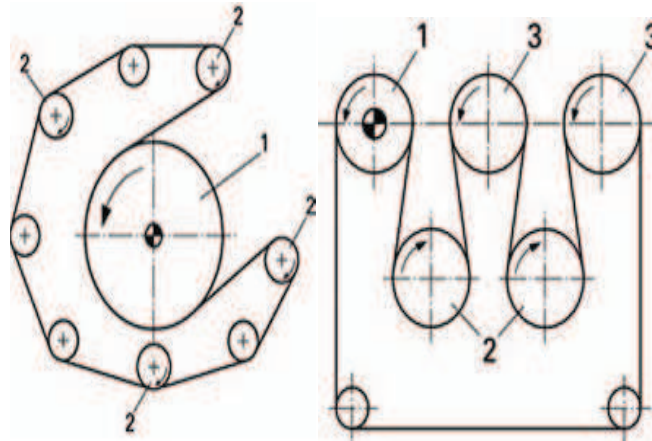


Figura 2.26 Disposición de banda en transmisión multipoleas¹⁵

1 Polea Motriz.

2 Poleas conducidas, cambian de sentido de rotación.

3 Poleas conducidas, con el mismo sentido de rotación que la polea motriz.

2.4.1.3.1. Selección de la banda

La selección óptima del tipo de banda debe ser hecha de acuerdo con los requerimientos de la aplicación, las preferencias del cliente y las consideraciones de costo.

Cada una de las poleas accionadas que hacen parte de la gran circunferencia, deben poseer el maquinado de bombeado adecuado para que la banda se sostenga, además se debe garantizar la correcta alineación de todas las poleas



Figura 2.27. Disposición para invertir giro en una polea¹⁵

Este tipo de transmisión, puede usar banda de transmisión de potencia por una sola cara, o transmisión de potencia por ambas caras según sea el caso.

Para evitar el desplazamiento lateral de la correa, es necesario bombear la polea mayor. En el caso de transmisión con diferencia mínima entre los diámetros o con ejes verticales y para transmisiones con correa semicruzada se recomienda bombear también la polea más pequeña, reduciendo eventualmente el valor h a la mitad. Para transmisiones con más poleas, bombear sólo las poleas afectadas por la misma cara de la correa. Es importante y determinante para la duración de la correa que el bombeado sea efectuado como está indicado en la figura abajo. Evítense los bombeados rematados en punta o en tronco de cono. Materiales aconsejados: fundición o acero con acabado liso.

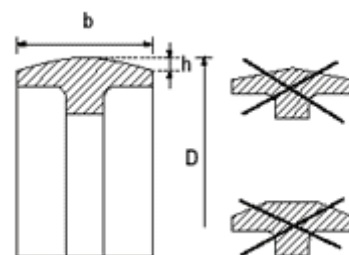


Figura 2.28. Combad de poleas para banda plana de transmisión¹⁵

La cota h está en función del diámetro de la polea hasta 400 mm (véase tabla. 2.8). Para $\varnothing \geq 400$ mm, h está en función del diámetro \varnothing y de la anchura de b de la polea.

Normalmente la correa debe ser 20 mm más estrecha que el ancho de la polea; en casos particulares dicha medida puede ser reducida a 10 mm.¹⁵

1) Cotas para poleas con diámetro D desde 40 hasta 355 mm. Las cotas h, en función del diámetro D, están indicadas en este prospecto (ISO R 22 / DIN 111):

Tabla 2.7 Cota h máxima de comba según el diámetro de la polea

Diámetro D (mm)	Cota h máx. (mm)
de 40 a 112	0,3
125 e 140	0,4
160 e 180	0,5
200 e 224	0,6
250 e 280	0,8
315 e 355	1

Fuente: CHIORINO. "Productos, correas planos de transmisión, forma de construcción de las poleas". Ideas In Motion. Italia. (2005).

2.4.1.3.2. Comprobación de la selección de banda

Para calcular las cargas que actúan sobre los rodamientos en el caso de las transmisiones por correa, es necesario tener en cuenta la tracción efectiva de la correa (fuerza periférica), la cual depende del par que se transmita. La tracción de la correa se deberá multiplicar por un factor cuyo valor depende del tipo de correa, de su precarga, de su tensión y de las fuerzas dinámicas adicionales. Los valores de este factor normalmente son publicados por los fabricantes de correas. No obstante, si no hubiese información disponible, se pueden aplicar los siguientes valores para:

Tabla 2.8. Factores de seguridad para la tensión en bandas

correas dentadas	1,1 a 1,3
correas en V	1,2 a 2,5
correas planas	1,5 a 4,5

Fuente: SFK.com. "Transmisión por correas". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. S.L (2012).

¹⁵ CHIORINO. "Productos, correas planos de transmisión, forma de construcción de las poleas". Ideas In Motion. Italia. (2005).

Los valores más altos se aplican cuando la distancia entre los ejes es corta, para correas bajo cargas elevadas o de choque, o cuando la tensión de la correa es elevada.¹⁶

2.4.2. COJINETES

Los cojinetes de la figura 2.29, soportan una carga en tanto permiten el movimiento relativo entre dos piezas de una máquina. El término de contacto giratorio se refiere a la extensa variedad de cojinete en los que se utilizan bolas o algún tipo de rodamiento ente las piezas fijas y las móviles. El tipo más común de cojinetes soportan una flecha giratoria, que resiste cargas radiales simples o una combinación de cargas radiales y axiales. La carcasa se fabrica en acero formado, hierro fundido o acero fundido con orificios o ranuras que se hacen para conexión durante el ensamble de la máquina, momento en el cual se ajusta la alineación de la unidad de cojinete.

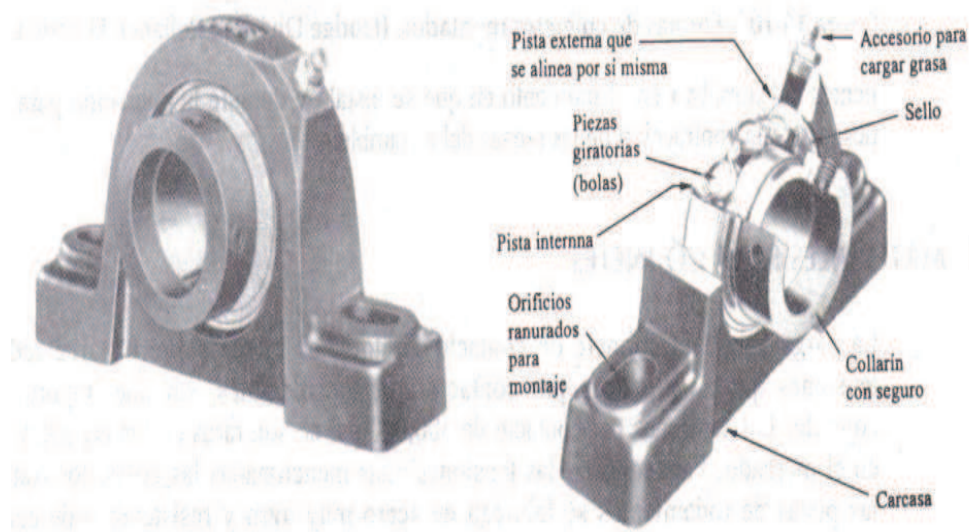


Figura 2.29. Caja de chumacera con cojinete de bolas.¹⁷

¹⁶ SFK.com. "Transmisión por correas". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. S.L (2012).

¹⁷ MOTT, R. L. Diseño de Elementos de Máquinas. México. AlfaOmega p. 419

2.4.2.1. Relación entre carga y vida útil.

Todos los cojinetes tienen una vida útil limitada y en algún momento presentan fallas por fatiga debido a la considerable tensión por contacto a la que son sometidos.

Con la siguiente ecuación de vida del rodamiento se tiene:

$$Vida_{rod} = L_{10} = \left(\frac{C_1}{P_1}\right)^n \quad [\text{Ec. 2.22}]$$

Donde:

$C_1 =$ Carga sobre el rodamiento

$P_1 =$ Carga máxima que soporta dicho rodamiento (catálogo)

$n = 3$ (rodamiento de bola)

2.4.2.2. Fricción

Estimación del momento de fricción bajo determinadas condiciones cuando carga del rodamiento $P \approx 0,1 C$

Buena lubricación

Condiciones de funcionamiento normales

Es posible calcular el momento de fricción con una precisión suficiente, usando un coeficiente de fricción constante μ en la siguiente ecuación

$$M = 0.5\mu * P * d \quad [\text{Ec. 2.23}]$$

Donde:

$M =$ momento de fricción, Nmm

$\mu =$ coeficiente de fricción constante del rodamiento (tabla 2.10)

$P =$ carga dinámica equivalente, N

d= diámetro del agujero del rodamiento, mm¹⁸

Tabla 2.9 Coeficiente de fricción constante μ para rodamientos sin obturaciones

Tipo de rodamiento	Coeficiente de fricción
	μ
Rodamientos rígidos de bolas	0,0015
Rodamientos de bolas con contacto angular	
- de una hilera	0,0020
- de dos hileras	0,0024
- Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto	0,0024
Rodamientos de bolas a rótula	0,0010

Fuente: SFK.COM. "Fricción; Estimación al momento de fricción". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. (2012).

2.4.3. CÁLCULO RESISTENTE DE CHAVETAS

La chaveta debe permitir la transmisión de potencia entre los elementos unidos. Ello implicará dos posibles mecanismos de fallo de dicho elemento: fallo por cizallamiento, y fallo por aplastamiento. El procedimiento de dimensionado es la selección de la sección de la chaveta a partir del diámetro del eje, entrando en las tablas que proporciona la norma.

Lo que resta por dimensionar es la longitud de la chaveta necesaria para que no se produzca el fallo. En la siguiente figura se esquematiza una unión con una chaveta de dimensiones b x h, y longitud l.

2.4.3.1. Fallo por cizallamiento:

La fuerza de corte F sobre la chaveta, debida al momento M que se transmite será:

$$F = \frac{2M}{D} \text{ [Ec. 2.24]}$$

Con lo que las tensiones en la sección de corte:

¹⁸ SFK.COM. "Fricción; Estimación al momento de fricción". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. (2012).

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot M}{D \cdot A} \quad [\text{Ec. 2.25}]$$

Si se utiliza el criterio de Tresca para su dimensionamiento, la longitud l necesaria para que no se produzca el fallo, con un coeficiente de seguridad n_s será:

$$l_c \geq \frac{4 \cdot M \cdot n_s}{D \cdot b \cdot S_y} \quad [\text{Ec. 2.26}]$$

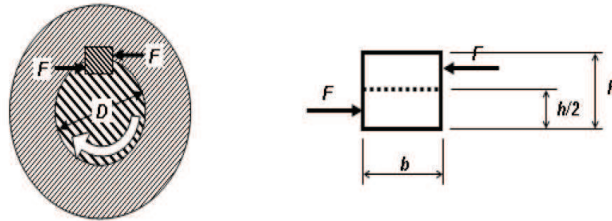


Figura 2.30 Chaveta en eje de transmisión¹⁹

2.4.3.2. Fallo por aplastamiento:

La tensión de compresión sobre las caras laterales de la chaveta será:

$$\sigma_{apl} = \frac{F}{A_{apl}} = \frac{2M}{D \cdot \frac{h}{2} \cdot l} \quad [\text{Ec. 2.27}]$$

Para la cual se considera una tensión admisible de aplastamiento 2 veces la tensión normal máxima admisible del material, con lo que la longitud necesaria para que no se produzca el fallo, con un coeficiente de seguridad n_s es:

$$l_a \geq 2M \cdot \frac{n_s}{D \cdot h \cdot S_y} \quad [\text{Ec. 2.28}]$$

Finalmente, se escogerá la longitud más desfavorable obtenida de las dos comprobaciones anteriores.

En el Anexo I se describe las longitudes de cuñas y chaveteros.

Un coeficiente de seguridad adecuado para la mayoría de aplicaciones industriales es $n_s = 3$. Si la longitud calculada excediera el espacio disponible para la chaveta, se aumentará el número de chavetas, distribuyéndolas

siempre uniformemente en la periferia. Si el número de chavetas necesario es superior o igual a 3, es recomendable utilizar ejes acanalados en su lugar.¹⁹

2.4.4. EJES O FLECHAS

2.4.4.1. Generalidades

Un eje es un elemento de máquina generalmente rotatorio y a veces estacionario, que tiene sección normalmente circular de dimensiones menores a la longitud del mismo. Tiene montados sobre sí, elementos que transmiten energía o movimiento, tales como poleas (con correas o cadenas), engranajes, levas, volantes, etc. En la Figura 2.31 se puede apreciar un eje con diferentes tipos de montajes, como los mencionados anteriormente.

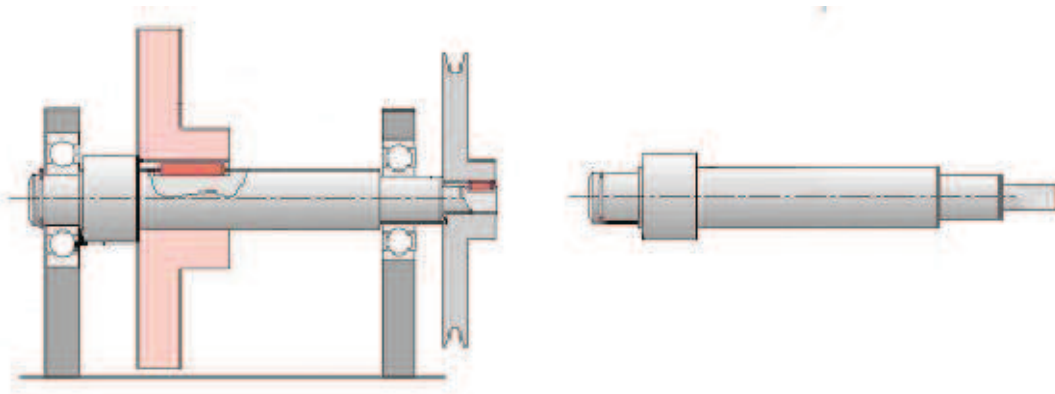


Figura 2.31. Eje con diferentes tipos de montajes²⁰

La sollicitación sobre un eje puede ser de diferentes características, estática o dinámica en cuanto a la variación temporal de las sollicitaciones, o bien, flexional, torsional, axial en cuanto al modo en que actúa la sollicitación

2.4.4.2. Procedimiento de Diseño de Eje

En la Figura 2.32 se puede apreciar una distribución cualquiera de las sollicitaciones a que puede estar sometido un eje, flexionales, cortantes por

¹⁹ PÉREZ GONZÁLEZ Antonio. "Calculo resistente de Chavetas". Mecapedia, Enciclopedia Virtual de Ingeniería Mecánica. Área de Ingeniería Mecánica. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón, España. (2006). pp. 1-3

flexión, axiales y torsionales. Un procedimiento general para el cálculo y diseño de ejes se puede condensar en las siguientes etapas:

1. Desarrollar un diagrama de cuerpo libre, reemplazando los diversos dispositivos por sus correspondientes acciones o sollicitaciones, de manera de obtener un sistema estático equivalente.
2. Evaluar los momentos flectores, torsores, esfuerzos de corte y esfuerzos axiales en el tramo completo del eje.
3. Seleccionar las secciones más conflictivas y de ellas los puntos más conflictivos. Esta tarea está asociada a la determinación de factores de concentración de tensiones debidos a entallas geométricas y otros factores debidos
4. Evaluar los estados tensionales en los puntos conflictivos.
5. Seleccionar el criterio o teoría de falla estática o dinámica en función del tipo de material (frágil o dúctil) y tipo de rotura estimada (fatiga, etc.)
6. Evaluar la seguridad de los puntos conflictivos.
7. Efectuar un replanteo en términos de diámetro y configuraciones geométricas o material en tanto que los resultados obtenidos no satisfagan las condiciones de diseño.

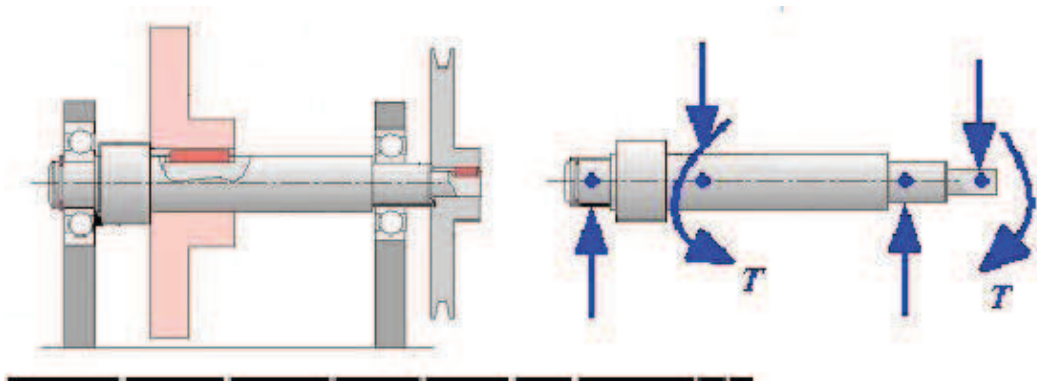


Figura 2.32. Sollicitaciones en un eje y diagrama de cuerpo libre. ²⁰

²⁰ PIOVAN Marcelo Tulio. "Proyecto de cálculos y ejes y elementos accesorios". Generalidades. Revisión de métodos estático, métodos dinámicos por fatiga. (2004).

2.4.4.3. Deformación de vigas. Método de la doble integración

Definición de flecha de una viga: la deformación de una viga se suele expresar en función de la flecha desde la posición no deformada. Se mide desde la superficie neutra de la viga deformada hasta la posición original de dicha superficie. La figura adoptada por la superficie neutra deformada se conoce como curva elástica de la viga. La Fig.2.32a representa la viga en su estado primitivo sin deformar y la Fig. 2b, la viga en la posición deformada que adopta bajo la acción de las cargas

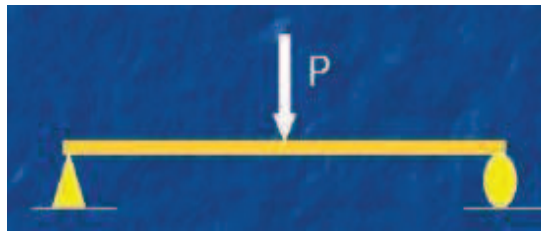


Figura 2.33a Deformación en viga antes y después de aplicada la carga²⁰

Se dice que el desplazamiento y es la flecha de la viga. Generalmente, será necesario determinar la flecha y para cada valor de x a lo largo de la viga.



Figura 2.33b Deformación en viga antes y después de aplicada la carga²⁰

La relación se puede escribir en forma de ecuación, que se llama ecuación de la curva deformada (o elástica) de la viga.

2.4.4.4. Importancia de las flechas de las vigas:

Las condiciones de diseño de las vigas imponen frecuentemente limitaciones sobre las flechas, lo mismo que sobre las tensiones. Por ejemplo, en muchos códigos de la edificación, la flecha máxima admisible no debe exceder de $1/300$ de la longitud de la viga. Así, una viga bien proyectada no solo debe de ser

capaz de soportar las cargas que estará sometida, si no que deberá sufrir estará sometida, sino que no deberá sufrir flecha sin grandes esfuerzos. Además, el cálculo de las reacciones en las vigas estáticamente indeterminadas exige el empleo de varias relaciones con deformaciones.²¹

2.4.4.5. Método para determinar las flechas de las vigas:

Existen numerosos métodos para determinar las flechas en las vigas. Los utilizados frecuentemente son: a.-El método de la doble integración b.- El método del área de momentos. c.- Métodos de la energía elástica

2.4.4.5.1. Método de la doble integración:

La ecuación diferencial de la curva deformada de la viga es:

$$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = M \text{ [Ec. 2.29]}$$

$$E = 210 * 10^6 \text{MPa [Ec. 2.30]}$$

Donde x e y son las coordenadas, representadas en la figura anterior, de la viga deformada. Esto es, “y” la flecha de la viga. En el problema mencionado se deduce esta expresión. En ella, representa el módulo de elasticidad de la viga, “I” el momento de inercia de la sección respecto al eje neutro, que pasa por el centro de gravedad y M el momento flector a la distancia x de uno de los extremos de la viga.

Generalmente, MJ será función de x, y para obtener una expresión algebraica de la flecha y en función de x será necesario integrar dos veces la [Ec. 2.29].

2.4.4.6. Proceso de integración:

El método de la doble integración para calcular la flecha de las vigas consiste simplemente en integrar la [Ec. 2.29]. La primera integración nos da la pendiente dx/dy .

²¹ BUENAS TAREAS. “Método de dobles integración”. Santo domingo. Republica Dominicana. (2010).

En un punto cualquiera de la viga y la segunda, la flecha “y” para cada valor de “x”. Indudablemente, el momento flector M ha de estar expresado como función de la coordenada “x”, antes de poder integrar la ecuación. Para los casos que estudiaremos, las integraciones son sumamente fáciles.

Como la [Ec. 2.29] es de segundo orden su solución contendrá dos constantes de integración, que deberá calcularse a partir de las condiciones dependiente o flecha conocidas en determinados puntos de la viga. Por ejemplo, en el caso de una viga en voladizo, se determinarán las constantes por las condiciones de variación de pendiente cero y flecha nula en el extremo empotrado. Para describir el momento flector en las diversas regiones a lo largo de la viga, frecuentemente se necesitan dos o más ecuaciones, como. En tal caso, debe escribirse la [Ec. 2.29] para cada región y en cada una de ellas se obtendrán dos constantes en la integración, constantes que deberán determinarse de modo que las deformaciones y pendientes sean continuas en los puntos común esa dos regiones.

2.4.4.6.1. Criterios de signos:

Se conservarán los criterios de signos de los momentos flectores. Las cantidades E e I que aparecen en la [Ec. 2.29] son, indudablemente, positivas, por lo que si M es positivo para un cierto valor de “x”, también lo es dy^2/dx^2 .

Con el criterio anterior de signos de los momentos flectores es necesario considerar la coordenada x positiva hacia la derecha a lo largo de la viga y la flecha y positiva hacia arriba.

2.4.4.6.2. Hipótesis y limitaciones:

Al deducir se supone que las deformaciones producidas por la ecuación del cortante son despreciables comparadas con las producidas por la flexión.

También se supone que las deformaciones son pequeñas comparadas con las dimensiones de la sección de la viga. Además, se admite que la viga es recta antes de la aplicación de las cargas.²²

2.4.4.7. Deformaciones en la torsión

Las deformaciones observadas experimentalmente en las barras sometidas a torsión muestran un giro de las secciones rectas respecto al eje de la barra. Si se dibuja una malla sobre la barra, como se indica en la Fig. 2.34, se aprecia una deformación equivalente a la deformación en el cizallamiento puro.

La deformación angular de las generatrices g está relacionada con el giro de las secciones q según la expresión:

$$\gamma = \frac{\theta * r}{L} \text{ [Ec. 2.31]}$$

Esta deformación angular es mayor en la periferia y nula en el centro, existiendo un valor de deformación para cada posición radial r , que crece linealmente con el radio:

$$\gamma(\rho) = \gamma * \frac{\rho}{r} \text{ [Ec. 2.32]}$$

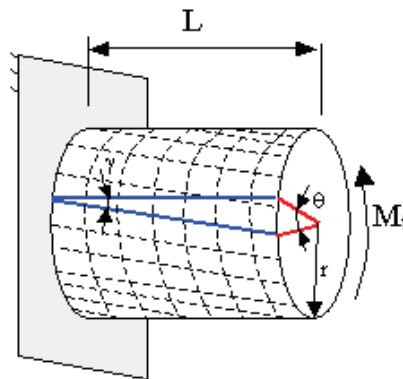


Figura 2.34 Deformación angular sobre una barra²³

Teniendo en cuenta que el módulo de elasticidad transversal relaciona la deformación angular con la tensión cortante, se puede escribir el ángulo girado por las secciones separadas una distancia L , como:

²² NORTON. "Diseño de las maquinas". Editorial Prentice Hall. (1999). p. 156

$$\theta = \frac{\tau * L}{G * r} \text{ [Ec. 2.33]}$$

Sustituyendo la expresión de la tensión cortante a partir del análisis de las tensiones en la torsión se obtiene un giro entre dos secciones separadas una distancia L:

$$\theta = \frac{M_o * L}{G * I_o}$$

Donde I_o es el momento de inercia polar de la sección.²³

$$I_o = \frac{\pi * R^4}{2} \text{ [Ec. 2.34]}^{24}$$

Y el módulo de elasticidad transversal

$$G = 81000 \text{ MPa} \text{ [Ec. 2.35]}^{25}$$

De [Ec. 2.33] y [Ec. 2.34] se obtiene el valor de R:

$$R = \sqrt[4]{\frac{2 * M_o * L}{G * \theta * \pi}} \text{ [Ec. 2.36]}$$

2.4.5. RESORTES

RESORTES HELICOIDALES CILÍNDRICOS PARA TRABAJAR A TRACCIÓN

Un resorte es un elemento de máquina cuya principal característica es aportar flexibilidad a las conexiones cinemáticas entre elementos mecánicos diversos tales como se pueden observar en la Fig. 2.34. Los resortes tienen la doble misión de aportar una fuerza o un momento según la geometría del resorte y almacenar energía. La energía se almacena en forma de deformación elástica (esto es energía de deformación) causada por una sollicitación y se recupera al liberarse la sollicitación. Los resortes deben tener la capacidad de soportar grandes desplazamientos.

²³ http://www.mecapedia.uji.es/deformaciones_en_la_torsion.htm, Deformaciones a la torsión, español, 10 de noviembre del 2012

²⁴ <http://civil-arquitectura.blogspot.com/2010/05/ejemplo-de-producto-de-inercia.html>, Producto de inercia, español, 5 de noviembre del 2012

²⁵ L. Ortiz Berrocal, Elasticidad, ed. McGraw-Hill, Madrid, 1998. p 45

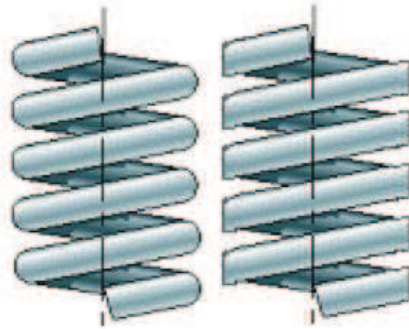


Figura 2.35 Resortes helicoidales²⁴

Los resortes de acero por lo general se fabrican con procesos de deformación en frío o en caliente dependiendo del tamaño del material y de las propiedades deseadas, básicamente, el coeficiente de rigidez y propiedades de resistencia. Los materiales más comunes para resortes.

El número de espiras totales y la longitud del cuerpo vienen dados por las siguientes expresiones:

$$N_t = N_a + 1 \text{ [Ec. 2.37]}$$

$$l_b = d * N_t \text{ [Ec. 2.38]}$$

Siendo N_a la cantidad de espiras activas y d el diámetro del alambre.

Algunos resortes de extensión se construyen con una precarga P_i , de manera que se debe superar esta carga antes de que se evidencie deformación alguna en el resorte, teniendo un comportamiento lineal luego de superada la precarga,

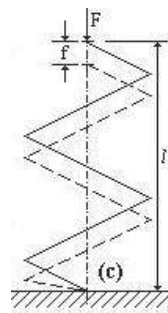


Figura 2.36 Deformación de un resorte²⁵

Si se designa, según se muestra en la figura (Fig.2.36), por f la desviación, del alargamiento o acortamiento bajo la acción de una fuerza F , la característica de un muelle sin rozamiento, en el campo de las deformaciones elásticas (ley de Hooke).

Es una recta si f crece proporcionalmente con F , como por ejemplo en los muelles espirales y de ballesta sin rozamiento. Si por el contrario, a medida que aumenta la deformación del muelle, éste se hace más rígido, entonces la línea característica se va inclinando cada vez más al ir aumentando la carga, o sea que se va curvando (amortiguación progresiva).

2.4.5.1. Cálculo de muelles

Considerando un resorte de sección constante A y de longitud l , medidos en cm^2 y en cm respectivamente. Si se designa con $\pm D/l = f$ el alargamiento o acortamiento del resorte debido a la carga F que actúa en la dirección del eje del muelle (Fig.2.35). Si es s la tensión de tracción o compresión y E el módulo de elasticidad del material (para el acero es $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 205,8 \text{ Gpa}$), ambos en kg/cm^2 o N/m^2 , en el campo de las deformaciones elásticas se verifica que el alargamiento o acortamiento unitario es:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{\Delta l}{l} = \frac{f}{l} \text{ [Ec. 2.39]}$$

De la [Ec. 2.39], operando se obtiene la deformación en función de la tensión, del módulo de elasticidad y de la longitud del resorte:

$$f = \frac{\sigma l}{E} \text{ [Ec. 2.40]}$$

Si es:

$$Fm = s * A \text{ [Ec. 2.41]}$$

Luego el trabajo total de deformación dado por la expresión [Ec. 2.39] en la que se reemplazan los valores de Fm y f dados por las expresiones [Ec. 2.40] y [Ec. 2.41] respectivamente será:

$$Tt = \frac{\sigma^2}{2E} * Al \text{ [Ec. 2.42]}$$

Para su cálculo debe tenerse en cuenta que la máxima tensión de tracción o compresión que en los muelles tenga lugar no debe sobrepasar las tensiones admisibles; es decir que debe verificarse:

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \sigma_{\text{tracción admisible}}$$

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \sigma_{\text{compresión admisible}}$$

Además si el volumen del muelle es:

$$V = A * l \text{ [Ec. 2.43]}$$

Se tendrá que para los muelles trabajando a tracción y compresión, la energía absorbida en el proceso total de deformación, o sea el trabajo elástico, valdrá ²⁶

$$T = \frac{1}{2} * \frac{\sigma_{\text{máx}}^2}{E} * V \text{ [Ec. 2.44]}$$

2.5. PESAJE DINÁMICO

Denominamos pesaje dinámico o en movimiento a la acción de estimar la transmisión de las fuerzas de impacto de los pescados cuando transitan por la banda montada sobre la banda.

Mediante el adecuado uso de equipos, cada pescado pesado es “censado”, evitándose así, una mínima interrupción en la circulación

En la categorización por tamaño se utilizan máquinas que toman como referencia el grosor máximo del pescado, que se correlaciona con la longitud de las piezas. Estas máquinas consisten en unas barras que están colocadas en un ángulo ligeramente abierto, de forma que aumenta progresivamente el espacio entre ellas.

El pescado va por las vías clasificadoras y cae en diferentes contenedores. Es decir, el pescado de menor grosor cae antes entre las vías y el de superior grosor cae al final de las vías.

²⁶ http://www.tecnologiamecanica.com/teoria_y_practica/elementos_de_maquinas.htm, Elementos de máquinas, español, 12 de octubre del 2012.

La clasificación por peso se realiza en máquinas provistas de un sistema de pesado rápido y exacto.²⁷



Figura 2.37 Métodos de clasificación de pescados: a) por grosor del pescado. b) por peso del pescado²⁷

2.6. EQUIPOS ELÉCTRICOS/ELECTRÓNICOS DE CONTROL

Se debe asegurar un correcto funcionamiento no solo la parte mecánica, sino también el control eléctrico-electrónico sea lo más seguro posible y evitar pérdidas humanas y de cierta forma económicas.

A continuación se detallan los elementos básicos que se emplean en un tablero de control y potencia.

2.6.1. RELÉ

El relé es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

2.6.2. GUARDAMOTOR

Un guardamotor es un disyuntor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al

²⁷ GARCIA ROCHE Laura, OLMO Verónica. "La industria Alimentaria. Tecnología del pescado". Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Cataluña. España.(s.f.). p. 12

dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

2.6.3. FUSIBLE

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de quemarse o estropearse.²⁸

2.6.4. PULSADOR

Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto Na.

Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

Dentro de los pulsadores también se toma en cuenta a los paro de emergencia que disponen de un contacto normalmente cerrado que por acción de “emergencia” logre desconectar el circuito al que está conectado.²⁹

2.6.5. SENSORES Y GUARDAS DE SEGURIDAD

Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

²⁸ <http://www.misrespuestas.com/que-son-los-fusibles.html>, ¿Qué son los fusibles?, español, 15 de noviembre del 2012.

²⁹ <http://www.publysoft.net/~watios/pulsador.htm>, Pulsadores, español, 15 de noviembre del 2012.

En toda máquina debe primar la seguridad para los operarios y luego del producto, es por eso que en muchas ocasiones es necesario incluir en las máquinas, guardas de seguridad que detecten el paso de objeto a zonas de peligro para el operador, en otros casos se colocan sensores para evitar el contacto de cualquier objeto extraño con el producto.³⁰

2.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación.

PROCESO DE DEDUCCIÓN

Es cuando las consecuencias derivadas de la hipótesis pueden ser comparadas con los datos.

PROCESO DE INDUCCIÓN

Es cuando las consecuencias de la hipótesis original y los datos no están de acuerdo, por lo que se inicia este proceso para cambiar la hipótesis.

EXPERIMENTO

Es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades del producto o resultado.

UNIDAD EXPERIMENTAL

Pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba.

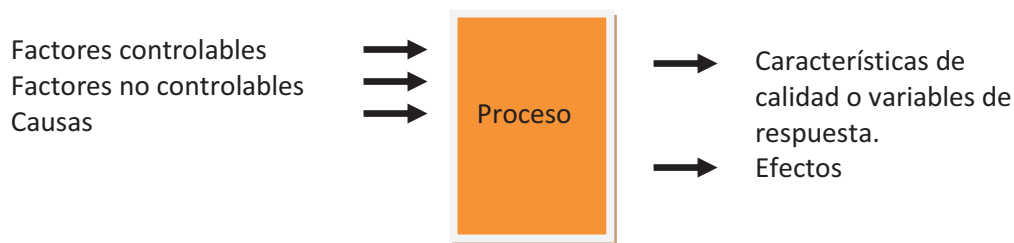
³⁰ http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm, Sensor transductor, español, 15 de noviembre del 2012

VARIABLES, FACTORES Y NIVELES

En todo proceso intervienen distintos tipos de variable o factores como los que se muestran en la fig. 2.38, donde también se aprecian algunas interrogantes al plantear un experimento.

VARIABLE DE RESPUESTA

A través de esta variable se conoce el efecto o los resultados de cada prueba experimental.



¿Cuáles características de calidad se van a medir?

¿Cuáles factores controlables deben incluirse en el experimento?

¿Qué niveles debe utilizar cada factor?

¿Cuál diseño experimental es el adecuado?

Figura 2.38. Variables de un proceso y preguntas a responder al diseñar un experimento³¹

FACTORES CONTROLABLES

Son variables de proceso y/o características de los materiales y los métodos experimentales que se pueden fijar en un nivel dado.

FACTORES NO CONTROLABLES

Son variables que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso.

FACTORES ESTUDIADOS

Son las variables que se investigan en el experimento para observar cómo afectan o influyen en la variable de respuesta.

NIVELES Y TRATAMIENTOS

Los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental se llaman niveles. Una combinación de niveles de todos los factores estudiados se llama tratamiento o punto de diseño. Por ejemplo si en un experimento se estudia la influencia de la velocidad y la temperatura, y se decide probar cada una en dos niveles, entonces cada combinación de niveles (velocidad, temperatura) es un tratamiento. En este caso habría cuatro tratamientos. Es necesario probar cada tratamiento y obtener el correspondiente valor de salida y de cada una de las combinaciones posibles.

ETAPAS EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

PLANEACIÓN

Son actividades encaminadas a entender, delimitar el problema u objeto de estudio y seleccionar variables de respuesta y factores. Concluye con la especificación de los tratamientos a realizar y con la organización del trabajo experimental.

ANÁLISIS

En esta etapa no se debe perder de vista que los resultados experimentales son observaciones muestrales, no poblacionales. Por ello se debe recurrir a métodos estadísticos inferenciales para ver si las diferencias o efectos muestrales (experimentales) son lo suficientemente grandes para que garanticen diferencias poblacionales (o a nivel de proceso).

INTERPRETACIÓN

Aquí, con el respaldo del análisis estadístico formal, se debe analizar con detalle lo que ha pasado en el experimento, desde contrastar las conjeturas iniciales con los resultados del experimento, hasta observar los nuevos aprendizajes que sobre el proceso se lograron, verificar supuestos y elegir el tratamiento ganador, siempre con apoyo de las pruebas estadísticas.

CONTROL Y CONCLUSIONES FINALES

Para concluir el estudio experimental se recomienda decidir qué medidas implementar para generalizar el resultado del estudio y para garantizar que las

mejoras se mantengan. Además, es preciso organizar una presentación para difundir los logros.

PRINCIPIOS BÁSICOS

ALEATORIZACIÓN

Consiste en hacer corridas experimentales en orden aleatorio (al azar); este principio aumenta la posibilidad de que es supuesto de independencia de los errores que se cumpla.

REPETICIÓN

Es correr más de una vez un tratamiento o combinación de factores.

BLOQUEO

Es nulificar o tomar en cuenta en forma adecuada todos los factores que se pueden afectar la respuesta observada.

POBLACIÓN Y MUESTRA, PARÁMETROS Y ESTADÍSTICOS.

POBLACIÓN FINITA

Es aquella en la que se pueden medir todos los individuos para tener un conocimiento exacto de sus características.

PARÁMETROS

Características que, mediante su valor numérico, describen a un conjunto de elementos o individuos.

POBLACIÓN INFINITA

Es aquella en la que la población es grande y es imposible e incosteable mediar a todos los individuos.

MUESTRA REPRESENTATIVA

Es una parte de una población, seleccionada adecuadamente, que conserva los aspectos clave de la población.

INFERENCIA ESTADÍSTICA

Son las afirmaciones válidas acerca de la población o proceso basadas en la información contenida en la muestra.

TIPOS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES

Experimentos con un solo factor: varianza.

Diseño en bloques.

Diseños factoriales.

Diseños factoriales 2^k

Diseños factoriales 2^k y diseños factoriales mixtos.

Diseño robusto.

TRATAMIENTO DE RESULTADOS DE LOS DISEÑOS

Optimización simultanea de varias respuestas._ Método gráfico y método de deseabilidad.³¹

³¹ P, H. GUTIÉRREZ., y De la Vara Salazar, R. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw Hill, (2008). 345 p.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO MECATRÓNICO

Con la herramienta de software CAD se diseñaron pieza por pieza que encajen en el ensamble y no existan interferencias.

Los puntos de partida fueron el tamaño del pescado entero, el tamaño del pescado después del corte, el ancho de las bandas disponibles, la altura de salida del pescado. Posteriormente se pensó en materiales más usados en la industria alimenticia y pesquera.

3.1. DISEÑO DE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA

3.1.1. FASE DE PREDISEÑO

3.1.1.1. Criterios de evaluación

3.1.1.1.1. Costos

El costo de inversión, tanto como el costo de operatividad debe ser mínimo de tal manera que represente eficiencia y aumento de la productividad de la planta.

3.1.1.1.2. Operación

La máquina debe ser de fácil maniobra para el personal que estará colocando el pescado sobre las bandas. Así mismo la carga y descarga del pescado que sea lo más sencilla posible.

3.1.1.1.3. Funcionalidad

Debe cumplir con los requerimientos tanto de higiene como de funciones de corte y transporte.

3.1.1.1.4. Mantenimiento

Las piezas que tenga esta máquina deben ser reemplazables e intercambiables con piezas que existan en el mercado local, que su montaje y desmontaje no requiera excesivo tiempo para darle mantenimiento al equipo

3.1.1.1.5. Seguridad

La seguridad industrial es indispensable en toda fábrica y debe ser segura para los empleados y no sufran accidentes con esta máquina.

3.1.1.2. Alternativas de diseño.

3.1.1.2.1. Alternativa 1: Corte por proceso de aserrado.

Se plantea un diseño con 2 sierras circulares por las cuales pasa el pescado de forma perpendicular y corte su cabeza y cola.

Se tendrá un cobertor para evitar el acceso a los operadores y evitar accidentes y el esparcimiento de los desperdicios cortados.

Las sierras serán impulsadas por un motor de corriente alterna.

Los discos serán desmontables para mantenimiento y de fácil reemplazo.

3.1.1.2.2. Alternativa 2: Corte por cuchillo neumático.

Se plantea un diseño con 2 cuchillos planos, los cuales bajarán a cortar cuando se detecte el movimiento del pescado.

Este será controlado por el estado que tenga el sensor de presencia y este a su vez acciona a la electroválvula distribuidora de aire.

Este proceso requiere de gran consumo de aire y una frecuencia de conmutación de la electroválvula superior a 5Hz.

Se debe invertir en sensor de presencia que esté expuesto a agua y cumplir normas higiénicas.

3.1.1.3. Evaluación de alternativas.

Su evaluación será la siguiente:

5: Excelente

4: Muy bueno

3: Bueno

2: Regular

1: Deficiente

Tabla 3.1 Evaluación de alternativa de diseños cortadora de cabeza y cola

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
Costos	0.10	4	0.4	1	0.1
Operación	0.20	4	0.8	2	0.4
Funcionalidad	0.40	5	2.0	5	2.0
Mantenimiento	0.15	4	0.6	4	0.6
Seguridad	0.15	5	0.75	4	0.6
TOTAL	1		4.55		3.7

Fuente: propia

3.1.1.4. Selección de alternativa.

Para las alternativas planteadas según las ventajas y desventajas que estas presentan podemos seleccionar la cortadora de cabeza y cola, el que más se acerca a las necesidades que buscamos cubrir, fue la que emplea el proceso de aserrado ya que para el diseño seleccionado se tiene un bajo costo, fácil operación y cumple con normas de seguridad, es de construcción sencilla así como las operaciones de mantenimiento son simples y de moderados recursos económicos.

Además una de las consideraciones indispensables es que la manipulación del mismo no requiere de mucha experiencia para su operación y el riesgo de sufrir percances en mínimo.

3.1.2. PRODUCCIÓN

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN

El requerimiento de producción de la línea de procesamiento de pescado debe ser de 400 pescados por minuto.

$$m_{\text{pescado}} = 0.125 \text{ Kg} \text{ [Ec. 3.1]}$$

$$P_t \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Hora}} \right) = 400 \frac{\text{Pescados}}{\text{minuto}} * 0.125 \text{ Kg} * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}$$

$$P_t = 3000 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ [Ec. 3.2]}$$

3.1.3. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS

3.1.3.1. Movimiento de la banda de transporte de pescado

3.1.3.1.1. Adecuación de la banda de transporte de pescado

La banda de transporte de pescado ha sido ensamblada con los siguientes componentes:

- Banda plana transportadora aprobada por la FDA (ANEXO A)
- Barra trapezoidal de polistone (nylon) aprobado por FDA
- Pernos y tuerca cabeza hexagonal ¼' x 3 ½' de acero inoxidable

A continuación se presenta en la figura 3.1 la banda ensamblada.

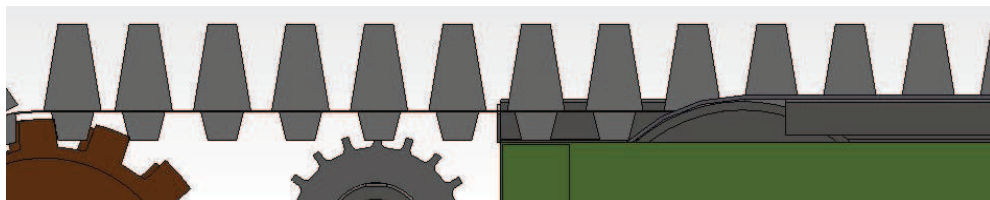


Figura 3.1 Banda ensamblada.³²

El valor del paso de la banda fue determinado mediante la medición de la separación entre dos pescados:

$$P_b = 55 \text{ mm} \text{ [Ec. 3.3]}$$

Según el paso de la banda y para efectos de mejor interpretación se trabajará con el siguiente valor:

$$PPM = 18 \text{ pescados /metro} \text{ [Ec. 3.4]}$$

³² Fuente: propia

Por sugerencia del fabricante de la banda transportadora tendremos:

$$r_e = 110 \text{ mm [Ec. 3.5]}$$

La cortadora de cabeza y cola trabajará con dos bandas movidas por un mismo eje como se muestra en la figura 3.2

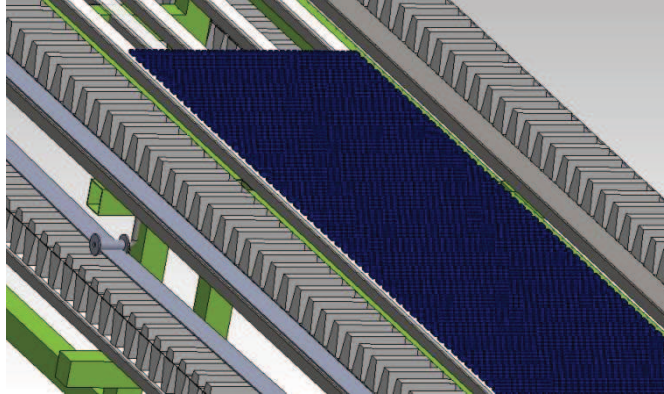


Figura 3.2 Disposición de las dos bandas transportadoras de pescado.³³

Cada banda junto con pescado, sin procesar, tiene un peso aproximado de 186 Kg (medido en una balanza)

$$M_{total} = 186 \text{ Kg [Ec. 3.6]}$$

3.1.3.1.1.1. Cálculo de la velocidad

Como se dispone de dos bandas, cada banda debe procesar 200 pescados por minuto.

$$PCS = \frac{200 \text{ pescados}}{60 \text{ segundos}} \text{ [Ec. 3.7]}$$

$$PCS = 3.3 \frac{\text{pescados}}{\text{segundo}}$$

$$V_{banda} = \frac{PCS}{PPM} \text{ [Ec. 3.8]}$$

³³ Fuente: propia

$$Vt_{banda} = \frac{3.3 \text{ pescados/segundo}}{18 \text{ pescados/metro}}$$

$$Vt_{banda} = 0.18 \frac{m}{s}$$

$$\omega_{banda} = \frac{\text{Velocidad tangencial}}{\text{radio del engrane}} \text{ [Ec. 3.9]}$$

$$\omega_{banda} = \frac{0.18 \frac{m}{s}}{110 \text{ mm}}$$

$$\omega_{banda} = 1.63 \frac{rad}{seg}$$

3.1.3.1.2. Selección de la velocidad del motor

$$\omega_{salida} = \frac{\omega_{banda}}{2*\pi} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \text{ [Ec. 3.10]}$$

$$\omega_{salida} = 15.63 \text{ RPM}$$

Velocidad aproximada del motor con caja reductora:

$$\omega_{motor} = 3370 \text{ RPM [Ec. 3.11]}$$

$$I = 1/100 \text{ [Ec. 3.12]}$$

$$\omega_{reductor} = \frac{1}{100} * 3370 \text{ RPM [Ec. 3.13]}$$

$$\omega_{reductor} = 33.7 \text{ RPM}$$

Obteniéndose una velocidad mayor a la velocidad deseada, se deberá incluir un engrane adicional a nuestro sistema que satisfaga la siguiente relación:

$$I_2 = 33.7/15.63 \text{ [Ec. 3.14]}$$

$$I_2 = 2.15$$

El engrane disponible tiene 11 dientes, por lo tanto:

$$z_1 = 11 \text{ dientes [Ec. 3.15]}$$

De [Ec. 3.14] y [Ec. 3.15] se obtiene el siguiente valor

$$z_2 = 2.15 * 11 \text{ [Ec. 3.16]}$$

$$z_2 = 24 \text{ dientes}$$

3.1.3.1.3. Cálculo de fuerzas

La fuerza que necesita cada banda para transportar el pescado, considerando que las dos terceras partes de la banda ejercerán fuerza sobre la bandeja acero inoxidable y el un tercio apoyada sobre teflón en el retorno de la banda, se calculará a continuación:

Teniendo una velocidad constante en el transporte, tendremos:

$$F - f_{rozamiento} = 0$$

Por lo tanto:

$$F1 = f_{rozamiento} \text{ [Ec. 3.17]}$$

Calculando así la fuerza necesaria para el movimiento de nuestro sistema:

$$F1 = \frac{2}{3} * M_{total} * g * \mu_e$$

Siendo:

$$g = 9.81 \frac{m}{seg} \text{ [Ec. 3.18]}$$

$$\mu_{e1} = 0.15 \text{ [Ec. 3.19]}$$

Obteniendo así:

$$F1 = 182.84 \text{ N}$$

Para el cálculo de la fuerza de retorno, se tiene un coeficiente de fricción distinta:

$$F2 = \frac{1}{3} * Mtotal * g * \mu e \text{ [Ec. 3.20]}$$

Siendo:

$$\mu e_2 = 0.05 \text{ [Ec. 3.21]}$$

Obteniendo así:

$$F2 = 28.43 \text{ N}$$

Por lo tanto la fuerza necesaria para mover la banda de transporte del cuerpo de pescado según [Ec. 3.17] y [Ec. 3.20] es:

$$F = F1 + F2$$

$$F = 211.7 \text{ N}$$

3.1.3.1.3.1. Cálculo de fuerzas para el movimiento de bandas para el transporte de la cabeza del pescado

Peso referencial a transportar:

$$m_{cabeza} = 0.05 \text{ Kg [Ec. 3.22]}$$

Considerando que se transporten 100 pescados al mismo tiempo, tenemos una maza total de:

$$m_{cabeza \text{ total}} = 5 \text{ Kg}$$

Realizando el análisis para la fuerza necesaria como en la [Ec. 3.17], se tendrá:

$$F_{tcabezas} - f_{rozamiento} = 0$$

Por lo tanto:

$$F_{tcabezas} = f_{rozamiento}$$

Calculando así la fuerza necesaria para el movimiento de nuestro sistema:

$$F3 = m_{cabezas \text{ total}} * g * \mu e \text{ [Ec. 3.23]}$$

$$F_3 = 9.8 N$$

3.1.3.1.3.2. Diagrama del cuerpo libre

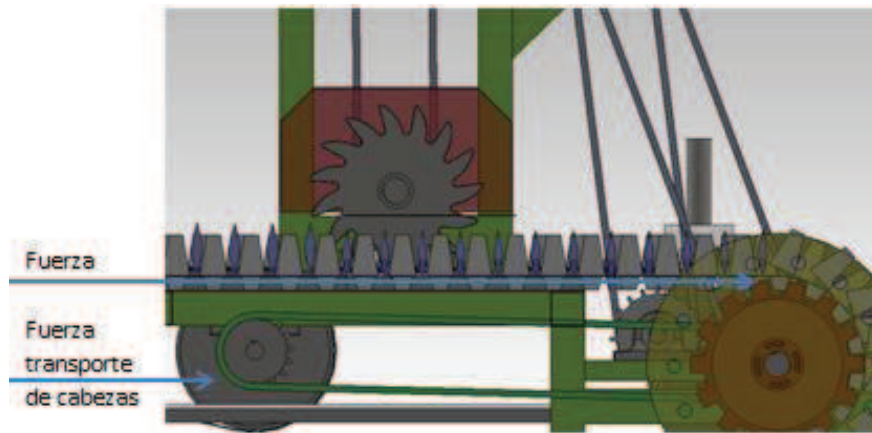


Figura 3.3 Diagrama del cuerpo libre.³⁴

Como el sistema mueve dos bandas de transporte de pescado mediante un mismo eje se duplicará la fuerza ejercida por el motor.

El motor será ubicado en la parte superior de la máquina por seguridad de los operarios, limpieza de la máquina y evitar que ingrese agua sabiendo que el ambiente de trabajo es excesivamente húmedo. Entre el motor y el eje hay un ángulo de 59°.

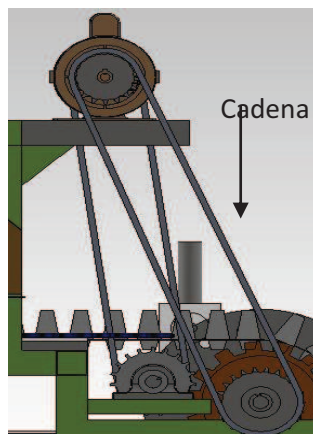


Figura 3.4 Representación de la transmisión por cadena para las bandas de transporte de pescado.³⁵

³⁴ Fuente: propia

³⁵ Fuente: propia

La fuerza que debe realizar el motor es de:

$$Ft = 2 * \frac{(F+F3)}{\varphi} \text{ [Ec. 3.24]}$$

$$\varphi = 59^\circ \text{ [Ec. 3.25]}$$

$$Ft = \frac{2 * (211.7 \text{ N} + 9.8 \text{ N})}{\cos 59^\circ}$$

$$Ft = 858.5 \text{ N}$$

Torque necesario para mover el eje:

$$\tau_{nec} = Ft * re \text{ [Ec. 3.26]}$$

$$\tau_{nec} = 94.45 \text{ Nm}$$

3.1.3.1.4. Cálculos de ejes

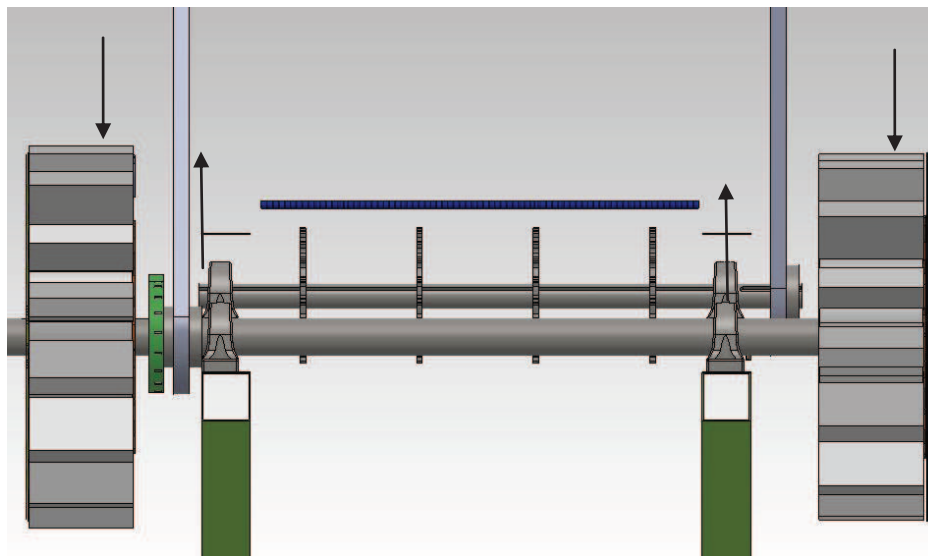


Figura 3.5. Representación de las cargas sobre el eje.³⁶

³⁶ Fuente: Propia

A continuación se detallará los resultados de las cargas:



Figura 3.6. Diagrama de cuerpo libre para cálculos del eje.³⁷

Siendo:

$$P1 = \text{Peso del engrane 1} = 78.4 \text{ N [Ec. 3.27]}$$

$$P2 = \text{fuerza necesaria para transmitir el movimiento} = 858.5 \text{ N [Ec. 3.28]}$$

$$P3 = \text{Peso del engrane 2} = 78.4 \text{ N [Ec. 3.29]}$$

$$A = \text{Reacción sobre la chumacera izquierda} = -863.45 \text{ N [Ec. 3.30]}$$

$$B = \text{Reacción sobre la chumacera derecha} = 161.75 \text{ N [Ec. 3.31]}$$

En el análisis del gráfico anterior, se puede observar que las reacciones en las chumaceras A y B tienen distinto sentidos, por lo que se sugiere colocar nervios en las vigas que soporten las chumaceras.



Figura 3.7 Diagrama de esfuerzos cortantes.³⁸

Gracias a la disposición de cargas y al programa MD Solid se obtiene el diagrama de corte que se muestra en la figura 3.7

³⁷ Fuente: Propia

³⁸ Fuente: Propia



Figura 3.8 Diagrama del momento flector.³⁹

Del diagrama del momento flector, se tiene que el máximo valor es 31.17 Nm con éste valor, se puede aplicar la siguiente ecuación para el diámetro del tornillo de potencia por flexión:

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{16*4*\sqrt{(4*31.17^2+3*94.45^2)}}{\pi*206*10^6}} \text{ [Ec. 3.32]}$$

$$\phi = 32.3 \text{ mm}$$

El eje existente en el mercado es de 38.1 mm (1/2")

Por el método de doble integración, expuesto en el literal 2.4.4.3 *Deformación de vigas, método de la doble integración*, se obtuvieron los siguientes valores de ángulos en los puntos críticos del eje:

Tabla 3.2. Ángulos en puntos críticos del eje.

Punto	Ángulo
0 mm	-0.06°
445 mm	0.04°
815 mm	-0.0034°

Fuente: propia

El ángulo máximo se encontró a 445 mm del punto inicial, y su valor es de 0.04°, cuando el ángulo máximo permitido fue de 0.1°

3.1.3.1.5. Cálculos de chavetas

Se toma en consideración los puntos de mayor acción de fuerzas como lo son engranes para la banda transportadora de pescado y el piñón hacia la transmisión del motor. El cálculo se lo realizó según las [Ec. 2.26] y [Ec. 2.28].

³⁹ Fuente: Propia

Tabla 3.3 Dimensiones de las chavetas.

UBICACIÓN	ALTURA	ANCHO	LARGO (por aplastamiento)	LARGO (Por cizallamiento)
Engrane banda pescado	8 mm	10 mm	20 mm	25 mm
Piñón transmisión desde el motor	8 mm	10 mm	15 mm	30 mm

Fuente: propia

El largo de la chaveta se la escogió para las condiciones más desfavorables marcadas con negrita.

3.1.3.1.6. Selección del método de transmisión

Según las condiciones ambientales de trabajo que son corrosivas y húmedas, la disponibilidad de material en bodega y eficiencia al transmitir potencia, se eligió una transmisión de movimiento por cadena de rodillos.

Se trabajará con cadena paso 60 en acero inoxidable y los cálculos se detallan a continuación:

$$z_1 = 11 \text{ dientes}$$

$$z_2 = 24 \text{ dientes}$$

Según las [Ec. 2.14], [Ec. 3.15] y [Ec. 3.16] se tiene:

$$L = 83 \text{ pasos}$$

$$\text{Longitud} = L * \frac{3}{4} * \frac{0.0254m}{\text{pulgada}}$$

$$\text{Longitud} = 1.582 \text{ metros}$$

3.1.3.1.7. Selección de rodamientos

En esta aplicación se tiene carga netamente radial.

Con la [Ec. 2.22] se tiene:

$$\text{Millones de ciclos} = L_{10} = \left(\frac{C_1}{P_1}\right)^n$$

Donde:

$$C_1 = 44.54 \text{ KN}$$

$$P_1 = 863.45 \text{ N}$$

$$n = 3 \text{ (rodamiento de bola)}$$

$$L_{10} = 1.39 * 10^7 \text{ millones de ciclos}$$

3.1.3.1.7.1. Pérdidas generadas por los rodamientos

Según [Ec. 2.23], el momento de fricción generado se detalla a continuación:

Tabla 3.4 Momentos de fricción.

DIÁMETRO	CARGA	MOMENTO	DESCRIPCIÓN
38.1 mm	863.45 N	0.021 Nm	Chumacera del apoyo A
38.1 mm	161.75 N	0.0043 Nm	Chumacera del apoyo B
38.1 mm	78.4 N	0.0044 Nm	Chumacera de ejes conducidos de la banda transportadora de pescado
25.4 mm	19.62 N	0.0075 Nm	Chumacera que soporta poleas y eje de banda de cabeza.

Fuente: propia

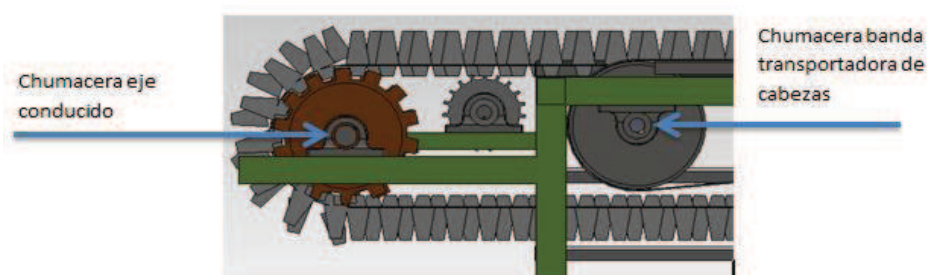


Figura 3.9a. Chumaceras de ejes conducidos.⁴⁰

⁴⁰ Fuente: Propia

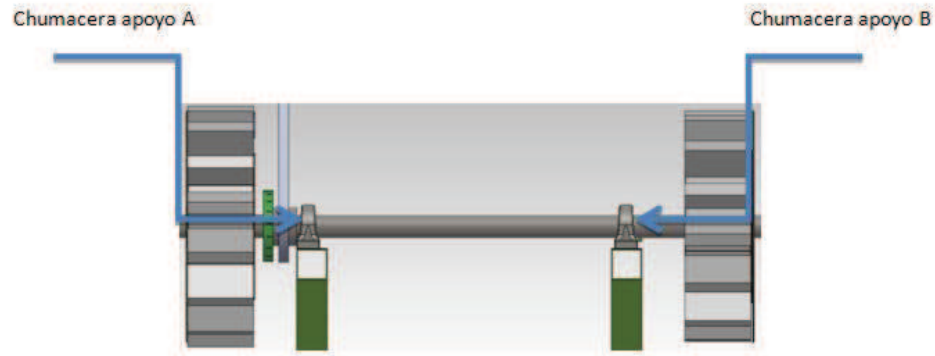


Figura 3.9b. Chumaceras de apoyos.⁴¹

El momento total de fricción es:

$$Mt_{rodamientos} = 0.03 Nm \text{ [Ec. 3.33]}$$

3.1.3.1.8. Flujo de potencia

La técnica más conveniente para considerar las pérdidas de potencia en una máquina es el análisis del flujo de potencia.

Las primeras pérdidas que se tiene en este sistema de movimiento de bandas son las de los rodamientos que se sumarán al torque necesario para mover las bandas.

$$\tau_o = \tau_{nec} + Mt_{rodamientos} \text{ [Ec. 3.34]}$$

$$\tau_o = 94.47 Nm$$

Las siguientes pérdidas en la transmisión se las tienen en la elaboración de los engranes dimensionados de acuerdo al diámetro, forma de dientes y el paso particular de la banda ensamblada cuya eficiencia podría asumirse de un 80% pues tiene que elaborarse de forma artesanal.

⁴¹ Fuente: Propia

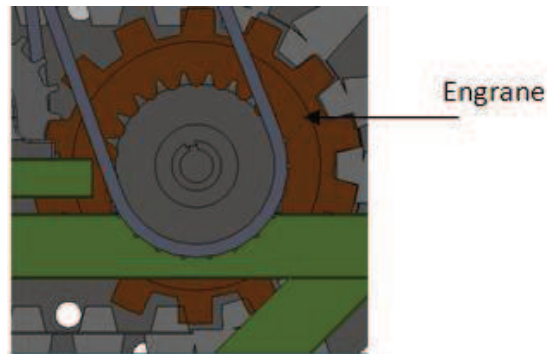


Figura 3.10. Diseño de engrane según requerimiento de la forma de dientes y paso determinado.⁴²

La eficiencia en los engranes cilíndricos depende de múltiples factores, tales como el número de dientes, coeficiente de rozamiento y altura del adendum de la herramienta con la que se elaboraron los engranes.

Se considera además que la energía disipada asociada al piñón es igual a la de la rueda y es menor durante el acercamiento que en el alejamiento, esto se debe que a que la fuerza de fricción favorece el movimiento durante el acercamiento.

La influencia del ángulo de presión de la herramienta en la eficiencia de los engranes es insignificante.

$$\alpha = 20^\circ$$

Angulo que forma la línea que une el punto de contacto al centro de cada engranaje con la línea de centros (Piñón)

$$\beta a = 0.3691 \text{ (Piñón)}$$

$$\beta b = 0.3045 \text{ (Engrane)}$$

$$\sigma a = \frac{1}{u} - \tan \alpha = 36.50$$

$$\sigma r = \frac{1}{u} + \tan \alpha = 37.02$$

⁴² Fuente: Propia

$$ka = (1/(1 + (\frac{\beta a}{\sigma a})))^{\sigma a} = 0.6926$$

$$kr = (1/(1 + (\frac{\beta r}{\sigma r})))^{\sigma r} = 0.7384$$

$$k = \left(1 + \frac{1}{u}\right) \frac{[1 - u * \tan \alpha + \frac{u}{2} * \beta a] * (\beta a + \ln(ka)) + [1 + u * \tan \alpha + \frac{u}{2} \beta r] * (\beta r + \ln(kr))}{\beta a + \beta r}$$

$$k = 0.006346$$

$$\eta_{eng} = \frac{1}{1+k} = 0.9237^{43} [\text{Ec. 3.35}]$$

Las siguientes pérdidas se dan en la transmisión por cadena de rodillos que es muy eficiente comparado con otros sistemas de transmisión, teniendo así una eficiencia del 97%.

$$\eta_{cad} = 0.97 [\text{Ec. 3.36}]^{44}$$

Por último se tiene la eficiencia del reductor mecánico de engranes que está conectado al motor, se tiene una eficiencia de 90.4%

$$\eta_{red} = 0.904 [\text{Ec. 3.37}]^{45}$$

Teniendo pérdidas a lo largo de la transmisión se obtiene una potencia de entrada mucho mayor a la requerida en la salida del eje de transmisión.

Se tienen 4 engranes para las bandas transportadoras de pescado, 2 cadenas y 1 caja reductora que son consideradas para determinar el torque de entrada

$$\tau_i = \frac{\tau_o}{\eta_{eng1}^2 * \eta_{cad} * \eta_{red}} [\text{Ec. 3.38}]$$

$$\tau_i = 265 Nm$$

⁴³ BUCKINGHAM, E: Analytical Mechanics of Gear, New York, Toronto/London 1949.

⁴⁴ <http://www.renold.es/Products/TransmissionChainSprockets/TransmissionChainIndexPage.asp>, plc, R. (s.f). Cadena de rodillos Renold Chain, español, 17 de noviembre de 2012

⁴⁵ TRANSTECNO, m.g. Reductores de sinfin corona. CM-CPM, (2011). p. 7

3.1.3.1.9. Cálculo de potencia mecánica del motor

Una vez obtenido el torque necesario para el motor y sabiendo la velocidad angular a la que va a trabajar el eje, de [Ec. 3.10] y [Ec. 3.38] se obtiene

$$P_{mecmotor} = \tau_i * \omega_{salida} \text{ [Ec. 3.39]}$$

$$P_{mecmotor} = 750 \text{ W}$$

3.1.3.1.10. Selección del motor comercial

$$P_{mecmotor} = \frac{750w}{746w} * 1HP$$

$$P_{mecmotor} = 1.05 \text{ HP}$$

El motor elegido es de 1,5 HP, por ser un valor comercial y para brindar mayor seguridad a nuestra máquina.

3.1.3.2. Movimiento de las cuchillas de corte.

El corte de los pescados se realizará mediante cuchillas circulares tipo sierra.

Para este caso se partió por adquirir cuchillas rebanadoras o de corte de hueso, para aplicaciones alimenticias existentes en el mercado local e internacional a fines de lograr un corte perfecto.

Se optó por adquirir cuchillas alimenticias provenientes de Perú, país más industrializado con respecto a procesado de pescado.

Las recomendaciones del fabricante fueron:

$$\omega_{corte} = 1800 \text{ rpm [Ec. 3.40]}$$

Mediante pruebas, se pudo determinar la fuerza necesaria para el corte tanto de la cabeza como de la cola, las mismas que se detallarán en la siguiente tabla:

Tabla 3.5. Fuerzas necesarias para corte de cabeza y cola.

	CABEZA	COLA
FUERZA NECESARIA	15 N	10 N

Fuente: propia

Partiendo con la disposición de las bandas que transportarán el pescado, fueron colocadas dos cuchillas en cada banda, para realizar el corte tanto de cola y cabeza al mismo tiempo, se realizaron los respectivos cálculos para la selección del motor que se detallan a continuación.

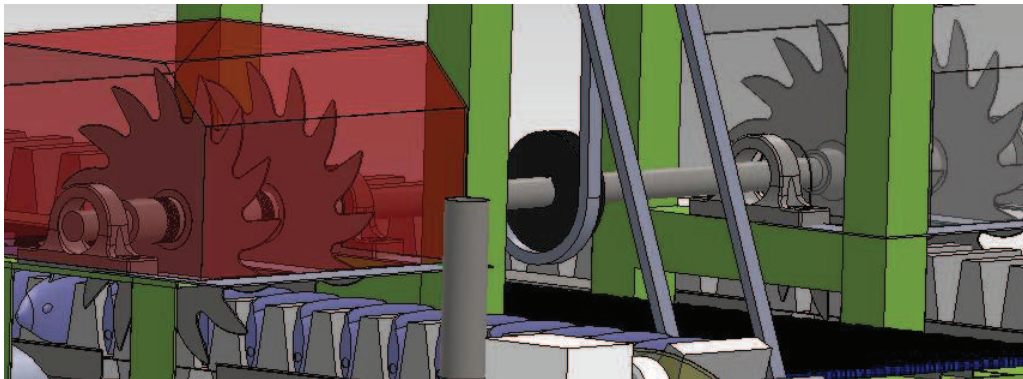


Figura 3.11. Disposición de cuchillas en las bandas.⁴⁶

Tomando en consideración:

$$Ft_{cuchillas} = 2 * (15N + 10N) \text{ [Ec. 3.41]}$$

$$Ft_{cuchillas} = 50N$$

3.1.3.2.1. Cálculos de fuerzas

Sabiendo que:

$$r_c = 125 \text{ mm [Ec. 3.42]}$$

Torque

Partiendo de [Ec. 3.41] y [Ec. 3.42]

$$\tau_{nec2} = Ft_{cuchilla} * r_c \text{ [Ec. 3.43]}$$

⁴⁶ Fuente: Propia

Tendremos:

$$\tau_{nec2} = 6.25 \text{ Nm}$$

Para la transmisión entre el motor y el eje se empleará banda trapezoidal con poleas, la misma que ejercerá una fuerza de:

$$r_{polea} = 50.8 \text{ mm [Ec. 3.44]}$$

$$Ft_p = \frac{\tau_{nec2}}{r_{polea}} \text{ [Ec. 3.45]}$$

$$Ft_p = 152.25 \text{ N}$$

Análisis del eje

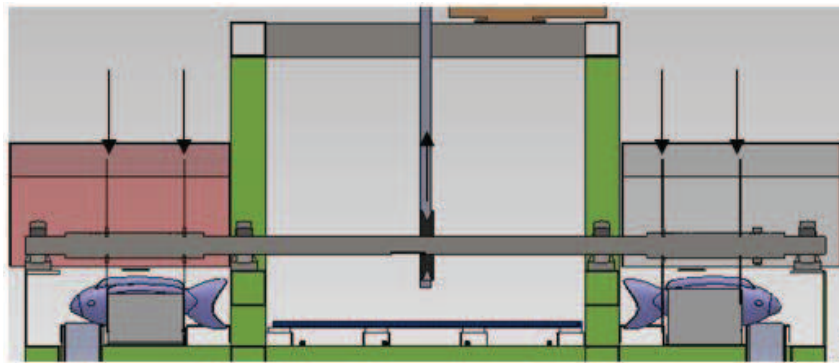


Figura 3.12. Disposición de cuchillas en la máquina.⁴⁷

A continuación se detallará los resultados de las cargas:

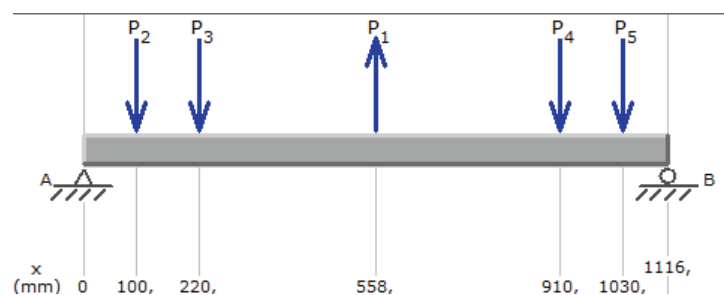


Figura 3.13. Diagrama del cuerpo libre para cálculos del eje.⁴⁸

⁴⁷ Fuente: Propia

⁴⁸ Fuente: Propia

Siendo:

$$P1 = \text{Fuerza que ejerce la polea para el movimiento del eje} = 152.25N$$

$$P2 = \text{Fuerza ejercida por la cuchilla de cabeza 1} = 15 N$$

$$P3 = \text{Fuerza ejercida por la cuchilla de cola 1} = 10 N$$

$$P4 = \text{Fuerza ejercida por la cuchilla de cola 2} = 10 N$$

$$P5 = \text{Fuerza ejercida por la cuchilla de cabeza 2} = 15 N$$

$$A = \text{Reacción apoyo A} = -32.46N$$

$$B = \text{Reacción apoyo B} = -39.79N$$

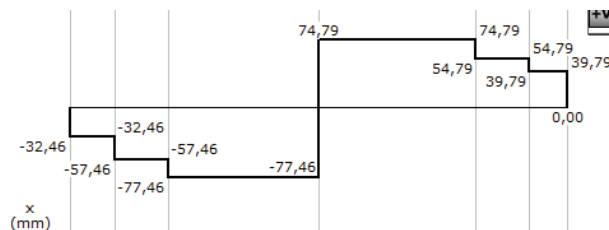


Figura 3.14 Diagrama de esfuerzos cortantes.⁴⁹

Gracias a la disposición de cargas y al programa MD Solid se obtiene el diagrama de corte que se muestra en la figura 3.14

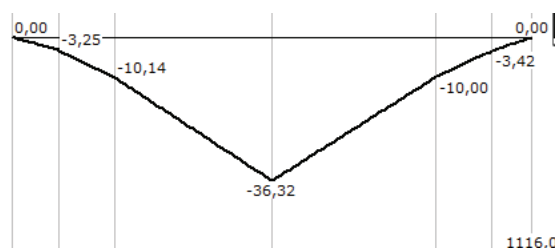


Figura 3.15 Diagrama momento flector.⁵⁰

Del diagrama del momento flector, se tiene que el máximo valor es 36.323 Nm, con éste valor se puede aplicar la siguiente ecuación para el diámetro del tornillo de potencia por flexión:

⁴⁹ Fuente: Propia

⁵⁰ Fuente: Propia

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{16 * 4 * \sqrt{(4 * 36.323^2 + 3 * 6.25^2)}}{\pi * 206 * 10^6}}$$

$$\phi = 19.5 \text{ mm}$$

El siguiente eje disponible en el mercado es de 25.4 mm (1 ')

En el diseño del sistema se debió adicionar dos apoyos, como se observan en la Fig. 3.11, los mismos que fueron indispensables para evitar posibles deformaciones en el eje al ejercerse las fuerzas anteriormente detalladas.

Cálculos de transmisión

Debido a que el ambiente de trabajo donde se encontrará la máquina es bastante húmedo, Se requiere dejar un espacio de trabajo libre y menos ruidoso, además de contar con sistema de transmisión que trabaje a alta velocidad angular, por lo tanto se empleará una transmisión por banda trapezoidal.

$$C = 300 \text{ mm}$$

Mediante la [Ec. 2.19] se obtiene:

$$L_1 = 919 \text{ mm}$$

Verificación de las relaciones geométricas

Teniendo ambas poleas del mismo diámetro, se verifica mediante la [Ec. 2.15]:

$$D_{\text{polea}} < C < 3 * D_{\text{polea}}$$

$$101.6 < 300 < 304.8$$

Y de la [Ec. 2.16]:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

Se comprueba:

$$\theta_1 = \theta_2 = 180^\circ$$

Según la fig. 2.20, se seleccionó una banda tamaño 3VX.

De la fig. 2.21, se seleccionó un factor de servicio, considerándose esta aplicación una máquina herramienta que trabajará de 6 a 15 horas diarias.

$$f_s = 1.2 \text{ [Ec. 3.46]}$$

De la figura 2.24, se obtiene el factor de corrección por ángulo de contacto

$$C_\theta = 1 \text{ [Ec. 3.47]}$$

De la figura 2.25, se obtiene el factor de corrección por longitud.

$$c_l = 0.88 \text{ [Ec. 3.48]}$$

Se determinará el número de bandas necesarias de la siguiente manera:

$$P_{servicio} = P * f_s \text{ [Ec. 3.49]}$$

$$P_{servicio} = 1.2 * P$$

$$P_{corregida} = P * c_l * C_\theta \text{ [Ec. 3.50]}$$

$$n_{bandas} = \frac{P_{servicio}}{P_{corregida}} \text{ [Ec. 3.51]}$$

$$n_{bandas} = 1.1 \text{ bandas}$$

Con la utilización de una banda se satisface las necesidades de la máquina.

Flujo de potencia

En la siguiente tabla se detallan los momentos de los rodamientos

Tabla 3.6. Momentos de las chumaceras.

DIÁMETRO	CARGA	MOMENTO	DESCRIPCIÓN
25.4 mm	32.46 N	0.00123 Nm	2 Chumacera del lado izquierdo
25.4 mm	32.46 N	0.00123 Nm	2 Chumacera del lado derecho

Fuente: propia

El momento total es de:

$$Mt_{rodamientos} = 0.00247 Nm$$

Se realizará el flujo de potencia, considerando pérdidas por fricción del rodamiento y la transmisión por la banda.

Según la [Ec. 3.34] se obtiene:

$$\tau_o = \tau_{necesario} + Mt_{rodamientos}$$

$$\tau_{salida} = 6.2524 Nm$$

Las siguientes perdidas se dan en la transmisión por banda trapezoidal

$$\eta_{banda t} = 0.94 \text{ [Ec. 3.52]}$$

Teniendo pérdidas a lo largo de la transmisión se obtiene una potencia de entrada mucho mayor a la requerida en la salida del eje de transmisión.

$$\tau_i = \frac{\tau_{salida}}{\eta_{bt}}$$

$$\tau_i = 6.45 Nm$$

3.1.3.2.2. Cálculo de potencia mecánica del motor

Una vez obtenido el torque necesario para el motor y sabiendo la velocidad angular a la que va a trabajar el eje, de [Ec. 3.39] se obtiene

$$P_{mecmotor} = 1182 W$$

3.1.3.2.3. Selección del motor comercial

$$P_{mecmotor} = \frac{1182w}{746w} * 1HP$$

$$P_{mecmotor} = 1.59 HP$$

El motor elegido es de 2 HP, por ser un valor comercial y para brindar mayor seguridad a nuestra máquina.

3.1.3.3. Movimiento de banda central

La función de la banda central será la de transportar el pescado a granel sin procesar y será de este lugar de donde se tomarán los pescados para ponerlos en la banda de procesamiento de pescado.

La banda central llevará el mismo sentido y velocidad que la banda de procesamiento, y ésta trabajará de manera intermitente, mientras haya suficiente pescado para ser procesado.

El sistema de transmisión será igual que el de la banda de procesamiento, pero trabajarán de manera independiente, con otro motor de similares características que el utilizado en la banda de procesamiento.

3.1.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO

El control de esta máquina y cada una de las máquinas de la línea de procesamiento será independiente a fines de realizar chequeos previos al encendido diario de las mismas, asegurándose así de evitar accidentes en un área donde existe humedad excesiva y que existen piezas en que podrían enredarse los operadores.

Debido a la humedad en la que se trabajará se seleccionarán equipos con protección IP65 resistentes a la humedad.

El requerimiento de la planta es trabajar a 440VAC el sistema de fuerza, y 24 VAC el sistema de control, con tableros eléctricos independientes por cada motor empleado en la máquina.

El tablero eléctrico constará de los siguientes elementos en el orden mencionado:

Interruptor Principal, el que permite energizar al tablero eléctrico por medio de cable de 4 hilos, junto a este interruptor se conectará una luz piloto que indique el estado de la energía en el tablero.

Breakers, el elemento de protección dimensionado para un voltaje de 440VAC trifásico, corriente nominal según la especificación de la placa del motor, por ejemplo “motor Siemens 1.5HP de potencia mecánica, $I_a=2.3\text{Amp}$ ” se seleccionará la protección para la corriente de 2.3Amp.

Contactador, El voltaje para activar la bobina será de 24 VAC suministrado por el transformador. Los contactores seleccionados son *General Electric* de 440V trifásico y 5 amperios.

Guardamotor, el elemento de protección se lo ubica después del contactador para la misma corriente que indica la placa del motor.

Transformador, se emplea una etapa de transformación, que parte de 440VAC hacia 24 VAC que es el requerimiento de la planta, para mantener estandarizados los tableros de las demás máquinas.

Con este voltaje de 24 VAC se realiza el circuito de control, el transformador seleccionado es de 50VA, el mínimo encontrado en el mercado, para el consumo de 3 luces piloto, activación del contactador y pulsadores.

Tabla 3.7 Potencias consumidas por bobina y luces piloto.

Cantidad	Elemento	Consumo (W)
1	Bobina	10
3	Luces piloto	30
	TOTAL	40 W

Fuente: propia

Selector, mediante un selector de 3 posiciones se escogerá entre encendido manual, o encendido remoto.

Posición 0 (intermedia): No se activa ningún encendido, el motor permanece desconectado.

Posición 1 (izquierda): Se activa directamente el contactador que enciende el motor.

Posición 2 (derecha): Se da paso a un encendido remoto, donde se dispondrá de una caja de botonera que incluye un selector ON/OFF y un Pulsador de

Emergencia para realizar el encendido desde otro punto de la máquina que sea de común acceso.

Hongo de emergencia, el pulsador de emergencia desconecta el circuito de control y automáticamente apaga el motor, esto no garantiza que el motor se detenga instantáneamente.

Luces piloto, mediante 3 luces pilotos se indicarán los estados del tablero y motor:

Luz naranja, indica que el tablero ha sido energizado desde el interruptor principal.

Luz verde, indica que el motor está encendido.

Luz roja, indica que ocurrió una falla, en otras palabras el guardamotor abrió su contacto y el motor no está trabajando.

En esta máquina se colocarán 2 sensores donde estén las cuchillas para evitar que la máquina sea encendida sin haber colocado el cobertor de las cuchillas.

Se pretende emplear interruptores de seguridad magnéticos de 24 VAC que abra un contacto normalmente cerrado y este se encuentre conectado en serie con el hongo de emergencia. La función eléctrica será la misma que el hongo de emergencia.

La cortadora de cabeza y cola tendrá tres tableros por sus tres motores, y por poca disponibilidad de espacio serán colocados debajo de la máquina, el encendido remoto estará a una altura prudencial y donde se pueda obtener una acción inmediata del operador y tener una mayor apreciación del trabajo que realizan los mismos.

En el anexo C se detalla el circuito de control y potencia de cada tablero eléctrico.

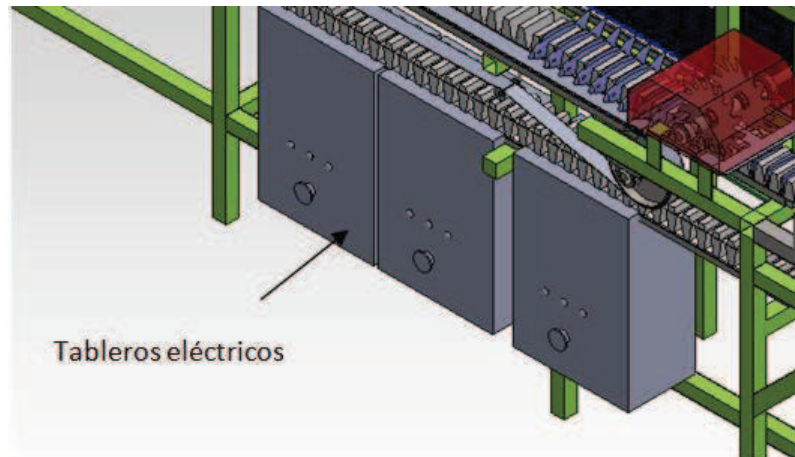


Figura 3.16 Ubicación de tableros eléctricos de la máquina.⁵¹

Se seleccionó cable AWG #14 de 4 hilos para el circuito de potencia y cable #18 para el circuito de control.

3.2. SELECCIÓN DE LA SUCCIÓN DE VÍSCERAS

Según la [Ec. 3.7] el requerimiento de la cortadora de pescado indica que se deban cortar y por ende succionar 3 pescados/seg.

El sistema de succión ha sido recomendado por el fabricante de la bomba como se observa en el anexo E, para una potencia de 7.5 HP, distribuidos en paralelo pues la máquina es de doble corte y tendrá dos puntos de succión.

Estos datos fueron proporcionados por el fabricante de la bomba, luego de realizar pruebas para la determinación de la potencia adecuada.

⁵¹ Fuente: Propia

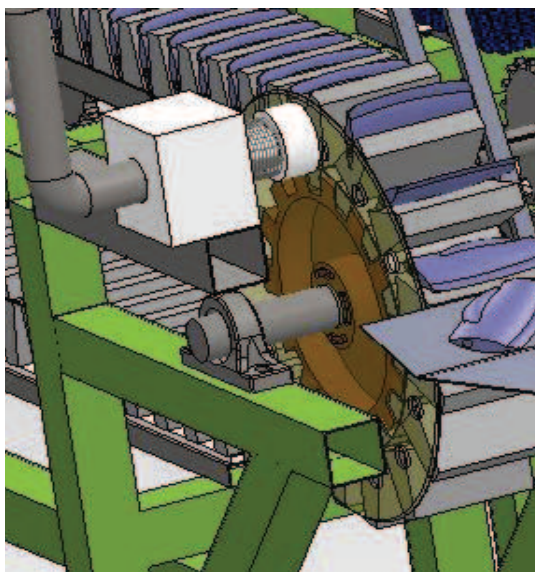


Figura 3.17 Instalación de equipo de vacío.⁵²

La instalación del equipo de vacío será contratada por el fabricante de la bomba y especialistas en succión de vísceras de pollos y pescados.

3.3. DISEÑO DE LA CORTADORA DE PANZA

3.3.1. FASE DE PREDISEÑO

3.3.1.1. Criterios de evaluación.

3.3.1.1.1. Costos

El costo de inversión, tanto como el costo de operatividad debe ser mínimo de tal manera que represente eficiencia y aumento de la productividad de la planta.

3.3.1.1.2. Producción

La máquina debe cubrir la demanda de las demás máquinas de la línea y no generar cuello de botella. Así mismo la carga y descarga del pescado que sea lo más sencilla posible.

3.3.1.1.3. Funcionalidad

⁵² Fuente: Propia

Debe cumplir con los requerimientos tanto de higiene como de funciones de corte y transporte.

3.3.1.1.4. Mantenimiento

Las piezas que tenga esta máquina deben ser reemplazables e intercambiables con piezas que existan en el mercado local, que su montaje y desmontaje no requiera excesivo tiempo para darle mantenimiento al equipo

3.3.1.1.5. Seguridad

La seguridad industrial es indispensable en toda fábrica y debe ser segura para los empleados y no sufran accidentes con esta máquina.

3.3.1.2. Alternativas de diseño.

3.3.1.2.1. Alternativa 1: Corte con sierras y apriete lateral de pescado en posición vertical.

Corte con 2 sierras circulares por las cuales pasa el pescado de forma perpendicular encontrándose las dos sierras con la panza del pescado.

Se tendrá un cobertor para evitar el acceso a los operadores y evitar accidentes y el esparcimiento de los desperdicios cortados.

El pescado pasa con la panza hacia arriba guiado y apretado por 2 bandas antideslizantes que será llevado hasta las sierras.

Las sierras serán impulsadas por un motor de corriente alterna.

Los discos serán desmontables y regulables de distancia para mantenimiento y de fácil reemplazo.

3.3.1.2.2. Alternativa 2: Corte con sierras de pescado en posición horizontal.

Se plantea un diseño con 1 sola sierra circular, la cual gira en el mismo sentido de movimiento del pescado.

El pescado es llevado por una banda dentada, con un paso ligeramente superior al largo del pescado ya sin cabeza y sin cola para evitar el

deslizamiento del pescado, a la altura de la sierra existirá una guía que sostenga al pescado firme y ligeramente apretado para un mejor corte.

Este proceso requiere una alimentación de pescados totalmente sincronizado para encajar cada pescado en un separador distinto. En caso de no ubicar correctamente el pescado, este se montará en las formas dentadas haciendo que pare la máquina pues colisionará con el mecanismo que aprieta el pescado junto a la cuchilla.

El proceso es lento y requiere paradas por corte.

3.3.1.3. Evaluación de alternativas.

Su evaluación será la siguiente:

5: Excelente

4: Muy bueno

3: Bueno

2: Regular

1: Deficiente

Tabla 3.8 Evaluación de alternativas de diseño cortadora de panza.

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
Costos	0.10	5	0.5	3	0.3
Producción	0.20	5	1.0	4	0.8
Funcionalidad	0.40	5	2.0	5	2.0
Mantenimiento	0.15	4	0.6	4	0.6
Seguridad	0.15	5	0.75	5	0.75
TOTAL	1		4.85		4.45

Fuente: propia

3.3.1.4. Selección de alternativa

Para las alternativas planteadas según las ventajas y desventajas que estas presentan podemos seleccionar la cortadora de panza, el que más se acerca a las necesidades que buscamos cubrir, fue la que emplea el apriete lateral ya que para el diseño seleccionado se tiene un bajo costo, fácil operación y

cumple con normas de seguridad, es de construcción sencilla así como la producción de la máquina puede cubrir la demanda de la línea de procesamiento.

Además una de las consideraciones indispensables es que la manipulación del mismo no requiere de mucha experiencia para su operación y el riesgo de sufrir percances en mínimo.

La máquina no tiene que estar sincronizada con la cortadora de cabeza y cola para la ubicación del pescado, solo debe llegarle pescado y esta corta a la razón que se le suministre pescado.

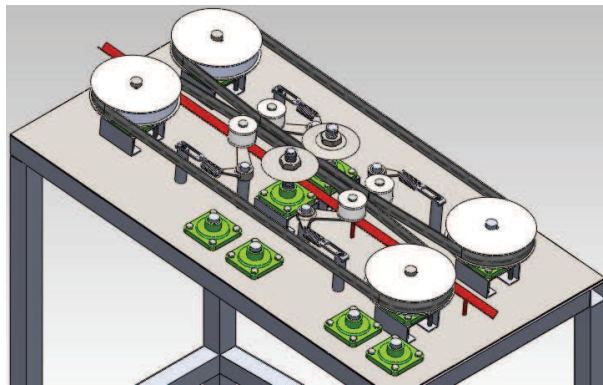


Figura 3.18. Vista isométrica de la cortadora de panza.⁵³

Por disposición del sistema de procesamiento de pescado, se necesitarán dos máquinas cortadoras de panza.

3.3.2. PRODUCCIÓN

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN

El requerimiento de producción de la cortadora de panza debe ser de 200 pescados por minuto.

Peso promedio del pescado = 0.125 Kg

$$PROCESADO\ TEÓRICO \left(\frac{Kg}{Hora} \right) = 200 \frac{Pescados}{minuto} * 0.125\ Kg * 60 \frac{minutos}{hora}$$

$$PROCESADO\ TEÓRICO = 1500 \frac{Kg}{hora}$$

⁵³ Fuente: Propia

3.3.3. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS

3.3.3.1. Movimiento de la banda de transporte de pescado sin cabeza y sin cola

3.3.3.1.1. Adecuación de la banda

Para un corte adecuado de la panza de los pescados, se tendrá una separación prudente entre los pescados y que las cuchillas corten el pescado sin atascar el sistema.

$$PPM_2 = 2.75 \frac{\text{pescados}}{\text{metro}} \text{ [Ec. 3.53]}$$

Para asegurar la sincronización entre la máquina cortadora de cabeza y cola con la máquina cortadora de panza, la última también deberá procesar 3.3 pescados por segundo.

Velocidad tangencial

Tomando como fórmula la [Ec. 3.8] y de datos la [Ec. 3.7] y [Ec. 3.53] se tiene

$$V_t = \frac{PCS}{PPM_2}$$

$$V_t = 1.25 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}}$$

Como parámetro de entrada se utilizará poleas de 210 mm de diámetro.

De la [Ec. 3.9] se obtiene la velocidad angular de la banda y se la transforma a unidades con valores comerciales.

$$\omega_{banda} = 11.8 \frac{\text{rad}}{\text{segundo}} * \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} * \frac{1 \text{ Rev}}{2\pi}$$

$$\omega_{banda} = 110 \text{ RPM}$$

El conjunto motor reductor deberá trabajar a esta velocidad.

La velocidad estándar en el mercado que se empleará en este caso es de 1650 RPM y una caja reductora con una relación de reducción:

$$I = 15$$

Conjuntamente con la velocidad del motor y el factor de reducción se obtienen:

$$\omega_{reductor} = \frac{1650 \text{ RPM}}{15}$$

$$\omega_{reductor} = 110 \text{ RPM}$$

Mediante pruebas realizadas se determinó que la fuerza necesaria con la que debe ser transportado el pescado a través de las bandas es de:

$$F_t = 30N$$

Para determinar este valor se tomó en consideración la oposición que ofrecen las cuchillas.

Con la [Ec. 3.26] se obtiene el torque necesario:

$$\tau_{nec} = F_t * \frac{d}{2}$$

$$\tau_{nec} = 3.15 \text{ Nm}$$

Se seleccionó una banda corrugada de grado alimenticio aprobado por FDA para el agarre del pescado y evitar el deslizamiento en su trayecto y cuando pase por las cuchillas mantenga firme al pescado sin lastimarlo o contaminarlo.

3.3.3.1.2. Análisis del eje crítico

La cortadora de panza de pescado trabajará sobre una mesa, con una mínima inclinación por facilidades de limpieza y todos los ejes trabajarán de forma perpendicular a la misma.

Para efectos de cálculo, no se tomará en cuenta la mínima variación del ángulo.

El movimiento del pescado se lo realizará mediante dos bandas que giran en sentido contrario para transportar el pescado presionado hacia una misma dirección.

Se empleará un sistema de transmisión multipoleas para lograr invertir la dirección de giro de una de las poleas.

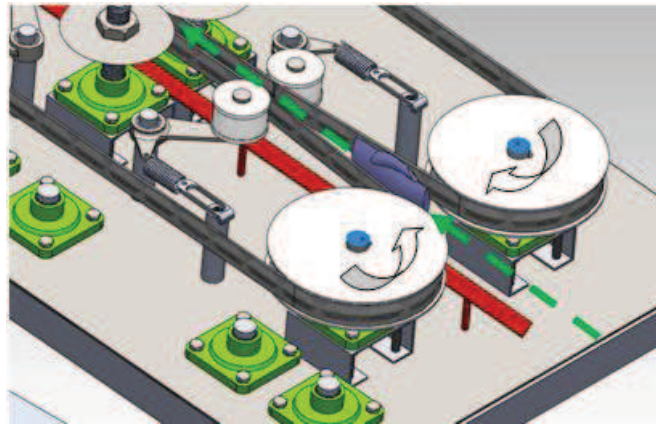


Figura 3.19. Sentido de giro de las poleas.⁵⁴

La transmisión multipoleas se da debajo de la mesa y se explicará más adelante.

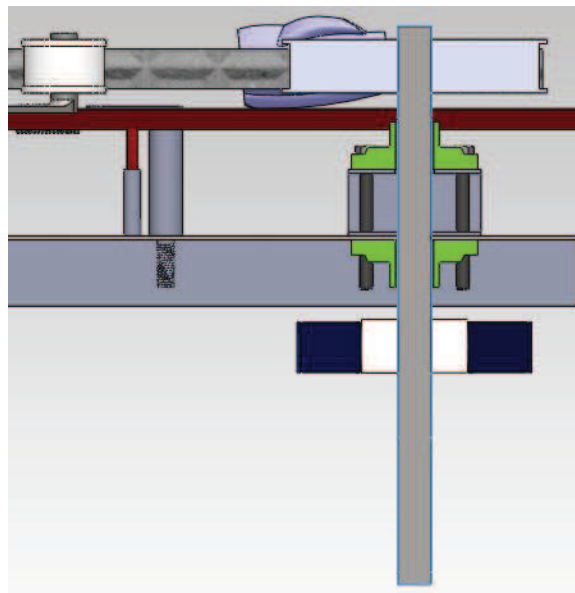


Figura 3.20. Eje principal de transmisión bandas de pescado.⁵⁵

⁵⁴ Fuente: Propia

⁵⁵ Fuente: Propia

A continuación se detallará los resultados de las cargas:

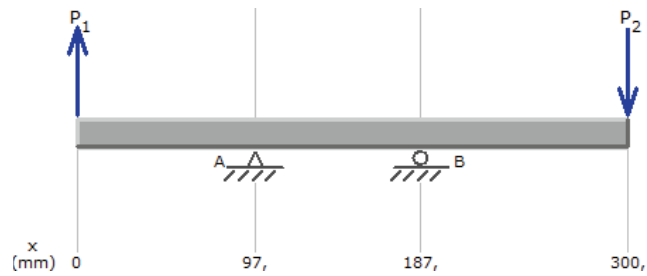


Figura 3.21. Diagrama del cuerpo libre para cálculos del eje.⁵⁶

Siendo:

$$P1 = \text{Fuerza para mover la banda de pescado} = 15N$$

$$P2 = \text{Fuerza para ejercer la transmisión multipolea} = 30 N$$

$$A = \text{Reacción apoyo A} = -68.83N$$

$$B = \text{Reacción apoyo B} = 83.83N$$

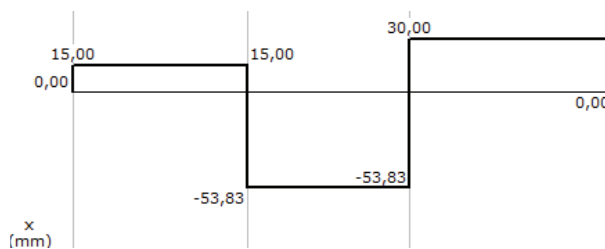


Figura 3.22. Diagrama de esfuerzos cortantes.⁵⁷

Gracias a la disposición de cargas y al programa MD Solid se obtiene el diagrama de corte que se muestra en la figura 3.22

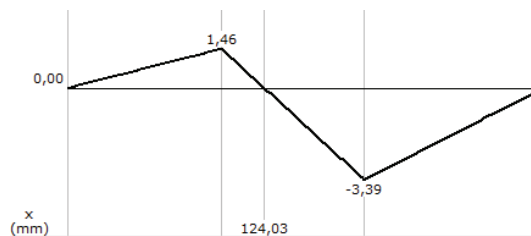


Figura 3.23 Diagrama momento flector.⁵⁸

⁵⁶ Fuente: Propia

⁵⁷ Fuente: Propia

⁵⁸ Fuente: Propia

Del diagrama del momento flector, se tiene que el máximo valor es 6.78 Nm, con éste valor se puede aplicar la siguiente ecuación para el diámetro del tornillo de potencia por flexión:

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{16 * 4 * \sqrt{(4 * 6.78^2 + 3 * 3.15^2)}}{\pi * 206 * 10^6}}$$

$$\phi = 13 \text{ mm}$$

Por el método de doble integración, expuesto en el literal 2.4.4.3 *Deformación de vigas, método de la doble integración*, se obtuvieron los siguientes valores de ángulos en los puntos críticos del eje:

Tabla 3.9. Ángulos en puntos críticos del eje cortadora de panza.

Punto	Ángulo
0 mm	-0.01°
187 mm	0.05°
300 mm	-0.01°

Fuente: propia

El ángulo máximo se encontró a 300 mm del punto inicial, y su valor es de 0.09°, cuando el ángulo máximo permitido fue de 0.1°

Se impone un factor de seguridad propio para este diámetro de eje, de 1.5, redimensionando así el diámetro a 19.5mm

El diámetro de eje más adecuado a utilizar es de 25,4 mm. (1”).

3.3.3.1.3. Análisis de transmisión multipoleas

Como se detalló en el capítulo 2, se emplearán 4 poleas para invertir el sentido de giro de una de ellas. Se utilizará una banda de transmisión con alto coeficiente de fricción para evitar el deslizamiento de la misma.

La banda escogida es la T75/26 (*Ver anexo A*)

Por especificaciones técnicas de la banda escogida y la tabla 2.8 de poleas combadas, se tendrá en consideración los siguientes datos:

$$d_{poleac} = 80 \text{ mm [Ec. 3.54]}$$

$$h_c = 0.3mm \text{ [Ec. 3.55]}$$

Y una tracción al 1% de elongación es

$$T_\varepsilon = 7.5 \frac{N}{mm} \text{ [Ec. 3.56]}$$

Procedemos a calcular el ancho necesario de la banda para transmitir la fuerza antes mencionada.

$$a_{mín} = 2 * \frac{F_t}{T_\varepsilon} \text{ [Ec. 3.57]}$$

$$a_{mín} = 10 \text{ mm}$$

Los ejes por donde pasará la banda están de forma vertical y todas las poleas serán bombeadas para evitar el desalineamiento de la banda. Para evitar el deslizamiento sobre las poleas de nylon debido a su poca área de contacto, el ancho de la banda será de 30 mm.

3.3.3.1.3.1. Verificación de las relaciones geométricas de la banda

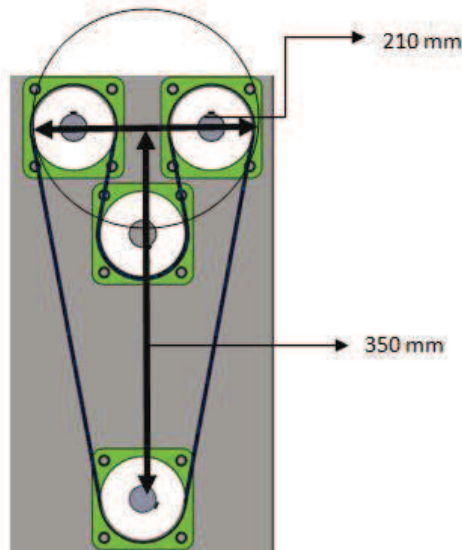


Figura. 3.24. Disposición de las poleas de transmisión.⁵⁹

Para efectos de verificación, el valor de 210 mm mostrados en la figura anterior se considerará como diámetro 1 y la distancia entre centros será de 350 mm. El diámetro de la polea empleada es de 80 mm

⁵⁹ Fuente: Propia

$$d1 = 210 \text{ mm}$$

$$d2 = 80 \text{ mm}$$

$$c = 350 \text{ mm}$$

Se verifican las [Ec. 2.15], [Ec. 2.17] previo a la instalación a fines de asegurar su funcionamiento.

$$D_1 < C < 3(D_2 + D_1)$$

$$80 < 350 < 870 \text{ [mm]}$$

Comprobándose que la distancia entre centros está dentro del rango permitido.

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta_1 = 159^\circ$$

$$\theta_1 > 120^\circ$$

Con un ángulo mayor que 120° se garantiza el no deslizamiento de la banda.

3.3.3.1.4. Flujo de potencia

En la siguiente tabla se detallan los momentos de los rodamientos

Tabla 3.10. Momentos de las chumaceras de la cortadora de panza.

DIÁMETRO	CARGA	MOMENTO	DESCRIPCIÓN
25.4 mm	32.64 N	0.0037 Nm	Chumacera apoyo A
25.4 mm	39.79 N	0.0030 Nm	Chumacera apoyo B

Fuente: propia

El momento total es de:

$$Mt_{rodamientos} = 0.0067 \text{ Nm}$$

Se realizará el flujo de potencia, considerando pérdidas por fricción del rodamiento y la transmisión por la banda.

$$\tau_{salida} = \tau_{nec} + Mt_{rodamientos}$$

$$\tau_{salida} = 3.1567 Nm$$

El factor que se debe tomar en cuenta al momento de utilizar banda plana es de cómo se indica en la tabla 2.9 sobre Comprobación de la selección de banda:

$$\eta_{banda\ plana} = 4.5 \text{ [Ec. 3.58]}$$

Tomando en consideración el factor anteriormente mencionado, se obtiene el torque de entrada necesario para nuestro sistema:

$$\tau_{entrada} = \tau_{salida} * \eta_{banda\ plana}$$

$$\tau_{entrada} = 14.25 Nm$$

3.3.3.1.5. Cálculo de potencia mecánica del motor

Una vez obtenido el torque necesario para el motor y sabiendo la velocidad angular a la que va a trabajar el eje, se obtiene

$$P_{mec\ motor} = \tau_{entrada} * \omega_{reductor}$$

$$P_{mec\ motor} = 165 W$$

Selección del motor comercial

$$P_{mec\ motor} = \frac{165w}{746w} * 1HP$$

$$P_{mec\ motor} = 0.22 HP$$

El motor elegido es de 1/4 HP, por ser un valor comercial y para brindar mayor seguridad a nuestra máquina.

3.3.3.2. Movimiento de cuchillas

Se emplean las mismas cuchillas que en la cortadora de cabeza y cola, en esta ocasión se cortará un pescado a la vez por lo que se asume una fuerza necesaria de:

$$F_t = 60 N$$

Se empleará el mismo sistema multipoleas, por lo que se utilizará el mismo método de transmisión y potencia del motor.

3.3.3.3. Fuerza del resorte

El punto de partida para la selección del resorte fue la disponibilidad en el mercado local, el requerimiento principal fue que el material sea acero inoxidable, su rigidez no sea elevada y su longitud inicial fuera de 72 mm.

Se encontró resortes con un diámetro de 4 mm, y a partir de la [Ec. 2.32] se obtiene el número total de espiras.

$$N_t = \frac{l_b}{d}$$

$$N_t = 18$$

$$A = \pi * r^2 = 12.56 * 10^{-6} m^2$$

Para lograr enganchar el resorte a los puntos de tracción se reduce una espira en cada extremo quedando así 16 espiras activas.

Se estira el resorte hasta la longitud máxima que trabajará el muelle tensor de la banda para obtener la fuerza que realiza el resorte. De la [Ec. 2.33] se tiene:

$$\Delta l = 10 mm$$

$$l = 72$$

Obteniéndose:

$$\varepsilon = 0.125$$

$$\sigma = 25.75 GPa$$

Con estos datos se obtiene [Ec. 2.35] para determinar la fuerza realizada:

$$F_m = 323.58 N$$

Se puede concluir que el resorte seleccionado es muy rígido para la aplicación de tensar la banda y apretar al pescado cuando éste pase por las cuchillas.

Se selecciona un resorte con un menor diámetro de espira sea de 2mm cuya constante de rigidez es de 490 N/m determinada experimentalmente.

3.3.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO

El sistema eléctrico y de control será el mismo que en la cortadora de cabeza y cola, se mantendrá un mismo estándar para las máquinas que estén instaladas en planta para fines de facilidad de operatividad y mantenimiento.

Por dimensión de la máquina no es necesario ubicar botoneras para mando remoto pues el encendido siempre se da siempre desde el mismo lugar.

En este caso se encienden tanto el motor de las bandas como el de las cuchillas con un mismo tablero eléctrico. No existirán diferencias entre los tableros eléctricos a más del dimensionamiento de las protecciones, el guardamotor que soportará la corriente de dos motores simultáneamente.

3.4. DISEÑO DE LA ESCAMADORA

Continuando con la siguiente etapa de la línea de procesamiento del pescado se encuentra el retirado del resto de escamas, que debe procesar volúmenes alrededor de 200 pescados por minuto, que es la producción de una cortadora de panza, se asume que se requieren dos máquinas escamadoras para la línea.

El objetivo de la máquina es retirar las escamas del cuerpo del pescado, en otras palabras se necesita sacar escamas al producto consumible sin importar cabeza, cola y panza que son retiradas por las máquinas anteriores y lavado con agua salada previo al empacado del pescado en latas.

3.4.1. FASE DE PREDISEÑO

3.4.1.1. Criterios de evaluación.

3.4.1.1.1. Costos

El costo de inversión, tanto como el costo de operatividad debe ser mínimo de tal manera que represente eficiencia y aumento de la productividad de la planta.

3.4.1.1.2. Producción

La máquina debe cubrir la demanda de las demás máquinas de la línea y no generar cuello de botella. Así mismo la carga y descarga del pescado que sea lo más sencilla posible.

3.4.1.1.3. Funcionalidad

Debe cumplir con los requerimientos tanto de higiene como de funciones de corte y transporte.

3.4.1.1.4. Mantenimiento

Las piezas que tenga esta máquina deben ser reemplazables e intercambiables con piezas que existan en el mercado local, que su montaje y desmontaje no requiera excesivo tiempo para darle mantenimiento al equipo

3.4.1.1.5. Seguridad

La seguridad industrial es indispensable en toda fábrica y debe ser segura para los empleados y no sufran accidentes con esta máquina.

3.4.1.2. Alternativas de diseño.

3.4.1.2.1. Alternativa 1: Escamado de pescados por grupos definidos.

Se plantea ingresar cierta cantidad de pescados a la máquina y cerrarla, mantenerlos escamando durante cierto tiempo, parar la máquina, retirar el pescado e ingresar otro grupo de pescados, el proceso se repite durante todo el día.

Siempre habrá pescado esperando por ser ingresado a la máquina, y el hecho de ingresar el pescado, parar el motor para retirar el pescado procesado implica pérdidas de tiempo por cada parada.

3.4.1.2.2. Alternativa 2: Escamado de pescado de forma continua (sistema FIFO)

Se plantea un diseño que el pescado entre por un lado y salga por otro lado ya sin escamas y sin detener la máquina.

El pescado debe ser ingresado continuamente para dar agilidad al proceso y evitar cuello de botella en esta máquina.

En el mismo orden que van ingresando, van saliendo como se refiere a FIFO (First in, first out), de tal manera que se puede mantener un ciclo estable de temperatura pues todos los pescados serán objeto de procesamiento en un mismo tiempo y la cadena de frío no variará entre pescado y pescado.

Para poder realizar esta máquina se necesitan realizar pruebas de avance del pescado a fines de que las escamas hayan salido como se desea y sin haber lastimado la piel del pescado.

3.4.1.3. Evaluación de alternativas.

Su evaluación será la siguiente:

5: Excelente

4: Muy bueno

3: Bueno

2: Regular

1: Deficiente

Tabla 3.11 Evaluación de alternativas de diseño de escamadora.

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
Costos	0.10	5	0.5	4	0.4
Producción	0.20	2	0.4	3	0.6
Funcionalidad	0.40	2	0.8	3	0.6
Mantenimiento	0.15	4	0.6	4	0.6
Seguridad	0.15	5	0.75	5	0.75
TOTAL	1		3.10		4.05

Fuente: propia

3.4.1.4. Selección de alternativa

Para las alternativas planteadas según las ventajas y desventajas que estas presentan podemos seleccionar la cortadora de panza, el que más se acerca a las necesidades que buscamos cubrir, fue la que emplea el apriete lateral ya que para el diseño seleccionado se tiene un bajo costo, fácil operación y cumple con normas de seguridad, es de construcción sencilla así como la producción de la máquina puede cubrir la demanda de la línea de procesamiento.

Además una de las consideraciones indispensables es que la manipulación del mismo no requiere de mucha experiencia para su operación y el riesgo de sufrir percances en mínimo.

La máquina no tiene que estar sincronizada con la cortadora de cabeza y cola para la ubicación del pescado, solo debe llegarle pescado y esta corta a la razón que se le suministre pescado.

3.4.2. PRODUCCIÓN

Como se deben escamar 200 pescados/minuto se debe tener un tambor del mayor diámetro posible para el paso del pescado.

Se parte del tamaño de una malla o criba a enrollar,

Las medidas de una criba son:

$$A = 1220 \text{ mm [Ec. 3.59]}$$

$$B = 2440 \text{ mm [Ec. 3.60]}$$

Al formar un tambor enrollado de la parte más larga se obtiene

$$D_{tambor} = B/\pi \text{ [Ec. 3.61]}$$

$$D_{tambor} = 770mm$$

Por cuestiones de rigidez y seguridad se enrolla la malla con un diámetro de 750 mm.

Se asume que los pescados ocupen 120° del cilindro asentándose en la parte inferior.

La longitud de arco ocupada es:

$$L_{arco} = D_{tambor} * \alpha \text{ [Ec. 3.62]}$$

$$L_{arco} = 785 mm$$

Asumiendo que la distribución eficaz del pescado sobre la malla para que logre sacar escamas sea de:

$$Dist_{pescados} = 100 \text{ pescados}/m^2 \text{ [Ec. 3.63]}$$

A partir de [Ec. 3.2] y [Ec. 3.63] Se calcula una posible longitud del tambor enrollado para cubrir la producción:

$$A_{nec} = \frac{200 \text{ pescados}}{Dist_{pescados}} \text{ [Ec. 3.64]}$$

$$A_{nec} = 2 m^2$$

$$L_{tambor} = A_{nec}/L_{arco} \text{ [Ec. 3.65]}$$

$$L_{tambor} = 2.56 m$$

3.4.3. DISEÑO DE COMPONENTES MECÁNICOS

3.4.3.1. Movimiento del tambor rotatorio.

Como primer parámetro para los cálculos del movimiento del tambor se debe considerar el peso del tambor incluyendo el de los pescados.

Incluyendo la masa de las mallas utilizadas, los aros que cumplen funciones de apoyos y rodamiento y los pescados en el interior del tanque se tiene:

$$m_{\text{tambor conjunto}} = 200 \text{ Kg [Ec. 3.65]}$$

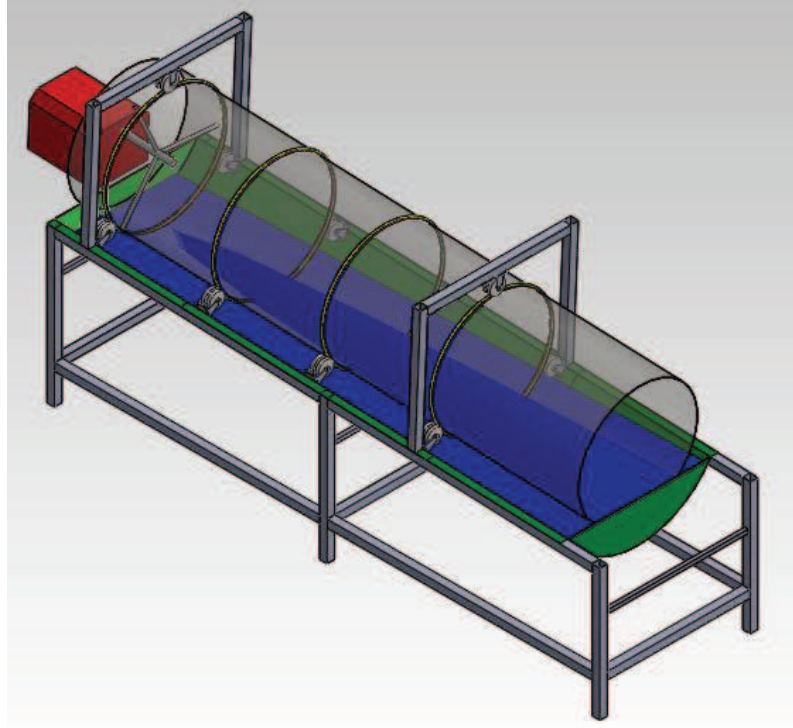


Figura 3.25. Vista isométrica de la escamadora de pescado.⁶⁰

Se optó por utilizar poleas de nylon sobre las cuales descansan los anillos enrolados de varillas circulares lisas de acero inoxidable.

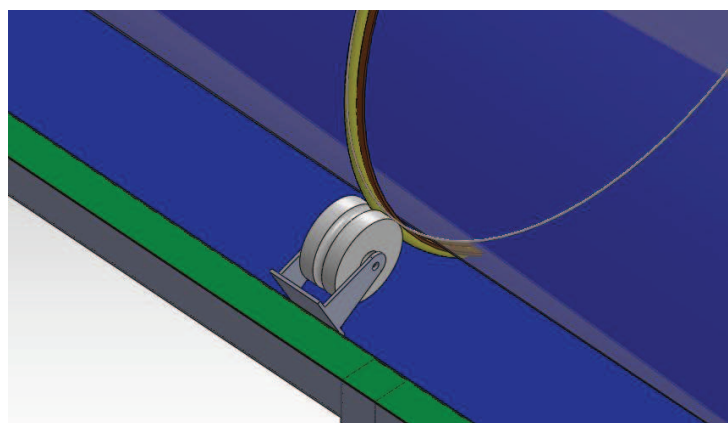


Figura 3.26. Disposición de las poleas guías y rodamiento.⁶¹

⁶⁰ Fuente: Propia

⁶¹ Fuente: Propia

Para obtener el torque necesario del motor que se necesita para mover el tambor junto al pescado se realiza el diagrama de cuerpo libre.

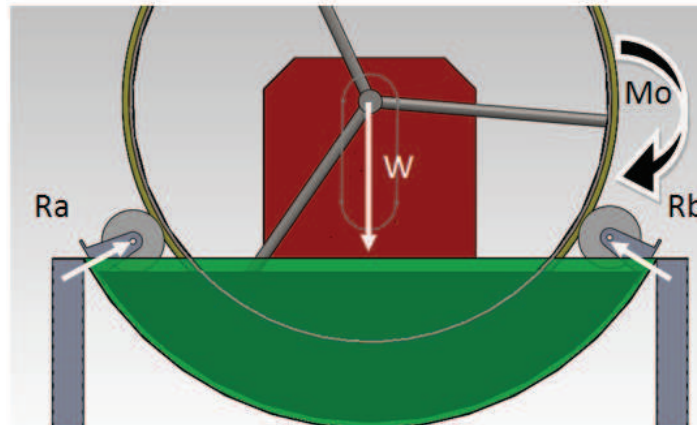


Figura 3.27. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas y momentos del tambor.⁶²

Teniendo como dato la [Ec. 3.65] se obtiene los valores de las reacciones en los puntos de apoyo.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$Ray + Rby = W$$

$$Ray = Rby \text{ [Ec. 3.66]}$$

$$Ray = 980N$$

$$Rax = Rbx \text{ [Ec. 3.67]}$$

$$\Sigma Mo = 0 \text{ [Ec. 3.68]}$$

$$Rax * 310mm - Ray * 380mm - Rbx * 310mm + Rby * 380mm - Mo + fr = 0$$

Donde

$$fr = Ray * \mu_d \text{ [Ec. 3.69]}$$

El eje que soporta las ruedas de nylon son de acero, y las ruedas tienen un bocín de bronce para evitar el desgaste directo del nylon.

El coeficiente de fricción entre acero y bronce es

$$\mu_d = 0.18 \text{ [Ec. 3.70]}^{63}$$

⁶² Fuente: Propia

⁶³ <http://es.scribd.com/doc/22590266/Coeficientes-de-friccion-Cinetica-y-Estatica>, Coeficientes de fricción cinética y estática, español, 24 de octubre del 2012

De la [Ec. 3.68] y [Ec. 3.69] se obtiene que:

$$M_o = 176.4 Nm$$

El eje del tambor se ha diseñado para que llegue a 1 metro de largo en el tambor para apalear la torsión de las mallas del tambor y absorber este esfuerzo el eje.

$$L_{eje} = 1000 mm \text{ [Ec. 3.71]}$$

3.4.3.2. Calculo de eje según torsión uniforme

El único esfuerzo presente es un momento torsor, que es constante a lo largo del eje.

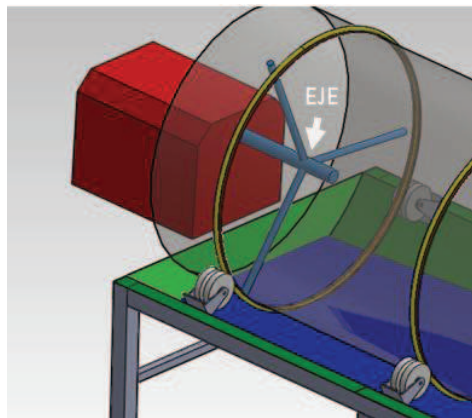


Figura 3.28. Ubicación del eje en el tambor de la escamadora.⁶⁴

De la [Ec. 2.36], [Ec. 3.68] y [Ec. 3.71] se obtiene el radio del eje necesario para mover el tambor de la escamadora.

$$R = 0.012 m$$

El diámetro seleccionado para la aplicación es de 1" en acero inoxidable.

Después de pruebas realizadas con un variador de frecuencia electrónico se notó que la velocidad angular del tambor con la cual el pescado no se lastima y se mantiene en movimiento durante más tiempo es de:

$$\omega_{tambor} = 18 RPM \text{ [Ec. 3.72]}$$

3.4.3.3. Flujo de potencia

Se realizará el flujo de potencia, considerando pérdidas por fricción del mecanismo rodante construido y la caja reductora.

⁶⁴ Fuente: Propia

$$\tau_{salida} = M_o$$

$$\tau_{salida} = 176.46 \text{ Nm}$$

Se considera la eficiencia de la caja reductora de la [Ec. 3.37]

$$\eta_{red} = 0.904$$

Para poder transmitir la potencia desde la caja reductora hasta el eje se emplea cadena de rodillos, no se transmite directamente la potencia debido a disponibilidad de espacio para el ingreso del pescado a la escamadora.

Se toma en consideración la eficiencia de la transmisión por cadena mencionada en la [Ec. 3.36]:

$$\eta_{cad} = 0.97$$

Tomando en consideración el factor anteriormente mencionado, se obtiene el torque de entrada necesario para nuestro sistema:

$$\tau_{entrada} = \tau_{salida} / (\eta_{red} * \eta_{cad})$$

$$\tau_{entrada} = 201.16 \text{ Nm}$$

3.4.3.4. Cálculo de potencia mecánica del motor

Una vez obtenido el torque necesario y habiendo definido la velocidad angular a la que va a trabajar el eje se dimensiona la potencia del motor

$$P_{mec\ motor} = \tau_{entrada} * \omega_{tambor}$$

$$P_{mec\ motor} = 382 \text{ W}$$

Selección del motor comercial

$$P_{mec\ motor} = \frac{382\text{w}}{746\text{w}} * 1\text{HP}$$

$$P_{mec\ motor} = 0.512 \text{ HP}$$

Para efectos de cálculos se sugiere un motor de 0.75 HP, pero la máquina puede verse afectada por pérdidas generadas por el rozamiento entre los anillos de varilla enrolada y las poleas de nylon, tampoco se ha considerado que parte del tambor permanece en el agua durante un tiempo, por tal razón el motor elegido es de 1 HP, por ser un valor comercial y para brindar mayor seguridad a nuestra máquina.

3.4.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO/ ELECTRÓNICO

El sistema eléctrico y de control será el mismo que en la cortadora de cabeza y cola,

No existirán diferencias entre los tableros eléctricos a más del dimensionamiento de las protecciones, el guardamotor.

Por dimensión de la máquina no es necesario ubicar botoneras para mando remoto pues el encendido siempre se da siempre desde el mismo lugar.

3.5. SELECCIÓN DE LA CLASIFICADORA POR TAMAÑO

La clasificadora ha sido seleccionada en base al requerimiento de producción de 600 pescados por minuto o 4.5 toneladas/hora como indica la [Ec. 3.2].

3.5.1. FASE DE PREDISEÑO

3.5.1.1. Criterios de evaluación.

3.5.1.1.1. Costos

El costo de inversión, tanto como el costo de operatividad debe ser mínimo de tal manera que represente eficiencia y aumento de la productividad de la planta.

3.5.1.1.2. Producción

La máquina debe cubrir la demanda de las demás máquinas de la línea y no generar cuello de botella. Así mismo la carga y descarga del pescado que sea lo más sencilla posible.

3.5.1.1.3. Funcionalidad

Debe cumplir con los requerimientos tanto de higiene como de funciones de corte y transporte.

3.5.1.1.4. Mantenimiento

Las piezas que tenga esta máquina deben ser reemplazables e intercambiables con piezas que existan en el mercado local, que su montaje y desmontaje no requiera excesivo tiempo para darle mantenimiento al equipo

3.5.1.1.5. Seguridad

La seguridad industrial es indispensable en toda fábrica y debe ser segura para los empleados y no sufran accidentes con esta máquina.

3.5.1.2. Alternativas de diseño.

3.5.1.2.1. Alternativa 1: Clasificación por pesaje dinámico

Mediante una tolva y un feeder de pescados se debe hacer pasar un pescado a la vez por una banda plana que reposa en 1 punto de la misma, sobre una balanza que permite detectar las variaciones del peso en un instante de tiempo,

Según se reporten pesos superiores al valor pre-establecido (125 gr) como indica la [Ec. 3.1] se activará una electroválvula para desplazar al pescado por medio de un actuador neumático y este caerá en un depósito diferente al pescado que no fue desplazado, así se obtendrían las 2 clasificaciones propuestas.

El sistema requiere siquiera de 6 líneas simultáneas para poder cumplir con la producción, por lo que implica el uso de 6 cilindros, la misma cantidad de bandas y balanzas dinámicas y son productos de importación.

3.5.1.2.2. Alternativa 2: Clasificación por grosor del pescado.

El principio de funcionamiento consiste en ubicar el pescado en rodillos giratorios con cierta abertura progresiva a lo largo del eje, de tal forma que

según el ancho del pescado este va a caer antes o después, logrando así las clasificaciones deseadas.

No necesita que el pescado sea ingresado uno a la vez, los rodillos los guían, estos se ubican por si solos y caen en su respectivo espacio. Requiere de 4 líneas simultáneas para cumplir con la producción propuesta en [Ec. 3.2]. Utiliza solo 1 motor eléctrico como actuador para mover todos los rodillos.

3.5.1.3. Evaluación de alternativas.

Su evaluación será la siguiente:

5: Excelente

4: Muy bueno

3: Bueno

2: Regular

1: Deficiente

Tabla 3.12 Evaluación de alternativas de diseño clasificadora.

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
Costos	0.10	2	0.2	2	0.2
Producción	0.20	3	0.6	5	1.0
Funcionalidad	0.40	4	1.6	4	1.6
Mantenimiento	0.15	3	0.45	4	0.6
Seguridad	0.15	5	0.75	5	0.75
TOTAL	1		3.60		4.15

Fuente: propia

3.5.1.4. Selección de alternativa.

Para las alternativas planteadas según las ventajas y desventajas que estas presentan podemos seleccionar la clasificadora, la propuesta que más se acerca a las necesidades que buscamos cubrir, fue la que emplea el grosor del pescado para realizar la caída en lugares distintos.

Ambas alternativas son de elevado coste debido a los productos de importación y aranceles, por lo que analizando la factibilidad de construcción o importación

de la máquina resulta más económico comprar una máquina clasificadora ya construida pequeña para tratar de suplir la demanda y esta trabaje más tiempo en caso de no cubrir la producción del día.

Esta alternativa es de fácil operación y cumple con normas de seguridad, su mantenimiento no requiere de tanto tiempo y sus piezas no requieren reemplazo a corto plazo, posee mayor robustez que la alternativa de pesaje dinámico y su calibración la puede realizar cualquier operador.

Además una de las consideraciones indispensables es que la manipulación del mismo no requiere de mucha experiencia para su operación y el riesgo de sufrir percances en mínimo.

La máquina no tiene que estar sincronizada con las cortadoras para la ubicación del pescado, debe llegarle pescado y esta distribuye el pescado en gavetas que luego serán llevadas a la cortadora de cabeza y cola para su posicionamiento en la banda ensamblada.

Se debe adquirir la clasificadora de sardinas por tamaños, para dos tallas distintas, elaborada en acero inoxidable AISI 304, alimentación principal de 440 VAC, cuya protección de carcasa sea IP 65.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se explica a modo general los materiales que se utilizaron, las adecuaciones realizadas para la construcción de la línea de procesamiento de pescado y la vinculación entre la cortadora de cabeza y cola y la cortadora de panza.

4.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Como se mencionó en el capítulo 2 sobre las normas FDA para máquinas de aplicación alimenticia, se ha pensado en diseños que cumplan estas normas.

Los materiales que se seleccionaron fue en su mayoría el acero inoxidable 304.

4.1.1. MATERIALES PARA LAS DIFERENTES PARTES MECÁNICAS

Los materiales más utilizados por la industria pesquera de la ciudad son: Los tubos de perfil cuadrado para la elaboración de las estructuras, soportes y piezas rígidas que sean necesarias.



Figura 4.1 Estructura elaborada con tubo cuadrado de 2" de acero inoxidable.⁶⁵

⁶⁵ Fuente: Propia

Planchas de acero inoxidable tanto para superficies planas, circulares, abombadas, así mismo el empleo de dobladoras de chapa metálica para formar piezas según sea la aplicación.

Las piezas más representativas que fueron dobladas fueron las bandejas por donde se desliza la banda ensamblada con los separadores de pescado que sirvieron de guía de la banda y apoyo para la cabeza del pescado, tiras dobladas para formar perfiles en “C” sobre las cuales reposan los retornos de las bandas, mesa sobre la cual se ensamblaron el resto de componentes de la cortadora de panza, cobertores para las cuchillas de corte, cobertores para cadenas y bandas, tanque recolectores de producto procesado, tapas de la máquina cortadora de panza entre otras.



Figura 4.2 Plancha doblada montada sobre estructura de acero inoxidable.⁶⁶

Otro de los materiales que cuenta con aval FDA es el nylon que es más económico que el acero inoxidable y empleado en piezas donde no se realice tanto esfuerzo como las poleas de la cortadora de panza, o los separadores ensamblados en la banda de transporte de pescado.

⁶⁶ Fuente: Propia



Figura 4.3a Utilización de poleas y tapas elaboradas en nylon-cortadora de panza.⁶⁷



Figura 4.3b Utilización de poleas y tapas elaboradas en nylon-escamadora.⁶⁸

4.1.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Lo primero que se busco fue información sobre materiales y equipos disponibles en el mercado local, pensando primero en la intercambiabilidad de piezas y facilitar el ensamble, mantenimiento y evitar paras larga de las máquinas.

Los motores de marca Siemens están instalados por toda la planta de producción y poseen repuestos a la mano, una vez revisado que cumpla con los requerimientos de la línea de procesamiento de pescado, se ha optado por

⁶⁷ Fuente: Propia

⁶⁸ Fuente: Propia

el empleo de estos mismos motores, y en caso de fallo siempre se tiene un motor a la mano que evite las paras.



Figura 4.4 Utilización de motores marca Siemens en la cortadora de panza.⁶⁹

Los equipos eléctricos desde tablero, botoneras, pulsadores, cables y tubos conduit seleccionados para que cumplan con la protección de carcasa IP 65 debido a la humedad y temperatura del área de trabajo, todos estos deben estar herméticamente sellados con caucho como lo exige la norma.

Los elementos internos del tablero eléctrico cumplen los requisitos de 440VAC y protecciones de rápida acción y buen aislamiento.

⁶⁹ Fuente: Propia



Figura 4.4 Elementos de fuerza y control de un tablero eléctrico instalado.⁷⁰

4.2. CONSTRUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS POR ETAPAS

Una vez establecidos los materiales, equipos y herramientas disponibles tanto en la planta industrial como en el mercado local, se construyeron las máquinas en el siguiente orden:

4.2.1. ESTRUCTURA

Pensada en el espacio disponible en la planta, nivel del piso y sus variaciones que toda planta sardinera tiene, que la entrada y salida del pescado hacia otras máquinas no necesite de volverlo a elevar que esto incide en elaborar otra máquina que lo haga. En la Fig. 4.1 se observa el armado de la estructura según los diseños elaborados.

4.2.2. UBICACIÓN DE EJES

Teniendo soportes sobre los cuales apoyarse las bandas, se procedió a colocar los ejes con sus respectivas poleas, engranes, tensores y así ubicar bandas y cadenas de transmisión.

⁷⁰ Fuente: Propia

4.2.2.1. Cortadora de cabeza y cola

En el caso de la banda de transporte de pescado se tuvo que ensamblar pieza a pieza a partir del requerimiento del ancho de pescado a cortar, esto fue una de las partes más largas de la construcción. Cada banda tiene 207 dientes y 11.5 metros de longitud.



Figura 4.5 Banda ensamblada de trapecios extruidos y banda plana.⁷¹

Los engranes que transmiten el movimiento hacia las bandas ensambladas que arrastran el pescado hacia las cuchillas fueron elaborados localmente por sus particularidades de forma del diente, paso de la banda como se mencionó en la [Ec. 3.3].

Según el diámetro seleccionado, mediante el plato divisor de la fresadora se estableció la cantidad y separación de dientes.



Figura 4.6 Engrane particular elaborado localmente.⁷²

⁷¹ Fuente: Propia

⁷² Fuente: Propia

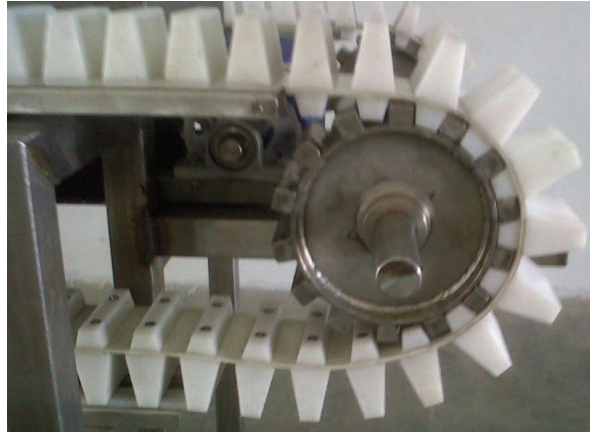


Figura 4.7 Colocación de eje, engrane y bandas en la cortadora de cabeza y cola.⁷³

4.2.2.2. Cortadora de panza

Los ejes se elaboraron con la particularidad de que todos van a trabajar en posición vertical, por tal motivo se realizaron canales para retenedores exteriores que descansen sobre los rodamientos y eviten el deslizamiento de los ejes, así mismo asegurar la posición de las poleas de nylon. Se emplearon alrededor de 25 retenedores.

Las poleas elaboradas en nylon fueron diseñadas con software CAD y fabricadas según las medidas dejándolas listas para el ensamble.



Figura 4.8 Ubicación de eje, poleas y bandas de transmisión en la cortadora de panza.⁷⁴

⁷³ Fuente: Propia

⁷⁴ Fuente: Propia

4.2.2.3. Escamadora

El punto importante de partida para la construcción de la escamadora fueron las mallas enroladas junto a los anillos guías.

Una vez ensambladas estas dos partes junto con platinas que unen los anillos entre si se procedió al montaje sobre las poleas.



Figura 4.9 Ensamblaje de mallas y anillos guías sobre las poleas.⁷⁵

Posteriormente se colocó una plancha enrolada que hará de tanque para recolectar agua, esta agua solo sirve por unos minutos debido a que tiene restos de vísceras y se pudre casi inmediatamente, por lo que se debe instalar una válvula que desaloje el agua.



Figura 4.10 Ubicación de tanque recolector de agua de la escamadora.⁷⁶

⁷⁵ Fuente: Propia

4.2.3. UBICACIÓN DE MOTORES

Realizadas algunas pruebas manuales de movimiento de las bandas para descartar interferencias, se procedió a colocar los motores que ejercerán la transmisión de movimiento a la máquina.

En la cortadora de cabeza y cola se transmiten dos movimientos por cadena de rodillos para las bandas y transmisión por banda trapezoidal para las cuchillas circulares.

En la cortadora de panza se emplearon transmisiones por banda plana acopladas a una polea motriz.

Las bandas de arrastre del pescado trabajan con reductor de velocidad y fueron acopladas al mismo eje como se observa en la Fig.4.4.

Las cuchillas fueron conectadas al motor mediante un acople flexible como se observa en la Fig.4.8.

En la escamadora el motor fue conectado directamente al eje antes de realizar las pruebas y posteriormente se cambió de posición.



Figura 4.11 Ubicación del motor en la escamadora previo a realizar pruebas.⁷⁷

⁷⁶ Fuente: Propia

⁷⁷ Fuente: Propia

4.2.4. CULMINACIÓN DE LAS MÁQUINAS

Una vez realizadas las pruebas que se detallarán más adelante, se procede a realizar todas las soldaduras para el sellado de uniones de los tubos, las planchas ensambladas, etc. Previo a las pruebas las máquinas solo se encuentran con pequeños puntos de soldadura, en caso de que hubiese que realizar cambios, fuera sencillo retirar la pieza y soldarla donde sea su mejor ubicación.



Figura 4.12 Máquina en etapa de desarme para limpiar soldaduras y pulir.⁷⁸

4.2.5. LIMPIEZA DE MÁQUINAS

Después de haber funcionado las máquinas se procede al desarme de las piezas, las máquinas son colocadas en su puesto definitivo, pulen todas las áreas donde existe soldadura, perforaciones con taladro, muescas y filos de las planchas cortadas. Lavan las partes rayadas y sucias propias de la construcción de las máquinas y se procede al ensamble de nuevo.

4.2.6. UBICACIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS

Los tableros son colocados pensando en la visibilidad de los operadores hacia la mayor parte de las máquinas, donde no estorbe al paso del personal, alejado del producto, de piezas que requieran mantenimiento frecuente y de piezas móviles que podrían ser objeto de enredo y accidentes. Se colocaron botoneras para el mando remoto, esta se la colocó cerca del área motriz donde el operador observa las bandas y las cuchillas, y en caso de emergencia logra actuar inmediatamente.

⁷⁸ Fuente: Propia

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez ensamblado el sistema se procede a realizar las diferentes pruebas del funcionamiento del mismo para corroborar el buen funcionamiento de todas sus etapas.

Se realizaron pruebas independientes y en conjunto para determinar fallas y corregirlas antes de continuar con otra máquina.

5.1. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

5.1.1. PRUEBAS DE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA

Se calibraron las cuchillas de tal forma que no se toquen con la banda dentada con una separación entre cuchillas de 120 mm.

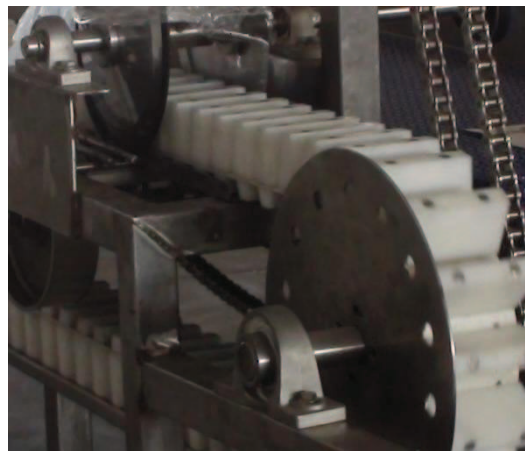


Figura 5.1 Ubicación de las cuchillas en posición de corte.⁷⁹

Se realizaron pruebas sin pescado encendiendo las bandas primero para descartar anomalías, esta prueba fue realizada con la ayuda de un variador de frecuencia marca Telemecanique y asegurarse de no tener un arranque mecánico brusco.

Se presentó el problema que al unir los fines de una de las bandas por medio de sus grapas, esta presentaba un paso de la banda diferente al del diseñado

⁷⁹ Fuente: Propia

por tal motivo se montaba en el engrane. Esto fue solucionado cortando 5 mm de la banda y volviendo a grapar para tener el mismo paso de los dientes y con esto se solucionó que la banda se montara en el engrane.

Se encendió el motor de las cuchillas y se comprobó que tiene una correcta tensión, las cuchillas se encuentran centradas y no existe vibración o anomalías.

Se intentó acercar un poco más las cuchillas viéndose que existía espacio, se encendieron ambos motores para transportar el pescado y mover las cuchillas. Trabajó durante poco tiempo y las cuchillas rebanaron unos cuantos milímetros de un diente de nylon que había sido cortado más largo que los demás, por tal razón se volvieron a separar las cuchillas a 120 mm.

Se probó la máquina en vacío durante 20 minutos sin detectar fallos, luego de esto se procedió a colocar unos cuantos pescados de prueba para comprobar la calidad de corte.



Figura 5.2 Varillas de soporte para la cabeza y para la cola en el corte.⁸⁰

Se instalaron varillas de acero inoxidable para soportar la cabeza y la cola a la altura de las cuchillas de tal forma que realice un corte perpendicular. Se pudo

⁸⁰ Fuente: Propia

notar que las varillas tenían que ser levantadas un poco debido a que con pescados más chicos no completaba totalmente el corte de la cabeza, y la cola por ser más chica, se tuvo que levantar más las varillas de apoyo.

La máquina está hecha para cortes de pescados superiores a 15 cm de longitud (incluido cabeza y cola), como se observa en la Fig. 5.3. que los pescados con longitud inferior a la mencionada, no corta la cola.

Ya con los cambios realizados se procedió a colocar pescados de longitud superior a los 15 cm. y cortar.



Figura 5.3. Cortes en pescados chicos y grandes.⁸¹

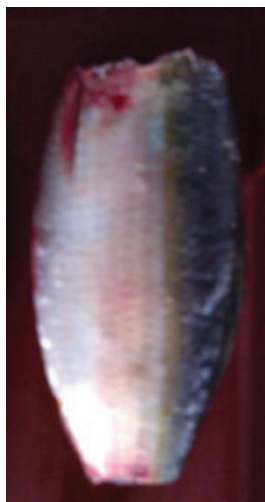


Figura 5.4. Cortes en pescado grande.⁸²

⁸¹ Fuente: Propia

⁸² Fuente: Propia

La siguiente prueba es observar la caída de la cabeza y la cola para diseñar la recolección de los mismos. El espacio que tienen como orificios para su caída es suficiente y la recolección se la hará en gavetas ubicadas debajo de las cuchillas y posteriormente ser llevadas a procesar como harina de pescado.

Se encendió el motor que mueve la banda central y comprobar que su funcionamiento no tenga problemas, esta banda trabajará de forma intermitente para abastecerse de pescado al granel.

Después de realizadas las pruebas de corte se retiró el variador y se procedió a conectar los tableros para cada motor. Se instalaron las botoneras e interruptores de seguridad en los cobertores de las cuchillas para probar el funcionamiento de mando remoto y sus seguridades.

5.1.2. PRUEBAS DE LA CORTADORA DE PANZA

Las pruebas realizadas se las hicieron en varias etapas a medida que se iba construyendo se iba modificando y ensamblando el resto de piezas en la máquina.

Después de haber colocado las poleas con las bandas de arrastre del pescado se realizaron pruebas para verificar la tensión de los resortes, verificar que el pescado sea trasladado sin deslizarse, así mismo comprobar que al aplicar cierta tensión, los rodillos no destrocen al pescado.

Una vez calibrada la tensión en los resortes y realizar pruebas manuales del movimiento del pescado por las bandas se colocó el motor para realizar pruebas a la velocidad que va a trabajar.

Se observó cierto desalineamiento en la banda de transmisión ubicada debajo de la mesa, se pudo encontrar que una de las poleas no se encontraba nivelada con las demás, se procedió a corregir este fallo y ver el alineamiento de la banda.

La siguiente prueba fue la ubicación de las cuchillas y verificar la posición de las poleas para evitar el desalineamiento de la banda anterior. Se realizaron pruebas sin las cuchillas para verificar posibles vibraciones o desbalanceos.

Se observó que el acople flexible no se encontraba paralelo al eje motriz y producía vibración debido al desbalanceo, aunque los ejes aparentemente trabajaban correctamente. Se procedió a alinear el eje del motor con el de transmisión y reducir notablemente el desbalanceo.

Se colocaron las dos cuchillas con las seguridades del caso, se mantuvo la máquina trabajando en vacío durante 30 minutos sin inconvenientes y se procedió a alimentar la máquina con pescado sin cabeza y sin cola para determinar la posición del pescado a la entrada de la máquina.

El pescado ingresó por la parte más fina (área de la cola) y se notó regularidad en el corte.



Figura 5.5. Pescado ingresado a la cortadora de panza por la parte más fina y sin escamas (producto final).⁸³

Luego se ingreso por la parte más ancha (área de la cabeza) y el corte no fue bueno, lo realizó en línea curva.



Figura 5.6. Pescado ingresado a la cortadora de panza por la parte más ancha.⁸⁴

⁸³ Fuente: Propia

⁸⁴ Fuente: Propia

Al ingresar el pescado por la parte de la cabeza se está cortando mucha panza y eso incide en el rendimiento de la máquina pues se busca el aprovechamiento de la mayor cantidad de carne que influye en el peso de la lata de sardina.

Cabe recalcar que el corte de panza se lo realiza para separar la espina dorsal del pescado y el resto de vísceras que podrían quedar después de habérselas succionado, permite también el lavado del pescado antes de ser empacado.

Las partes que la escamadora no llegase a limpiar, con la cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza retiran el resto de escamas.



Figura 5.7. Panza cortada del pescado ingresado a la cortadora por la parte más ancha.⁸⁵

Se concluyó que el pescado debe ingresar por la parte de la cola cortada para realizar un corte lineal.

Una vez definida la orientación del pescado se comenzó a calibrar la bandeja sobre la cual se acuesta el pescado, se la bajó un poco para aprovechar más el cuerpo y eliminar solo lo necesario de la panza.

Con estas adecuaciones, el peso final del pescado no se ve tan disminuido frente al ingreso del pescado de cabeza.

El siguiente paso es la vinculación de ambas máquinas para que al salir de la cortadora de cabeza y cola pueda orientarse e ingresar a la cortadora de panza.

Se pasan varios pescados por la cortadora de cabeza y cola para observar la caída del mismo.

⁸⁵ Fuente: Propia

Se elaboró una especie de tobogán que deslice el pescado de un punto a otro y cambie su orientación para que el ingreso a la cortadora de panza sea el indicado.⁸⁶

Tabla 5.1. Mediciones en muestras aleatorias de pescado.

TAMAÑO (CM)	ALTURA (CM)	GROSOR (CM)
15	5.5	2.0
16.5	6.0	2.0
18	6.5	2.0
17	6.0	2.0
19	7.0	2.5
20	8.0	2.5
18.5	6.5	2.0
21	8.0	2.5
17	6.5	2.0
19	7.5	2.5
19	7.5	2.5
20.5	8.0	2.5
21	8.5	2.5
20	8.0	2.5
16.5	6.5	2.0
18	7.0	2.5
21	8.0	2.5
21	8.5	2.5
20	8.0	2.5
17	6.5	2.0

Fuente: propia

Se obtiene la moda de las muestras de pescados para determinar las medidas del canal y de la altura del riel.

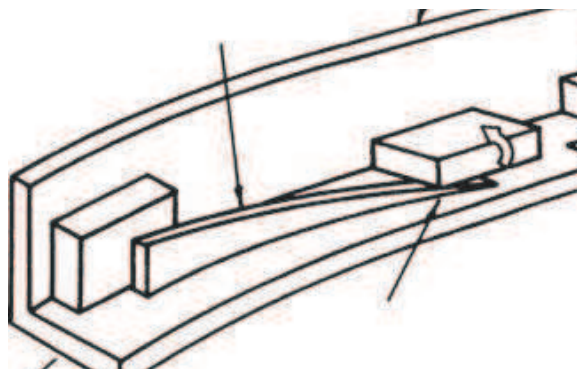


Figura 5.8. Reorientación de objetos a través de riel⁸⁶

⁸⁶ BOOTHROYD, G. (2005). Assembly Automation and Product Design. Taylor&Francis. pp. 72-145

Se considera que los pescados tienen la misma forma, pero varía su tamaño. Se determina una altura al final del riel de 8 cm.

La separación entre el riel y la base se definió según el grosor del pescado muestra. El tobogán está conformado por un canal y el riel elaborado como una sola pieza con chapa metálica sometida a torsión.



Figura 5.9. Tobogán de pescado.⁸⁷

La sección transversal de desembocadura del tobogán es en forma trapezoidal, cuya base menor es de 2 cm (ancho del canal) y base mayor de 3 cm.

Se recomienda que exista humectación constante del tobogán para reducir en parte la fricción y estancamiento del pescado en su trayecto.

Una vez realizadas las pruebas en conjunto se procedió a colocar las tapas a la máquina y evitar que cuerpos ajenos ingresen a ella y por medidas de seguridad no toquen las cuchillas.

5.1.3. PRUEBAS DE LA ESCAMADORA

5.1.3.1. El diseño de experimentos y ciclo de Deming

Muchas estrategias de optimización y mejora continua, y en particular el diseño de experimentos, embonan en el llamado ciclo de Deming, el cual representa una estrategia a seguir para mejorar continuamente cada producto o proceso, y consiste en los cuatro pasos: planear, hacer, verificar o estudiar y actuar.

⁸⁷ Fuente: Propia

Planear un experimento._ Lo primero es localizar un problema importante que sea susceptible de atacarse con diseño de experimentos. La importancia del problema se puede cuantificar con base en la pérdida que causa a la compañía. Una vez ubicado el problema se determinan los factores controlables que pudieran tener alguna influencia sobre la característica de calidad de interés.

Hacer las corridas experimentales._ Se prueba el proceso en cada tratamiento especificado en la etapa de planeación. Las corridas se hacen en orden aleatorio y de acuerdo al plan experimental seleccionado.

Verificar o analizar los resultados._ Consiste en analizar los datos con las técnicas adecuadas. Verificar los supuestos y determinar el mejor tratamiento para la variable de respuesta que es objeto de estudio.

Implementación de resultados._ Hacer pruebas confirmatorias para tener una mejor representatividad del desempeño del proceso en el nuevo tratamiento. Con base en lo aprendido es posible planear otro experimento y repetir el ciclo de Deming. Cada vuelta al ciclo implica necesariamente mejoras, ya que en el peor de los casos, cuando no se consigue la mejora se ha logrado más conocimiento del proceso.

5.1.3.2. Etapas y actividades de la planeación y análisis de un experimento.

5.1.3.2.1. Planeación y diseño

Definir el problema o el objetivo

Asignar un título al estudio experimental.

Describir el problema o situación.

Especificar la manera en que se mediría el éxito del proyecto.

Comentar que se hace actualmente para atenuar el problema.

Definir el objetivo que se persigue al realizar el experimento.

Hacer un esquema del estudio donde se señale el problema planteado

Determinar los factores que deben investigarse, de acuerdo a su posible impacto al problema.

Elegir las variables de respuesta que serán medidas en cada punto del diseño y verificar que se miden de manera confiable.

Seleccionar el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen.

Planear y organizar el trabajo experimental.

Realizar el experimento.

5.1.3.2.2. Análisis e interpretación

Hacer un análisis de los resultados experimentales y detectar a simple vista las principales tendencias.

Interpretar resultados._ Es preciso analizar con detalle lo que ha pasado en el experimento, para ello se contemplan: ver los factores y efectos que influyeron de manera significativa en las variables de respuesta, interpretar con detalle los efectos más significativos, encontrar el tratamiento ganador es decir en qué condiciones se propone operar el proceso, verificar los supuestos del modelo, determinar cuál es la respuesta esperada.

Hacer corridas confirmatorias del proceso en el mejor tratamiento.³¹

5.1.3.3. Etapas desarrolladas en el diseño experimental de la escamadora

Definir el problema o el objetivo

Título: Desarrollo de una máquina escamadora de pescado

Problema: Retirar las escamas de los pescados previo al corte de cabeza, cola y panza y disminuir la mano de obra.

Medición/Método de comprobación: Se determinará la cantidad de escamas restantes y en qué zonas se encuentran alojadas. La cantidad de pescados procesados en un tiempo determinado.

Atenuación actual del problema: El proceso tradicional de escamado ha sido el manual, con personas ubicadas en una mesa y retiren las escamas con

cuchillos o cepillos. Una persona retira las escamas de 1 pescado en 5 segundos en condiciones del pescado previamente congelado.

En condiciones del pescado fresco escaman una sardina en 3 segundos.

Para escamar 200 pescados/minuto se necesitan 17 personas.

Objetivo: Reducir la cantidad de escamas restantes alojadas en el cuerpo de los pescados antes de ser empacado en las latas.



Figura 5.10. Sistema experimento escamadora⁸⁸

Factores: Los factores que serán objeto de estudio serán la velocidad angular, inclinación del tambor y la rugosidad de la malla empleada para el tambor.

La malla utilizada fue seleccionada por la disposición de agujeros que permite la salida de las escamas hacia el tanque, así como por la forma ondulada entre agujero y agujero permitiendo hacer contacto con el pescado en los picos y debilitando las escamas. Se obvió en el proceso la utilización de cribas por su acabado en los picos que ocasionan el desprendimiento de la piel del pescado.

La inclinación del tambor incide directamente en el tiempo de escamado.

La velocidad angular que incide en el contacto del pescado con la superficie de la malla, el pescado recorrerá una mayor longitud de arco si se tiene mayor velocidad.

Variables de respuesta: El porcentaje de escamas retiradas del pescado, y de manera indirecta como variable afectada, la cantidad de pescados escamados en un tiempo determinado.

El porcentaje de escamas retiradas será medido en base a inspección visual y táctil de una muestra del 10% de la producción teórica.

⁸⁸ Fuente: Propia

La cantidad de pescados escamados (Producción) será medida en base al conteo de pescados en un minuto de trabajo.

Se aplica el diseño experimental factorial para las pruebas de la escamadora por medio de 4 tratamientos distintos:

Tabla 5.2 Diseño experimental factorial.

Velocidad angular (RPM)	Ángulo de inclinación (°)	Tratamiento	Y ₁ (%)	Y ₂ (pesc/min)
33	10°	1		
18	10°	2		
33	5°	3		
18	5°	4		

Fuente: propia

Los costos y tiempos que implican el tratamiento de experimentos son:

Cambiar el reductor mecánico de velocidad junto con su soportería o,

Adquirir e instalar un variador de frecuencia para realizar las pruebas teniendo en cuenta el costo de un variador de frecuencia en el mercado local y la confiabilidad de la empresa hacia el diseño experimental.

Rearmar la estructura para cambiar el ángulo de inclinación del tambor con respecto al piso.

Orden y Determinación de las pruebas:

Para la regulación de velocidad se emplearan dos reductores de velocidad mecánicos distintos debido a la disponibilidad en la planta y a que se tiene una velocidad muy baja y un variador generaría excesivo calor sobre el motor a bajas revoluciones.

Tratamiento 1._ Se instalará el motoreductor a 33 RPM y el ángulo de inclinación de 10° y se correrán las pruebas durante 20 minutos.

Se analizará la relación costo/tiempo para realizar los cambios si de velocidad o de inclinación y proceder con la siguiente prueba.

Tratamiento 2._ Reemplazar el motoreductor y correr las pruebas con 18 RPM durante 20 minutos.

Tratamiento 4._ Rearmar la estructura para correr las pruebas con un ángulo de inclinación de 5° y los 18 RPM de velocidad durante 20 minutos.

Tratamiento 3._ Reemplazar el motoreductor y correr las pruebas con 33 RPM durante 20 minutos.

El plan de trabajo experimental se detalla en el anexo F.

Análisis del experimento

Se partió con una velocidad angular de 33 RPM que existía un motoreductor disponible, se consideró esta velocidad según catálogos de máquinas escamadoras existentes en el mercado europeo.⁸⁹

El pescado ingresaba bien pero en su trayecto se lastimaba y salía de la máquina en un tiempo muy corto sin haber sacado muchas escamas.

Se recomienda usar un variador de frecuencia para las pruebas de la máquina, pero por falta disponibilidad de equipos no se consiguió hacer las pruebas con este.

Analizadas las variables de entrada (Velocidad e inclinación) se pretendió incidir sobre estas para optimizar la salida (% escamado).

El porcentaje de escamado aumenta inversamente proporcional a la inclinación. Los cambios realizados fueron los de reducir la velocidad angular del motor a 18 RPM y de disminuir la inclinación del tambor a de 10° a 5° para tener un avance horizontal más lento, manteniendo durante más tiempo al pescado dentro del tambor.

Debido a poca mano de obra se realizaron apenas dos ajuste con los valores antes mencionados. Se mejora notablemente el escamado de los pescados, se consigue sacar las escamas en un 40% en los pescados pequeños y un 20% en los pescados grandes.

Entiéndase por pescados pequeños a tallas inferiores a 15 cm, y pescados grandes a tallas superiores a esta medida.

⁸⁹ OTERO, A. . Triomachine S.A., (pag 37). Pontevedra, España. (2011). 26 p.

Se realizan pequeños cortes a la malla para crear un efecto de criba interior y este desprenda las escamas por las puntas con filo que han quedado.

Una vez definido el tratamiento ganador (Tratamiento 4), se hace repetición del experimento con una cantidad mayor de pescados como comprobación de experimento. El producto sale mejor que en los experimentos anteriores, retirando un 42% y 24% de las escamas en pescados pequeños y grandes respectivamente.

Por poca disponibilidad de recursos para el desarrollo de experimentos, no se desarrollan más ensayos.

5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizadas las diferentes pruebas y habiéndose calibrado las máquinas sobre la marcha con correcciones pequeñas para mejorar el rendimiento de las mismas. Se puede comprobar que los diseños planteados de cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza cumplen con los requerimientos de producción, mientras que la escamadora no consigue retirar la totalidad de las escamas y la producción es baja.

Para las pruebas de comprobación se adquirió una gaveta con 400 pescados. Según la clasificación se obtuvo un 75% de pescados grandes y un 25% de pescados pequeños.

Tabla 5.3. Pruebas de la cortadora de cabeza y cola.

TABLA DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA					
	Muestra pescados mayores a 15 cm de longitud	Muestra pescados menores a 15 cm de longitud	Corte satisfactorio	Corte defectuoso	Total
Lado izq.	144	56	125	75	200
Lado der.	144	56	126	74	200

Fuente: propia

Excluyendo los pescados pequeños (menos de 15 cm de largo).

Tabla 5.4. Resultados de la cortadora de cabeza y cola.

	Cantidad de pescados grandes	Cortes satisfactorios	Cortes defectuoso	Eficiencia de la máquina
Lado izquierdo	144	125	19	86.81
Lado derecho	144	126	18	87.50
PROMEDIO %				87.15%

Fuente: propia

DETALLE ACEPTACIÓN:

CORTES SATISFACTORIOS: Se ha cortado cabeza y cola completamente

CORTES DEFECTUOSOS: Se ha cortado la cabeza, la cola no fue cortada o fue cortada parcialmente

Tabla 5.5. Pruebas y resultados del tobogán de pescado.

TABLA DE RESULTADOS DE LA CAIDA DEL PESCADO ENTRE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA Y LA CORTADORA DE PANZA POR TOBOGÁN						
	Cantidad de pescados	Desliz. satisf.	Desliz. Defect.	Giro satisf.	Giro defect.	Eficiencia
L. izq.	144	25	119	115	29	17.36

Fuente: propia

DETALLE ACEPTACIÓN:

DESLIZAMIENTO SATISFACTORIO: El pescado sale del tobogán hacia la cortadora de panza.

DESLIZAMIENTO DEFECTUOSO: El pescado no consigue salir del tobogán y se queda en la entrada a la cortadora de panza

GIRO SATISFACTORIO: El pescado queda en la posición correcta para entrar a la cortadora de panza

GIRO DEFECTUOSO: El pescado queda en una posición incorrecta para el corte de panza.

La eficiencia del tobogán se mide por la prueba menos satisfactoria que fue el deslizamiento.

El pescado requiere de ayuda para el ingreso hacia la cortadora de panza, el giro es el adecuado pero el deslizamiento podría colapsar al tobogán y crear un caos en la máquina. Se requiere que una persona mueva el pescado desde el tobogán hacia la cortadora de panza según los resultados obtenidos y se recomienda realizar una instalación de agua en el tobogán que podría ayudar con el deslizamiento.

Tabla 5.6. Pruebas de la cortadora de panza.

TABLA DE RESULTADOS DE LA CORTADORA DE PANZA				
Cantidad de pescados grandes	Cantidad de pescados pequeños	Cortes satisfactorios	Cortes defectuosos	Total
144	56	128	72	200

Fuente: propia

Tabla 5.7. Resultados de la cortadora de panza.

TABLA DE RESULTADOS DE LA CORTADORA DE PANZA			
Cantidad de pescados	Cortes satisfactorios	Cortes defectuosos	Eficiencia de la máquina
144	128	16	88.89%

Fuente: propia

DETALLE ACEPTACIÓN:

CORTES SATISFACTORIOS: Se ha cortado la panza completamente sin pérdida de producto

CORTES DEFECTUOSOS: Se ha cortado la panza en exceso y se desperdicia una mínima parte de producto. No se desprendió por completo la panza. Las cuchillas no alcanzaron la altura de corte de panza.

Tabla 5.8. Resultados de la escamadora.

TABLA DE RESULTADOS DE LA ESCAMADORA				
Niveles de escamación	Ponderación: %	Pescados grandes	Pescados pequeños	Producción (pesc/min)
Malo	20	113	7	97
Regular	40	31	41	
Bueno	60	0	8	
Muy bueno	80	0	0	
Total		144	56	
Tiempo de procesado (min.)		1.5	0.75	
Eficiencia:		24.31%	40.36%	

Fuente: propia

DETALLE NIVELES:

MALO: No retira muchas escamas, y debilita la coraza de escamas para su remoción manual

REGULAR: Retira gran parte de escamas de un lado del cuerpo.

BUENO: Retira gran parte de escamas de ambos lados del cuerpo

MUY BUENO: Retira escamas completamente de todo el cuerpo

La tabla 5.8. muestra los resultados de las pruebas definitivas con los últimos cambios realizados en la escamadora.

Los valores porcentuales indicados se basan en muestras con las manos tomadas por personas capacitadas en cuestión de escamado, para determinar la cantidad de escamas que no se retiraron.

La máquina procesa 100 pescados/minuto.

Para cubrir la demanda de escamación se necesita de otra máquina.

Cabe mencionar que la máquina no saca las escamas por completo debido a la irregularidad de forma entre uno y otro pescado, pero por trabajar junto a la cortadora de cabeza y cola y la cortadora de panza, en estas máquinas son retiradas otra parte de las escamas junto a los desperdicios cortados por las cuchillas, dejando así con una menor cantidad de escamas.

Es necesario que al final de la cortadora de panza se encuentren operarios para una inspección del pescado, retirada de las escamas restantes y lavado de pesca antes del empaque en las latas.

El tiempo promedio en retirar escamas después de haber pasado por las máquinas es de 30 pescados en un minuto requiriendo 3 personas mientras que para atenuar el problema de escamación de forma manual se requiere de 17 personas para la producción de 200 pescados/minuto, incidiendo en la justificación de la inversión.

Al ser la producción de 200 pescados/minuto y habiendo solucionado la producción de 100 pescados/minuto con la máquina y 3 personas, se recomienda trabajar con 4 escamadoras y 4 personas por máquina para la limpieza final, Empleando 16 personas en la escamación y limpieza.

La eficiencia de la línea de producción solucionado el escamado es de 77.47%.

5.2.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En las pruebas realizadas se observó que de los 400 pescados ingresados a la máquina, el corte de la cabeza y la cola mantiene una medida constante de 120 mm de cuerpo y linealidad del corte a excepción de los pescados pequeños que no siempre cortó la cola.

La utilización del tobogán da importancia a la automatización pues evita el cuello de botella entre máquinas y se evita una alimentación totalmente manual del pescado hacia la cortadora de panza. Se recomienda tener instalación de agua junto a éste para facilitar su función.

La ubicación de las cuchillas tanto en el corte de cabeza y cola como el de panza es regulable en sus medidas según la talla del pescado a cortar, disponen de un eje roscado sobre el cual se fija con tuerca y contra tuerca.

5.2.2. PARÁMETROS DE INTERÉS

Las medidas de corte deben ser calibradas cuando se tengan variaciones de tamaño de pescado, como en época de aguajes o en épocas próximas a la veda.

El nivel de las gavetas recolectoras de cabeza, cola, vísceras y panza deben estar por debajo del límite permitido.

Se recomienda que la escamadora debe tener una inclinación regulable y un variador de frecuencia para la regulación de la velocidad y calibración dependiendo de la cantidad de escamas que tenga el pescado y mantenerlo durante el tiempo que el operador considere prudente.

La temperatura del pescado incide directamente sobre el rendimiento de las escamadora, para pescados muy templados o congelados es imposible retirar escamas sea manual o con máquina.

5.3. COSTO DEL PROYECTO

La inversión realizada por la empresa en las máquinas construidas representa un ahorro frente a la compra de máquinas de importación y posterior adecuación al tipo de pescado de las costas ecuatorianas.

El costo por la cortadora de cabeza y cola fue de \$ 34918 con una producción de 350 pescados/min, para la cortadora de panza fue de \$ 15600 con una producción de 179 pescados/min mientras que para la escamadora fue de \$9437.78 con una producción de 100 pescados/min dando un total de \$ 59956.24.

En el anexo D se aprecian los valores de los materiales de las máquinas, el costo de herramientas y mano de obra, el análisis financiero y proyecciones.

El beneficio presupuestado anual para la línea de procesamiento de pescado es de \$412,875.20. El valor actual neto es de \$ 1,289,589.92 considerando el 15% de depreciación. La tasa interna de retorno es de 38% para un periodo de 5 años de vida de las máquinas.

En el mercado peruano ofertan máquinas cortadoras de cabeza y cola con una producción de 400 pescados/minuto por los \$30000 dólares, por tal motivo se considera que esta inversión local se justifica.

En el mercado español ofertan máquinas cortadoras de panza con una producción de 200 pescados/minuto por los €36000, una vez más se corrobora que la inversión resulta económica.

En el mercado norteamericano ofertan máquinas escamadoras con una producción de 300 pescados/minuto por los \$8500.

La adquisición de la clasificadora queda a cargo de la administración de proyectos, se seleccionó una máquina clasificadora de origen peruano con una producción de 500 pescados/minuto cotizada por los \$6000. Y el equipo de succión junto con la asesoría técnica e implementación asciende a \$10500.

Ninguno de los valores antes mencionados incluye impuestos por importación y transporte.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. Se diseñaron y construyeron las máquinas cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza cumpliendo las normas FDA, un prototipo definido de escamadora construida en acero A36 para su posterior elaboración en acero inoxidable 304 y seleccionado el equipo para la succión de vísceras y clasificación por tamaños que trabajará en la planta industrial de la empresa Promopesca S.A. de la ciudad de Manta.
2. Los materiales utilizados en la construcción de la línea de procesamiento fueron seleccionados según los requerimientos de la empresa y en base a las normas FDA para alimentos, cumpliendo con normas técnicas de operatividad, seguridad y mantenimiento, y brindan flexibilidad en las medidas de producto terminado en la cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza.
3. La selección de equipos y materiales utilizados en su mayoría fueron adquiridos en el mercado local para efectos de disponibilidad inmediata y recambio de piezas para mantenimiento de las máquinas y las piezas adquiridas en el mercado nacional fueron adquiridas con más unidades para tener en stock y evitar paros de la línea. Todas las partes diseñadas en software CAD, fueron pensadas en el ahorro de material y el aprovechamiento del espacio físico de la planta, para no desperdiciar materiales ni áreas de la planta, así como el empleo de equipos eléctricos de plástico que cumplan con el grado de protección IP 65 y brindar seguridad a los operadores.
4. En la máquina escamadora se realizaron 4 combinaciones de experimentos para poder lograr retirar escamas, pues no se tenía suficiente información de la cual partir, se corrigieron fallas y se obtuvo un rendimiento limitado con un prototipo de bajo presupuesto acorde al requerimiento y recursos de la empresa.

6.2. RECOMENDACIONES

1. El empleo de herramientas que trabajen el material de acero inoxidable es importante a la hora de la construcción de las máquinas pues si se usa equipo común podría hacer que las partes trabajadas se oxiden y deje de ser alimenticia.
2. El tiempo que tome la construcción o el mantenimiento de las máquinas depende de la disponibilidad de piezas en el mercado local, por tal motivo hubo máquinas que se construyeron más rápido que otras debido al acceso a los materiales.
3. Se deben construir las máquinas pensando en futuros cambios, transporte de las máquinas, diferentes calibraciones y flexibilidad al sistema, y sirva para otras tallas de pescado, como en el caso de la medida de corte de la cortadora de cabeza y cola. Al diseñar piezas y ensambles se debe procurar adaptarse a los materiales y las cantidades comerciales para reducir costos evitando desperdicios de materiales y el uso de equipos seguros de buena calidad que sean aptos para el ambiente húmedo de trabajo de la planta.
4. El diseño experimental conlleva un proceso de planeación, corridas de pruebas, análisis detallado de variables, algunas veces pérdidas de dinero y tiempo por tal motivo se debe evaluar minuciosamente cada una de las etapas y disponer de recursos para su investigación y desarrollo. En la escamadora se deben analizar aún más variables como lo son temperatura de almacenamiento, temperatura de procesado, tiempo de almacenamiento cuyos factores no se pudieron probar debido a la irregularidad de abastecimiento y almacenamiento del producto.

REFERENCIAS

UNIÓN EUROPEA. CF EUROPA. “Materiales y objetos en contacto con los alimentos”. Etiquetado y embalaje de los productos. Dirección General de Sanidad y Consumidores. (2009)

MERCHAN, Héctor. “Manual curso taller de manipulación de alimentos”. Oficina de alimentos. MINISTERIO DE SALUD. (Buenos aires, Argentina). (2011) p. 12

DELGADO BENAVIDES, F. “Estudio y diseño de mecanismos y sistemas de protección para las máquinas de trabajar la madera: Tupis y sierras circulares Fundación MAPFRE, Madrid. (1982) pp.18-25

ZEGARRA Kenyi. “Especificaciones de la hoja”. Aserrado. Noviembre (2010). 25 p.

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. “Utilizar una sierra circular, herramientas de corte. Herramientas eléctricas accesorios. (2010).

SAENZ CARRERA, Carlos Omar. “Diseño y construcción de un sistema de extracción de Viruta controlado para la industria “maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA”. Ecuador. (2009). 258 p.

QUIMINET. “El funcionamiento de una bomba de vacío y sus características”. Maquinaria y equipo, Tratamiento de agua, maquinaria y equipo periférico. España. Julio (2011). 3 p.

AR. SISTEMA DE VACIO. “Válvulas de retención de vacíos”. Barcelona, España. (2007). 1 p.

DHSC. Bombas para vacío por sello hidráulico diseño compacto. “Manual de operaciones”. Febrero (2006). 10 p.

NISBETT, R. J. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.). Chicago: Mc Graw Hill. (2008). p 325.

GONZALEZ Gonzalo Rey. “Apuntes para el cálculo de transmisiones para correas en V”. Edición elaborada para la Asignatura Componentes Mecánicos de la Maestría de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE). Ciudad de la Habana. Cuba. (1999). pp. 34-39

INTRIAGO NACEVILLA Darwin, MANCHAY LASCANO Wellington. "Readecuación e implementación de un equipo para alineación láser de bandas y poleas en el laboratorio de análisis vibracional de la escuela de ingeniería de mantenimiento de la ESPOCH". Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. (2011). 156 p.

CHIORINO. "Productos, correas planos de transmisión, forma de construcción de las poleas". Ideas In Motion. Italia. (2005).

SFK.com. "Transmisión por correas". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. S.L (2012).

MOTT, R. L. Diseño de Elementos de Máquinas. México AlfaOmega

SFK.COM. "Fricción; Estimación al momento de fricción". Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. (2012).

PÉREZ GONZÁLEZ Antonio. "Calculo resistente de Chavetas". Mecapedia, Enciclopedia Virtual de Ingeniería Mecánica. Área de Ingeniería Mecánica. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón, España. (2006). pp. 1-3

PIOVAN Marcelo Tulio. "Proyecto de cálculos y ejes y elementos accesorios". Generalidades. Revisión de métodos estático, métodos dinámicos por fatiga. (2004).

BUENAS TAREAS. "Método de dobles integración". Santo domingo. Republica Dominicana. (2010).

NORTON. "Diseño de las maquinas". Editorial Prentice Hall. (1999). p. 156

http://www.mecapedia.uji.es/deformaciones_en_la_torsion.htm, Deformaciones a la torsión, español, 10 de noviembre del 2012

<http://civil-arquitectura.blogspot.com/2010/05/ejemplo-de-producto-de-inercia.html>, Producto de inercia, español, 5 de noviembre del 2012

L. Ortiz Berrocal, Elasticidad, ed. McGraw-Hill, Madrid, 1998. p 45

http://www.tecnologiamecanica.com/teoria_y_practica/elementos_de_maquinas.htm, Elementos de máquinas, español, 12 de octubre del 2012.

GARCIA ROCHE Laura, OLMO Verónica. “La industria Alimentaria. Tecnología del pescado”. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Catalunya. España.(s.f.). p. 12

<http://www.misrespuestas.com/que-son-los-fusibles.html>, ¿Qué son los fusibles?, español, 15 de noviembre del 2012.

<http://www.publysoft.net/~watios/pulsador.htm>, Pulsadores, español, 15 de noviembre del 2012.

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm, Sensor transductor, español, 15 de noviembre del 2012

P, H. G., & De la Vara Salazar, R. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw Hill, (2008). 345 p.

BUCKINGHAM, E: Analytical Mechanics of Gear, New York, Toronto/London 1949.

<http://www.renold.es/Products/TransmissionChainSprockets/TransmissionChainIndexPage.asp>, plc, R. (s.f). Cadena de rodillos Renold Chain, español, 17 de noviembre de 2012

TRANSTECNO, m.g. Reductores de sinfin corona. CM-CPM, (2011). p. 7

<http://es.scribd.com/doc/22590266/Coeficientes-de-friccion-Cinetica-y-Estatica>, Coeficientes de fricción cinética y estática, español, 24 de octubre del 2012

OTERO, A. . Triomachine S.A., Pontevedra, España. (2011). 37 p.

BOOTHROYD, G. Assembly Automation and Product Design. Taylor&Francis. (2005). pp. 72-145