



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑAR Y VALIDAR UNA MÁQUINA PARA BATIR LA
MELCOCHA CON LA FINALIDAD DE CONTROLAR EL
PROCESO EN LA FABRICACIÓN DEL PRODUCTO**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

LUIS MIGUEL BARAJA PLAZA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑAR Y VALIDAR UNA MÁQUINA PARA BATIR LA
MELCOCHA CON LA FINALIDAD DE CONTROLAR EL
PROCESO EN LA FABRICACIÓN DEL PRODUCTO**

Trabajo de Titulación
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: LUIS MIGUEL BARAJA PLAZA
DIRECTOR: Ing. SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA

Riobamba – Ecuador
2022

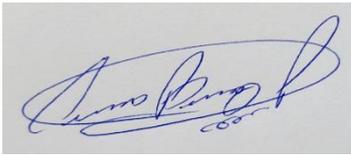
© 2022, Luis Miguel Baraja Plaza

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

Yo, Luis Miguel Baraja Plaza, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 29 de noviembre de 2022

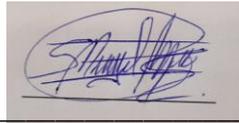
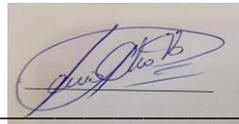
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Miguel Baraja Plaza', is shown within a rectangular frame.

Luis Miguel Baraja Plaza

060494009-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑAR Y VALIDAR UNA MÁQUINA PARA BATIR LA MELCOCHA CON LA FINALIDAD DE CONTROLAR EL PROCESO EN LA FABRICACIÓN DEL PRODUCTO**, realizado por: **LUIS MIGUEL BARAJA PLAZA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. / PhD. Edwin Fernando Viteri Nuñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-29
Ing. / Dr. Sócrates Miguel Aquino Arroba DIRECTOR(A) DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-11-29
Ing. / Dr. Luis Santiago Choto Chariguamán MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-29

DEDICATORIA

Dedico primero a Dios por permitirme alcanzar este logro que se está cumpliendo, que nunca me permitió rendirme pese a todo pronóstico por siempre darme las bendiciones y fortaleza en seguir cumpliendo mis sueños. Esto lo dedicó de todo corazón a mis padres Mirian Plaza, Luis Baraja y mis hermanas que siempre creyeron en mis sueños dándome ese apoyo que uno necesita para llegar lejos gracias a ustedes esto se está dando, dios tarda, pero nunca se olvida de las suplicas que siempre he pedido por todos los míos. Parte de toda esta trayectoria nació mi hijo Joaquín Baraja Peña el cual esta dedicatoria también forma parte de este sueño el cual es mi mayor motivación para seguir de pie y ser un ejemplo real en su vida, lo cual su madre tiene un espacio en toda esta trayectoria el cual forma parte de mi vida. Familia esto les dedico de todo corazón en especial a todas esas personas que fueron parte de este camino que me ayudaron a solucionar cada obstáculo que se me venía presentando con ese apoyo condicional por ende son parte de este sueño.

Luis

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la fortaleza y sabiduría de poder llegar tan lejos y nunca permitirme rendirme ante todo pronóstico que se fue presentando a lo largo de esta prestigiosa carrera que al final del camino se me está cumpliendo mi mayor meta que es convertirme en un gran profesional y llenar de orgullo a mi familia y ser una inspiración para mi mayor bendición que es mi hijo.

Todo el esfuerzo que he venido realizando desde que empecé esta travesía, es gracias a mi mayor amuleto que es mi madre Mirian Plaza, que admiro por su personalidad que nunca se a rendido ante cualquier obstáculo lo cual le pido a mi Dios que me lo cuide y que me vea triunfar en vida, de esta manera nace mi clon Joaquín Baraja Peña, que me dio una lección de vida lo que es ser padre, lo cual agradezco a mi compañera de vida, que no ha sido nada fácil pero fue en ese momento que conocí el amor sincero y verdadero que puede existir, con más razón no me baje del barco y seguí forjándome en cumplir mis sueños lo cual agradezco también a mi padre Luis Baraja, hermanas Alexandra , Leydi y toda mi familia que siempre me apoyaron con un consejo para ser más fuerte en esos momentos más difíciles que estaba pasando y ahora que estoy a qui se van a dar cuenta que nunca les defraude.

Doy gracias a Dios por ponerme a personas buenas en mi camino que es mi tía Mélida Plaza, prima Claudia Hernández y primos Raúl Plaza, Edwin Plaza, que fueron un pilar muy importante en todo este proceso gracias a sus consejos y ayuda he podido lograr mi mayor objetivo que está a la vuelta de la esquina gracias familia.

Me dirijo también a todos los educadores que fueron parte de mi camino lo cual doy gracias por todo esos conocimientos brindados a lo largo de mi carrera, gratitud y bendiciones para todas sus familias

Luis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	15
ÍNDICE DE ANEXOS.....	17
RESUMEN	19
SUMMARY	20
INTRODUCCIÓN	21

CAPITULO I

1	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	22
1.1	Antecedentes	22
1.2	Formulación del problema.....	23
1.3	Objetivos	23
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	23
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	23
1.4	Alcance	23
1.5	Delimitación	24
1.5.1	<i>Delimitación espacial</i>	24
1.5.2	<i>Delimitación sectorial.....</i>	24

CAPITULO II

2	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	25
2.1	Melcocha	25
2.1.1	<i>Aporte nutricional</i>	26
2.2	Ingredientes principales para la elaboración de la melcocha.....	26
2.2.1	<i>Panela</i>	26
2.2.2	<i>Mandarina</i>	27
2.2.3	<i>Maní.....</i>	28
2.3	Proceso de elaboración de la melcocha	29
2.3.1	<i>Descripción de cada etapa del proceso de la elaboración de la melcocha.....</i>	30
2.3.2	<i>Recepción.....</i>	30
2.3.3	<i>Cocción</i>	31
2.3.4	<i>Enfriamiento.....</i>	31
2.3.5	<i>Blanqueado.....</i>	32

2.3.6	Repartir	32
2.3.7	Sellado	33
2.3.8	Enfundado	33
2.4	Característica del tipo de fluido de la melcocha	35
2.4.1	Fluidos newtonianos y no newtonianos	35
2.4.1.1	<i>Fluido newtoniano</i>	35
2.4.1.2	<i>Fluido no newtoniano</i>	35
2.4.1.2.1	<i>Independientes del tiempo</i>	36
2.4.1.2.2	<i>Dependientes del tiempo</i>	36
2.5	Maquinas amasadoras	36
2.5.1	Tipos de amasadoras	36
2.5.1.1	<i>Amasadora de eje oblicuo</i>	37
2.5.1.2	<i>Amasadora espiral</i>	37
2.5.1.3	<i>Amasadora de brazos horizontales</i>	38
2.5.1.4	<i>Amasadora de brazos verticales</i>	38
2.6	Trasmisión de potencia	39
2.6.1	Trasmisión por correas	40
	40	
2.6.2	Trasmisión por cadena	41
2.6.3	Trasmisión por engranajes	42
2.6.4	Selección de motores eléctricos	43
2.6.4.1	<i>Potencia</i>	43
2.6.4.2	<i>Velocidad</i>	43
2.6.4.3	<i>Voltaje y frecuencia</i>	43
2.6.4.4	<i>Tamaño y forma constructiva</i>	43
2.6.4.5	<i>Hermeticidad (Grado de protección)</i>	43
2.6.4.6	<i>Condiciones de servicios</i>	44
2.6.4.7	<i>Limitación de corriente de arranque</i>	44
2.7	Sistema de control	44
2.7.1	Variador de frecuencia	44
2.8	Materiales de uso para la industria alimenticia	45
2.8.1	Acero inoxidable AISI 304	45

CAPITULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	46
3.1	Metodología del diseño	46

3.2	Definición de producto	46
3.2.1	<i>Casa de calidad</i>.....	47
3.2.1.1	<i>Voz del usuario</i>	47
3.2.1.2	<i>Voz del ingeniero</i>	47
3.2.1.2.1	<i>Material</i>	48
3.2.1.2.2	<i>Periodo de mantenimiento</i>	48
3.2.1.2.3	<i>Precio</i>	48
3.2.1.2.4	<i>Instrucciones de operación</i>	48
3.2.1.2.5	<i>Resistencia</i>	48
3.2.1.2.6	<i>Eficiencia</i>	48
3.2.1.2.7	<i>Motor</i>	49
3.2.1.2.8	<i>Velocidad constante</i>	49
3.2.1.2.9	<i>Diseño ergonómico</i>	49
3.2.1.2.10	<i>Dimensionamiento</i>	49
3.2.1.3	<i>Competencia de producto</i>	49
3.2.1.3.1	<i>Maquina estiradora de melcochas con capacidad para 25 libras</i>	49
3.2.1.3.2	<i>Maquina batidora de melcocha</i>	50
3.2.2	<i>Especificaciones técnicas</i>	52
3.3	Diseño Conceptual.....	53
3.3.1	<i>Análisis de la estructura funcional</i>	53
3.3.1.1	<i>Nivel 0</i>	53
3.3.1.2	<i>Nivel I</i>	54
3.3.2	<i>Matriz morfológica</i>	54
3.3.2.1	<i>Generación de alternativas</i>	55
3.3.2.1.1	<i>Alternativa 1</i>	56
3.3.2.1.2	<i>Alternativa 2</i>	56
3.3.2.1.3	<i>Alternativa 3</i>	57
3.3.2.2	<i>Evaluación de alternativas</i>	58
3.4	Diseño de materialización	62
3.5	Parámetros de diseño	62
3.5.1	<i>Determinación de la capacidad de producción</i>	62
3.5.1.1	<i>Producción de los artesanos por día</i>	62
3.5.2	<i>Determinación de las propiedades mecánicas y físicas</i>.....	64
3.5.2.1	<i>Densidad del producto</i>	64
3.5.2.2	<i>Resistencia que presenta la melcocha al estiramiento</i>	66
3.5.2.3	<i>Velocidad del proceso de batido de la melcocha</i>	68
3.6	Diseño y validación del prototipo	69

3.6.1	<i>Selección del material.....</i>	69
3.6.1.1	<i>Eje de batido.....</i>	69
3.6.1.2	<i>Material de recubrimiento.....</i>	70
3.6.2	<i>Diseño de los ejes de batido.....</i>	71
3.6.2.1	<i>Diseño estático.....</i>	71
3.6.2.1.1	<i>Flexión.....</i>	71
3.6.2.1.2	<i>Corte.....</i>	72
3.6.2.2	<i>Diseño dinámico.....</i>	73
3.6.2.2.1	<i>Corte.....</i>	74
3.6.2.2.2	<i>Flexión.....</i>	74
3.6.3	<i>Diseño de los brazos.....</i>	76
3.6.3.1	<i>Diseño estático.....</i>	77
3.6.3.2	<i>Diseño dinámico.....</i>	79
3.7	<i>Selección de los elementos de transmisión.....</i>	84
3.7.1	<i>Motor.....</i>	84
3.7.1.1	<i>Torque necesario.....</i>	84
3.7.1.2	<i>Cálculo de la potencia,.....</i>	85
3.7.2	<i>Reductor sinfn corona.....</i>	86
3.7.3	<i>Selección de la cadena de trasmisión entre el motor y el primer eje.....</i>	87
3.7.3.1	<i>Cálculo de potencia.....</i>	88
3.7.3.2	<i>Determinar el tipo de cadena.....</i>	88
3.7.3.3	<i>Relación de transmisión.....</i>	88
3.7.3.4	<i>Numero de dientes de la catalina menor.....</i>	88
3.7.3.5	<i>Calcular el número de dientes de la polea mayor.....</i>	89
3.7.3.6	<i>Distancia entre centros.....</i>	89
3.7.3.7	<i>Longitud de la cadena.....</i>	89
3.7.3.8	<i>Calcular el número de eslabones.....</i>	90
3.7.3.9	<i>Corrección de la distancia entre centros.....</i>	90
3.7.3.10	<i>Especificar lubricante.....</i>	90
3.7.3.11	<i>Especificación de la cadena.....</i>	90
3.7.3.12	<i>Cálculo de fuerza.....</i>	90
3.7.4	<i>Diseño de los ejes de transmisión del sistema.....</i>	91
3.7.4.1	<i>Diagrama de las fuerzas y momentos.....</i>	91
3.7.4.2	<i>Determinar los diagramas del cortante y momento flector.....</i>	92
3.7.4.3	<i>Diagrama del momento de torsión.....</i>	94
3.7.4.4	<i>Punto crítico analizar.....</i>	94
3.7.4.5	<i>Valores a sumir.....</i>	95

3.7.4.6	<i>Material del eje</i>	95
3.7.4.7	<i>Límite de fatiga de elementos de máquinas</i>	95
3.7.4.8	<i>Según la ASME B106,1M</i>	95
3.7.4.9	<i>Selección del diámetro comercial.</i>	96
3.7.4.10	<i>Verificación del factor de seguridad.</i>	96
3.7.4.11	<i>Recalculo del límite de fatiga.</i>	96
3.7.4.11.1	<i>Factor de modificación por condiciones superficiales</i>	96
3.7.4.11.2	<i>Factor de modificación por tamaño.</i>	96
3.7.4.11.3	<i>Factor de modificación por confiabilidad.</i>	96
3.7.4.11.4	<i>Factor de modificación por temperatura.</i>	97
3.7.4.11.5	<i>Factor de modificación por efectos varios.</i>	97
3.7.4.11.6	<i>Cálculo del límite de fatiga.</i>	97
3.7.4.12	<i>Recalculo de los concentradores de esfuerzos.</i>	97
3.7.4.12.1	<i>En relación al radio y la resistencia a la tensión determinamos q.</i>	97
3.7.4.12.2	<i>Concentradores de esfuerzos.</i>	97
3.7.4.13	<i>Cálculo del diámetro real del eje principal.</i>	98
3.7.4.14	<i>Verificar el factor de seguridad.</i>	98
3.7.4.15	<i>Diámetro final del eje principal.</i>	98
3.7.4.16	<i>Análisis de rigidez</i>	99
3.7.4.17	<i>Análisis de resonancia.</i>	100
3.8	Selección de rodamiento	100
3.8.1	Rodamientos en el primer eje.	101
3.8.1.1	<i>Datos para el punto A.</i>	101
3.8.1.2	<i>Chequeo a carga dinámica.</i>	101
3.8.1.3	<i>Factor de velocidad.</i>	101
3.8.1.4	<i>Cálculo de la carga.</i>	101
3.8.1.5	<i>Factor de vida.</i>	102
3.8.1.6	<i>Vida nominal.</i>	102
3.8.1.7	<i>Carga axial dinámica.</i>	102
3.8.1.8	<i>Verificación.</i>	102
3.8.1.9	<i>Especificaciones del rodamiento.</i>	103
3.8.1.10	<i>Datos para el punto B.</i>	103
3.8.1.11	<i>Factor de velocidad.</i>	103
3.8.1.12	<i>Cálculo de la carga.</i>	104
3.8.1.13	<i>Factor de vida.</i>	104
3.8.1.14	<i>Vida nominal.</i>	104
3.8.1.15	<i>Verificación.</i>	104

3.8.1.16	<i>Especificaciones del rodamiento</i>	104
3.9	Selección de chavetas	105
3.9.1	Chavetas para los ejes de transmisión	105
3.9.1.1	<i>Selección de las dimensiones de la chaveta</i>	105
3.9.1.2	<i>Fallo debido a corte</i>	106
3.9.1.3	<i>Teoría de falla</i>	106
3.9.1.4	<i>Falla debido a compresión</i>	106
3.9.1.5	<i>Teoría de falla</i>	106
3.10	Análisis estructural del soporte	107
3.10.1	Cálculo del esfuerzo a flexión	109
3.10.2	Esfuerzos fluctuantes	109
3.10.2.1	<i>Cálculo de los esfuerzos</i>	109
3.10.3	Límite de fátiga de los elementos	109
3.10.4	Teoría de Soderberg	110
3.11	Modelado CAD	110
3.12	Sistema de control eléctrico para su encendido y apagado	111
3.12.1	Selección del variador de frecuencia	111
3.12.1.1	<i>Características</i>	112
3.13	Validación	112
3.13.1	Eje de amasado	112
3.13.1.1	<i>Geometría</i>	113
3.13.1.2	<i>Materiales</i>	113
3.13.1.3	<i>Análisis estático</i>	114
3.13.1.4	<i>Mallado</i>	114
3.13.1.5	<i>Condiciones de soporte</i>	115
3.13.1.6	<i>Fuerza</i>	116
3.13.1.7	<i>Análisis de resultados</i>	116
3.13.2	Ejes de transmisión	118
3.13.2.1	<i>Geometría</i>	118
3.13.2.2	<i>Material</i>	118
3.13.2.3	<i>Análisis de resultados</i>	119
3.13.3	Piñones	120
3.13.3.1	<i>Geometría</i>	120
3.13.3.2	<i>Material</i>	120
3.13.3.3	<i>Análisis de resultados</i>	121
3.13.4	Estructura del prototipo	122
3.13.4.1	<i>Geometría</i>	122

3.13.4.2	<i>Material</i>	123
3.13.4.3	<i>Análisis de resultados</i>	123
3.14	Animación	125
3.15	Análisis de costos	126
3.15.1	<i>Costos directos</i>	126
3.15.1.1	<i>Partes del mecanismo</i>	127
3.15.1.2	<i>Componentes electrónicos</i>	127
3.15.1.3	<i>Manufacrura</i>	128
3.15.1.4	<i>Mano de obra</i>	128
3.15.1.5	<i>Costos directos totales</i>	128
3.15.2	<i>Costos indirectos</i>	129
3.15.3	<i>Costo total</i>	129

CAPITULO IV

4	RESULTADOS	130
4.1	Capacidad del productor procesado artesanal	130
4.2	Análisis de las propiedades determinadas	130
4.2.1	<i>Densidad de la materia prima</i>	130
4.2.2	<i>Fuerza de estiramiento</i>	130
4.2.3	<i>Velocidad requerida del proceso de batido</i>	131
4.3	Validación de los cálculos	131
4.3.1	<i>Especificaciones del eje de batido</i>	131
4.3.2	<i>Especificación de las cadenas seleccionadas en cada etapa</i>	132
4.3.3	<i>Especificación de los ejes de trasmisión</i>	134
4.3.4	<i>Especificación del pórtico</i>	135
4.4	Validación dinámica	136
4.4.1	<i>Desplazamiento</i>	136
4.4.2	<i>Velocidad</i>	136
4.4.3	<i>Aceleración</i>	137
	CONCLUSIONES	118
	RECOMENDACIONES	119

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Provincias donde producen con mayor intensidad la panela y abastecen al cantón Baños.....	27
Tabla 1-3:	Especificaciones técnicas del producto.....	53
Tabla 2-3:	Matriz morfológica.....	55
Tabla 3-3:	Evaluación de peso específico de cada criterio.....	59
Tabla 4-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Potencia”.....	59
Tabla 5-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Material”.....	59
Tabla 6-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Costo”.....	60
Tabla 7-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Capacidad”.....	60
Tabla 8-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Transmisión”.....	60
Tabla 9-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Velocidad”.....	60
Tabla 10-3:	Evaluación del peso específico del criterio “Tiempo”.....	61
Tabla 11-3:	Resultados de alternativas.....	61
Tabla 12-3:	Datos del peso por unidad de la melcocha.....	64
Tabla 13-3:	Datos del peso en relación al recipiente.....	65
Tabla 14-3:	Características del material.....	76
Tabla 15-3:	Datos de los parámetros para el cálculo.....	84
Tabla 16-3:	Parámetros para la potencia.....	85
Tabla 17-3:	Características del motorreductor trifásico.....	86
Tabla 18-3:	Especificaciones técnicas.....	87
Tabla 19-3:	Especificaciones técnicas.....	90
Tabla 20-3:	Propiedades del Acero AISI 4340.....	113
Tabla 21-3:	Convergencia de la malla para un análisis lineal.....	115
Tabla 22-3:	Propiedades del Acero AISI 4340.....	118
Tabla 23-3:	Propiedades del Acero A - 36.....	121
Tabla 24-3:	Propiedades del Acero ASTM 500 - A.....	123
Tabla 25-3:	Costos elementos mecánicos.....	127
Tabla 26-3:	Costos elementos electrónicos.....	127
Tabla 27-3:	Costos de manufactura.....	128
Tabla 28-3:	Costos mano de obra.....	128
Tabla 29-3:	Costos directos totales.....	128
Tabla 30-3:	Costos indirectos.....	129
Tabla 31-3:	Costo total del prototipo.....	129
Tabla 1-4:	Resultado final de cada parada de melcocha.....	130

Tabla 2-4:	Datos de la fuerza de estiramiento del proceso de batido	131
Tabla 3-4:	Velocidad del proceso de las etapas de batido de la melcocha	131
Tabla 4-4:	Datos calculados del eje de amasado	132
Tabla 5-4:	Datos calculados de las cadenas y catalinas	133
Tabla 6-4:	Datos calculados de cada eje de transmisión	134
Tabla 7-4:	Datos calculados del pórtico.....	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Presentación del producto.....	25
Ilustración 2-2:	Porcentaje de producción de las cañas.....	27
Ilustración 3-2:	Propiedades de la mandarina	28
Ilustración 4-2:	Propiedades del maní en la salud.....	29
Ilustración 5-2:	Diagrama de flujo del proceso de la elaboración de las melcochas	30
Ilustración 6-2:	Proceso de recepción de todos los ingredientes	31
Ilustración 7-2:	Proceso de cocción de todos los ingredientes	31
Ilustración 8-2:	Proceso de enfriamiento de la colada de melcocha.....	32
Ilustración 9-2:	Proceso de blanqueado añadiendo le maní y la cascara de mandarina	32
Ilustración 10-2:	Proceso de moldeo del producto.....	33
Ilustración 11-2:	Proceso de tapado de cada bocadito	33
Ilustración 12-2:	Proceso final del producto	34
Ilustración 13-2:	Fabrica tradicional de la ciudad de Baños	34
Ilustración 14-2:	Fluidos newtonianos.....	35
Ilustración 15-2:	Amasadora de eje oblicuo	37
Ilustración 16-2:	Amasadora espiral	38
Ilustración 17-2:	Amasadora de brazos horizontales	38
Ilustración 18-2:	Amasadora de brazos verticales	39
Ilustración 19-2:	Transmisión de potencia.....	39
Ilustración 20-2:	Clasificación de la transmisión mecánica	40
Ilustración 21-2:	Transmisión por correas	40
Ilustración 22-2:	Transmisión por cadena.....	41
Ilustración 23-2:	Transmisión por engranajes.....	42
Ilustración 1-3:	Etapas de diseño concurrente.	46
Ilustración 2-3:	Esquema general de la máquina.	50
Ilustración 3-3:	Esquema del prototipo.....	50
Ilustración 4-3:	Casa de la calidad.	52
Ilustración 5-3:	Organigrama nivel 0.....	54
Ilustración 6-3:	Organigrama nivel 1.....	54
Ilustración 7-3:	Alternativa 1.....	56
Ilustración 8-3:	Alternativa 2.....	57
Ilustración 9-3:	Alternativa 3.....	58
Ilustración 10-3:	Amasadora de brazos triangulares.....	61
Ilustración 11-3:	Toma de datos del peso de cada bocadito.....	63

Ilustración 12-3:	Diagrama de caja negra del proceso.	63
Ilustración 13-3:	Pesaje del recipiente de medida vacío y con la melcocha.	65
Ilustración 14-3:	Volumen del producto a calcular.	65
Ilustración 15-3:	Ensayo de Sherman.	66
Ilustración 16-3:	Proceso de estirado de la melcocha.	67
Ilustración 17-3:	Pesaje de las porciones de melcocha.	68
Ilustración 18-3:	Proceso de batido y toma de datos de la velocidad.	68
Ilustración 19-3:	Selección del material del eje de amasado.	69
Ilustración 20-3:	Selección de un polímero para el amasado.	70
Ilustración 21-3:	Representación del eje de amasado.	71
Ilustración 22-3:	50
Ilustración 23-3:	Diagrama del cortante y momento flector.	72
Ilustración 24-3:	Fuerza y momento que aplica en el eje.	74
Ilustración 25-3:	Brazo de amasado.	76
Ilustración 26-3:	Esquema del brazo de amasar respecto al eje.	77
Ilustración 27-3:	Esquema de los esfuerzos que actúan en el brazo.	78
Ilustración 28-3:	Esquema de los puntos críticos.	78
Ilustración 29-3:	Dimensiones del diseño estático.	79
Ilustración 30-3:	Dimensiones del diseño dinámico.	82
Ilustración 31-3:	Reductor sinfín corona tamaño NRV110.	87
Ilustración 32-3:	Esquema de cadena de una y dos hileras.	87
Ilustración 33-3:	Esquema del primer eje de transmisión.	91
Ilustración 34-3:	Diagrama de las fuerzas que aplican en el primer eje de transmisión.	92
Ilustración 35-3:	Diagrama del cortante y momento flector en el plano x -y.	93
Ilustración 36-3:	Diagrama del cortante y momento flector en el plano x -.	94
Ilustración 37-3:	Especificación de los momentos.	94
Ilustración 38-3:	Esquema del eje 1.	99
Ilustración 39-3:	Deformación en el punto crítico del eje.	99
Ilustración 40-3:	Deformaciones de la velocidad critica.	100
Ilustración 41-3:	Datos del rodamiento en el punto A.	103
Ilustración 42-3:	Especificaciones de la chaveta.	105
Ilustración 43-3:	Especificación del tubo estructural.	107
Ilustración 44-3:	Diagrama de cortante y momento flector del tubo estructural.	108
Ilustración 45-3:	Comportamiento del perfil estructural.	109
Ilustración 46-3:	Modelación de la máquina amasadora de melcocha.	110
Ilustración 47-3:	Especificaciones del variador de frecuencia CFW300B10P0B2DB20	111
Ilustración 48-3:	Dimensiones sin filtro EMC.	112

Ilustración 49-3:	Geometría de análisis en SpaceClain.....	113
Ilustración 50-3:	Propiedades del material en el programa.....	114
Ilustración 51-3:	Condiciones para el análisis estructural del eje.....	116
Ilustración 52-3:	Fuerza aplicada en el eje de amasado.....	116
Ilustración 53-3:	Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.....	117
Ilustración 54-3:	Factor de seguridad en el empotramiento.....	117
Ilustración 55-3:	Geometría de análisis en SpaceClain.....	118
Ilustración 56-3:	Comportamiento sometido a deformación del eje.....	119
Ilustración 57-3:	Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.....	119
Ilustración 58-3:	Factor de seguridad en el punto B de la chumacera.....	120
Ilustración 59-3:	Geometría de análisis en SpaceClain.....	120
Ilustración 60-3:	Comportamiento sometido a deformación de la catalina.....	121
Ilustración 61-3:	Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.....	122
Ilustración 62-3:	Factor de seguridad en el punto de aplicación de la fuerza.....	122
Ilustración 63-3:	Geometría de análisis en SpaceClain.....	123
Ilustración 64-3:	Deformación de pórtico sometido a cargas distribuidas.....	124
Ilustración 65-3:	Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.....	124
Ilustración 66-3:	Factor de seguridad en relación a todo el pórtico.....	124
Ilustración 67-3:	Proceso de simulación.....	125
Ilustración 68-3:	Sistema de transmisión.....	126
Ilustración 1-4:	Factor de seguridad del eje de amasado.....	132
Ilustración 2-4:	Factor de seguridad de la catalina doble hilera.....	134
Ilustración 3-4:	Factor de seguridad del eje principal.....	135
Ilustración 4-4:	Factor de seguridad en la estructura.....	136
Ilustración 5-4:	Desplazamiento angular del brazo.....	136
Ilustración 6-4:	Velocidad angular.....	137
Ilustración 7-4:	Aceleración angular.....	137

ÍNDICE DE ANEXOS

NEXO A: ESPECIFICACIONES GENERALES

ANEXO B: FACTORES DE EVALUACIÓN

ANEXO C: FACTORES DE SERVICIO

ANEXO D: RODAMIENTOS

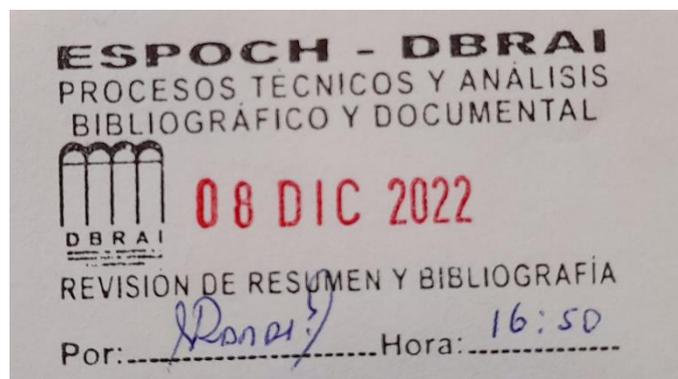
ANEXO E: ENCUESTA

ANEXO F: PLANOS

RESUMEN

El principal objetivo del proyecto técnico fue diseñar y validar una máquina batidora en base a la necesidad en el mercado mejorando en tiempo y recurso de los productores alcanzado un producto que cumpla los estándares de calidad. Se compiló información de varios productores y referencias bibliográficas de diversos autores, con ello se logró establecer los parámetros de diseño fundamentales tomando en cuenta la capacidad de 25 Kg, la velocidad que requiere para el proceso de 36 rpm y la fuerza de estiramiento de 490 N, además tomando en cuenta la competencia que existen en el mercado. Para ello se utilizó el método de diseño concurrente, el cual proporciona una ponderación de selección de alternativas para dar respuesta a lo que requiere el cliente median la vos del ingeniero, dando como resultado las especificaciones técnicas para un enfoque previo al diseño del prototipo. Se estableció un mecanismo óptimo de tres brazos tipo triangular, con la aplicación de un motor trifásico de 3 Hp, un variador de frecuencia y una transmisión por cadena de dos hileras. Los elementos mecánicos del prototipo se calcularon y diseñaron teóricamente y comprobados mediante la modelación en el software SolidWorks colectivamente con el análisis por el método de elementos finitos en el software ANSYS para comprobar los estados de esfuerzos y deformaciones bajo capacidad máxima. Como resultado la máquina Batidora BP86 cumple con las características de un mecanismo que aportara a la sociedad a evitar enfermedades óseas en los productores. Por lo que se concluye que el prototipo es válido frente a la necesidad que existe bajo condiciones de ergonomía y confort para el usuario, tomando en cuenta la implementación de un manual de operación y mantenimiento de la máquina.

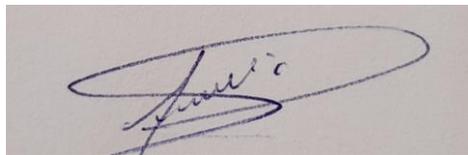
Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <MÁQUINA BATIDORA> <DISEÑO ERGONÓMICO> <MELCOCHA> <PROTOTIPO> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>.



SUMMARY

The main objective of the technical project was to design and validate a blender machine based on the need in the market, improving the time and resources of the producers, achieving a product that meets quality standards. Information from several producers and bibliographical references from various authors was compiled, with this it was possible to establish the fundamental design parameters considering the capacity of 25 Kg, the speed required for the process of 36 rpm and the stretching force of 490 N. Also considering the competition that exists in the market. For this, the concurrent design method was used, which provides a weighting of the selection of alternatives to respond to what the client requires through the voice of the engineer, resulting in the technical specifications for a prior approach to the design of the prototype. An optimal triangular-type three-arm mechanism was established, with the application of a 3-Hp three-phase motor, a frequency inverter, and a two-row chain transmission. The mechanical elements of the prototype were calculated and theoretically designed and verified by means of modeling in SolidWorks software collectively with analysis by the finite element method in ANSYS software to check the stress and deformation states under maximum capacity. As a result, the BP86 Blender machine meets the characteristics of a mechanism that will contribute to society to avoid bone diseases in producers. Therefore, it is concluded that the prototype is valid against the need that exists under conditions of ergonomics and comfort for the user, considering the implementation of an operation and maintenance manual for the machine.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <BLENDER MACHINE> <ERGONOMIC DESIGN> <MALCOCHA> <PROTOTYPE> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

CI:0603747809

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción de melcocha artesanalmente en la primera etapa conlleva de un gran esfuerzo, lo cual se ha palpado en los grandes productores que realizan esta labor que es una tradición de muchos años atrás que deleitan los paladares de los turistas, por ende es el momento de darle un giro al proceso de batido del producto el cual es el más repetitivo de toda la jornada de trabajo donde se estableció un dialogo con algunos productores para establecer las primeras condiciones que requiere el cliente para poder dar respuesta mediante la vos del ingeniero partiendo de esta etapa se logró establecer las especificaciones técnicas del producto.

Partiendo de las necesidades presentes se desarrolló esta investigación en relación de algunos trabajos que ya existen dentro del Ecuador y fuera, lo cual ayuda para establecer algunos parámetros respecto a cantidades de las propiedades que se requieren para el prototipo, donde vendrían hacer la competencia que se quiere para que el prototipo tenga mejores características respecto a las mismas, por ende se estableció parámetros de diseño para que cumpla con un diseño resistente, ergonómico y funcional para por productores de la zona mejorando en tiempos y conservando la calidad del producto que se va a procesar para expender a los turistas que lo degustan de esta tradición.

En el cantón Baños de Agua Santa la mayoría de productores de melcocha no disponen de este prototipo lo cual esto por falta de conocimiento o por no dejar lo tradicional por el miedo que no se pueda vender el producto pero hoy en día la mayoría de vendedores solo compran para vender no la procesan por ello halla va esta idea de poder agilizar este proceso de batir la melcocha y poder cubrir más sectores y evitar daños en la salud con el pasar del tiempo, por ello tiene como objetivo mejorar la calidad del proceso en tiempos y recurso para los productores que realizan esta actividad a gran escala logrando así un mejor estilo de vida, un mejor vivir y mejorando la equidad y desarrollo de cada productor artesanal.

Este prototipo tiene como capacidad para 25 Kg, en masa del producto, donde ayudaría para el proceso de la primera etapa que es el cambio de tonalidad de la melcocha de esta manera se lograr suprimir el tiempo de amasado que conllevaba realizar a mano y mejorar la calidad de vida para cada persona que realiza esta actividad.

CAPÍTULO I

1 DIÁGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Respecto al proceso de actividad de batido de la melcocha con el pasar del tiempo anteriormente se ha presentado una problemática en los artesanos lo que fue enfermedades articulares, desgaste físico y con respecto a tiempos en el proceso de la obtención del producto, con ello se ven en la necesidad de una máquina que realice esta actividad. (Gualteros, 2021).

El diseño respecto a estas máquinas batidoras de melcocha en el país fue escaso, pero por lo general ya existió investigaciones sobre el tema, en anteriores años atrás ya existió diseños y estudios en algunas universidades del país sobre esta problemática que necesitan los productores industrializarse en este proceso para un mejor bienestar (López 2017, p. 3)

En el vecino país de Colombia también hay personas que se dedican a la producción de la melcocha, donde ahí hubo ya una máquina que realiza esta función de batir el alfandoque como se lo conoce en ese país, esta máquina constaba con un sistema de transmisión por cadena con la ayuda de un motor, dos brazos excéntricos y la estructura donde se coloca toda sus partes de esta manera ayudaron a ese sector productivo con esta alternativa mejorando su producción y economía (Guzmán y Gualteros 2021, p. 14)

En nuestro país este producto fue uno de los pioneros en la vida de los ecuatorianos que marca tradición y cultura, donde en el año 2017 realizaron el diseño y construcción de una máquina estiradora de melcocha con capacidad de 25 libras este tipo de máquina este compuesto por cuatro sistemas como es el sistema de estirado brazo vertical, sistema de transmisión, sistema de control y la estructura soporte (López 2017, p. 4)

En las diferentes regiones que lo comercializaban a nivel nacional este producto fue en el cantón Baños (Tungurahua) y en el cantón Alluriquín (Santo Domingo de los Tsáchilas), de esta manera cada vez más existe mayor conocimiento sobre estas máquinas que años atrás ya existen mucho más interés para la fabricación de esta máquina batidora de melcocha (Sánchez y Verdezoto 2009, p. 1)

1.2 Formulación del problema

La dificultad que se presenta en los artesanos que realizan este producto es el proceso repetitivo que tienen que realizar para obtener ya el producto terminado, donde todos deben realizar este proceso de batir la melcocha por varias horas, donde aún no existe una máquina que realice este proceso y satisfaga este mercado tomando en cuenta la economía de los artesanos que puede ser accesible y cumpla con los parámetros.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Desarrollar el diseño y validación de una máquina batidora en base a la necesidad en el mercado mejorando el proceso de la melcocha en tiempos y recursos de producción logrando así un producto que cumpla los estándares de calidad.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Determinar la capacidad que produce por día los productores artesanales, con el fin de diseñar y validar una máquina que soluciones las necesidades de los artesanos.
- Analizar las propiedades mecánicas y físicas que se requiere para el proceso de batido de la melcocha con el fin lograr una velocidad para el inicio e intermedio del proceso de batir.
- Realizar el diseño y validación de la máquina en función de la fuerza de estiramiento máxima del proceso de amasado del producto que se requiere para el movimiento del sistema de transmisión.

1.4 Alcance

Se determinara la capacidad que pueda estar sometida la máquina, a la producción de estos productos que pasan por el mismo proceso de batir para obtener una variedad de producción, partiendo de la capacidad se diseñara una máquina que cumpla con los estándares de calidad con el fin de lograr productos de calidad, tomando en cuenta la densidad que posee este fluido, la fuerza que necesitara para lograr este movimiento de trasmisión del brazo y tomando en cuenta la velocidad del proceso, de esta manera se cumpliría con todos los parámetros que necesitara la máquina para realizar todo el proceso de batido de la melcocha.

1.5 Delimitación

1.5.1 *Delimitación espacial*

El presente proyecto está delimitado a nivel provincial, detallando la provincia de Tungurahua, tomando en cuenta las necesidades de los productores de melcocha en el cantón Baños.

1.5.2 *Delimitación sectorial*

Enfocado a los productores de melcocha, debido a la falta de conocimiento de cómo se podría reemplazar este proceso por un mecanismo, no han tomado la iniciativa de industrializar la fabricación de la melcocha, de esta manera realiza este proyecto para facilitar el proceso de batir con el fin de mejorar la economía de cada productor.

CAPITULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Melcocha

El origen de la melcocha proviene del latín “mel” que significa miel o también se deriva de dos palabras que es miel y cocha que quiere de decir concentrado caliente, donde los Jesuitas que se encontraban en el valle de Patate empezaron con la preparación de raspadura, panela y el alfeñique que esto se derivaba del principal producto que es la caña de azúcar que existía desde el siglo XVIII. De esta manera los habitantes del cantón Baños aprenden la elaboración de estos distintos productos, lo cual le da el plus para que esto se consagre como un medio de sustento para los productores que hasta el día de hoy mueve la economía de este cantón (Vive Tungurahua, 2022).

En la ciudad de Baños, provincia de Tungurahua es el origen de esta actividad donde los antepasados dejaron unas enseñanzas respecto a las recetas respecto al justo de la elaboración de la melcocha, que con el pasar del tiempo han ido variando los ingredientes con el fin de experimentar nuevos sabores en el paladar de los turistas (Vive Tungurahua, 2022).

Sus principales ingredientes es la panela, mandarina, lima, zanahoria etc. Con todos estos elementos se realiza el proceso de cocción que está sometido a temperaturas bien altas con el fin de obtener una miel para luego enfriarlo y poder obtener una textura chiclosa y poderlo batir con todos sus ingredientes incorporados y poderlo moldear en forma de monedas que están un rango de 3 a 4 cm de diámetro lo cual se coloca en un papel de plástico.



Ilustración 1-2: Presentación del producto.

Realizado por: Baraja, Luis, 2022

2.1.1 Aporte nutricional

El principal ingrediente de este producto es la panela, donde este ingrediente aporta unos nutrientes esenciales como son minerales, carbohidratos, proteínas, vitaminas y grasas saludables. Por ende, la melcocha se lo considera como un dulce energético que aporta nutrientes saludables. La panela contiene una variedad de minerales que es mucho mayor a la azúcar morena y la blanca donde estos aportan mucha energía para un buen vivir, donde los que más se destacan son calcio, magnesio, potasio, hierro y fósforo (Vive Tungurahua, 2022).

Los beneficios esenciales de la melcocha son:

- **Calorías:** Aporta energía calorífica al cuerpo para retomar fuerzas cuando están expuestos directamente al frío.
- **Labor bactericida:** Aporte esencial a la recreación de tejidos y con ello ayuda a la cicatrización.
- **Contribución al sistema inmunológico:** Interviene como una prevención cuando tienen problemas respiratorios, anemia y raquitismo (Paulina, 2016).

2.2 Ingredientes principales para la elaboración de la melcocha

2.2.1 Panela

La panela es el principal producto para la elaboración de la melcocha, donde se obtiene de la caña de azúcar al pasar por un proceso de esta manera se logra obtener los tucos de forma rectangular o redonda, portando todos sus nutrientes, su aspecto es de color dorado claro de esta manera se puede diferenciar si es una panela bien limpia cumpliendo con todos los parámetros para su comercialización (Nelso, 2021).

Las provincias donde lo procesan este producto son en Pastaza, Morona Santiago, Orellana y Pichincha, con el pasar del tiempo se hizo popular por su valor nutricional, que es menos tratada y recomendado para la salud. Pastaza es el mayor productor en panela artesanal donde se caracterizan por cultivar la caña para diferentes procesos los cuales son panela, pinol y el trago puro. Esta actividad lo vienen realizando desde muchos años atrás lo que es en Morona Santiago y Pastaza. Donde todo este producto se lo comercializa a nivel nacional principalmente en la ciudad de Baños que es un consumidor mayoritario el cual es el ingrediente principal para la elaboración de la variedad de melcocha que producen estos artesanos (Padilla, 2014).

La caña de azúcar el mayor porcentaje lo utilizan para la elaboración de azúcar con un 91,76% mientras que es restante se lo utilizan para otros usos que es el 8,24% que sería para la elaboración de la panela en el Ecuador (INEC, 2019).

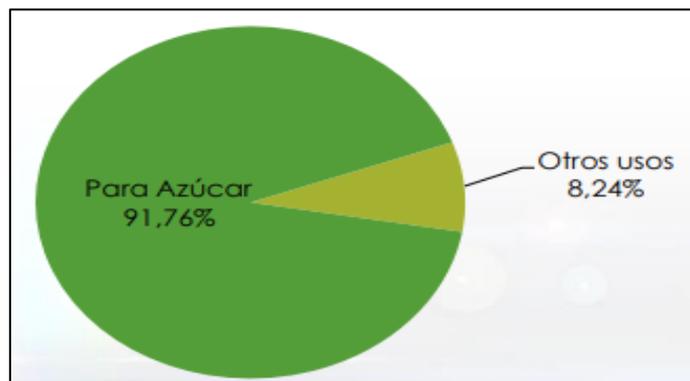


Ilustración 2-2: Porcentaje de producción de las cañas

Fuente: (ESPAC, 2020)

La producción de panela en las provincias que abastecen al cantón Baños, para el proceso de la fabricación de la melcocha se detallan a continuación en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Provincias donde producen con mayor intensidad la panela y abastecen al cantón Baños.

Provincias	Cantones	Parroquias
Pastaza	Pastaza, Mera, Santa Clara	Puyo, Tarqui, Canelos; etc.
Morona Santiago	Palora, Logroño, Morona, San Juan Bosco, Santiago de Méndez, Gualaquiza.	Sangay, El Rosario, El Ideal, Chiguinda, San Miguel de Cuyes, etc.
Orellana	Loreto, Francisco de Orellana.	El Dorado, etc.
Cotopaxi	Sigchos	Las Pampas

Fuente: (Buele, 2017)

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

De esta manera los productores artesanos de melcocha de la ciudad de Baños de Agua Santa, depende de los productores de panela de las diferentes zonas que se detallan anteriormente lo cual es un punto importante que mueve la economía tanto los productores de panela como los de la melcocha donde los dos sectores dependen del turismo.

2.2.2 *Mandarina*

Es una fruta que le da un toque exquisito al sabor de la melcocha, de la misma manera aporta nutrientes como es la vitamina C, A y flavonoides que son antioxidantes, de la misma manera

contiene minerales que ayuda al cuerpo que trabaje en buenas condiciones. Por ende, da un aporte esencial a las melcochas, donde se lo utiliza el sumo del fruto y la cascara (Espinosa, 2016).

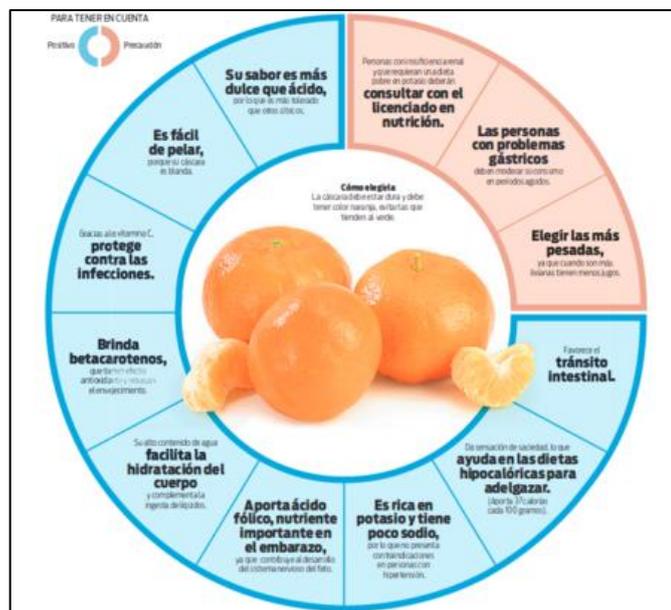


Ilustración 3-2: Propiedades de la mandarina

Fuente: (Gottau, 2015)

Este producto se da en la misma zona donde se produce la melcocha lo cual es un producto que se lo utiliza para que dé un mejor sabor a la melcocha.

2.2.3 Maní

El maní es un producto que se lo coloca al final del proceso que se enfría toda la materia transformada, dándole un toque especial en sabor y nutrientes como es proteína, aminoácidos y minerales, donde de todo esto aporta una vitamina E, que es saludable y recomendable para el consumo humano que ayuda a un mejor funcionamiento del corazón, evita el riesgo de enfermedades cancerígenas y ayuda al fortalecimiento de la memoria a sufrir de Alzheimer (CROPPERS, 2017).



Ilustración 4-2: Propiedades del maní en la salud

Fuente: (TAEQ, 2020)

Estos ingredientes son lo más importantes en el proceso de la elaboración de la melcocha, pero existe una muy especial que son las ayoritas lo cual este producto tiene en sí una fórmula, que contiene 12 ingredientes por eso es que este producto tiene un sabor especial y es única en el mercado debido que tiene muchos años de tradición y experiencia.

2.3 Proceso de elaboración de la melcocha

En la siguiente figura se puede observar el diagrama de flujo del proceso de la melcocha.

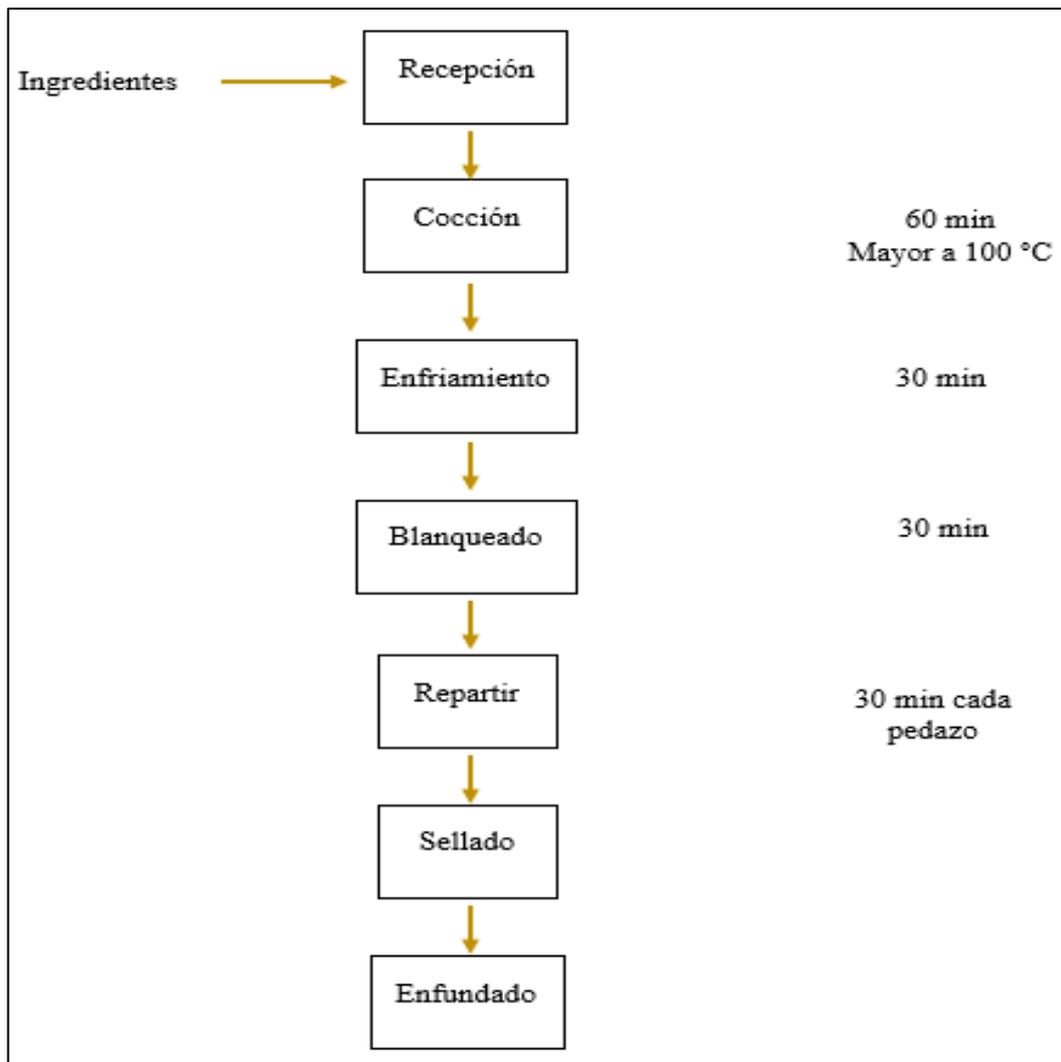


Ilustración 5-2: Diagrama de flujo del proceso de la elaboración de las melcochas

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.1 Descripción de cada etapa del proceso de la elaboración de la melcocha.

2.3.2 Recepción

En esta etapa se coloca todos los ingredientes en una paila de cobre, los principales son los bloques de panela sólida, la mandarina y el resto de ingredientes que lo conforma esta fórmula donde la el porcentaje de humedad que debe obtener el producto no debe ser mayor al 7% lo cual en el proceso se evapora toda el agua que contiene al principio del proceso.



Ilustración 6-2: Proceso de recepción de todos los ingredientes

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.3 *Cocción*

Con todos los ingredientes incorporados en la paila de cobre empieza el proceso de cocción alrededor de 40 a 60 minutos, hasta alcanzar su punto adecuado con una temperatura entre los 100 a 115 °C.



Ilustración 7-2: Proceso de cocción de todos los ingredientes

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.4 *Enfriamiento*

Una vez alcanzada su punto de cocción, se lo vierte en una plancha que es de piedra volcánica, hasta que alcance una temperatura 45 a 55 °C para luego colocar los demás ingredientes que son la cascara de mandarina y maní.



Ilustración 8-2: Proceso de enfriamiento de la colada de melcocha

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.5 *Blanqueado*

Una vez alcanzado una temperatura adecuada que se pueda manipular, se mezcla todo y se empieza a batir en un gancho de madera de guayaba hasta alcanzar un color café claro cambiando su tonalidad



Ilustración 9-2: Proceso de blanqueado añadiendo le maní y la cascara de mandarina

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.6 *Repartir*

En este proceso se coge una parte de toda la masa para poder manipular mejor y darle la forma adecuada de los ayoras colocando por último la esencia de coco y acomodar en pedazo de una forma que se pueda repartir para el siguiente proceso.



Ilustración 10-2: Proceso de moldeo del producto

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.7 *Sellado*

Mientras van pasando las melcochas se debe ir colocando el papel transparente que es de polietileno de grado alimenticio con el fin de obtener una representación adecuada.



Ilustración 11-2: Proceso de tapado de cada bocadito

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.3.8 *Enfundado*

Por último, se enfunda el producto con 14 unidades de melcochas tipo monedas para poder vender al público.



Ilustración 12-2: Proceso final del producto

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Este producto es muy tradicional respecto a la gastronomía del cantón Baños, desde muchos años atrás que se viene realizando esta actividad por la familia Pérez ya que en este momento es la segunda generación que lo produce estas melcochas más conocidas como los ayoras que lo han degustado turistas nacionales y extranjeros que han visitado Baños de Agua Santa.

La cantidad que se produce por día por los productores generalmente es una parada (paila de cobre), con un peso en materia prima de alrededor de 25 kg, con el proceso de transformación de la materia se llega a una producción final de alrededor de unas 173 fundas de melcocha que consta de 14 bocaditos, en base a esta cantidad se lo va a diseñar la máquina para lograr una producción rentable.



Ilustración 13-2: Fabrica tradicional de la ciudad de Baños

Fuente: (Pérez, 2021).

En la actualidad estas melcochas son comercializadas a nivel nacional e internacional por su distinguido sabor, que los familiares que viajan fuera del país lo hacen llegar y degustar de esta tradición por ello no se debe dejar que esto termine ahí, lo cual nace esta idea de en el futuro industrializar todo el proceso de la fabricación de la melcocha.

2.4 Característica del tipo de fluido de la melcocha

La melcocha es una mezcla de panela, mandarina y otros productos adicionales que con el proceso se transforma en un fluido viscoso. De esta manera se lo analizará a qué tipo de fluido pertenece (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017).

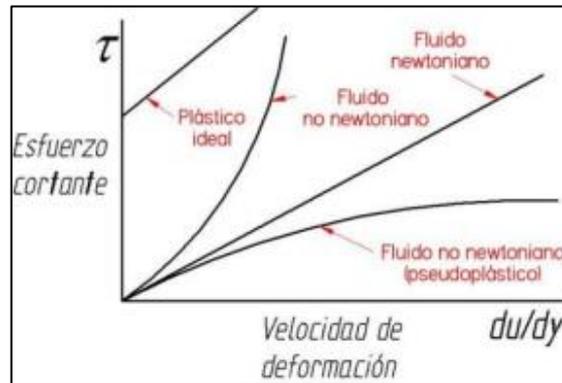


Ilustración 14-2: Fluidos newtonianos

Fuente: (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017)

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad 2.1$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte

μ : Viscosidad

$\frac{du}{dy}$: Gradiente de velocidad

2.4.1 Fluidos newtonianos y no newtonianos

Los fluidos se clasifican desde el punto de vista de la relación, entre la viscosidad y la velocidad de deformación en fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos.

2.4.1.1 Fluido newtoniano

Todo fluido que se comporta según la ley de Newton de la viscosidad. Es decir que la viscosidad es función exclusiva de la condición del fluido

2.4.1.2 Fluido no newtoniano

Se comportan diferente de acuerdo con la ley de Newton de la viscosidad. La viscosidad del fluido no newtoniano depende del gradiente de velocidad, además de la condición del fluido.

Los fluidos no newtonianos pueden ser:

2.4.1.2.1 Independientes del tiempo

Tienen una viscosidad a cualquier tensión de corte, que no altera con el tiempo.

2.4.1.2.2 Dependientes del tiempo

Cambia la viscosidad con la variación del tiempo (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017).

La relación con respecto a la melcocha se analiza que es un fluido no newtoniano, en relación al tiempo su viscosidad va cambiando con respecto al gradiente de temperatura y velocidad en el proceso que se enfría la melcocha para luego pasar a batir el producto.

2.5 Maquinas amasadoras

Las amasadoras son maquinas industriales diseñados para preparar masas alimentarias, químicas, cerámicas u otro tipo de preparados, substituyendo el trabajo manual a través de un sistema mecanizado que permite producir continuamente grandes cantidades de masa.

Las batidoras están compuestas mayormente por:

- Bandeja para ingredientes
- Elemento para batir (gancho, horcón, brazo u otro sistema).
- Motores de accionamiento de la bandeja y del gancho.
- Relación de procesos tecnológicos que permiten a los operadores el control del proceso de batir y de otros procesos de trabajo (control de ingredientes, programar tiempos y velocidades) (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017).

Este tipo de máquinas son muy utilizadas para la industria alimenticia, con una viscosidad diferente cada masa como son: caramelo, espumilla, pan, gelatinas, pures, mermeladas, galletas, salsas, y con estas referencias se trata de lograr una máquina batidora de melcocha.

2.5.1 Tipos de amasadoras

En la industria existen diferentes tipos de batidoras cada una respecto a su función que lo requieran ya sea para caramelos, panaderías, mermeladas, etc. Para este proyecto se toma como referencia algunas batidoras conocidas que relacione a la función de la elaboración de la melcocha.

2.5.1.1 Amasadora de eje oblicuo

Este tipo es recomendado para masas hidratadas, ideales para la fabricación de la “baguette” francesa, estas amasadoras están equipadas con una cuba desmontable como se observa en la ilustración 12-2.



Ilustración 15-2: Amasadora de eje oblicuo

Fuente: (Byron, 2017)

Esta amasadora permite una producción intensiva. Pueden integrarse un elevador con fin de facilitar la descarga. Fuertes, confiables, consta de numerosas opciones, estas amasadoras se caracterizan por producciones importantes y la fabricación de pan tradicional.

2.5.1.2 Amasadora espiral

Este tipo de máquina es recomendable para la producción de espumilla, chocolates, panadería, mermeladas, etc. Esta máquina cuenta con un eje de forma espiral como se muestra a continuación.



Ilustración 16-2: Amasadora espiral

Fuente: (Byron, 2017)

Su forma de trabajar es con una presión de arriba hacia abajo golpeando a la masa, consiguiendo una menor oxidación a la vez un mayor recalentamiento y menos fuerza inicial, con esto ayuda que el pan no se demore mucho en el proceso de cocción en el horno, de esta manera la fuerza se puede recompensar en algunas ocasiones con un período mayor de reposo.

2.5.1.3 Amasadora de brazos horizontales

Este tipo de maquina es diferente a las demás la cual consta con una base donde actúa sus brazos de forma horizontal como se muestra a continuación.



Ilustración 17-2: Amasadora de brazos horizontales

Fuente: (Byron, 2017)

Su aplicación de este tipo de maquina es más para la industria caramelera de producto suave, la cual se emplea para ganar un poco de brillo, blanco, sedoso y un peso más ligero respecto a los dulces suaves.

2.5.1.4 Amasadora de brazos verticales

Este tipo de maquina es más recomendable para masas que tienen un porcentaje mayor de estiramiento lo cual gira sus brazos de forma vertical estirando el producto cada vez que está en contacto.



Ilustración 18-2: Amasadora de brazos verticales

Fuente: (Byron, 2017)

Esta amasadora de forma vertical es más robusta en comparación con las demás, donde esta simula la forma como se bate la melcocha de manera artesanal lo cual este tipo de maquina es esencial para caramelos duros con mayor viscosidad lo cual se relaciona con la melcocha para poder analizar esta opción con el fin de plasmar este proyecto (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017).

2.6 Trasmisión de potencia

La transmisión de potencia está conformada por un accionamiento donde se incluye el motor el cual da la energía necesaria para la transmisión mecánica de esta manera que funciones la maquina con la energía requerida.

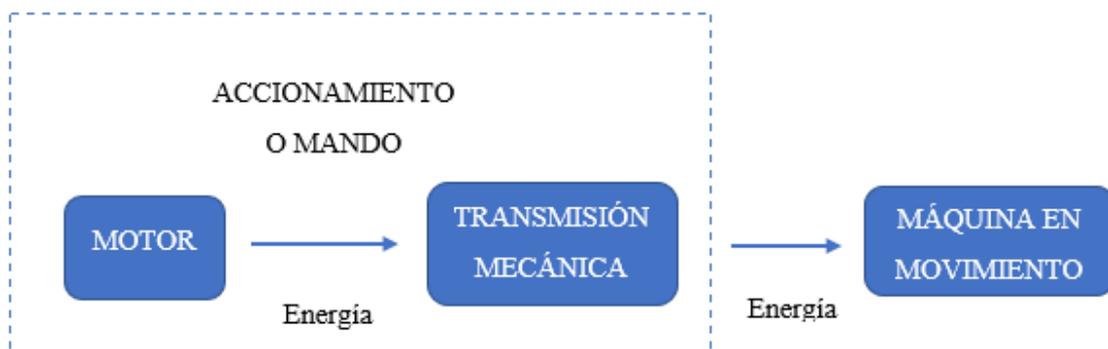


Ilustración 19-2: Transmisión de potencia

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

La transmisión de potencia se clasifica en dos grupos que son transmisión por rozamiento y transmisión por engranaje.

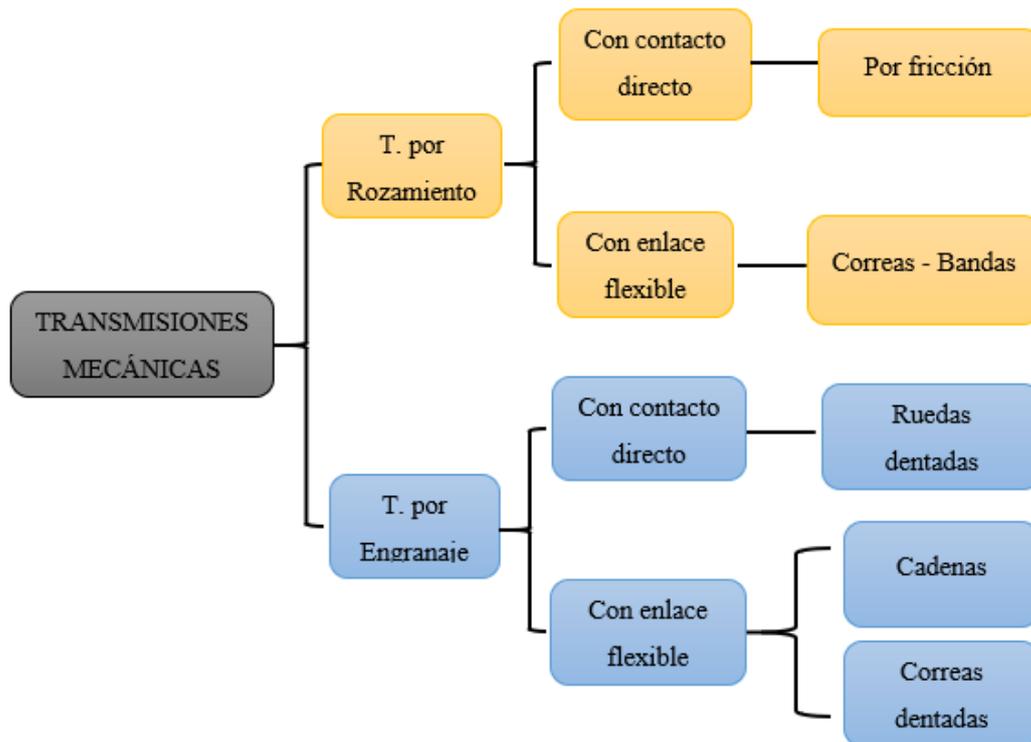


Ilustración 20-2: Clasificación de la transmisión mecánica

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

2.6.1 *Trasmisión por correas*

La transmisión por correa se basa en un elemento flexible que transmite `potencia mecánica entre dos o más ejes que estén separados una distancia relativamente grande. La resistencia máxima de la correa de cuero varia de 21 a 35 MPa con una seguridad que puede ser tomada de 8 a 10. Por experiencia se demostró que bajo condiciones medias una tensión admisible de 2.8 MPa dará una vida razonable de la correa. De una tensión permisible de 1,75 MPa se puede esperar una vida útil de la correa de 15 años aproximadamente (Javier, 2021).



Ilustración 21-2: Transmisión por correas

Fuente: (Javier, 2021).

Ventajas:

- Transmite potencias a distancias grandes
- Amortiguan impactos
- Simplifican la transmisión
- Puede transmitir potencia a varios arboles

Desventajas:

- Relación de transmisión no constante (deslizamiento)
- Grandes fuerzas en apoyos y arboles (tensado inicial)
- Vida útil relativamente baja
- Aceite, polvo y humedad reducen el coeficiente de fricción

2.6.2 *Transmisión por cadena*

Las cadenas son elementos mecánicos muy utilizados en maquinarias y equipos. Tienen dos funciones como es para elevar cargas o transmitir potencia. Los tipos de cadenas más comercializadas son:

- Cadenas a rodillo: menos de 150 m/min.
- Cadenas de transporte de paso chico: de 10 a 30 m/min.
- Cadenas de transporte paso largo: 10 a 30 m/min.
- Cadena de transporte de precisión: menos de 50 m/min.



Ilustración 22-2:

Transmisión por cadena

Fuente: (Javier, 2021).

Ventajas:

- Transmite potencias a distancias grandes
- Dimensiones exteriores son menores

- Ausencia de deslizamiento
- Relación de transmisión prácticamente constante

Desventajas:

- Requieren lubricación y fundas
- Alto costo
- Cierta irregularidad en su funcionamiento
- Requiere montaje y mantenimiento minuciosos

2.6.3 *Transmisión por engranajes*

Se denomina engranaje o rueda dentada al mecanismo utilizado para transmitir potencia y movimiento de un componente a otro dentro de una maquina mediante contacto de ruedas dentadas. En el sistema de engranajes formados por dos ruedas dentadas, se denomina a la mayor corona y al menor piñón.



Ilustración 23-2: Transmisión por engranajes

Fuente: (Javier, 2021).

Funciones de los engranajes

- Cambia la velocidad de rotación
- Cambia la dirección de giro
- Cambia la orientación angular
- Multiplicación o división del torque
- Convertir movimientos lineales a rotacionales y viceversa
- Cambiar la localización del eje de giro

2.6.4 Selección de motores eléctricos

Para una correcta selección de motores eléctricos trifásicos, se debe considerar los siguientes factores:

2.6.4.1 Potencia

El motor eléctrico entrega la potencia que le exige la carga, si fuera mayor que la potencia nominal, se producirá un aumento en la temperatura del bobinado y la disminución en las RPM. El factor de servicio es un multiplicador que, aplicado a la potencia nominal del motor, indica una potencia permisible a la cual puede someterse al motor bajo ciertas condiciones.

2.6.4.2 Velocidad

Los motores de mayor número de RPM son más económicos a igualdad de potencia, pero su torque disminuye. La velocidad síncrona refleja la velocidad del campo electromagnético giratorio producido por el bobinado del estator, por tal razón la velocidad de operación del motor tendrá un valor ligeramente inferior dependiendo de su deslizamiento, muy cercano a la velocidad nominal indicada en la placa.

2.6.4.3 Voltaje y frecuencia

En Ecuador, la frecuencia que utilizamos es 60 Hz y voltaje de 110V, pero esto puede variar de 220V, 440V, se debe tomar en cuenta que si el voltaje es más alto el costo de la instalación es más bajo.

2.6.4.4 Tamaño y forma constructiva

El tamaño está normalizado para cada potencia y RPM. La forma constructiva indica cómo va ser montado el motor.

2.6.4.5 Hermeticidad (Grado de protección)

Esto se elige según el ambiente de trabajo del motor eléctrico. Todo motor es de construcción cerrada y se debe tener en cuenta los casos de ambientes especiales.

2.6.4.6 *Condiciones de servicios*

Se considera condiciones de servicio normales cuando el motor trabaja en un ambiente cuya temperatura es de 40°C y hasta una altura máxima de 1000 metros sobre el nivel del mar. A diferentes condiciones puede exigir modificaciones de potencia.

2.6.4.7 *Limitación de corriente de arranque*

En muchas instalaciones la corriente de arranque disponible es limitada, esto generalmente por la empresa suministradora de energía. Por lo cual toca usar métodos para la reducción de la corriente de arranque donde el bobinado debe estar preparado para cada caso.

2.7 **Sistema de control**

2.7.1 *Variador de frecuencia*

Un variador es un dispositivo electrónico que se encarga de mejorar la eficiencia energética, regula el consumo energético y las emisiones de dióxido de carbono con la ayuda de una relación V/f.

Su funcionamiento es de la siguiente forma:

$$rpm = 120 \frac{f}{p} \quad 2.2$$

Donde:

f : frecuencia de la fuente

p : números de polos

El variador de frecuencia es comúnmente usado con motores trifásicos ya que le permite aprovechar toda la eficiencia al motor, generando una carga de trabajo adecuada. Es por esto que el uso de un inversor de frecuencia variable permitirá el control de velocidad del motor.

Una variación de la frecuencia implica un cambio de la velocidad sincrónica; como consecuencia la curva de torque se desplaza a lo largo del eje de la velocidad, consiguiendo así características paralelas al eje del torque, condición para un buen control de velocidad del motor.

2.8 Materiales de uso para la industria alimenticia

2.8.1 *Acero inoxidable AISI 304*

Es un acero inoxidable y refractario austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una resistencia a la corrosión muy enérgica. Su aplicación es frecuente en la industria alimenticia, embotelladoras, tanques de fermentación, almacenamiento, barriles, equipos de leche, cereales, cocina, cubiertos, químicos maquinaria industrial como en los cuerpos de bombas y tubos (Byron, Universidad Técnica del Norte, 2017).

Sus propiedades mecánicas son:

- Dureza: 160 Brinell.
- Resistencia a la tracción: 50-70 kg/mm².

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología del diseño

En base a la investigación se ha propuesto elegir la metodología del diseño concurrente donde se detalló en el capítulo anterior, con el fin de desarrollar un producto que llene las expectativas de los productores de melcocha, basándonos en el proceso de amasado de la materia prima. La metodología que se va a implementar para el diseño y validación de la maquina batidora de melcocha se detalla en la siguiente ilustración 1-3.

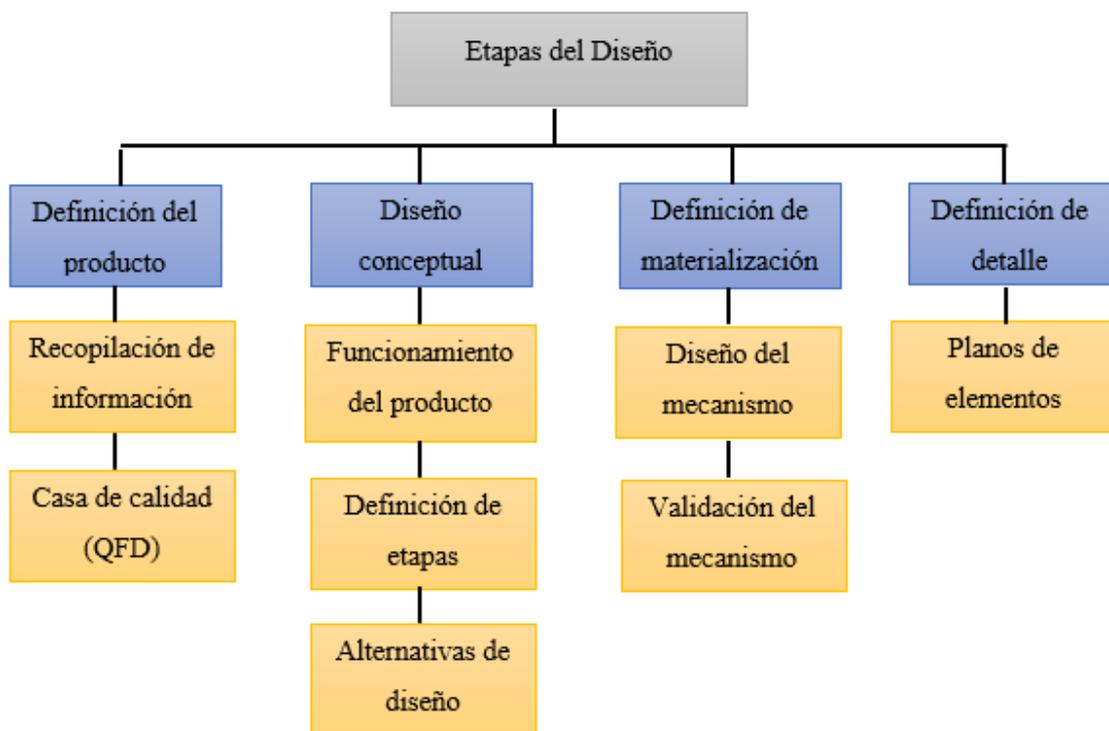


Ilustración 1-3: Etapas de diseño concurrente.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.2 Definición de producto

Basándonos en el proceso de batido y en el estudio previo de las características de la melcocha en el capítulo dos, con las propiedades del producto nos guiamos en el prototipo de mecanismo que se lograría plasmar para este proceso con el fin de facilitar el desarrollo y aplicación de la casa de la calidad.

3.2.1 *Casa de calidad*

La aplicación de este método tiene como objetivo trasladar los requerimientos del consumidor a requerimientos técnicos apropiados para cada etapa del proceso, con el fin de aportar las necesidades del cliente con su definición ingenieril de esta manera nacen alternativas de solución creando un producto en el menor tiempo y costo que cumpla con las necesidades del consumidor.

3.2.1.1 *Voz del usuario*

En esta fase se toma en cuenta los requerimientos del cliente, con el fin de establecer las necesidades presentes lo cual se agrupan por categorías.

Demandas básicas

- Capacidad
- Costo
- Material
- Comodidad o confort

Demandas de diseño

- Tiempo
- Ciclo de vida útil
- Torque
- Velocidad
- Periodo de mantenimiento
- Costo de mantenimiento
- Facilidad de mantenimiento
- Movimiento

3.2.1.2 *Voz del ingeniero*

Mediante las condiciones del usuario se propone cumplir todas las demandas planteadas mediante un criterio más técnico.

- Peso máximo
- Valor de la maquina
- Selección del material
- Diseño ergonómico

- Tiempo de proceso
- Año de duración
- Selección del motor
- Velocidad constante
- Programas de mantenimiento
- Presupuesto de mantenimiento
- Repuestos accesibles
- Sistema de transmisión

3.2.1.2.1 Material

Seleccionar un material para el diseño de la máquina bajo los parámetros de capacidad para lograr una estructura duradera y cumpla con las propiedades mecánicas.

3.2.1.2.2 Periodo de mantenimiento

Tener en cuenta un plan de mantenimiento para un periodo de funcionamiento de la máquina para evitar fallar prematuras.

3.2.1.2.3 Precio

Analizar un precio acorde a los clientes para lograr una economía estable en los productores de melcochas.

3.2.1.2.4 Instrucciones de operación

Tener en cuenta el proceso de operación que este accesible para los clientes que adquieran este mecanismo.

3.2.1.2.5 Resistencia

En base a la capacidad de la máquina que se analizó anteriormente en función de peso se tiene en cuenta los demás elementos para lograr analizar una estructura que resista.

3.2.1.2.6 Eficiencia

Determinar la eficiencia de la estructura y los horcones que van a estar sometidos a grandes esfuerzos.

3.2.1.2.7 Motor

Seleccionar un motor en función de la fuerza que se necesitaría para el proceso y con qué velocidad trabajaría.

3.2.1.2.8 Velocidad constante

Lograr una velocidad de menor a mayor con un proceso constante para garantizar un mejor tiempo en cada proceso de batido.

3.2.1.2.9 Diseño ergonómico

Un requisito para que el usuario pueda tener el confort y maniobrabilidad de la máquina para un buen funcionamiento.

3.2.1.2.10 Dimensionamiento

Tener una distribución del espacio de cómo se va ir modelando la máquina acorde con el diseño de cada una de las partes para tener una maquina idónea y poner moverle de un lado al otro.

3.2.1.3 Competencia de producto

3.2.1.3.1 Máquina estiradora de melcochas con capacidad para 25 libras

La máquina amasadora de melcochas de brazos vertical, está constituida en cuatro sistemas como se detalla en la ilustración.

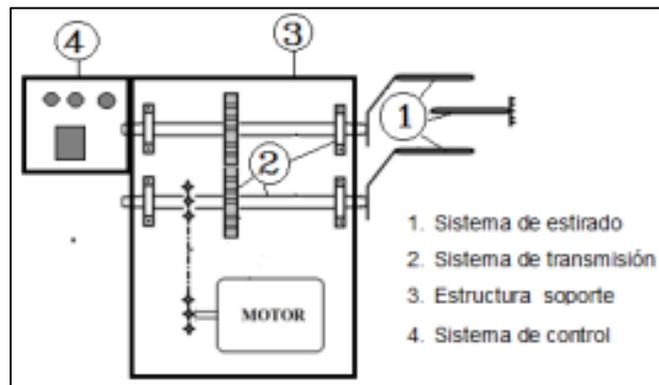


Ilustración 2-3: Esquema general de la máquina.

Fuente: (Byron, 2017)

Características técnicas

- Capacidad: 25 libras en masa (aproximado de 12 Kg.)
- Distancia entre brazos: 28 cm.
- Diámetro del eje: 19,05 mm
- Velocidad de estirado: 30 ciclos/minutos (rpm)
- Potencia requerida: 1,265 kW.

3.2.1.3.2 Máquina batidora de melcocha

La máquina estiradora de alfandoque de brazos horizontal, consta de cinco sistemas como se detallan a continuación.

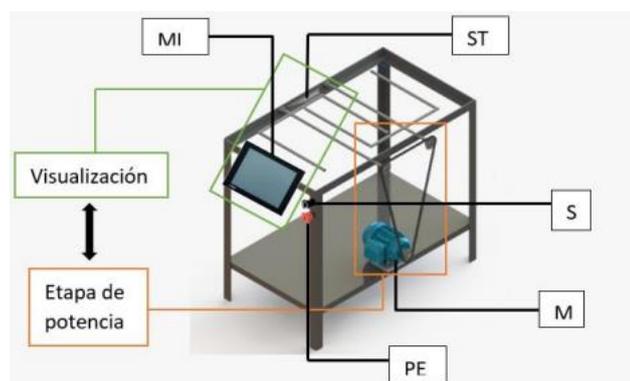


Ilustración 3-3: Esquema del prototipo.

Fuente: (Guzmán y Gualteros 2021, p. 14)

Características técnicas

- Capacidad: 22 libras en masa (aproximado de 10 Kg.)

- Distancia entre brazos: 30 cm.
- Diámetro del eje: 8,3 mm
- Velocidad de estirado: 32,8 ciclos/minutos (rpm)
- Potencia requerida: 0,578 kW.

Con los requisitos del cliente y las especificaciones técnicas del ingeniero se detalla el diseño que optimice la dinámica del prototipo, con el fin de mejorar la calidad en su estructura, economía y ergonomía.

En la siguiente grafica se muestra los resultados de la casa de la calidad del presente prototipo.

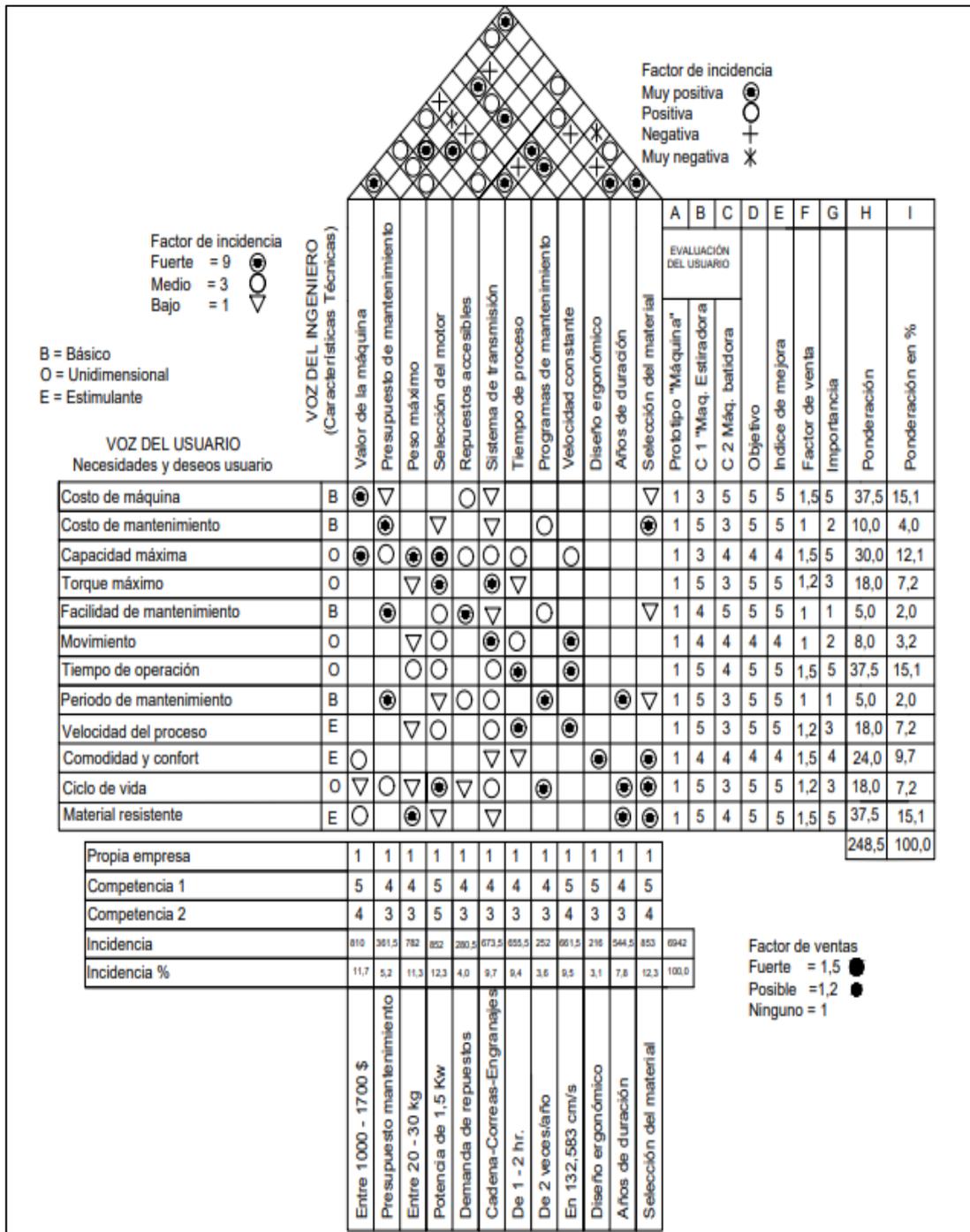


Ilustración 4-3: Casa de la calidad.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.2.2 Especificaciones técnicas

Con los resultados de la casa de calidad identificamos las especificaciones técnicas con mayor enfoque para el diseño del mecanismo lo cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1-3: Especificaciones técnicas del producto

Empresa: ESPOCH - EIM Diseñador: Baraja Luis		PRODUCTO: Máquina batidora de melcocha		Fecha inicio: 06/04/2022 Fecha culminación: 16/08/2022	
Concepto	Fecha Propone	R/D	Descripción		
Selección del motor		D	R	En base a los ciclos y el torque necesario determinamos la potencia necesaria en relación a la competencia está en 1,265 KW.	
Selección del material		D	R	En relación al material se tomará en cuenta las características mecánicas y alimenticias para este mecanismo.	
Valor de la maquina		C	R	Respecto al valor de la maquina se determinó en la relación de la economía del mercado de los productores de la zona que se tabulo un precio aproximado de 1500 \$.	
Peso máximo		C	D	La capacidad del producto en peso de la materia prima es de 25 Kg. por toda la parada que sale de la paila.	
Sistema de transmisión		D	R	La transmisión más óptima para que tenga una velocidad constante es por engranajes, menos ruidosa y más eficiente.	
Velocidad constante		D	R	Para lograr una secuencia armónica en relación del batido debe estar entre 35 ciclo/minuto.	
Tiempo de proceso		C	D	El tiempo más óptimo para terminar toda la parada de melcocha debe de ser de 90 minutos.	
Propone: C= Cliente R/D: R= Requerimiento		D= Diseño D= Deseo	P= Producción MR= Modificación de requerimientos	F= Fabricación	

3.3 Diseño Conceptual

El desarrollo de esta etapa, una vez definida las características técnicas que requiere el producto, se analiza las posibles soluciones a las alternativas propuestas, mediante el criterio de ponderación.

3.3.1 Análisis de la estructura funcional

Los análisis estructurales funcional se formula una matriz morfológica en base a cada una de las funciones del prototipo, obteniendo la matriz podremos generar distintas alternativas o posibles soluciones para lograr el producto final.

Donde se evaluarán alternativas mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados para poder escoger una alternativa con base en el grupo de diseño para entregar un valor a cada opción. Con la solución final se habrá escogido la solución con mayor ponderación.

3.3.1.1 Nivel 0

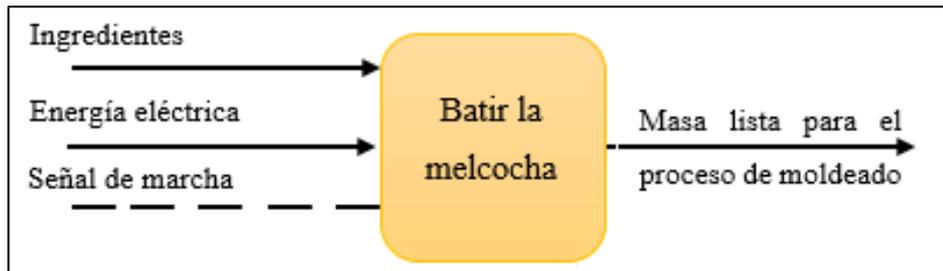


Ilustración 5-3: Organigrama nivel 0.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.3.1.2 Nivel I

En este nivel se detalla con más el algoritmo de forma general que realiza el prototipo para su ejecución, como se detalla en la siguiente ilustración.

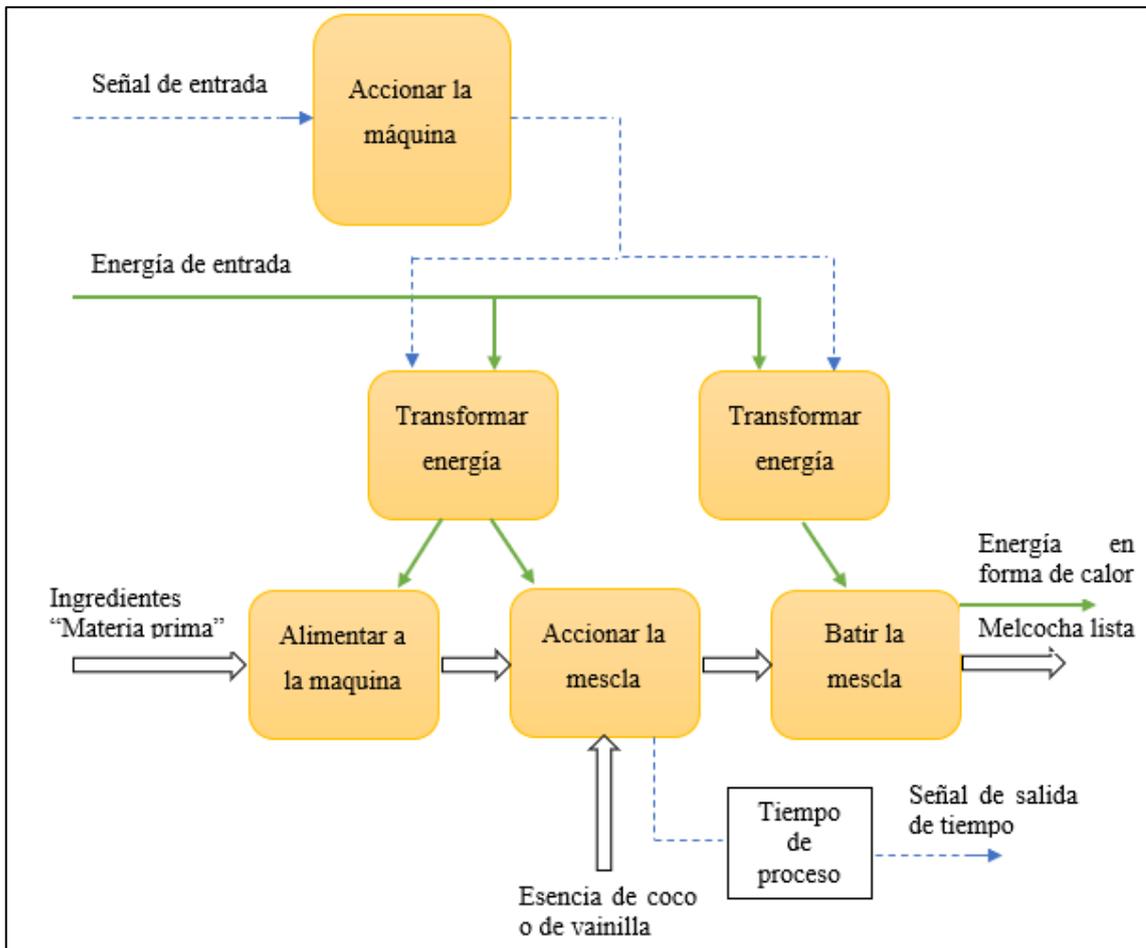


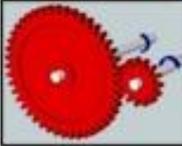
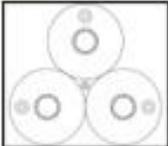
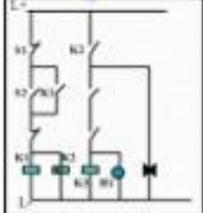
Ilustración 6-3: Organigrama nivel 1.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.3.2 Matriz morfológica

3.3.2.1 Generación de alternativas

Tabla 2-3: Matriz morfológica

Función	Componente		
Energía  Eléctrica	 Química		
Transformar energía  SIEMENS "Serie ILEO141" Motor eléctrico trifásico	 W22 "Eficiencia Premium" Motor eléctrico trifásico		
Transmitir energía mecánica  Por cadena	 Por banda	 Por engranaje	
Amasadora  Amasadora de brazos verticales	 Amasadora de brazos horizontal	 Amasadora de brazos triangulares	
Control  Lógica cablada	 PLC		
Tiempo de proceso 1 – 2 horas	1 – 4 horas	1 – 6 horas	
Alternativa 1	Alternativa 2		Alternativa 3

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.3.2.1.1 *Alternativa 1*

Sistema que es alimentado mediante electricidad con la transformación de un motor eléctrico trifásico SIEMENS, con el fin de transmitir energía mecánica por cadena para poder dar movimiento a una amasadora de brazos verticales, mediante el control de una lógica cableada para alcanzar un tiempo de proceso entre 1 – 4 horas en la culminación de toda la actividad de amasado del producto.

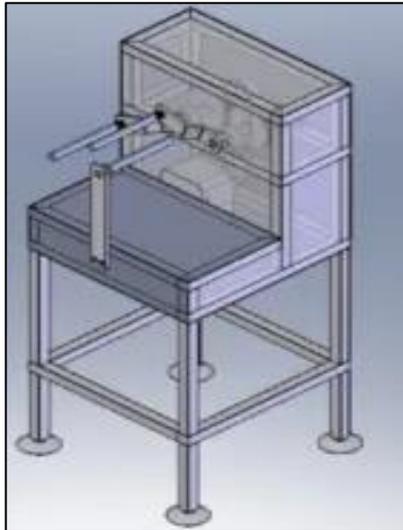


Ilustración 7-3: Alternativa 1.

Realizado por: (Sánchez y Verdezoto 2009)

Ventajas

- Transmisión de relación constante
- Diseño ergonómico
- El costo de mantenibilidad es económico
- Mejor tiempo de proceso

Desventajas

- Requiere de lubricación constante
- Ocupa más espacio
- El mantenimiento es tedioso
- No es muy eficiente

3.3.2.1.2 *Alternativa 2*

Sistema que es alimentado mediante electricidad con la transformación de un motor eléctrico trifásico WEG, con el fin de transmitir energía mecánica por cadena para poder dar movimiento

a una amasadora de brazos triangulares, mediante el control de una lógica cableada para alcanzar un tiempo de proceso entre 1 – 2 horas en la culminación de toda la actividad de amasado del producto.

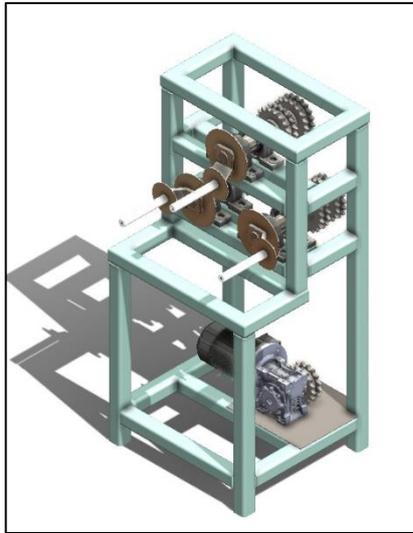


Ilustración 8-3: Alternativa 2.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Ventajas

- Multiplicación de visión del torque
- Transmite a largas distancias
- Diseño más comfortable
- Tiempo de proceso

Desventajas

- Costo
- Mantenibilidad tediosa
- Transmisión ruidosa

3.3.2.1.3 Alternativa 3

Sistema que es alimentado mediante electricidad con la transformación de un motor eléctrico trifásico W22, con el fin de transmitir energía mecánica por cadena para poder dar movimiento a una amasadora de brazos horizontales, mediante el control de un PLC para alcanzar un tiempo de proceso entre 1 – 2 horas en la culminación de toda la actividad de amasado del producto.

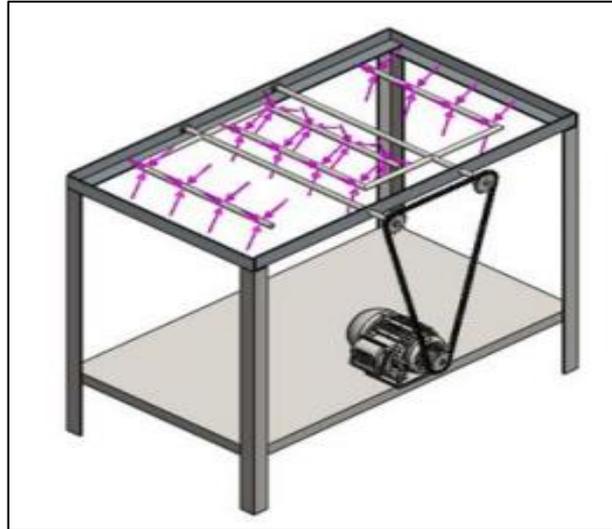


Ilustración 9-3: Alternativa 3.

Realizado por: (Guzmán y Gualteros 2021)

Ventajas

- Transmisión constante
- Mejor programación
- Diseño resistente

Desventajas

- Mucho más caro
- Ocupa mayor espacio
- Difícil de movilizar

3.3.2.2 Evaluación de alternativas

Definidas las alternativas de la solución de la matriz morfológica, se plantea su respectiva evaluación aplicando los criterios de valoración:

- Potencia
- Selección de material
- Costo
- Capacidad máxima
- Sistema de transmisión
- Velocidad constante
- Tiempo de proceso

A continuación, se presenta el criterio de ponderación para la evaluación del peso específico de cada criterio.

Selección de material = Potencia > Costo > Capacidad > Transmisión > Velocidad > Tiempo

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

Criterio	Potencia	Material	Costo	Capacidad	Transmisión	Velocidad	Tiempo	$\Sigma+1$	Ponderación
Potencia		0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,232
Material	0,5		1	1	1	1	1	6,5	0,232
Costo	0	0		1	1	1	1	5	0,179
Capacidad	0	0	0		1	1	1	4	0,143
Transmisión	0	0	0	0		1	1	3	0,107
Velocidad	0	0	0	0	0		1	2	0,071
Tiempo	0	0	0	0	0	0		1	0,036
								Σ 28	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Evaluación de los pesos específicos de las diferentes soluciones para cada criterio

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3

Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio “Potencia”

Potencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,273
Alternativa 2	1		1	3	0,545
Alternativa 3	0	0		1	0,182
				Σ 5,5	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio “Material”

Material	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	1	0		2	0,333
				Σ 6	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio “Costo”

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		0	2	0,333
Alternativa 3	1	1		3	0,500
			Σ	6	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla 7-3: Evaluación del peso específico del criterio “Capacidad”

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,333
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			Σ	6	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 2 > Alternativa 3 = Alternativa 1

Tabla 8-3: Evaluación del peso específico del criterio “Transmisión”

Transmisión	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,333
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			Σ	6	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla 9-3: Evaluación del peso específico del criterio “Velocidad”

Velocidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,250
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,250
			Σ	6	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Alternativa 2 > Alternativa 3 = Alternativa 1

Tabla 10-3: Evaluación del peso específico del criterio “Tiempo”

Tiempo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,308
Alternativa 2	1		1	3	0,462
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,231
			Σ	6,5	1

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Tabla 11-3: Resultados de alternativas

Criterio	Potencia	Material	Costo	Capacidad	Transmisión	Velocidad	Tiempo	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,063	0,039	0,030	0,048	0,036	0,018	0,011	24%	3
Alternativa 2	0,127	0,116	0,060	0,071	0,054	0,036	0,016	48%	1
Alternativa 3	0,042	0,077	0,089	0,024	0,018	0,018	0,008	28%	2

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Con el análisis de ponderación establecida en la tabla 10-3, se determina que la alternativa con mayor porcentaje y más óptima para el proceso de amasado de la melcocha es la alternativa 2.

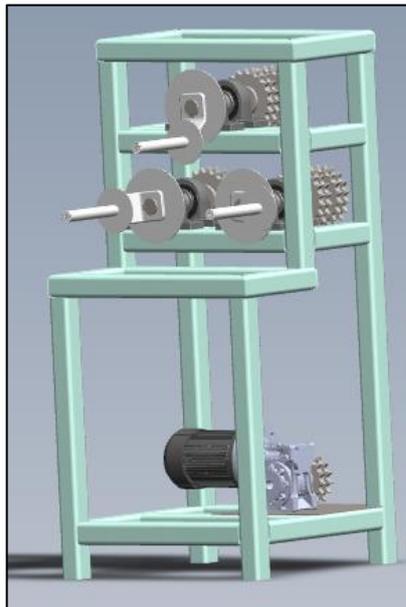


Ilustración 10-3: Amasadora de brazos triangulares.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.4 Diseño de materialización

Para el diseño de materialización se genera un módulo general del prototipo de la máquina batidora de melcocha, desarrollado en el software SolidWorks, en relación con este modelado se realiza el análisis correspondiente de cada diseño implementados para esta investigación como son: análisis dinámico y análisis estructural, con la ayuda de un simulador para demostrar su comportamiento si resiste en el software ANSYS, con esto se realizara una selección estructural óptima para su funcionamiento del mecanismo.

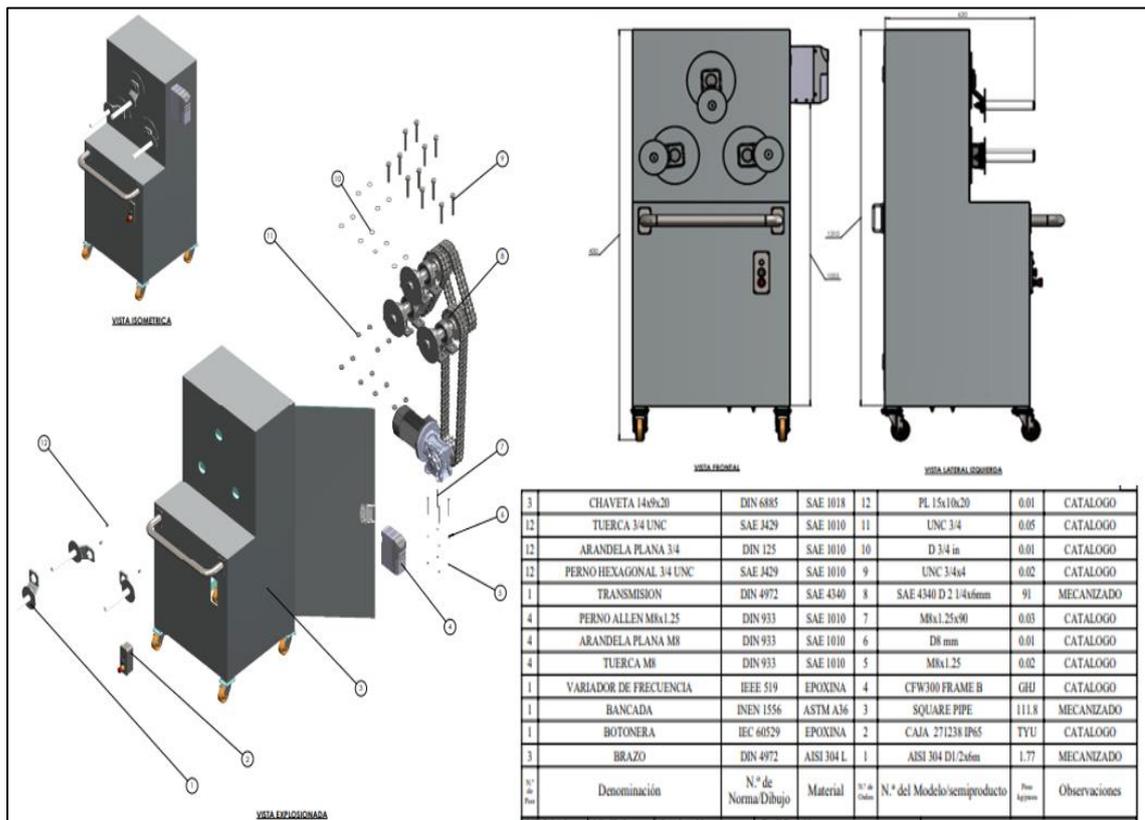


Ilustración 11-3: Batidora BP 86

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.5 Parámetros de diseño

3.5.1 Determinación de la capacidad de producción

3.5.1.1 Producción de los artesanos por día

Los productores por lo general trabajan 6 días a la semana, por día generan una parada de melcocha de aproximado de un saco de panela, incluyendo los demás ingredientes que se le

incorpora para el proceso de cocción, en base a este estudio se realizó un análisis de balance de masa de todas las etapas productivas.

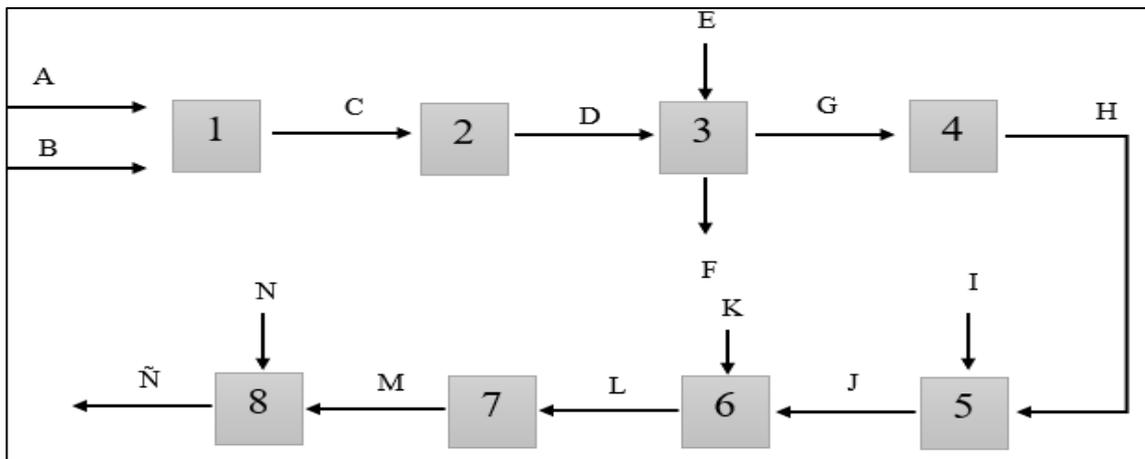


Ilustración 13-3: Diagrama de caja negra del proceso.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Con los datos obtenidos tabulamos para determinar un peso promedio con el fin de obtener la cantidad total que producen.



Ilustración 12-3: Toma de datos del peso de cada bocadito.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

En relación a todo el proceso sacamos el peso de cada unidad de melcocha moldeada en forma circular dando los siguientes datos a continuación

Tabla 12-3: Datos del peso por unidad de la melcocha.

Unidad sin plástico	Peso (gramos)
1	11,28
2	11,05
3	10,49
4	9,03
5	10,85
6	9,82
7	8,44
Promedio	10,137

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Analizando cada etapa de lo que ingresa y se va transformando la materia prima hasta obtener la masa de melcocha lista para el siguiente proceso que realizan por parada de cada jornada de trabajo.

3.5.2 *Determinación de las propiedades mecánicas y físicas*

3.5.2.1 *Densidad del producto*

Con la ayuda de un recipiente se logró determinar la densidad del producto, en el estado que se está batiendo la mezcla se tomó una parte de la materia prima y se colocó en dicho medidor, lo cual se mide el peso del recipiente vacío y luego con el producto para logra la masa que contiene y en relación del volumen se logra determinar la densidad.



Ilustración 14-3: Pesaje del recipiente de medida vacío y con la melcocha.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

En relación a esta medida se realiza la diferencia de peso para lograr determinar su peso neto del producto y en función del volumen del recipiente.



Ilustración 15-3: Volumen del producto a calcular.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Tabla 13-3: Datos del peso en relación al recipiente

Peso (g)	Volumen (cm ³)
96,458	200

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Determinado la masa y el volumen, proceder a calcular la densidad después del procedo de batido de la melcocha.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad 3.1$$

Donde:

ρ : Densidad ($\frac{g}{cm^3}$)

m : Masa

v : Volumen

3.5.2.2 Resistencia que presenta la melcocha al estiramiento

Este parámetro es fundamental para el análisis del diseño de la máquina amasadora de melcocha, la cual se determina en función de ensayos de Tensión de Fluencia con la ayuda del manual elemental de Reología y con las características del fluido que presenta la melcocha, basado en la siguiente fórmula.

$$\sigma_o = \frac{F_e}{\pi a^2} \quad 3.2$$

Donde:

σ_o : Tensión de fluencia.

F_e : Fuerza de estiramiento.

a : Radio en el plano de penetración de un cono de ángulo recto.

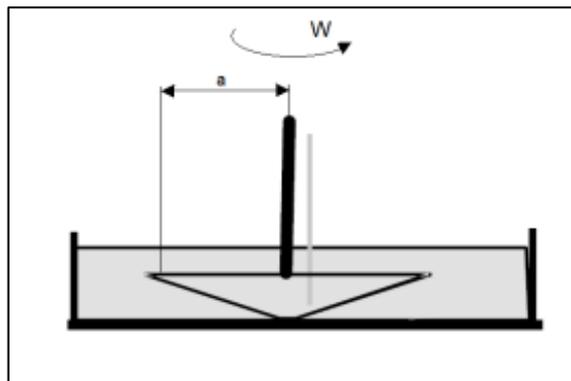


Ilustración 16-3: Ensayo de Sherman.

Fuente: (Sánchez y Verdezoto 2009)

Sherman enlisto los siguientes valores de tensión de fluencia (en pascales) y sus valores para sólidos- suaves, alimentos, y materiales de extensión como se muestra a continuación.

- 5000 – 10000. Medios muy suaves, no puros.
- 10000 – 20000. Suaves, pero siempre untables.
- 20000 – 80000. Plásticos y untables.
- 80000 – 100000. Duros, pero satisfactoriamente untables.

- 100000 – 150000. Demasiados duros, límite de untabilidad.

El valor que está relacionado a la melcocha está dentro de 10 a 20 KPa, que son alimentos suaves y que además son untables el cual cumple con las características del producto (Howard 1985, p. 74).

De esta manera el valor de “a” recomendado es de 5cm (0,05m), por ende, la fuerza de estiramiento para la melcocha es:

$$W = \sigma_o * \pi a^2 \quad 3.3$$

$$W_{min} = 10 \text{ kPa} * \pi(0,05)^2$$

$$W_{min} = 78,539 \text{ N} = 8 \text{ Kg}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 20 \text{ kPa} * \pi(0,05)^2$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 157,079 \text{ N} = 16 \text{ Kg}$$

Dentro de estos valores se deberá trabajar para lograr una fuerza de estiramiento permisible respecto al proceso de batido de este producto.

En relación a la práctica del proceso de batido se realizó tomando tres porciones de melcocha desde el menor hasta el mayor con la ayuda de una balanza romana se logró medir la fuerza que se necesita para estirar la melcocha de cada masa.



Ilustración 17-3: Proceso de estirado de la melcocha.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Para cada porción de melcocha se tomó en relación al peso de cada uno lo cual se realiza la toma de los datos de la fuerza de estiramiento.



Ilustración 18-3: Pesaje de las porciones de melcocha.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.5.2.3 Velocidad del proceso de batido de la melcocha

La velocidad en el proceso de batido se determinó mediante la observación de los trabajadores que realizan esta actividad, tomando en cuenta el ciclo de vuelta que realizan en un minuto aproximadamente.



Ilustración 19-3: Proceso de batido y toma de datos de la velocidad.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.6 Diseño y validación del prototipo

En base al requerimiento establecido en la alternativa 2, se procede a realizar los cálculos necesarios para los brazos triangulares giratorios, con una longitud asumida de 20 cm, los cuales están en contacto directo con la masa.

3.6.1 Selección del material

3.6.1.1 Eje de batido

Para la selección del eje que soportar el peso de la melcocha y la fuerza de estiramiento que necesita para esta función, en base a este parámetro se estableció un material que cumpla con todas estas propiedades, con la ayuda de un software especializado.

En relación al índice de optimización, el índice del costo y las propiedades mecánicas se obtuvo un Acero AISI 4340 templado y revenido.

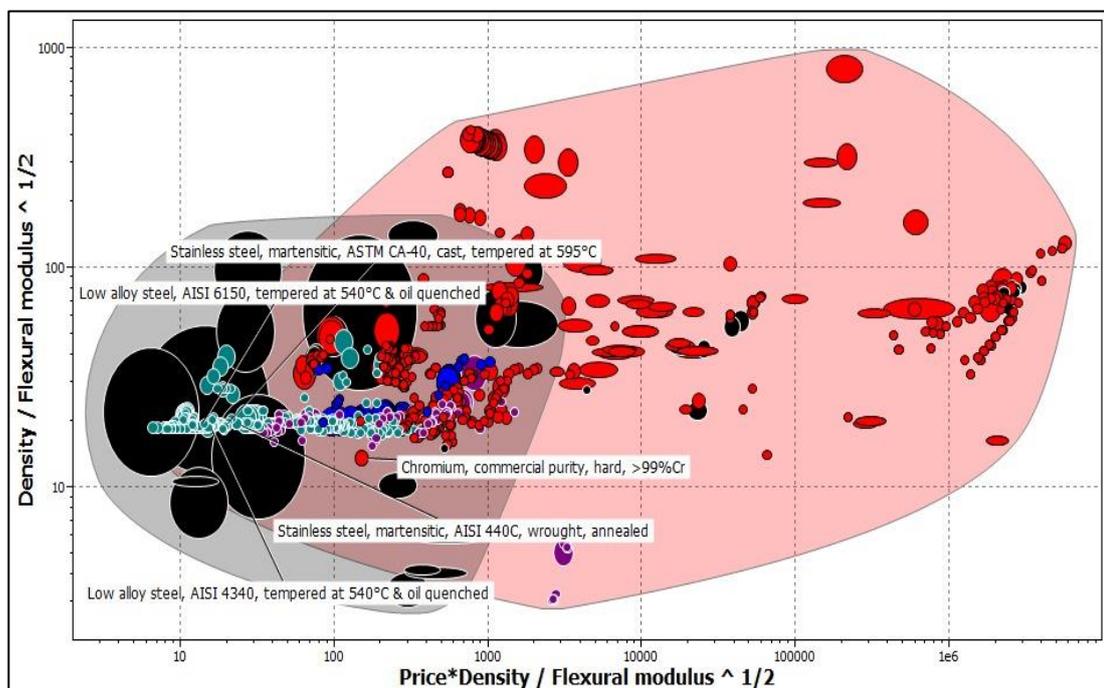


Ilustración 20-3: Selección del material del eje de amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Propiedades del Acero AISI 4340 el cual existe en el mercado.

$$T = 315 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{ut} = 965 \text{ MPa.}$$

$$S_y = 855 \text{ MPa.}$$

$$D_B = 486^{69}$$

3.6.1.2 Material de recubrimiento

Selección del polímero de recubrimiento para evitar fricción en el proceso de amasado y evitar recalentamiento en el motor se analizó en función de un software especializado.

En relación al índice de optimización, el índice del costo y las propiedades mecánicas se obtuvo un Polímero PA poliamida transparente (nylon).

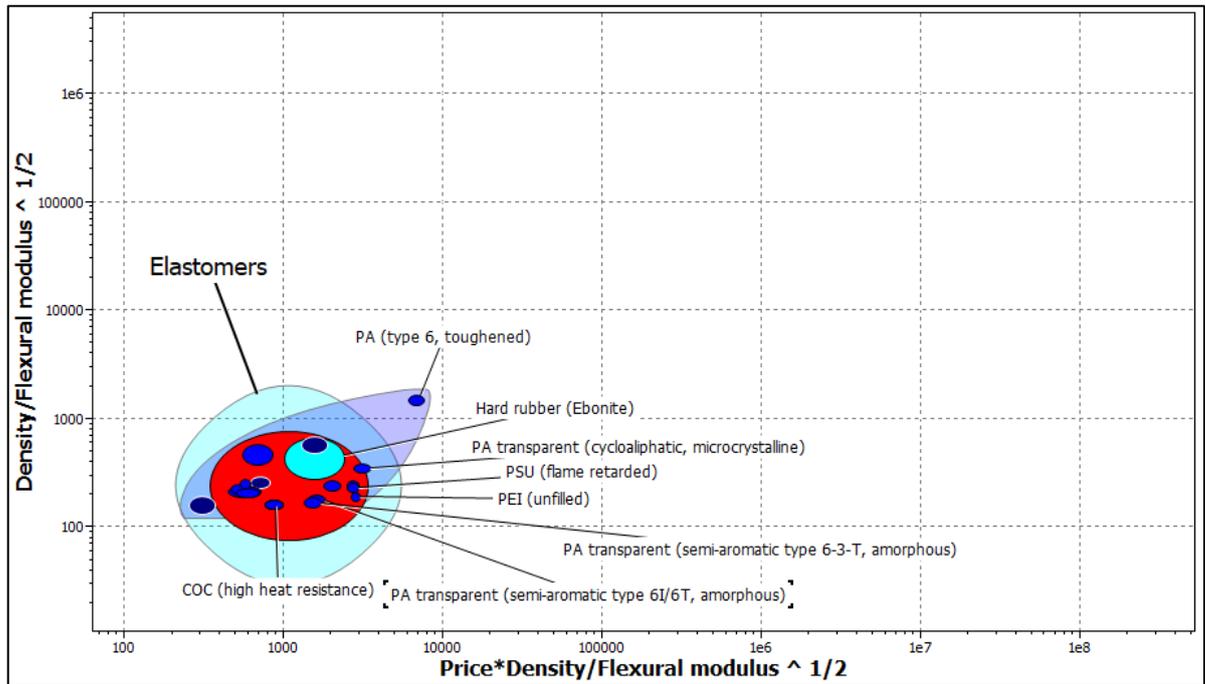


Ilustración 21-3: Selección de un polímero para el amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Propiedades del PA poliamida transparente (nylon) el cual existe en el mercado.

$$T = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{ut} = 124 \text{ MPa.}$$

$$S_y = 99,9 \text{ MPa.}$$

$$H_v = 28,4$$

En relacion a la eleccion del material para los brazos de amasado se procede al calculo del diametro del eje mediante los parametrsos establecidos.

3.6.2 Diseño de los ejes de batido

3.6.2.1 Diseño estático

Para el análisis de este elemento de la máquina se representa como una viga en voladiza con su carga distribuida con el fin de determinar los esfuerzos de flector y cortante.

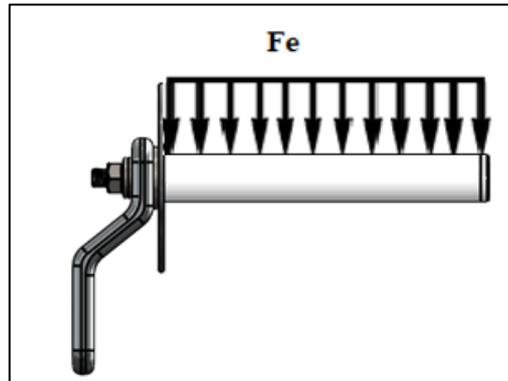


Ilustración 22-3: Representación del eje de amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.6.2.1.1 Flexión

Para determinar este esfuerzo de flexión tomando en cuenta que es un eje, se aplica la siguiente formula:

$$\sigma_f = \frac{32 * M}{\pi * D^3} \quad 3.4$$

Donde:

M : Momento flector ($F*x$)

F : Fuerza de estiramiento máxima (490,5 N)

x : Distancia del empotramiento hacia la fuerza ($L/2$)

D : Diámetro del eje

De esta manera se determina los diagramas de cortante y de momento flector con la fuerza de estiramiento máxima de 409,5 N, en el eje que está sometido a una carga distribuida.

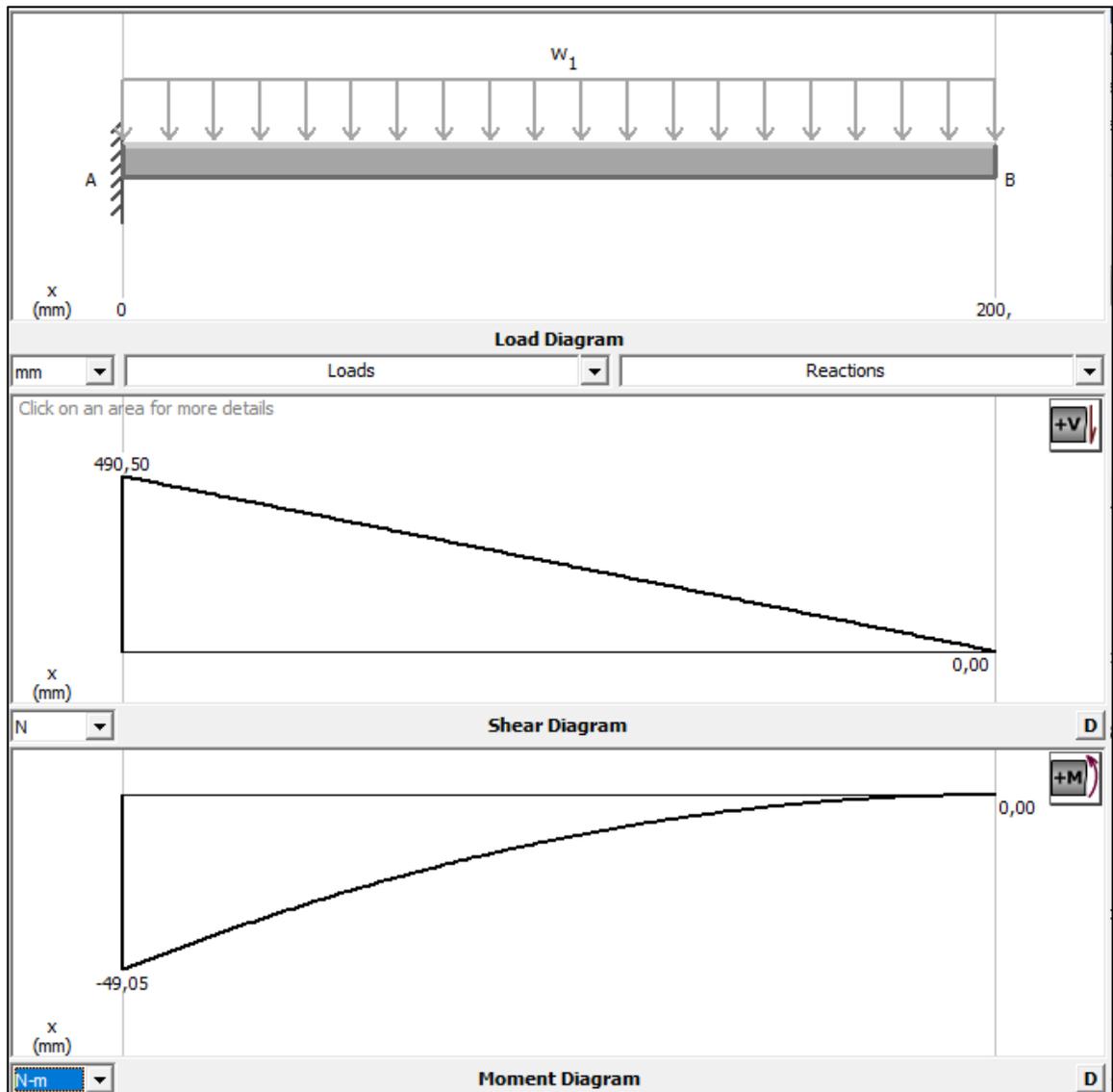


Ilustración 23-3: Diagrama del cortante y momento flector.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.6.2.1.2 Corte

Para determinar este esfuerzo de corte tomando en cuenta que es un eje, se aplica la siguiente formula:

$$\tau_c = \frac{4 * F}{\pi * D^2} \quad 3.5$$

Donde:

F : Fuerza de estiramiento máxima (490,5 N)

D : Diámetro del eje

Aplicando de teoría de Von Mises para determinar el diámetro del eje y que cumpla con el coeficiente de seguridad, $n \geq 2$ para construcción.

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xy}^2} = \frac{S_y}{n} \quad 3.6$$

Donde:

n : Factor de seguridad. (2)

S_y : Resistencia a la fluencia. (855 MPa)

Reemplazando en la ecuación 3,5 los respectivos valores, determinamos el diámetro necesario para el eje.

$$\sqrt{\left(\frac{32 * 49,05}{\pi * D^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{4 * 490,5}{\pi * D^2}\right)^2} = \frac{855 \text{ MPa}}{2}$$

$$D = 0,01053 \text{ m} = 10,53 \text{ mm}$$

Verificamos si cumple el factor de seguridad con el diámetro calculado.

$$\sqrt{\left(\frac{32 * 49,05}{\pi * 0,01053^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{4 * 490,5}{\pi * 0,01053^2}\right)^2} = \frac{855 \text{ MPa}}{n}$$

$$n = 1,998 \leq 2 \text{ X!}$$

De esta manera selecciona un diámetro comercial que exista en el mercado,

$$D = 12,70 \text{ mm (1/2in)}$$

Con el diámetro comercial seleccionado se verifica si cumple el factor de seguridad.

$$\sqrt{\left(\frac{32 * 49,05}{\pi * 0,0127^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{4 * 490,5}{\pi * 0,0127^2}\right)^2} = \frac{855 \text{ MPa}}{n}$$

$$n = 3,5 \geq 2 \text{ OK!}$$

3.6.2.2 Diseño dinámico.

Para este diseño se tomará en cuenta la fuerza mínima y máxima con el fin de diseñar los ejes que amasaran el producto.

$$F_{min} = 245,25 \text{ N}$$

$$F_{max} = 490,5 \text{ N}$$

De esta manera se determina el momento mínimo y máximo tomando en cuenta la distancia media del eje donde va estar aplicado las fuerzas.

$$M_{min} = (0,1\text{m}) * (245,25 \text{ N}) = 24,523 \text{ N.m}$$

$$M_{max} = (0,1m) * (490,5 N) = 49,05 N.m$$

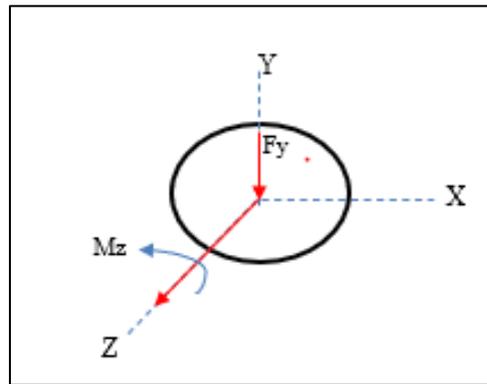


Ilustración 24-3: Fuerza y momento que aplica en el eje.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Existe una fuerza cortante en el eje “y” y un momento flector en el eje “z”, donde existe una fatiga a esfuerzos fluctuantes.

3.6.2.2.1 Corte

Determinamos el esfuerzo cortante mínimo y máximo con la fuerza de estiramiento al inicio y final del proceso aplicando la ecuación 3.5.

$$\begin{aligned} \tau_{min} &= \frac{4 * 245,25}{\pi * D^2} & \tau_{max} &= \frac{4 * 490,5}{\pi * D^2} \\ \tau_{min} &= \frac{312,262}{D^2} & \tau_{min} &= \frac{624,524}{D^2} \end{aligned}$$

Para el análisis del diseño del diámetro del eje el esfuerzo cortante se desprecia debido que no afecta en su totalidad, en el cálculo.

3.6.2.2.2 Flexión

Con los valores determinados anterior del momento flector se determina los esfuerzos fluctuantes con el mínimo y máximo.

$$\begin{aligned} \sigma_{min} &= \frac{32 * 245,25}{\pi * D^3} & \sigma_{máx} &= \frac{32 * 49,05}{\pi * D^3} \\ \sigma_{min} &= \frac{249,809}{D^3} & \sigma_{máx} &= \frac{499,619}{D^3} \end{aligned}$$

Se determina los esfuerzos de amplitud y medio que vienen hacer componente dinámico y estático.

$$\sigma_{af} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{af} = \frac{124,905}{D^3}$$

$$\sigma_{mf} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{mf} = \frac{374,714}{D^3}$$

Aplicado la Teoría de Soderberg:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n} \quad 3.7$$

Determina el límite de fatiga del elemento de máquinas.

$$S_e = K_T * S_e'$$

Se asume que $K_T = 1$ debido que el eje no tiene concentradores de esfuerzos.

$$S_e = 1 * 0,5S_{ut}$$

$$S_e = 482,5$$

La resistencia a la fluencia y el factor de seguridad:

$$S_y = 855 \text{ MPa}$$

$$n = 2$$

Remplazando en la ecuación 3.6 se calcula el diámetro del eje en función del material y el factor de seguridad.

$$\frac{\frac{124,905}{D^3}}{482,5} + \frac{\frac{374,714}{D^3}}{855} = \frac{1}{2}$$

$$D = 0,01117 \text{ m} = 11,27 \text{ mm}$$

Verificamos si cumple el factor de seguridad con el diámetro calculado.

$$\frac{\frac{124,905}{0,01127^3}}{482,5} + \frac{\frac{374,714}{0,01127^3}}{855} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1,999 \leq 2 \text{ X!}$$

Casi se aproxima, seleccionado el diámetro comercial que existe en el mercado.

$$D = 12,7 \text{ mm (1/2in)}$$

Deberá cumplir el factor de seguridad.

$$\frac{\frac{124,905}{0,0127^3}}{482,5} + \frac{\frac{374,714}{0,0127^3}}{855} = \frac{1}{n}$$

$$n = 2,93 \geq 2 \text{ OK!}$$

Se concluye que el diámetro del eje excéntrico que estará sometido a una carga distribuida tanto a un diseño estático y dinámico respecto al material que se emplee para el proceso es de.

$$d = 12,7 \text{ mm (1/2in)}$$

3.6.3 Diseño de los brazos

Para el diseño de los tres brazos de longitud de 20 cm, en relación a la fuerza de estiramiento, se utiliza una platina de acero laminado en caliente ASTM A-36, en relación al mercado nacional se utiliza una platina de PLT 50X12. Ver (ANEXO A).

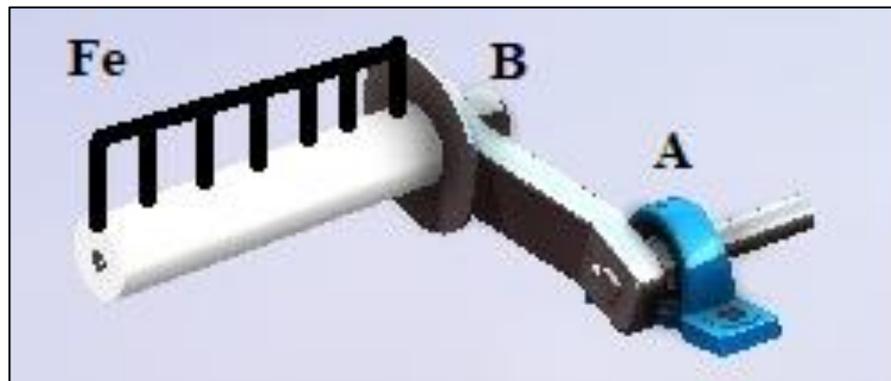


Ilustración 25-3: Brazo de amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Tabla 14-3: Características del material

DESIGNACIÓN	[Kg/cm2]			[Mpa]		
	Fy	Fu	E	Fy	Fu	E
ASTM A36	2531,100	4077,800	2038901,900	248,211	399,896	199947,960

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.6.3.1 Diseño estático

Para aplicar la fuerza de estiramiento en el eje respecto al brazo, se relaciona a una inclinación de 45° respecto al plano $x - y$, tomando en cuenta el proceso de amasado.

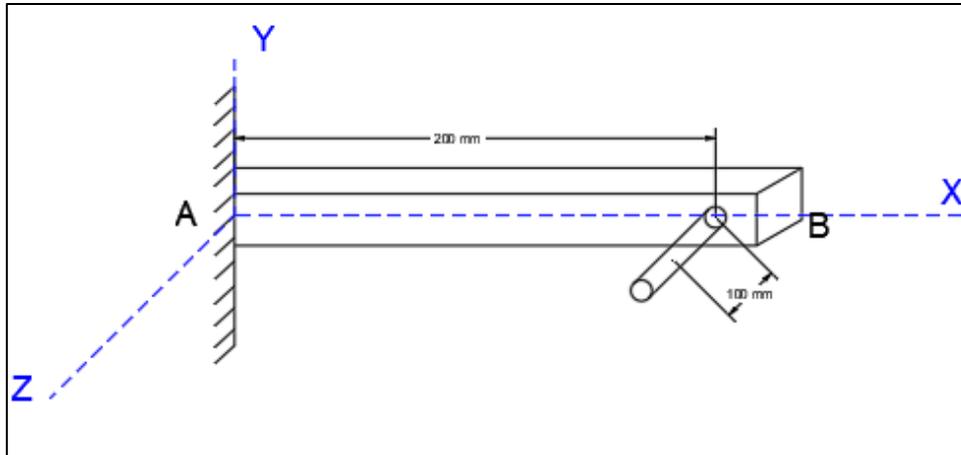
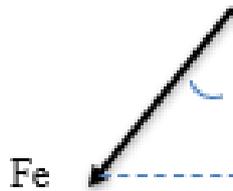


Ilustración 26-3: Esquema del brazo de amasar respecto al eje.

Realizado por: Baraja, Luis, 2022



Se determina la fuerza resultante y el radio que produce el momento en los demás planos.

$$F_R = (-364,836 i - 346,836 j) N$$

$$r_A = 0,2 i + 0,1 k$$

Cálculo del momento resultante en relación al radio y la fuerza resultante.

$$m_R = \begin{pmatrix} i & j & k \\ 0,2 & 0 & 0,1 \\ -346,836 & -346,836 & 0 \end{pmatrix}$$

$$m_R = (34,684 i - 34,684 j - 69,367 k)$$

La fuerza resultante y el momento se plasma en un diagrama para identificar que esfuerzos no más actúan en la geometría del brazo.

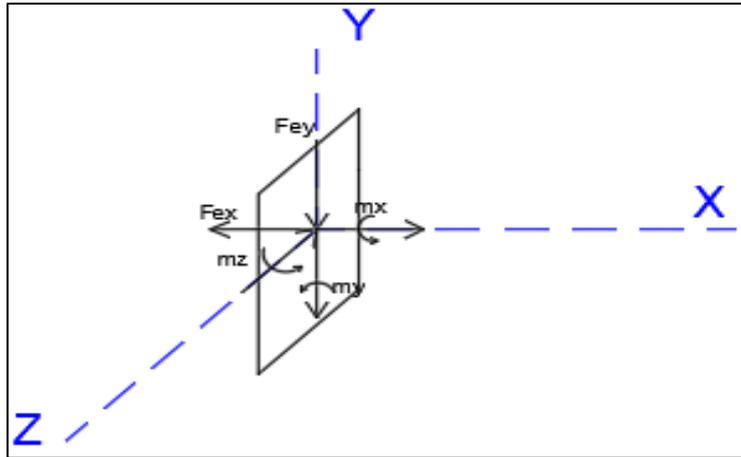


Ilustración 27-3: Esquema de los esfuerzos que actúan en el brazo.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

La relación de a/b se lo asume depende el diseñador y la aplicación que se le dé, en este caso ese valor es de 4.

$$\frac{a}{b} = 4 \rightarrow \left(\begin{matrix} a = 4b \\ b = \frac{a}{4} \end{matrix} \right) \rightarrow \alpha = 0,282$$

Compresión: F_{ex}

$$\sigma_x = -\frac{4F}{a^2}$$

Corte: F_{ey}

$$\tau_y = \frac{4F}{a^2}$$

Torsión: m_x

$$\tau_x = \frac{16M}{0,282 * a^2}$$

Flexión: $m_y - m_z$

$$\sigma_y = \frac{24M}{a^3}$$

$$\sigma_z = \frac{6M}{a^3}$$

Determine el punto crítico en la zona de la geometría del brazo.

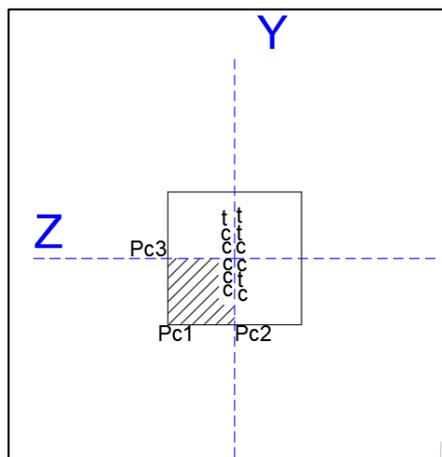


Ilustración 28-3: Esquema de los puntos críticos.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Analizando el esquema el punto más crítico por flexión es el punto 3, el cual predomina respecto a los demás.

$$\sigma_x = \sigma_c + \sigma_{fy}$$

$$\sigma_x = \frac{4F}{a^2} + \frac{24M}{a^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16M}{0,282 * a^2}$$

Aplicando la Teoría de Von Mises respecto a la ecuación 3.6:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xy}^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\left(\frac{4F}{a^2} + \frac{24M}{a^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16M}{0,282 * a^2}\right)^2} = \frac{248,211 \text{ MPa}}{2}$$

$$a = 0,0305 \text{ m} = 30,5 \text{ mm}$$

$$b = 7,625 \text{ mm}$$

Verificar si cumple el factor de seguridad respecto a las dimensiones calculadas.

$$\sqrt{\left(\frac{4F}{0,0305^2} + \frac{24M}{0,0305^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{16M}{0,282 * 0,0305^2}\right)^2} = \frac{248,211 \text{ MPa}}{n}$$

$$n = 2,001 \geq 2 \text{ OK!}$$

Cumple la condición y las mediciones que se determinó son las siguientes.

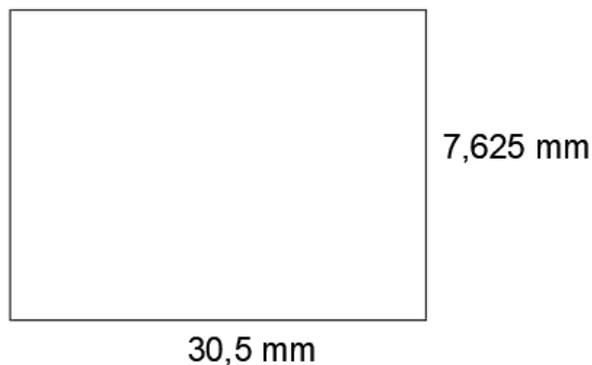


Ilustración 29-3: Dimensiones del diseño estático.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.6.3.2 Diseño dinámico

Para aplicar la fuerza de estiramiento en el eje respecto al brazo, se relaciona a una inclinación de 45° respecto al plano $x - y$, tomando en cuenta el proceso de amasado analizando en función de una fuerza mínima y máxima.

$$F_{min} = 245,25 \text{ N}$$

$$F_{m\acute{a}x} = 490,5 \text{ N}$$

Determinar la fuerza y el momento resultante mínima y máxima, con el fin de obtener los esfuerzos fluctuantes.

$$F_{R,min} = (-173,418 i - 173,418 j) \text{ N} \quad m_{R,min} = (17,342 i - 17,342 j - 34,684 k)$$

$$F_{R,m\acute{A}X} = (-364,836 i - 346,836 j) \text{ N} \quad m_{R,m\acute{A}X} = (34,684 i - 34,684 j - 69,367 k)$$

En relación al esquema de los esfuerzos que actúan en el brazo se determina cada uno en función del mínimo y máximo.

Compresión: F_{ex}	Corte: F_{ey}	Torsión: m_x	Flexión: $m_y - m_z$
$\sigma_{x,min} = -\frac{4F}{a^2}$	$\tau_{y,min} = \frac{4F}{a^2}$	$\tau_{x,min} = \frac{16M}{0,282 * a^2}$	$\sigma_{y,min} = \frac{24M}{a^3} = \sigma_{y,m\acute{a}x}$
$\sigma_{x,m\acute{a}x} = -\frac{4F}{a^2}$	$\tau_{y,m\acute{a}x} = \frac{4F}{a^2}$	$\tau_{x,m\acute{a}x} = \frac{16M}{0,282 * a^2}$	$\sigma_{z,min} = \frac{6M}{a^3} = \sigma_{z,m\acute{a}x}$

Analizando el esquema el punto más crítico por flexión es el punto 3, el cual predomina respecto a los demás

Compresión:	Flexión:	Torsión:
$\sigma_{ac} = \frac{\frac{4F_{m\acute{a}x}}{a^2} - \frac{4F_{min}}{a^2}}{2}$	$\sigma_{af} = \frac{\frac{24M_{m\acute{a}x}}{a^3} - \frac{24M_{min}}{a^3}}{2}$	$\tau_{aT} = \frac{\frac{16M_{m\acute{a}x}}{0,282a^2} - \frac{16M_{min}}{0,282a^2}}{2}$
$\sigma_{mc} = \frac{\frac{4F_{m\acute{a}x}}{a^2} + \frac{4F_{min}}{a^2}}{2}$	$\sigma_{mf} = \frac{\frac{24M_{m\acute{a}x}}{a^3} + \frac{24M_{min}}{a^3}}{2}$	$\tau_{mT} = \frac{\frac{16M_{m\acute{a}x}}{0,282a^2} + \frac{16M_{min}}{0,282a^2}}{2}$

Valores asumidos:

$$k_{fC} = 1,6$$

$$k_{fF} = 1,6$$

$$k_{fT} = 1,4$$

$$n = 2$$

Cálculo del límite de fatiga predominando la flexión.

$$S_e = K_T * S_e'$$

$$S_e = 0,6 * 0,5 * 399,9$$

$$S_e = 119,97$$

Aplicando esfuerzos equivalentes de amplitud y medio.

$$\sigma_{a_eq} = \sqrt{(k_{fC} * \sigma_{ac} + k_{fF} * \sigma_{af})^2 + 3 * (k_{fT} * \tau_{aT})^2} \quad 3.8$$

$$\sigma_{m_eq} = \sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 * (\tau_{mT})^2} \quad 3.9$$

Aplicado el criterio de falla mediante la Teoría de Soderberg.

$$\frac{\sigma_{a_eq}}{S_e} + \frac{\sigma_{m_eq}}{S_y} = \frac{1}{n} \quad 3.10$$

Reemplazando los valores respectivos en la ecuación 3.9, se obtiene las medidas del brazo a fatiga.

$$\frac{\sqrt{(k_{fC} * \sigma_{ac} + k_{fF} * \sigma_{af})^2 + 3 * (k_{fT} * \tau_{aT})^2}}{119,97} + \frac{\sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 * (\tau_{mT})^2}}{248,211} = \frac{1}{2}$$

$$a = 0,03245 \text{ m} = 32,45 \text{ mm}$$

$$b = 8,113 \text{ mm}$$

Verificar si cumple el factor de seguridad respecto a las dimensiones calculadas.

$$\frac{\sqrt{(k_{fC} * \sigma_{ac} + k_{fF} * \sigma_{af})^2 + 3 * (k_{fT} * \tau_{aT})^2}}{119,97} + \frac{\sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 * (\tau_{mT})^2}}{248,211} = \frac{1}{n}$$

$$n = 2,001 \geq 2 \text{ OK!}$$

Cumple la condición y las mediciones que se determinó son las siguientes.

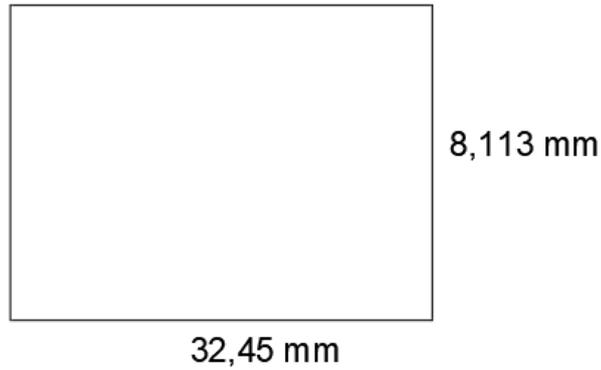


Ilustración 30-3: Dimensiones del diseño dinámico.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Con estas medidas se recalcula el límite de fatiga, S_e .

$$S_e = K_a + K_b + K_c + K_d + K_g * S_e' \quad 3.11$$

Factor de modificación por condición superficial (K_a).

$$K_a = aS_{ut}^b \quad 3.12$$

Acero laminado en caliente A36, Ver (ANEXO B).

$$K_a = 57,7 * 399,9^{-0,718}$$

$$K_a = 0,782$$

Factor de modificación por tamaño (K_b).

Para piezas rectangulares:

$$d_e = 0,808(hb)^{1/2} \quad 3.13$$

$$d_e = 13,110 \text{ mm}$$

Con este valor acuden al rango especificado, Ver (ANEXO B).

$$K_b = 1,24d^{-0,107} \quad 3.14$$

$$K_b = 0,759$$

Factor de modificación por confiabilidad (K_c).

Recomendado por el diseñador de 99%

$$K_c = 0,814$$

Factor de modificación por temperatura (K_d).

Temperatura ambiente 20°C

$$K_d = 1$$

Factor de modificación por efectos varios (K_g).

$$K_g = 1$$

Cálculo del límite de fatiga más real del elemento con la ayuda de la ecuación 3.11.

$$S_e = 0,782 * 0,759 * 0,814 * 1 * 1(0,5 * 399,9)$$

$$S_e = 96,576$$

Con el límite de fatiga real recalculan las medidas de la geometría aplicando la ecuación 3.10.

$$\frac{\sqrt{(k_{fC} * \sigma_{ac} + k_{fF} * \sigma_{af})^2 + 3 * (k_{fT} * \tau_{aT})^2}}{96,576} + \frac{\sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 * (\tau_{mT})^2}}{248,211} = \frac{1}{2}$$

$$a = 0,03609 \text{ m} = 36,09 \text{ mm}$$

$$b = 9,023 \text{ mm}$$

De esta manera se verifica en coeficiente de seguridad.

$$\frac{\sqrt{(k_{fC} * \sigma_{ac} + k_{fF} * \sigma_{af})^2 + 3 * (k_{fT} * \tau_{aT})^2}}{96,576} + \frac{\sqrt{(\sigma_{ma} + \sigma_{mf})^2 + 3 * (\tau_{mT})^2}}{248,211} = \frac{1}{n}$$

$$n = 2 \geq 2 \text{ OK!}$$

Cumple la condición dando nuevos valores de la geometría.

$$a = 36,09 \text{ mm}$$

$$b = 9,023 \text{ mm}$$

Para determinar el espesor del brazo se toma en cuenta que debe ser dos veces el diámetro del eje como mínimo.

$$e = 2 * D_{eje} + 50$$

$$e = (2 * 12,7) + 50$$

$$e = 75,4 \text{ mm}$$

3.7 Selección de los elementos de transmisión

Para la selección de los elementos de transmisión, lo han consideración la velocidad promedio del análisis del proceso de batido por los operarios en las dos etapas que es de 37 rpm, y 14 rpm, en relación a estas velocidades partimos la selección del motor.

3.7.1 Motor

Para la selección del motor se tendrá en cuenta la velocidad máxima del proceso de batido de la melcocha del operario que es de 37 vuelta/minuto.

3.7.1.1 Torque necesario

En relación de la fuerza determinada en el proceso de amasado de la melcocha, el peso de la materia prima y el peso de los tres brazos se calcula la fuerza total que interviene para seleccionar la potencia necesaria.

Tabla 15-3: Datos de los parámetros para el cálculo

Parámetros	Cantidad
Fuerza de estiramiento	490,5 N
Peso máximo	245,25 N
Peso de los tres brazos	7,358 N
Peso de los ejes amasado	24,525 N

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

$$F_T = F_e + W_p + W_b + W_e \quad 3.15$$

Tomado en cuenta que son tres brazos se debe multiplicar el peso total por los demás 3 brazos.

$$F_T = (F_e + W_p + W_b + W_e) * 3$$

$$F_T = 2302,899 \text{ N}$$

Con la fuerza total determinan el torque necesario para su movimiento.

$$T = F_T * \text{Distancia del brazo} \quad 3.16$$

$$T = 460,579 \text{ N} * \text{m}$$

3.7.1.2 Cálculo de la potencia.

Con el torque necesario que requiere cada brazo para mover el producto y los rpm, se determina la potencia necesaria para el movimiento giratorio de los brazos.

Tabla 16-3: Parámetros para la potencia

Parámetros	Cantidad
Torque necesario	460,579 N*m
Velocidad angular	3,769 rad/seg

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

$$P = T * w \quad 3.17$$

$$P = 1,736 \text{ kW}$$

Cálculo de la potencia mecánica que requiere el motor.

$$P_m = \frac{P}{n_c} \quad 3.18$$

Donde:

n_c : Factor de rendimiento de la transmisión de cadena (98 %).

$$P_m = \frac{P}{n_c}$$

$$P_m = 1,771 \text{ kW}$$

Con la potencia mecánica se logra determinar la potencia eléctrica del motor reductor.

$$P_e = \frac{P_m}{n_m}$$

La eficiencia máxima que trabajan los motores en general es de 75 % de la carga nominal.

$$P_e = \frac{1,771 \text{ kN}}{0,75}$$

$$P_e = 2,361 \text{ kW}$$

Determinado el torque y la potencia eléctrica que necesita para general el movimiento necesario para el proceso de batido de la melcocha, se procede a seleccionar un motor trifásico WEG W22, con sus características que se especifica en el catálogo.

Tabla 17-3: Características del motorreductor trifásico

Datos Electricos																				
W22 - Eficiencia Premium - 60 Hz																				
Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm ²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	460 V						Corriente nominal In (A)
				Letra	Ia/In				Caliente	Frio				% de la potencia nominal			Factor de potencia			
HP	kW													50	75	100	50	75	100	
Il polos																				
1	0,75	143/5T	2,02	L	8,2	2,8	3,4	0,0014	22	48	16,5	68,0	3480	75,0	79,0	81,5	0,63	0,74	0,80	1,44
1,5	1,1	143/5T	3,02	L	8,9	3,5	3,8	0,0020	21	46	18,5	68,0	3490	81,5	84,0	84,0	0,70	0,80	0,84	1,96
2	1,5	143/5T	4,04	L	8,9	3,5	3,8	0,0026	17	37	23,5	68,0	3475	82,5	85,5	85,5	0,71	0,80	0,86	2,56
3	2,2	182/4T	5,99	K	8,6	2,5	3,8	0,0080	41	90	40,0	69,0	3515	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	3,63
5	3,7	182/4T	10,0	J	7,6	2,3	3,5	0,0094	25	55	40,0	69,0	3500	86,5	88,5	88,5	0,76	0,85	0,89	5,90

Autor: (Weg W22 2018, p. 6)

3.7.2 Reductor sinfín corona

La selección del reductor realizó en función a la velocidad que se necesita en los brazos de amasados respecto al motor, debido a estos parámetros, determinaron una caja reductora sinfín corona tamaño NM110 de 3, 4, 5, 6 y 7,5 Hp.

El reductor NRV es el apropiado para el sistema de transmisión, que consta de un eje de entrada y sin brida o flanche; incluye el eje de salida para el acople del piño motriz, el cual es muy eficiente para requerir velocidades pequeñas.



Ilustración 31-3: Reductor sinfín corona tamaño NRV110.

Autor: (Exhibir, 2022)

Las características del reductor sinfín corona NRV110 seleccionado para nuestro sistema es:

Tabla 18-3: Especificaciones técnicas

Tipo de reducción	Sinfín corona
Marca	EXH
Referencia	NMRV - NRV
Potencia motora	3, 4, 5, 6 Y 7,5 Hp
Tamaño	110
Relación	7,5; 15; 20; 30; 40; 50 y 60
Velocidad de salida	240, 120, 90, 60, 45 y 30 rpm; de acuerdo a la relación utilizada.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.3 Selección de la cadena de transmisión entre el motor y el primer eje.

En relación a la potencia nominal que se necesita para lograr el movimiento del sistema de amasado se selecciona la cadena de rodillos en base al catálogo Rexnord.

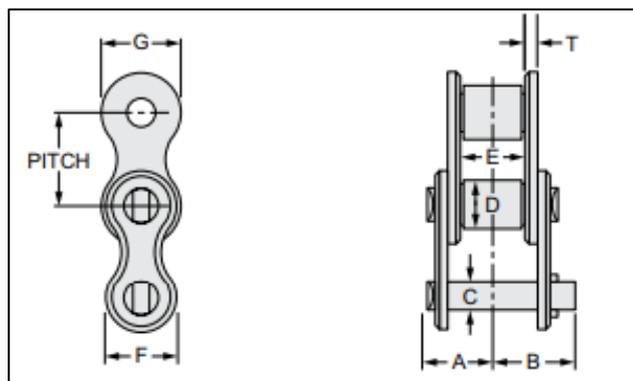


Ilustración 32-3: Esquema de cadena de una y dos hileras.

Autor: (Rexnord Link-Belt 2015)

Datos establecidos en el proceso:

$$P = 3 \text{ Hp}$$

$$N_1 = 45 \text{ RPM}$$

$$N_2 = 36 \text{ RPM}$$

La selección de cada literal se detalla en el ANEXO C para saber de dónde se determinada cada parámetro.

3.7.3.1 Cálculo de potencia

$$P_d = P * C_7 \quad 3.19$$

Donde:

P : Potencia de diseño

C_7 : Factor de servicio

$$P_d = (3 \text{ Hp}) * (1,3)$$

$$P_d = 3,9 \text{ Hp}$$

3.7.3.2 Determinar el tipo de cadena

Se ingresa con la potencia de diseño en Hp (eligiendo de 1, 2 o más hileras) y el rpm de la polea motriz.

$$\begin{cases} P_d = 3,9 \text{ Hp} \\ N_1 = 45 \text{ rpm} \end{cases}$$



Cadena número:

$$N: 80 \text{ (2H)}$$

$$p = 1 \text{ in}$$

3.7.3.3 Relación de transmisión

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\text{rpm polea motriz}}{\text{rpm polea conducida}} \quad 3.20$$

$$i = \frac{45}{36} = 1,25$$

3.7.3.4 Número de dientes de la catalina menor

Ingresar con rpm de la polea menor hasta los hp de la potencia de diseño como es de dos hileras buscar una potencia aproximada la cual debe ser mayor o igual a Pd.

$$\begin{cases} P_d = 3,9 \text{ Hp} \\ N_1 = 45 \text{ rpm} \end{cases}$$



$$\begin{cases} Z_1 = 16 \\ \emptyset = 2,875 \text{ in} \end{cases}$$

$$P = 2,45 * 1,7 = 4,165 \text{ Hp}$$

$$P \geq P_d \text{ OK!}$$

3.7.3.5 Calcular el número de dientes de la polea mayor

$$Z_2 = i * Z_1 \quad 3.21$$

$$Z_2 = 20$$

$$\phi = 3,813 \text{ in}$$

3.7.3.6 Distancia entre centros

Calcular los diámetros de la catalina mayor y menor para determinar la distancia mínima entre centros.

$$G = \frac{Z_2 * p}{\pi} \quad 3.22$$

$$g = \frac{Z_1 * p}{\pi} \quad 3.23$$

Donde:

G : Diámetro de la catalina mayor (in)

g : Diámetro de la catalina menor (in)

p : paso de la cadena (in)

$$G = 6,366 \text{ in}$$

$$g = 5,093 \text{ in}$$

Distancia entre centros

$$e = G + 0,5 * g \quad 3.24$$

$$e = 8,913 \text{ in}$$

3.7.3.7 Longitud de la cadena

Calcula el factor A y se determina valores de B, C y D en las tablas del catálogo.

$$A = \frac{G - g}{2e} \quad 3.25$$

$$A = 0,071$$

Interpolando se determina los demás literales.

$$B = 1,9949$$

$$C = 0,4774$$

$$D = 0,5226$$

3.7.3.8 *Calcular el número de eslabones*

$$N_e = \frac{B * e}{p} + (C * t) + (D * T) \quad 3.26$$

Donde:

B, C, D: Factores de corrección

t: Numero de dientes de polea menor

T: Numero de dientes de polea menor

$$N_e = 35,87$$

Elegir un numero entero par más cercano al cálculo utilizando este valor como N.

$$N = 36$$

3.7.3.9 *Corrección de la distancia entre centros*

$$E = \frac{((N - C) * (t - D) * T) * p}{B} \quad 3.27$$

$$E = 8,978 \text{ in}$$

3.7.3.10 *Especificar lubricante*

Lubricación de tipo A, que es mediante por goteo o maullamente que se determina cuando se selecciona el número de dientes de la polea menor.

3.7.3.11 *Especificación de la cadena*

Tabla 19-3: Especificaciones técnicas

Catalina 1:	$Z_1 = 16 (2H)$
Catalina 2:	$Z_2 = 20 (2H)$
Numero de eslabones:	$N = 36$
Tipo de cadena:	80 – 2H
Lubricación:	Tipo A

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.3.12 *Cálculo de fuerza*

Calcula la velocidad de la cadena en ft/min, considerando si se usa la polea menor los rpm debe ser igual de la menor o viceversa.

$$V = \frac{Z_2 * p * N_2}{12}$$

$$V = 60 \text{ ft}/\text{min}$$

Donde:

$$F = \frac{Hp * 33000}{V} \quad 3.29$$

$$F = 1650 \text{ LBF}$$

Para aplicar la fuerza en el eje se multiplica por un factor de 1,05 dando la fuerza que se aplica en el eje.

$$F_c = 1,05 * F \quad 3.30$$

$$F_c = 1732,5 \text{ lbf}$$

$$F_c = 7706,16 \text{ N}$$

3.7.4 Diseño de los ejes de transmisión del sistema.

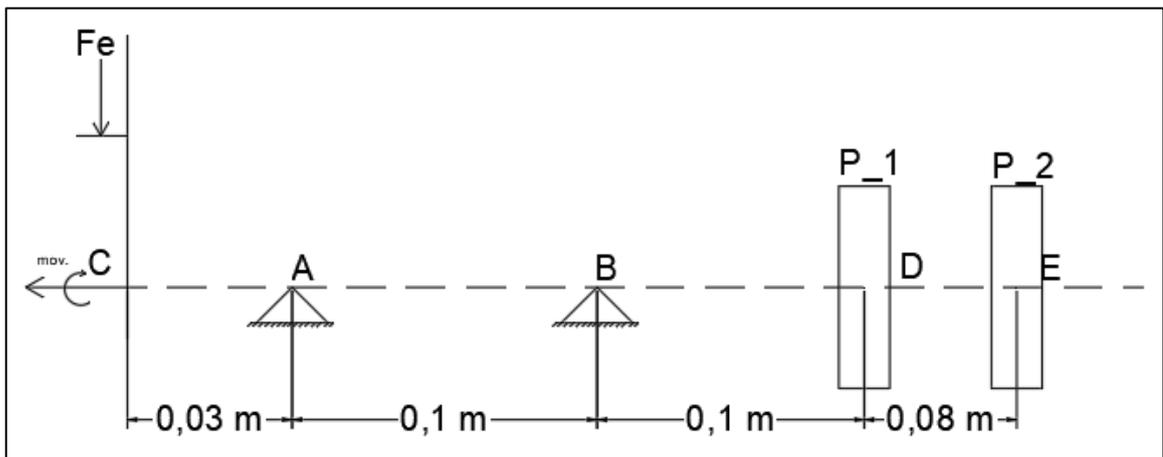


Ilustración 33-3: Esquema del primer eje de transmisión.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.4.1 Diagrama de las fuerzas y momentos.

Planteamiento de las fuerzas que actúan en el plano x, y, z con el fin de analizar el comportamiento en cada plano el cortante y momento flector.

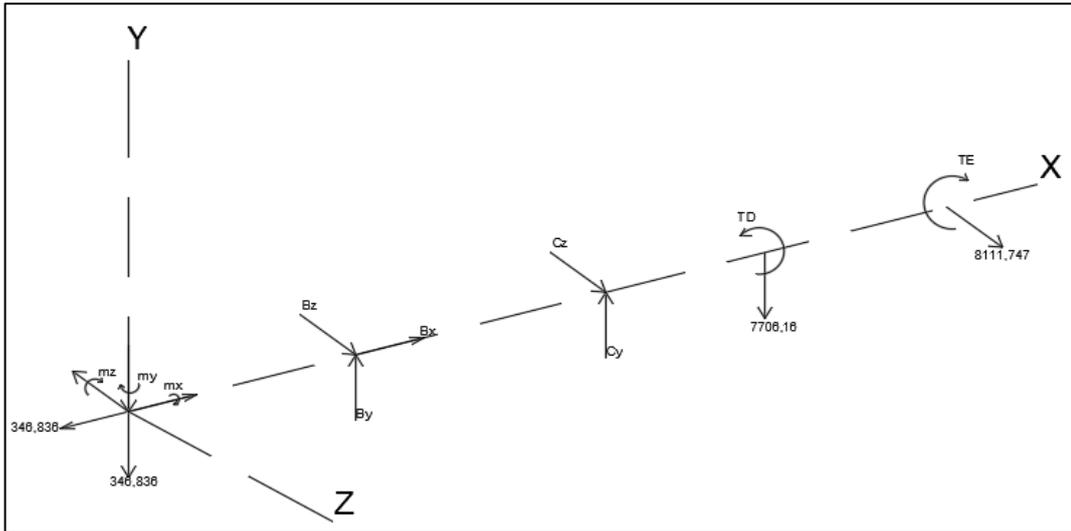


Ilustración 34-3: Diagrama de las fuerzas que aplican en el primer eje de transmisión.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.4.2 Determinar los diagramas del cortante y momento flector.

Se analizo cada plano con la ayuda de un software especializado que determinaron el diagrama del cortante y momento flector de los siguientes planos.

Plano x – y

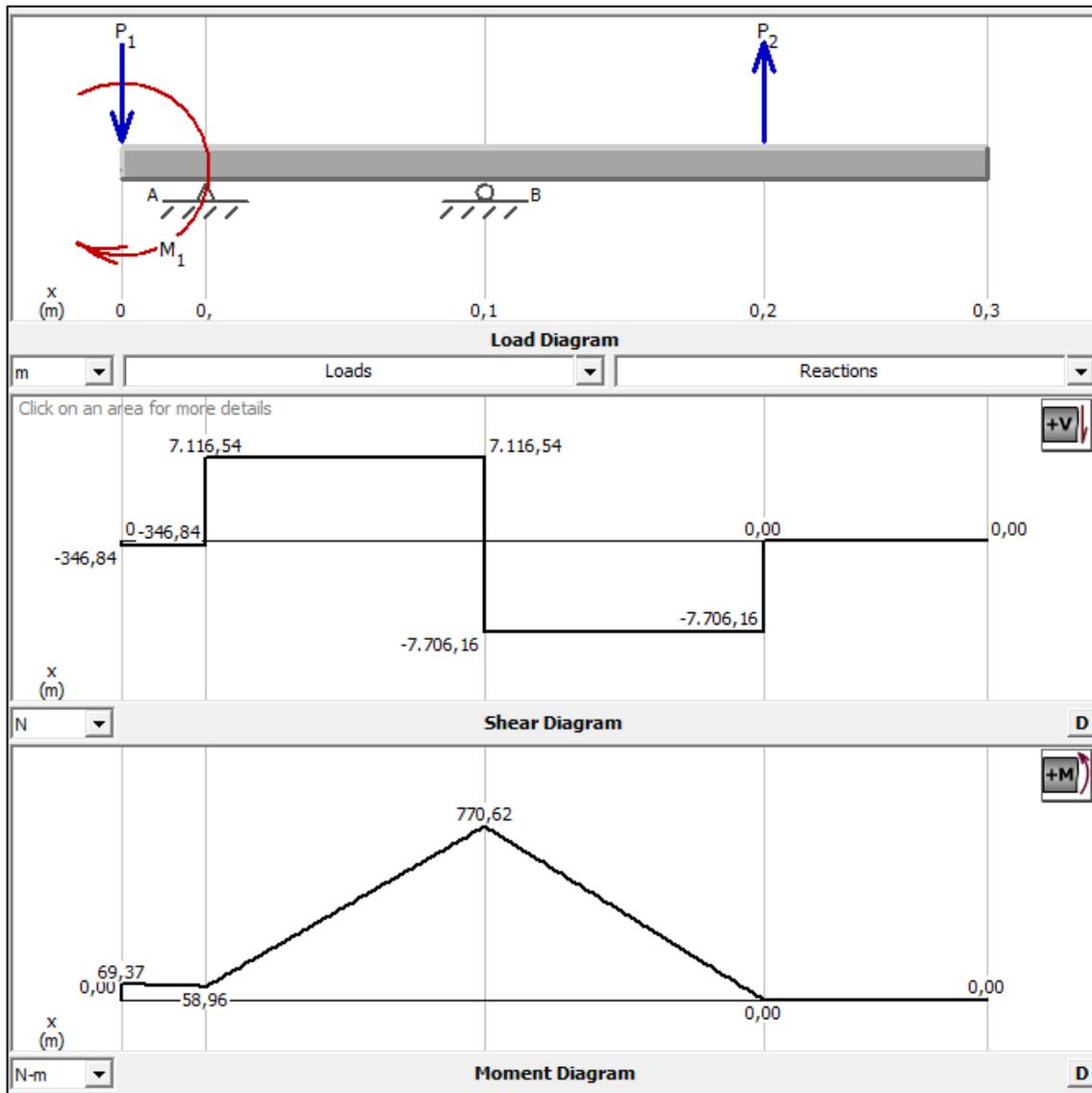


Ilustración 35-3: Diagrama del cortante y momento flector en el plano x -y.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Plano x – z

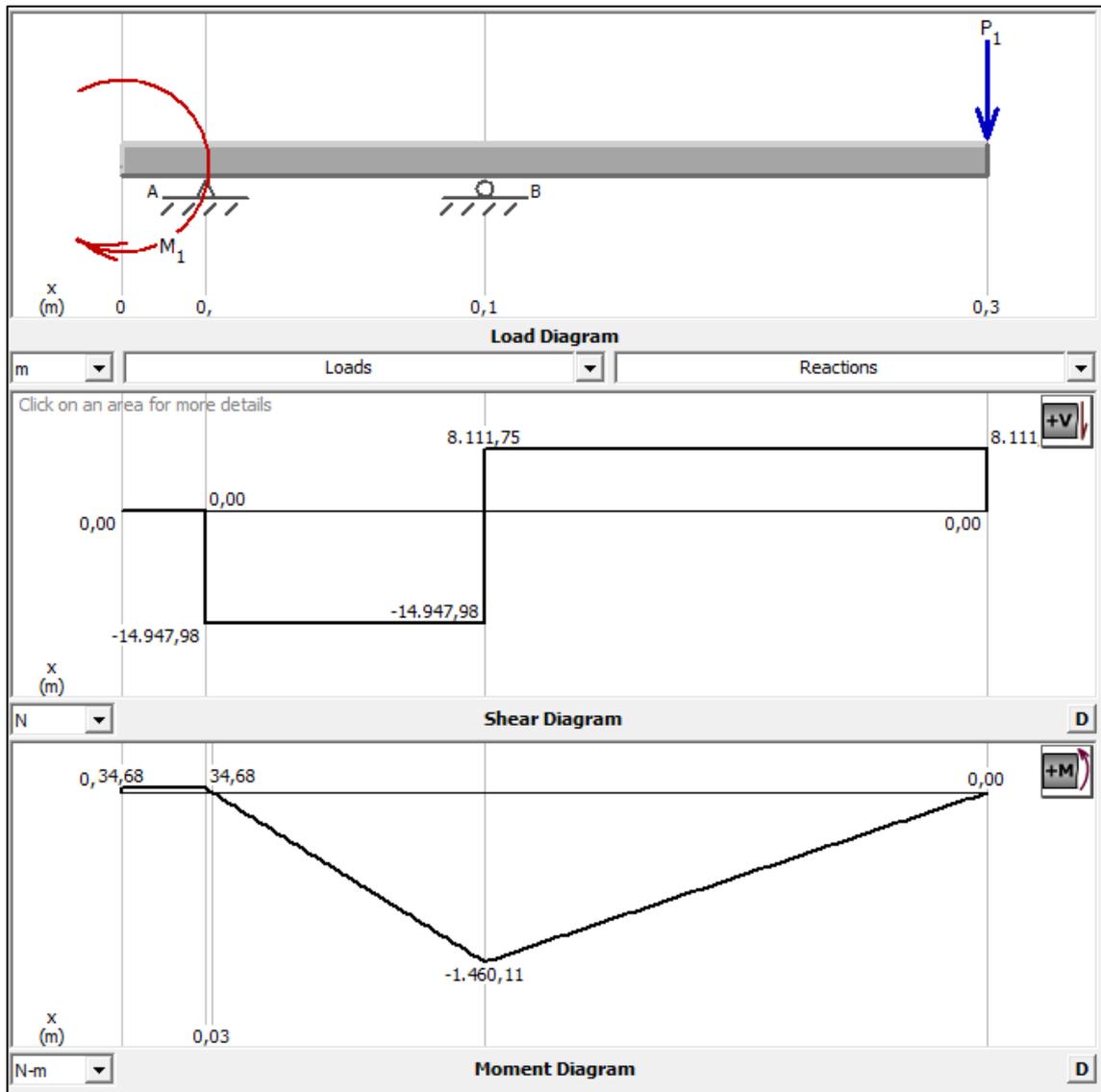


Ilustración 36-3: Diagrama del cortante y momento flector en el plano x - z

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.4.3 Diagrama del momento de torsión.

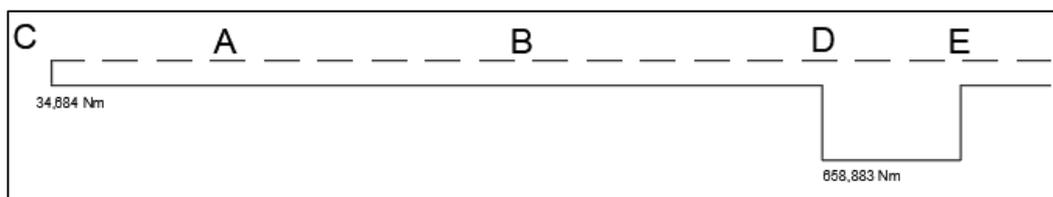


Ilustración 37-3: Especificación de los momentos

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.4.4 Punto crítico analizar.

Se determina donde está el punto crítico en los planos donde se ilustra los diagramas del momento flector, dando el punto B el cual va estar sometido a mayores esfuerzos.

$$m_B = \sqrt{770,62^2 + 1460,11^2}$$

$$m_B = 1650,993 \text{ N.m}$$

$$\tau_B = 34,684 \text{ N.m}$$

3.7.4.5 Valores a sumir

Para la flexión, torsión y factor de seguridad tienen los siguientes valores:

$$K_{fF} = 1,6$$

$$K_{fT} = 1,4$$

$$n = 2$$

3.7.4.6 Material del eje

En relación a la elección del material de los ejes de amasados en la Ilustración 19-3, se procede a elegir las propiedades del material AISI 4340 (T.R), a una temperatura diferente.

$$T = 315 \text{ °C}$$

$$S_{ut} = 1720 \text{ MPa.}$$

$$S_y = 1590 \text{ MPa}$$

3.7.4.7 Límite de fatiga de elementos de máquinas

Cálculo del límite de fatiga predominando la flexión.

$$S_e = 0,6 * 0,5 * 1720$$

$$S_e = 516 \text{ MPa.}$$

3.7.4.8 Según la ASME B106,1M

Aplicando la fórmula que presenta esta norma se determina el diámetro en la parte más crítica del eje que va estar sometido al movimiento de los brazos.

$$d = \left\{ \frac{16 * n}{\pi} \left[4 * \left(\frac{K_{fF} * M_a}{S_e} \right)^2 + 3 * \left(\frac{K_{fT} * T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad 3.31$$

$$d_B = 47,1 \text{ mm}$$

3.7.4.9 Selección del diámetro comercial.

Según el mercado y la necesidad que se requiere en el diámetro del eje el más acorde está en 47,625 mm, que en pulgadas es 1-7/8" de esta manera se verifica si cumple con el factor de seguridad.

3.7.4.10 Verificación del factor de seguridad.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_{FF} * M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fT} * T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad 3.32$$

$$n = 2,071 \geq 2 \text{ OK!}$$

3.7.4.11 Recalculo del límite de fatiga.

Con el diámetro comercial seleccionado y verificando que cumple el factor de seguridad se recalcula los factores del límite de fatiga tomando en cuenta las tablas que se encuentra en el Anexo B.

3.7.4.11.1 Factor de modificación por condiciones superficiales

El eje es maquinado o laminado en frío con lo cual seleccionamos el correspondiente aplicando la ecuación 3.12.

$$K_a = 4,51 * 1720^{-0,265}$$

$$K_a = 0,626$$

3.7.4.11.2 Factor de modificación por tamaño.

Verificar en que rango de diámetro esta con el valor encontrado comercialmente aplicando la ecuación 3.14.

$$K_b = 1,24(47,625)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,820$$

3.7.4.11.3 Factor de modificación por confiabilidad.

Recomendado por el diseñador de 99%, de esta manera seleccionan el valor que requiere el factor.

$$K_c = 0,814$$

3.7.4.11.4 Factor de modificación por temperatura.

Temperatura ambiente 20°C, donde seleccionan el factor requerido.

$$K_d = 1$$

3.7.4.11.5 Factor de modificación por efectos varios.

$$K_g = 1$$

3.7.4.11.6 Cálculo del límite de fatiga

Aplicando la ecuación 3.11 se determina el valor real del límite de fatiga.

$$S_e = 0,626 * 0,820 * 0,814 * 1 * 1(0,5 * 1720)$$

$$S_e = 359,345 \text{ MPa.}$$

3.7.4.12 Recalculo de los concentradores de esfuerzos.

En relación al diámetro seleccionado comercial se le redondea a 50 mm, el cual se le realiza el escalonamiento del eje para que será de 45 mm donde el radio de muesca de 1,111 mm, en relación al radio y la resistencia a la tensión se determina la sensibilidad de la muesca.

$$K_{fF} = q(K_t - 1) + 1 \quad 3.33$$

Donde:

q : Sensibilidad de la muesca

K_t : Factor de concentración de esfuerzos

3.7.4.12.1 En relación al radio y la resistencia a la tensión determinamos q .

$$\begin{cases} r = 1,111 \text{ mm} \\ S_{ut} = 1,7 \text{ GPa} \end{cases}$$



$$q = 0,95$$

3.7.4.12.2 Concentradores de esfuerzos.

Aplicando la ecuación 3.33 se determina para flexión y torsión.

$$K_{fF} = 0,95(1,6 - 1) + 1$$

$$K_{fF} = 1,57$$

$$K_{fT} = 0,95(1,4 - 1) + 1$$

$$K_{fT} = 1,38$$

3.7.4.13 *Cálculo del diámetro real del eje principal.*

Aplicando la ecuación 3.31, se determina el diámetro real al valor asumido de algunos factores.

$$d = \left\{ \frac{16 * 2}{\pi} \left[4 * \left(\frac{1,57 * 1650,993}{359,345} \right)^2 + 3 * \left(\frac{1,38 * 34,684}{1590} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0,0528 \text{ m} = 52,8 \text{ mm}$$

3.7.4.14 *Verificar el factor de seguridad.*

Aplicando la ecuación 3.32, se determina el factor de seguridad.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi 0,0528^3} \left[4 \left(\frac{1,57 * 1650,993}{359,345} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,38 * 34,684}{1590} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$n = 2,003 \geq 2 \text{ OK!}$$

3.7.4.15 *Diámetro final del eje principal.*

Definido el diámetro, realizan el esquema general del eje como queda en su totalidad.

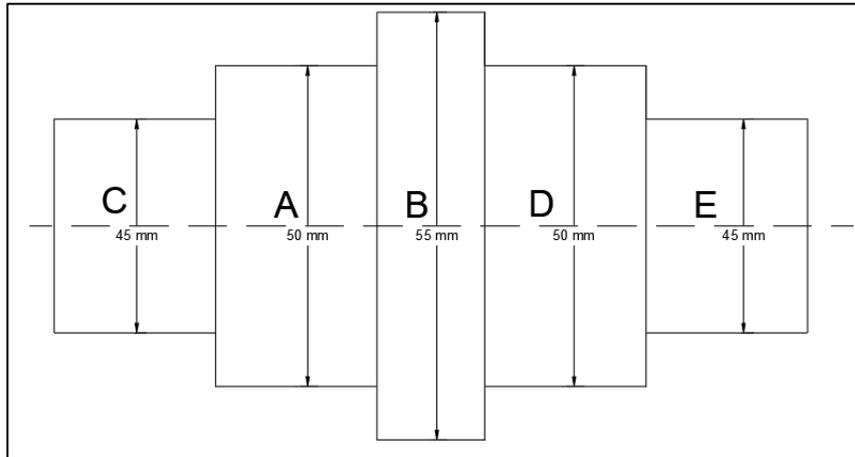


Ilustración 38-3: Esquema del eje 1.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.7.4.16 *Análisis de rigidez*

Se analiza todo el eje con los pesos de cada elemento y planteando las fuerzas que actúan en el mismo para determinar la deformación del elementó.

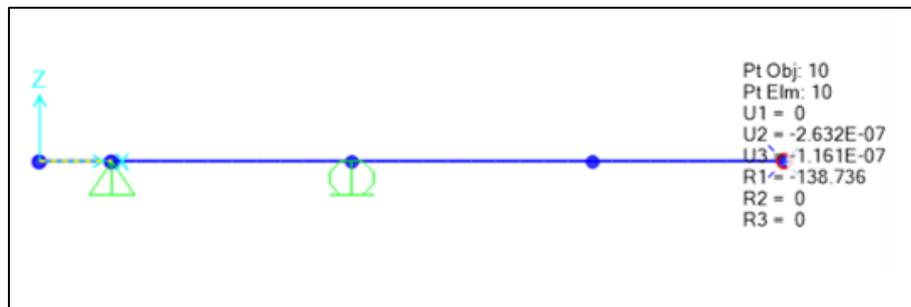


Ilustración 39-3: Deformación en el punto crítico del eje.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Calcular por pitagora el punto E, para comparar con el valor estimado el cual no debe superar para que cumpla su regidz.

$$[Y_E] = 2,876 \times 10^{-7} \text{ mm}$$

La defromación permisible que existn en los apoyos del eje se calcula de la siguiente manera.

$$[Y] = 0,0003L$$

Donde:

L : Distancia entre centros

$$[Y] = 0,0003 * (100)$$

$$[Y] = 0,03 \text{ mm}$$

Debe cumplir la siguiente condición:

$$[Y_E] \leq [Y]$$

$$2,876 \times 10^{-7} \leq 0,03 \text{ OK!}$$

A rigidez el eje va trabajar em perfectas condiciones no subrirar deformaciones al momento de realizar su movimiento.

3.7.4.17 *Análisis de resonancia*

Aplicando el método de Rayleigh Ritz de las masas múltiples de determina las deformaciones en cada punto del eje.

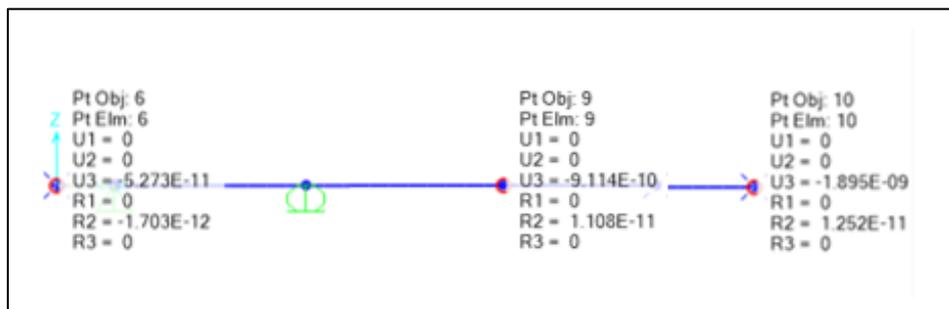


Ilustración 40-3: Deformaciones de la velocidad crítica.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Aplicar la ecuación de Rayleigh Ritz se obtiene la velocidad en rpm, donde se debe trabajar por encima de ese valor determinado que será un 15%.

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{9810[(10,628 * 5,273 \times 10^{-11}) + (42,91 * 9,114 \times 10^{-10}) + (38,6 * 1,895 \times 10^{-9})]}{(10,628 * 5,273 \times 10^{-11})^2 + (42,91 * 9,114 \times 10^{-10})^2 + (38,6 * 1,895 \times 10^{-9})^2}}$$

$$n = 24063273 \text{ rpm}$$

De esta manera se realizó los tres análisis al eje más crítico donde por fatiga, resistencia y resonancia el eje se comporta de la mejor manera determinando el diámetro del eje que es de 55 mm, en el punto más crítico que es el B.

3.8 Selección de rodamiento

En relación a cada eje y con el diámetro calculado se va especificando las fuerzas que actúan tanto radial como axial, como se detalla en el Anexo D, donde seleccionan que rodamiento pertenece (SKF Rodamientos 2019, p. 280).

3.8.1 Rodamientos en el primer eje.

Seleccionando las fuerzas en el punto A y B del eje, determina la radial y axial para su cálculo del rodamiento de bola.

3.8.1.1 Datos para el punto A

$$\begin{aligned}F_r &= 346,836 \text{ N} \\F_a &= 16707,607 \text{ N} \\d &= 55 \text{ mm} \\n &= 36 \text{ rpm} \\C &= 46,2 \text{ kN}\end{aligned}$$

3.8.1.2 Chequeo a carga dinámica.

$$C' = \frac{f_h}{f_n} P \quad 3.34$$

Donde:

C' : Capacidad requerida

f_h : Factor de vida

f_n : Factor de velocidad

P : Carga

3.8.1.3 Factor de velocidad.

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{1/3} \quad 3.35$$

Aplicando el rpm con la que el eje va a realizar su movimiento para el sistema de amasado de la melcocha determinamos el valor con la ecuación 3.35.

$$\begin{aligned}f_n &= \left(\frac{33,3}{36}\right)^{1/3} \\f_n &= 0,9743\end{aligned}$$

3.8.1.4 Cálculo de la carga.

En relación a la fuerza axial y radial se analiza en que rango esta con la ayuda del catálogo SKF.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0,6 \quad ; \quad P_r = F_r + 0,5 * F_a \quad 3.36$$

Determinamos la relación.

$$\frac{F_a}{F_r} = 0,021$$

$$P_r = 16707,607 + 0,5 * 346,836$$

$$P_r = 16881,025 \text{ N}$$

3.8.1.5 *Factor de vida.*

Despejando de la ecuación 3.34, obtenemos la siguiente expresión.

$$f_h = \frac{f_n C'}{P} \quad 3.37$$

$$f_h = \frac{0,9743 * 46,2}{16,881}$$

$$f_h = 2,666$$

3.8.1.6 *Vida nominal.*

Para una confiabilidad del 90%, se analiza la vida nominal en horas del rodamiento que servirá en la máquina.

$$L_{10} = 500 f_h^3 \quad 3.38$$

$$L_{10} = 500(2,666)^3$$

$$L_{10} = 9474,372 \text{ horas}$$

De esa hora de vida del rodamiento se le da un rango de falla antes del valor determinado donde las horas de servicio será de 9300 horas.

3.8.1.7 *Carga axial dinámica.*

Si cumple la siguiente relación se procede a determinar la carga axial.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0,55 \quad ; \quad P_a = F_a + 1,2 * F_r \quad 3.39$$

$$\frac{F_a}{F_r} = 0,021$$

$$P_a = 346,836 + 1,2 * 16707,607$$

$$P_a = 20394,764 \text{ N}$$

3.8.1.8 *Verificación.*

$$C' = \frac{2,459}{0,9743} 16881,025$$

$$C' = 45,98 \text{ kN.}$$

$$C' < C_r$$

$$45,98 < 46,2 \text{ OK!}$$

3.8.1.9 Especificaciones del rodamiento.

$$d = 55 \text{ mm}$$

SKF -6211

$$m = 0,61 \text{ kg}$$

d 50 - 55 mm

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _e	Velocidad de referencia	Velocidad (límite ¹)		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
55	72	9	9,04	8,8	0,375	-	5 300	0,083	• 61811-2RS1	-
	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	9 500	0,083	• 61811-2RZ	-
	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	12 000	0,083	• 61811	-
80	13	16,5	14	0,6	-	5 000	0,19	• 61911-2RS1	-	
	13	16,5	14	0,6	17 000	8 500	0,19	• 61911-2RZ	-	
	13	16,5	14	0,6	17 000	11 000	0,19	• 61911	-	
90	11	20,3	14	0,695	16 000	10 000	0,26	• 16011	-	
	18	29,6	21,2	0,9	16 000	14 000	0,44	• 6011 M	-	
	18	29,6	21,2	0,9	16 000	10 000	0,38	• 6011	-	
90	18	29,6	21,2	0,9	-	4 500	0,4	• 6011-2RS1	6011-RS1	
	18	29,6	21,2	0,9	16 000	8 000	0,4	• 6011-2Z	6011-Z	
	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	• 6211	-	

Ilustración 41-3: Datos del rodamiento en el punto A.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.8.1.10 Datos para el punto B

$$F_r = 14823 \text{ N}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$n = 36 \text{ rpm}$$

$$C = 46,2 \text{ kN}$$

3.8.1.11 Factor de velocidad.

Aplicar la ecuación 3.35, para que determinen la velocidad requerida.

$$f_n = \left(\frac{33,3}{36} \right)^{1/3}$$

103

$$f_n = 0,9743$$

3.8.1.12 *Cálculo de la carga.*

En relación a la fuerza radial se analiza descartando la fuerza radial, en este caso la carga viene a ser igual a la fuerza radial aplicando la ecuación 3.36.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0,6 ; P_r = F_r$$

$$P_r = 14823 \text{ N}$$

3.8.1.13 *Factor de vida.*

Aplicando la ecuación 3.37, determinan la vida del rodamiento en horas.

$$f_h = \frac{0,9743 * 46,2}{14,823}$$

$$f_h = 3,037$$

3.8.1.14 *Vida nominal.*

Para una confiabilidad del 90%, se analiza la vida nominal en horas del rodamiento de servicio aplicando la ecuación 3.38.

$$L_{10} = 500(3,037)^3$$

$$L_{10} = 14005,686 \text{ horas}$$

De esa hora de vida del rodamiento se le da un rango de falla antes del valor determinado donde las horas de servicio será de 13000 horas.

3.8.1.15 *Verificación.*

$$C' = \frac{3,037}{0,9743} 14823$$

$$C' = 46,19 \text{ kN.}$$

$$C' < C_r$$

$$46,19 < 46,2 \text{ OK!}$$

3.8.1.16 *Especificaciones del rodamiento.*

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$\text{SKF - 6211}$$

$$m = 0,61 \text{ kg}$$

El mismo rodamiento trabaja en buenas condiciones donde su vida de servicio es mayor al rodamiento que trabaja a carga axial donde el crítico cumple con sus expectativas, dando un rodamiento SKF – 6211.

3.9 Selección de chavetas

3.9.1 Chavetas para los ejes de transmisión

En relación al diámetro determinado en función a los cálculos presentes anteriormente es de 50 mm, con un material seleccionado AISI 4340.

3.9.1.1 Selección de las dimensiones de la chaveta

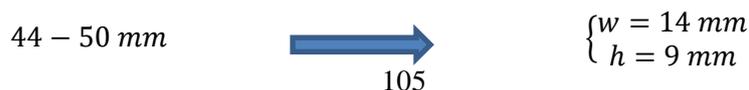
Seleccionado de la Norma DIN 6885-1, determinan en que rango se encuentra para seleccionar sus dimensiones de la cuña.

Selección de la chaveta paralela DIN 6885
 Selection criteria for parallel key DIN 6885
 Election de la clavette parallèle DIN 6885
 Seleçãõ da chaveta paralela DIN 6885

d	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																				
d1	>	8	8	10	12	17	17	22	22	30	30	38	38	44	44	50	50	58	58	65	65	75	75	85	85	95	110	110	130	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440						
d1	<	8	10	12	17	17	22	22	30	30	38	38	44	44	50	50	58	58	65	65	75	75	85	85	95	110	110	130	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440	500						
Chavetas de eje	asiento tipo P9	2	3	4	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	32	32	36	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100				
	asiento tipo H9	2	3	4	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	32	32	36	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100				
	con juego en el tallo o apriete	1,2	1,8	2,5	1,9	3	2,5	3,5	3,1	4	3,7	5	3,9	5	4	5,5	4,7	6	4,8	7	5,4	7,5	6	9	6,2	9	6,9	10	7,6	11	8,3	12	13	15	17	20	22	25	28	31					
d1 adm		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2			
Chavetas de tallo	asiento tipo P9	2	3	4	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	32	32	36	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100				
	asiento tipo H9	2	3	4	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	32	32	36	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100				
	con juego en el tallo	1	1,4	1,8	1,2	2,3	1,6	2,8	2	3,3	2,4	3,3	2,2	3,3	2,1	3,8	2,4	4,3	2,3	4,4	2,7	4,9	3,1	5,4	2,9	5,4	3,2	6,4	3,5	7,4	3,8	8,4	8,4	10,4	11,4	12,4	14,4	14,4	15,4	17,4	19,5				
d2 adm		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	
con apriete	0,5	0,9	1,2	0,8	1,7	1,1	2,2	1,4	2,4	1,8	2,4	1,6	2,4	1,4	2,9	1,7	3,4	1,6	3,4	2	3,9	2,4	4,4	2,2	4,4	2,4	5,4	2,7	6,4	3,0	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	11,1	13,1	14,1	16,1	18,1					
d2 adm		+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	
x		-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-	3	-	3,5	-	4	-	4,5	-	5	-	5,5	-	5,5	-	6,5	-	7	-	8	8	10	11	13	13	14	16	18	20			
d2 min	d1 +	2,5	3,5	4	3	5	4	6	5	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	
r1	min	0,16	0,16	0,16	0,20	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40		
	max	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50
r2	min	0,16	0,16	0,16	0,20	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40
	max	0,08	0,08	0,08	0,10	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,20

Ilustración 42-3: Especificaciones de la chaveta.

Autor: (DIN 2022)



3.9.1.2 Fallo debido a corte

Reemplazando en la ecuación 3.40, se obtiene el esfuerzo presente a corte.

$$\tau = \frac{2T}{dwl} \quad 3.40$$
$$\tau = \frac{2 * 626259}{45 * 14 * 157,5}$$
$$\tau = 12,623 \text{ MPa}$$

3.9.1.3 Teoría de falla

Aplicar la ecuación 3.41, para que se verifique que cumpla. Donde el material es un SAE 1020, con un $S_y = 210 \text{ MPa}$.

$$\tau \leq \frac{S_y}{2n} \quad 3.41$$
$$12,623 = \frac{210}{2n}$$

$$n = 8,318 \geq 2 \text{ OK!}$$

3.9.1.4 Fallo debido a compresión

Analizan en relación al esfuerzo como se muestra en la ecuación 3.42.

$$\sigma = \frac{4T}{dlh} \quad 3.42$$

Reemplazando los datos.

$$\sigma = \frac{4 * 626259}{45 * 14 * 157,5}$$
$$\sigma = 25,246 \text{ MPa}$$

3.9.1.5 Teoría de falla

Aplicar la ecuación 3.43, respecto al mismo material se verifica si cumple.

$$\sigma \leq \frac{S_y}{n} \quad 3.43$$
$$25,246 = \frac{210}{n}$$
$$n = 8,318 \geq 2 \text{ OK!}$$

3.10 Análisis estructural del soporte

Para el diseño de la estructura que conforma la todo los elementos de la máquina, lo analizan tomando en cuenta una carga distribuida del peso de todos los elementos, que es de 120 Kg (1177,2 N). Analizado en función al más crítico el cual va ser donde se encuentra el motor, que es de 60 Kg. Tomando en cuenta ese detalle se calcula el elemento sometido a flexión que es un tubo estructural cuadrado de 60 x 2 mm, de un acero al carbono ASTM A-500.

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

- Norma ASTM A-500
- Recubrimiento Negro o galvanizado
- Largo normal 6 mts.
- Otros largos Previa Consulta
- Dimensiones Desde 20mm a 100mm
- Espesor Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm2	cm4	cm3	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39

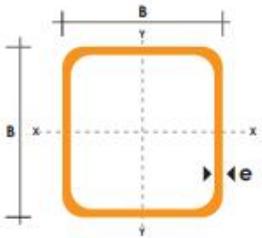


Ilustración 43-3: Especificación del tubo estructural.

Autor: (DIPAC 2015, p. 31)

Con la carga distribuida en la viga del tubo estructural más crítico calculamos los momentos flector y cortante con la ayuda de un software especializado, determinando las reacciones y los puntos críticos del elemento estructural.

Datos que se requiere para calcular su comportamiento del perfil estructural a flexión.

$$A = 3,74 \text{ cm}^2$$

$$I = 21,26 \text{ cm}^4$$

$$M = 38,99 \text{ N.m}$$

$$C = 30 \text{ mm}$$

$$S_y = 268,9 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 310,26 \text{ MPa}$$

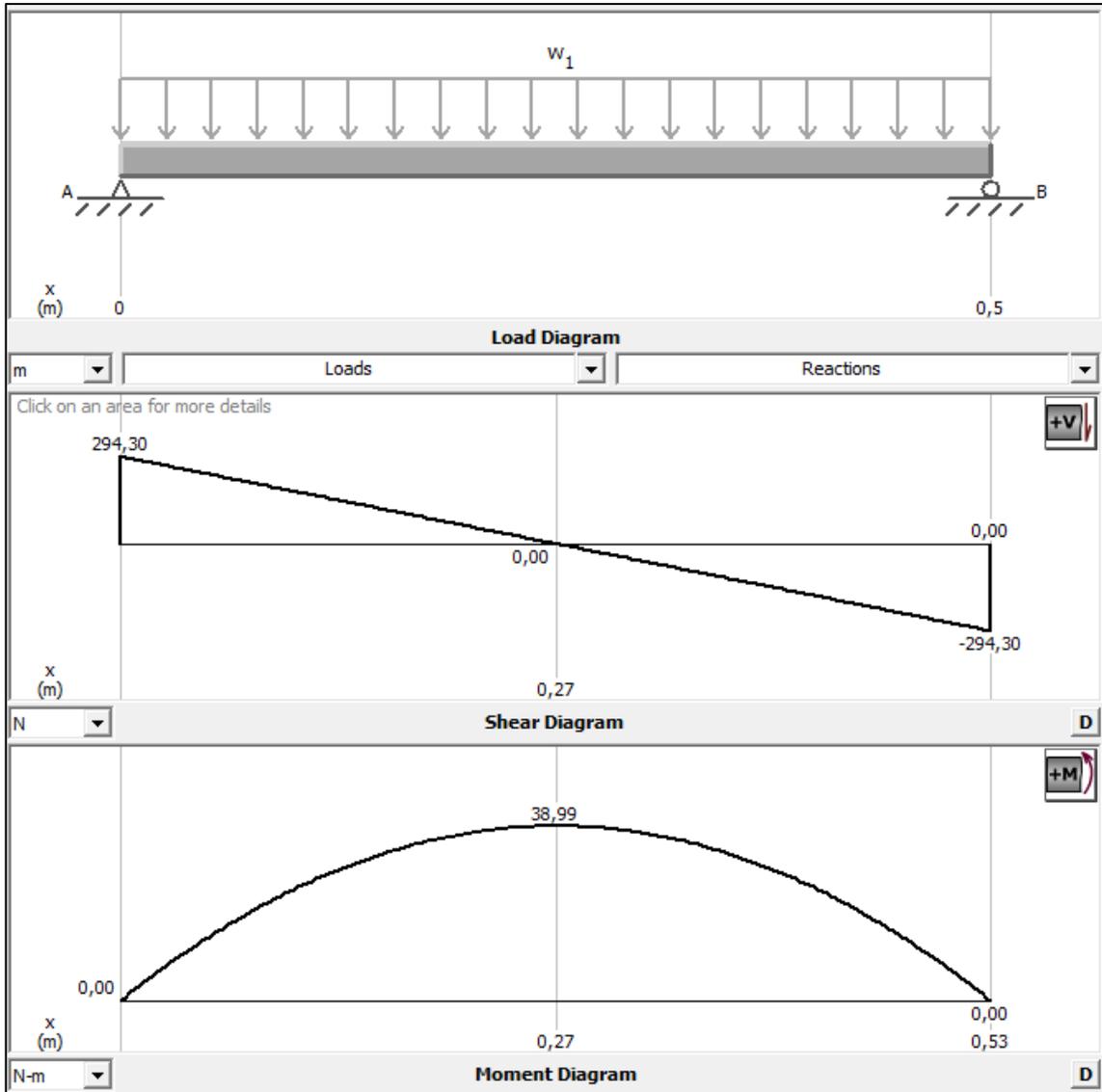


Ilustración 44-3: Diagrama de cortante y momento flector del tubo estructural.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Comportamiento del perfil estructural cuando está sometido a flexión tomando en cuenta un esfuerzo mínimo y máximo.

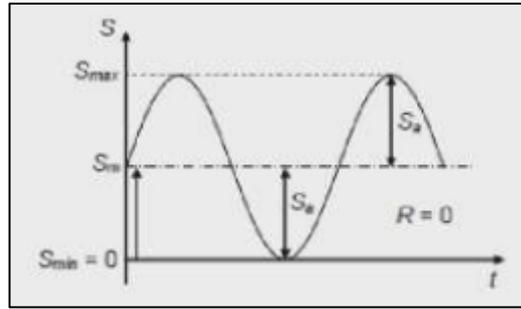


Ilustración 45-3: Comportamiento del perfil estructural.

3.10.1 Cálculo del esfuerzo a flexión.

Para una sección rectangular se toma en consideración la siguiente ecuación.

$$\sigma_{a\ nom} = \frac{M * C}{I} \quad 3.44$$

$$\sigma_{a\ nom} = \frac{38,99 * 30}{21,26}$$

$$\sigma_{a\ nom} = 5,502\ MPa$$

3.10.2 Esfuerzos fluctuantes.

En este caso el esfuerzo amplitud es igual al esfuerzo medio debido que el parte desde cero a un máximo.

$$\sigma_a = k_f * \sigma_{a\ nom} \quad 3.45$$

$$\sigma_m = \sigma_{a\ nom} \quad 3.46$$

3.10.2.1 Cálculo de los esfuerzos

$$\sigma_a = 1,6 * 5,502$$

$$\sigma_a = 8,803\ MPa$$

$$\sigma_m = 5,502\ MPa$$

3.10.3 Límite de fátiga de los elementos.

Aplicando la ecuación 3.11, y asumiendo los valores restantes se determina el límite de la fatiga de la estructura.

$$S_e = K_T * S_e'$$

$$S_e = 0,6 * 0,5 * 310,26$$

$$S_e = 93,078\ MPa$$

3.10.4 Teoría de Soderberg

Aplicando la ecuación 3.7, se determina el criterio de falla por fatiga verificando si cumple con el perfil estructural seleccionado.

$$\frac{8,803}{93,078} + \frac{5,502}{268,9} = \frac{1}{n}$$
$$n = 8,693 \geq 2 \text{ OK!}$$

De esta manera cumple perfectamente el tubo estructural cuadrado de 60 x 2 mm lo cual trabaja en perfectas condiciones, su factor de seguridad es muy alto debido a la configuración de la geometría de las chumaceras que se emplea.

3.11 Modelado CAD.

Mediante la herramienta del software SolidWorks y con el cálculo del diseño que se aplicó para cada elemento de la máquina, modelaron los elementos que lo conforma dando un resultado ergonómico cumpliendo con las expectativas establecidas anteriormente tanto para el cliente y plasmando en el ámbito ingenieril, como se muestra en la siguiente ilustración 46-3.

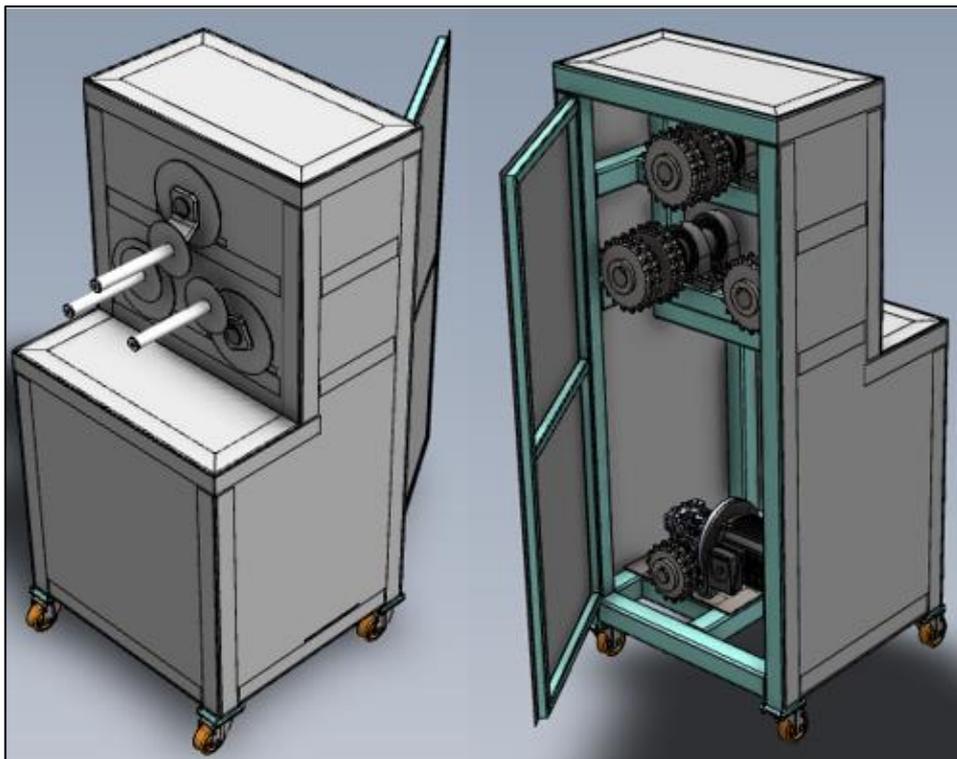


Ilustración 46-3: Modelación de la máquina amasadora de melcocha.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.12 Sistema de control eléctrico para su encendido y apagado

La máquina está sometida a un motor trifásico, el cual se lo manipula mediante un variador de frecuencia para lograr la velocidad de la segunda etapa que es entre 10 y 14 vueltas por minuto, que lo permite de misma forma controlar la velocidad del motor de una manera más obstina, donde el operador puede manipular su encendido y de la misma forma la velocidad.

Los principales elementos para la protección y control de la máquina batidora de melcocha son los siguientes:

- Selector de encendido y apagado
- Pilotos de energización
- Paro de emergencia
- Interruptor termo magnético
- Variador de velocidad por frecuencia
- Perilla de regulación de velocidad

3.12.1 Selección del variador de frecuencia

Teniendo en cuenta las consideraciones del motor y el tipo de corriente que se requiere se seleccionó un variador de frecuencia WEG CFW3000. Ideal para aplicaciones en máquinas, que cumple con las características necesarias para la reducción de la velocidad estimada.

Convertidor de frecuencia CFW300				Máximo motor aplicable ¹⁾								
Referencia	Tensión de alimentación (V)		Tamaño	Corriente nominal de salida (A)	IEC			UL				
					Tensión de alimentación (V) 50 Hz	kW	Tensión de alimentación (V) 60 Hz	HP	Tensión de alimentación (V) 60 Hz	HP		
CFW300A01P6S1NB20	Monofásica	110-127 V ca	A	1,6	230	230	220	230	230	0,33		
CFW300A02P6S1NB20				2,6						0,55	0,75	0,5
CFW300A04P2S1NB20				4,2						1,1	1,5	1,0
CFW300A06POS1NB20				6,0						1,5	2,0	1,5
CFW300A01P6S2NB20	Monofásica	200-240 V ca	A	1,6	230	230	220	230	230	0,33		
CFW300A02P6S2NB20				2,6						0,55	0,75	0,5
CFW300A04P2S2NB20				4,2						1,1	1,5	1,0
CFW300A06POS2NB20				6,0						1,5	2,0	1,5
CFW300A07P3S2NB20				7,3						1,5	2,0	2,0
CFW300B10P0B2DB20				B						10	2,2	3,0
CFW300A01P6T2NB20	Trifásica	200-240 V ca	A	1,6	230	230	220	230	230	0,33		
CFW300A02P6T2NB20				2,6						0,55	0,75	0,5
CFW300A04P2T2NB20				4,2						1,1	1,5	1,0
CFW300A06P0T2NB20				6,0						1,5	2,0	1,5
CFW300A07P3T2NB20				7,3						1,5	2,0	2,0
CFW300B10P0B2DB20				B						10	2,2	3,0
CFW300B15P2T2DB20			15,2	4,0	5,0	5,0						
CFW300A01P6D3NB20	Link CC	280-380 V cc	A	1,6	230	230	220	230	230	0,33		
CFW300A02P6D3NB20				2,6						0,55	0,75	0,5
CFW300A04P2D3NB20				4,2						1,1	1,5	1,0
CFW300A06P0D3NB20				6,0						1,5	2,0	1,5
CFW300A07P3D3NB20				7,3						1,5	2,0	2,0
CFW300B10P0B2DB20				B						10	2,2	3,0
CFW300B15P2T2DB20			15,2	4,0	5,0	5,0						

Ilustración 47-3: Especificaciones del variador de frecuencia CFW300B10P0B2DB20

Autor: (WEG CFW 2020, p. 11)

3.12.1.1 Características

- Voltaje de entrada 100-127 V, 200-240 V
- Motores trifásicos a controlar desde 0,25 hasta 5 caballos (Hp)
- Corriente nominal de salida de 1,1 a 15,2 A (0,25 a 5 Hp),
- Entradas digitales PNP o NPN, 1 salida a relé 0,5 A / 250 V ca, 1 entrada analógica 0-10 V cc / 4-20 mA
- Revestimiento clase 3C2 (IEC 60721-3-3) en los circuitos internos
- Ahorro de energía eléctrica
- Fácil instalación
- Módulo de Memoria Flash (accesorio)
- Interfaz de operación (HMI) incorporada
- Modos de control escalar (V/F) o vectorial (VVW)
- Módulos plug-in: RS485, RS232, CANopen, Profibus-DP, Ethernet,
- Potenciómetro, USB, Encoder, Infrarrojo, Expansión de entradas y salidas, Filtro RFI.

Tamaño	H	W	D	Peso
	mm (in)	mm (in)	mm (in)	kg (lb)
A	157,9 (6,22)	70,0 (2,76)	148,4 (5,84)	0,90 (1,98)
B	198,9 (8,08)	70,0 (2,76)	158,4 (6,24)	1,34 (2,95)

Ilustración 48-3: Dimensiones sin filtro EMC.

Autor: (WEG CFW 2020, p. 11)

3.13 Validación

Mediante un software especializado ANSYS, pretenden ir analizando cada parte que se calculó mediante el diseño con el fin de ir comparando que cumpla su factor de seguridad mediante la teoría de establecida por el diseñador.

3.13.1 Eje de amasado

Es el elemento el cual va soportar toda la carga de la melcocha que va estar distribuida a lo largo del eje donde su máximo peso es de 25 Kg, y su fuerza de estiramiento que se logra determinar fue de 490,5 N.

3.13.1.1 Geometría

Importar la geometría al ANSYS, desde el SolidWorks para poder ir analizando cada una de sus partes y verificar que cumpla con las condiciones de diseño propuesto por el diseñador.

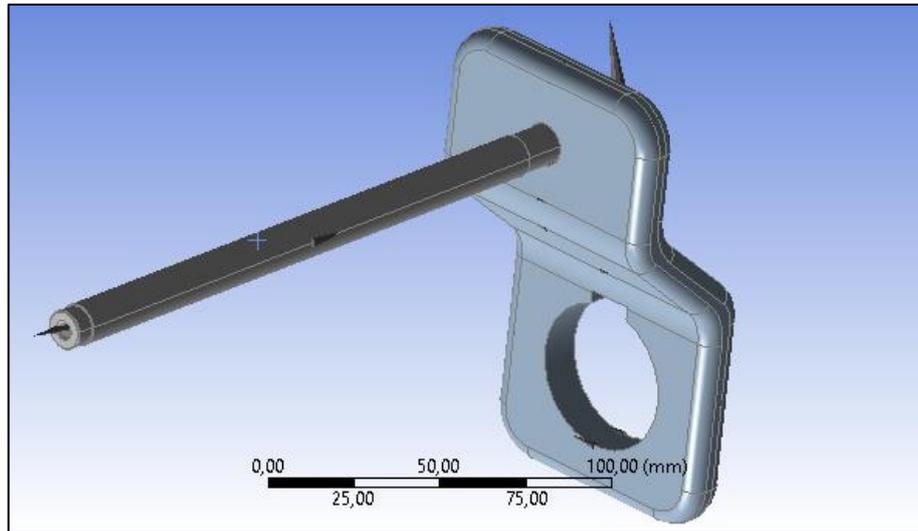


Ilustración 49-3: Geometría de análisis en SpaceClain.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.2 Materiales

Se coloca todas las propiedades principales en la sección de Engineering Data del material seleccionado que es un AISI 4340.

Tabla 20-3: Propiedades del Acero AISI 4340

Material	AISI 4340	
Densidad	7850	Kg/m ³
Módulo de Young	210000	MPa
Poisson	0,3	
Tensile Yield Strength	855	MPa
Compressive Yield Strength	855	MPa
Tensile Ultimate Strength	965	MPa

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.3 *Análisis estático*

Se aplica un análisis lineal debido que es un material dúctil lo cual se debe determinar un coeficiente de seguridad que cumpla con lo calculado.

The image shows two overlapping windows from a software application. The top window, titled 'Outline of Schematic A2: Engineering Data', displays a table with columns A, B, C, D, and E. Row 3 is highlighted and shows 'Structural Steel' in column A, a source icon in B, and a description in E: 'Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1'. The bottom window, titled 'Properties of Outline Row 3: Structural Steel', shows a detailed table of material properties.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Mod...			
8	Young's Modulus	2,1E+05	MPa		
9	Poisson's Ratio	0,3			
10	Bulk Modulus	1,75E+11	Pa		
11	Shear Modulus	8,0769E+10	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	855	MPa		
25	Compressive Yield Strength	855	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	965	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	965	MPa		

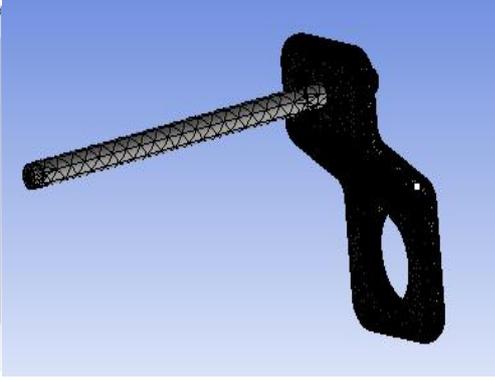
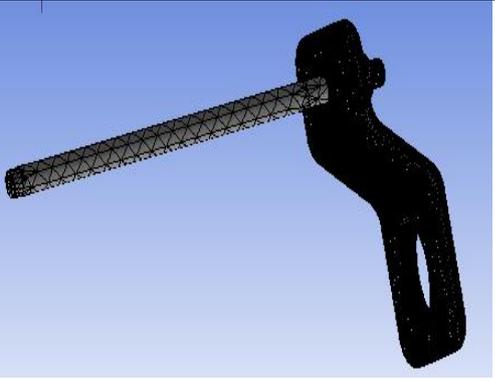
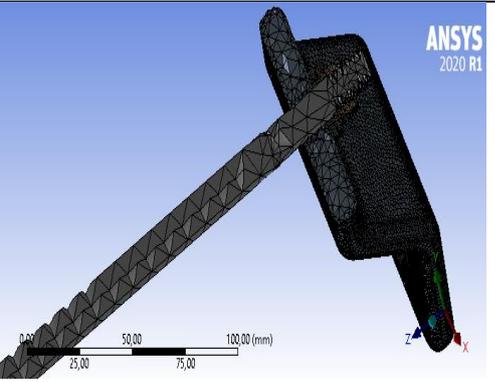
Ilustración 50-3: Propiedades del material en el programa.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.4 *Mallado*

Para el análisis de convergencia realizan algunos métodos, con el fin de lograr un mallado óptimo y poder analizar e interpretar su comportamiento a la fuerza de estiramiento que está sometido el elemento.

Tabla 21-3: Convergencia de la malla para un análisis lineal

Calidad	Mallado	
2 mm	<p>Details of "Mesh"</p> <ul style="list-style-type: none"> Display: Use Geometry Setting Defaults: <ul style="list-style-type: none"> Physics Preference: Mechanical Element Order: Program Controlled Element Size: 2, mm Sizing Quality: <ul style="list-style-type: none"> Check Mesh Quality: Yes, Errors Error Limits: Aggressive Mechanical Target Quality: Default (0.050000) Smoothing: Medium Mesh Metric: Element Quality Min: 7,9107e-002 Max: 0,99998 Average: 0,82813 Standard Deviation: 0,12153 Inflation Advanced Statistics 	
1,5 mm	<p>Details of "Mesh"</p> <ul style="list-style-type: none"> Display: Use Geometry Setting Defaults: <ul style="list-style-type: none"> Physics Preference: Mechanical Element Order: Program Controlled Element Size: 1,5 mm Sizing Quality: <ul style="list-style-type: none"> Check Mesh Quality: Yes, Errors Error Limits: Aggressive Mechanical Target Quality: Default (0.050000) Smoothing: Medium Mesh Metric: Element Quality Min: 7,9568e-002 Max: 0,99996 Average: 0,8428 Standard Deviation: 0,10045 Inflation Advanced Statistics: <ul style="list-style-type: none"> Nodes: 95371 Elements: 507181 	
1 mm	<p>Details of "Mesh"</p> <ul style="list-style-type: none"> Display: Use Geometry Setting Defaults: <ul style="list-style-type: none"> Physics Preference: Mechanical Element Order: Program Controlled Element Size: 1, mm Sizing Quality: <ul style="list-style-type: none"> Check Mesh Quality: Yes, Errors Error Limits: Aggressive Mechanical Target Quality: Default (0.050000) Smoothing: Medium Mesh Metric: Element Quality Min: 9,1735e-002 Max: 0,99993 Average: 0,8543 Standard Deviation: 9,0191e-002 Inflation Advanced Statistics: <ul style="list-style-type: none"> Nodes: 364930 Elements: 2025394 	

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.5 Condiciones de soporte

Aplicaron un soporte fijo y un soporte de fricción para evitar que el análisis no se prolongue y evitar que los resultados se invaliden.

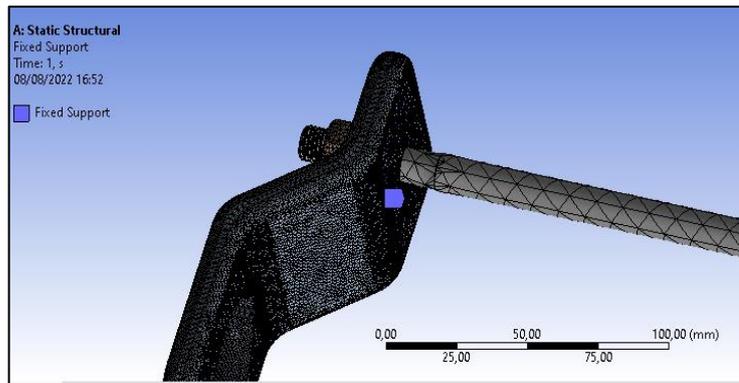


Ilustración 51-3: Condiciones para el análisis estructural del eje.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.6 *Fuerza*

Aplicar la fuerza distribuida en la superficie de contactó con la melcocha para proceder con el análisis.

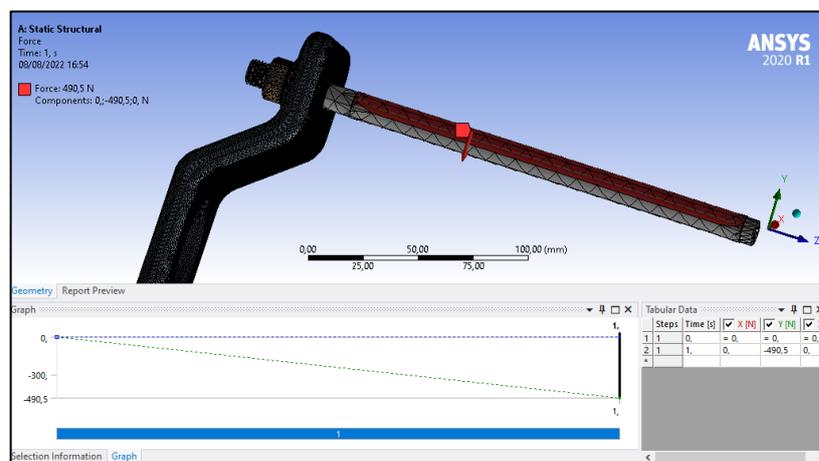


Ilustración 52-3: Fuerza aplicada en el eje de amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.1.7 *Análisis de resultados*

El análisis lo realizan bajo la teoría de Von Mises, debido que es un, material dúctil el cual se determina su factor de seguridad y como se está comportando el eje.

El análisis del esfuerzo equivalente está relacionado en general a todo el eje que va estar sometido la fuerza de estiramiento.

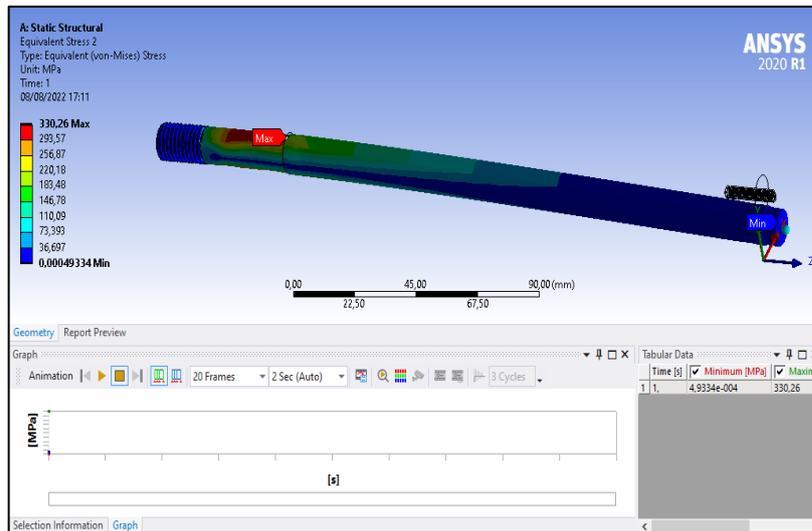


Ilustración 53-3: Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Se determina que existe un esfuerzo por flexión y corte, donde no logra superar la resistencia a la fluencia lo cual el eje va a trabajar adecuadamente dando un factor de seguridad en la zona del empotramiento de 2,6.

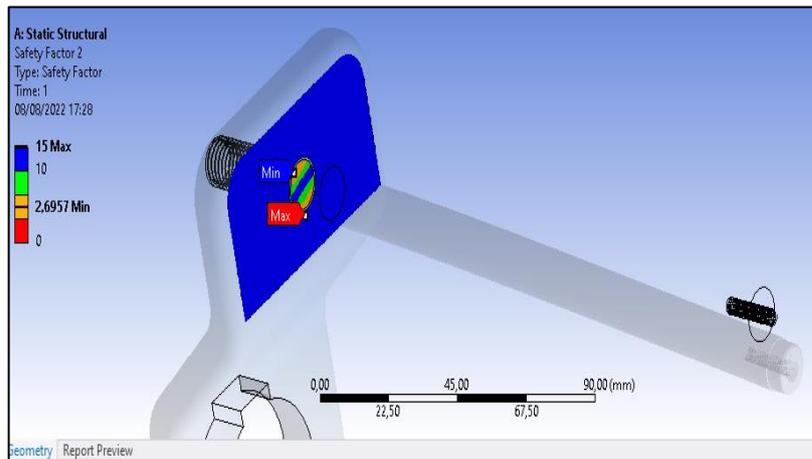


Ilustración 54-3: Factor de seguridad en el empotramiento.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.2 Ejes de transmisión

En relación al más crítico se valida en este caso es el eje que recibe la potencia que sale desde el motor mediante la transmisión por cadena, el cual va a soportar todas sus cargas en el proceso de amasado.

3.13.2.1 Geometría

En el análisis de la geometría real del eje de transmisión se realiza en función de una malla adecuada que permita evidenciar los resultados más reales.

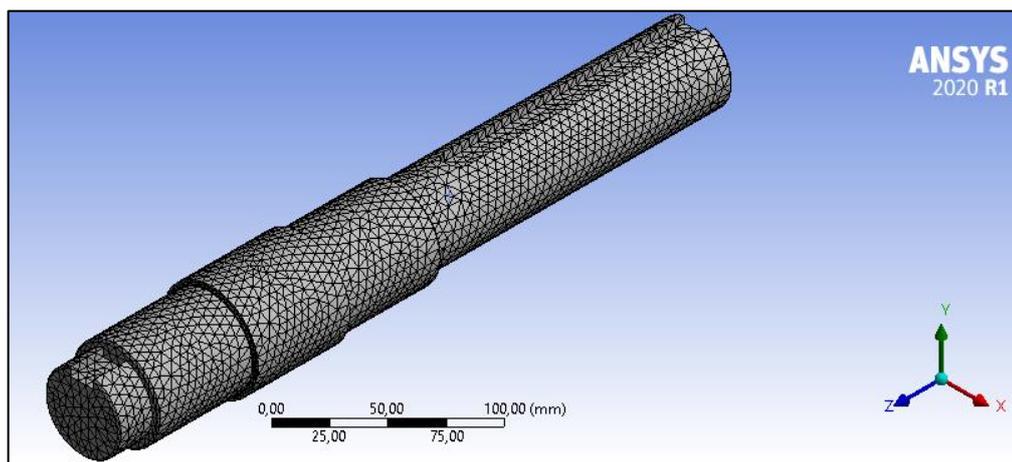


Ilustración 55-3: Geometría de análisis en SpaceClaim.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.2.2 Material

En relación al material se determina el factor de seguridad del elemento del prototipo lo cual eso debe intervenir en el ANSYS para su respectivo análisis estático.

Tabla 22-3: Propiedades del Acero AISI 4340

Material	AISI 4340	
Densidad	7850	Kg/m ³
Módulo de Young	210000	MPa
Poisson	0,3	
Tensile Yield Strength	1590	MPa
Compressive Yield Strength	1590	MPa
Tensile Ultimate Strength	1720	MPa

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.2.3 *Análisis de resultados*

Analizar vago la teoría de Von Mises para lograr un factor de seguridad en el punto más crítico del eje que se determinó en los cálculos.

La deformación del eje se evidencia que si va soporta a las cargas que se va a someter donde no logra plastificarse en el punto crítico que es al extremo de los piñones.

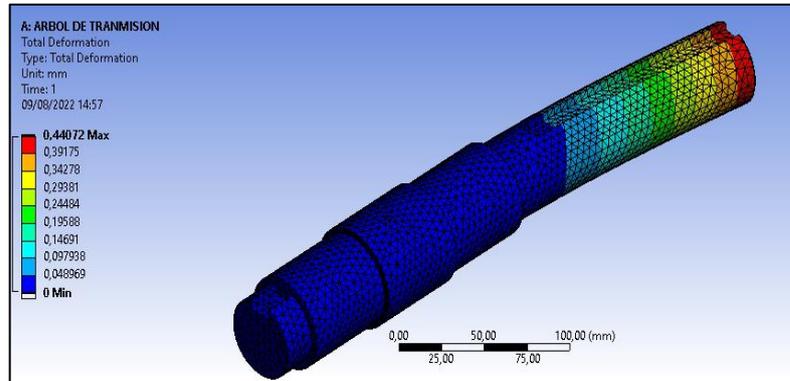


Ilustración 56-3: Comportamiento sometido a deformación del eje.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

El análisis del esfuerzo equivalente alrededor de todo el eje de transmisión permite determinar un factor de seguridad.

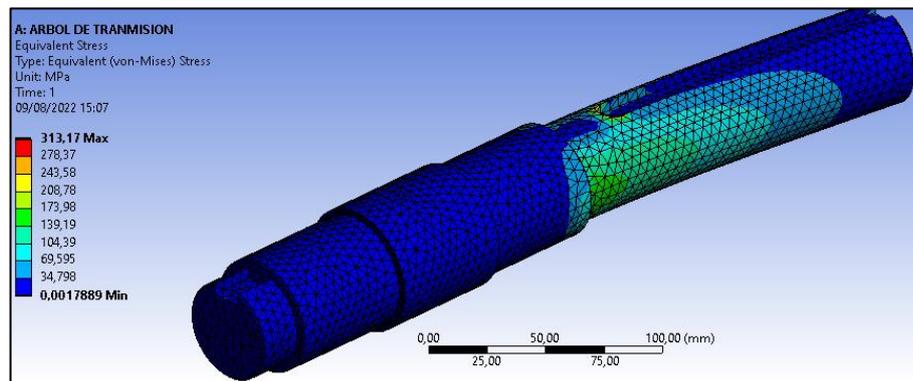


Ilustración 57-3: Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Se determina que existe un esfuerzo por flexión y torsión, donde no logra superar la resistencia a la fluencia lo cual el eje va a trabajar adecuadamente dando un factor de seguridad en el punto B, el cual se analizó al momento de calcular dando de 2,09.

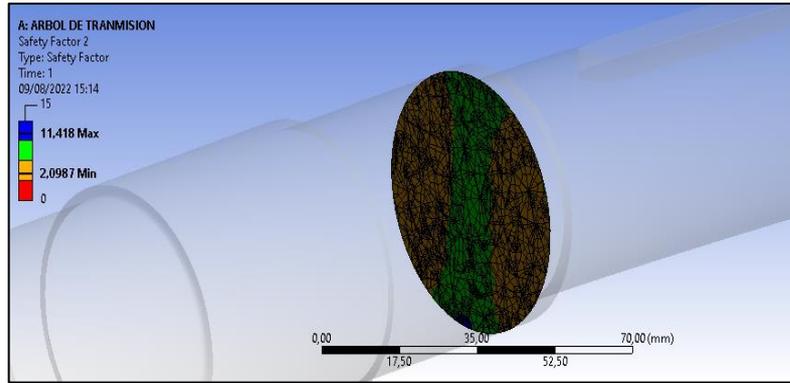


Ilustración 58-3: Factor de seguridad en el punto B de la chumacera.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.3 Piñones

Las catalinas de van a soportar la fuerza de transmisión de cada eje para realizar el movimiento en relación a eso se analiza si soporta y en función al material.

3.13.3.1 Geometría

Partiendo de la geometría se logra obtener una mallada adecuada para el análisis estático de cada piñón.

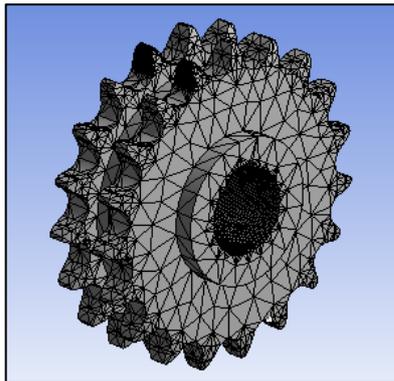


Ilustración 59-3: Geometría de análisis en SpaceClaim.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.3.2 Material

Con las propiedades del A 36 se realiza en análisis de todas las catalinas de dos hileras con la fuerza de traslación de cada etapa.

Tabla 23-3: Propiedades del Acero A - 36

Material	A - 36	
Densidad	7850	Kg/m ³
Módulo de Young	200000	MPa
Poisson	0,26	
Tensile Yield Strength	248,211	MPa
Compressive Yield Strength	248,211	MPa
Tensile Ultimate Strength	399,896	MPa

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.3.3 *Análisis de resultados*

La deformación total del piñón no es muy considerable debido a su esfuerzo que necesita para realizar la traslación del movimiento.

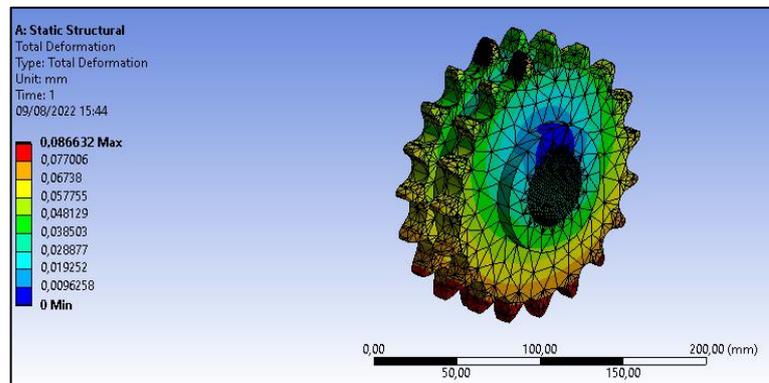


Ilustración 60-3: Comportamiento sometido a deformación de la catalina.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Aplicando la teoría de Von Mises nos permite evidenciar el comportamiento del piñón respecto a la fuerza que ejerce.

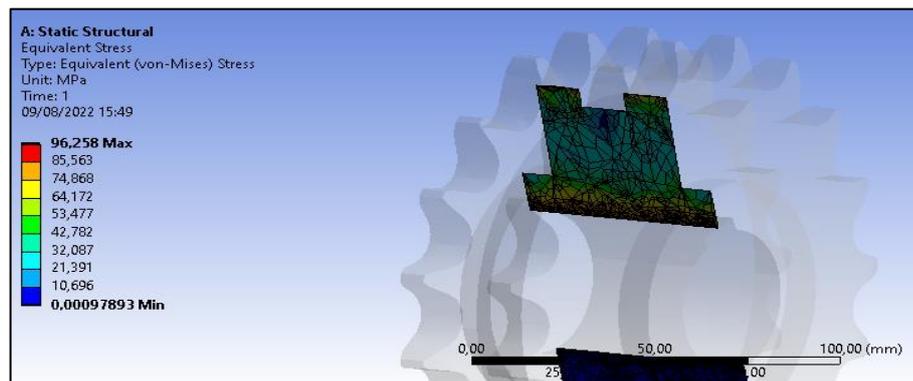


Ilustración 61-3: Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

De esta manera se determina un factor de seguridad de 2,76 en la zona donde se aplica la fuerza de traslación.

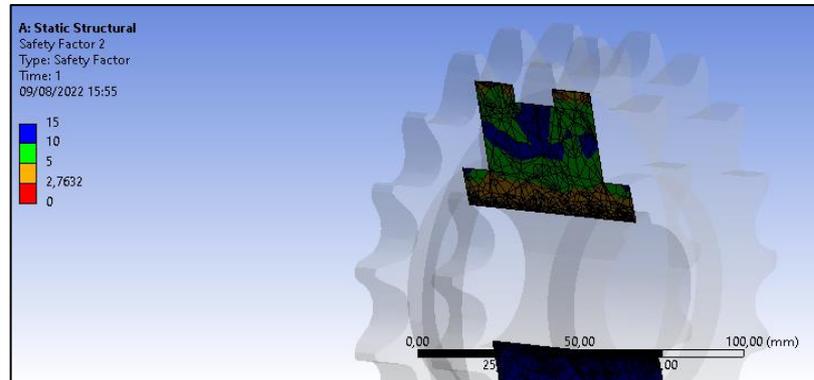


Ilustración 62-3: Factor de seguridad en el punto de aplicación de la fuerza.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.4 Estructura del prototipo

Analizan en función al peso que va a soportar la estructura en relación a los elementos mecánicos y tomando en cuenta el peso máximo del producto que procesará la máquina.

3.13.4.1 Geometría

Analizando la estructura como tal que soporta cada elemento mecánico se logra determinar un mallado acorde para los resultados.

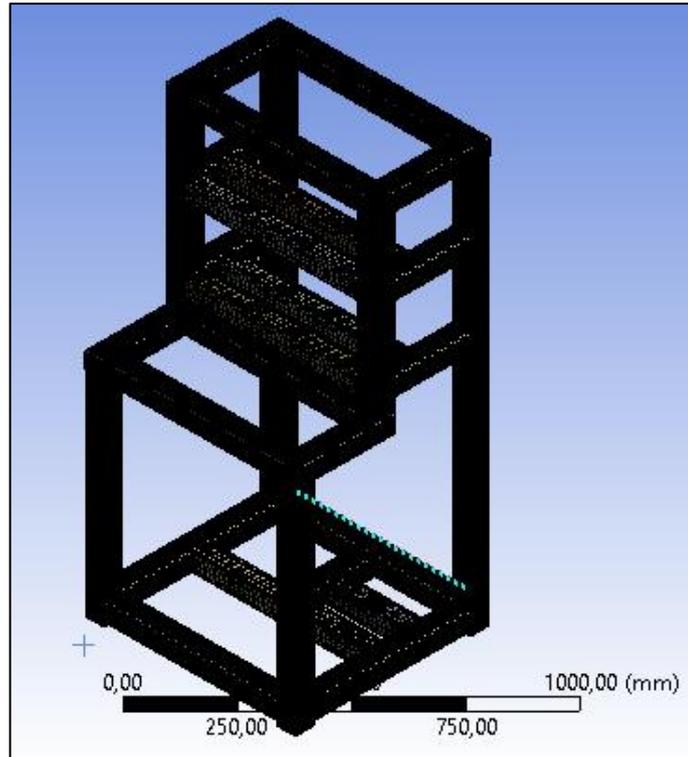


Ilustración 63-3: Geometría de análisis en SpaceClain.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.4.2 *Material*

Con las propiedades del material se logra analizar los esfuerzos y el factor de seguridad de todo el portico.

Tabla 24-3: Propiedades del Acero ASTM 500 - A

Material	ASTM 500 - A	
Densidad	7900	Kg/m ³
Módulo de Young	199947,96	MPa
Poisson	0,28	
Tensile Yield Strength	268,90	MPa
Compressive Yield Strength	268,90	MPa
Tensile Ultimate Strength	310,26	MPa

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.13.4.3 *Analisis de resultados*

Debido a deformacion total se pude obserbar como se comporta la estructura donde no es muy considerrable la cual se debe tomar el cuenta donde poder reformar para evitar cualquier colapso.

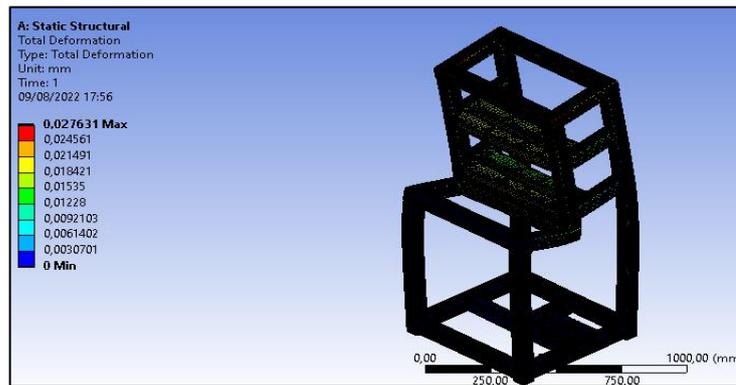


Ilustración 64-3: Deformación de pórtico sometido a cargas distribuidas
 Realizado por: Baraja, Luis ,2022

El esfuerzo equivalente bajo la teoría de Von Mises se puede evidenciar como se comporta el pórtico bajo la carga de los elementos mecánicos.

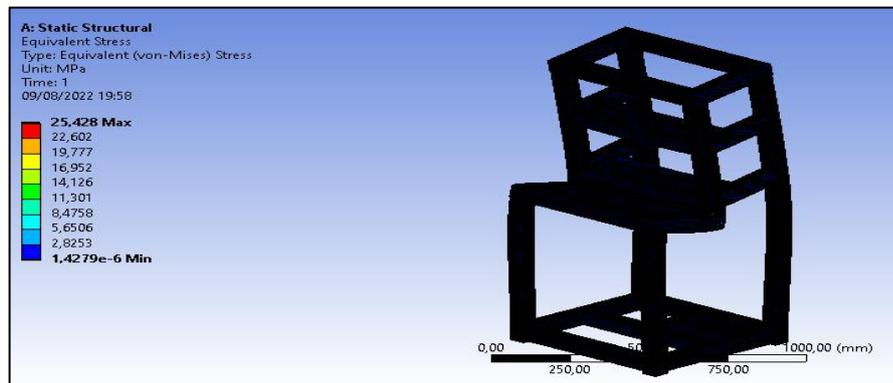


Ilustración 65-3: Análisis bajo la teoría de esfuerzo equivalente de Von Mises
 Realizado por: Baraja, Luis ,2022

De esta manera se logra determina un factor de seguridad en relación al perfil estructural cuadrado y el material de 10,5.

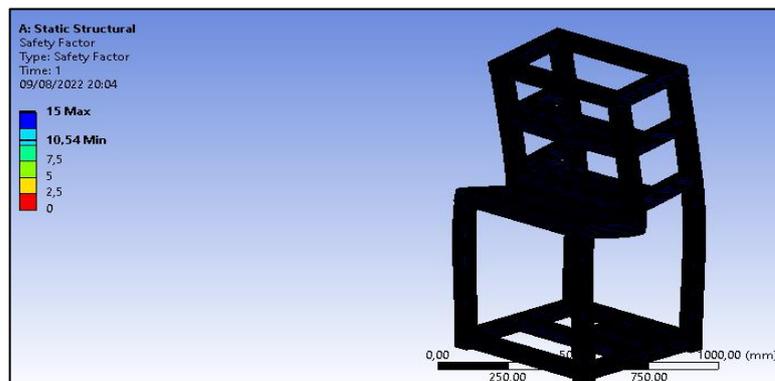


Ilustración 66-3: Factor de seguridad en relación a todo el pórtico
 Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.14 Animación

Validar en función al software SolidWork, como va ir generando su movimiento en el proceso de que los brazos generen el amasado de la melcocha.

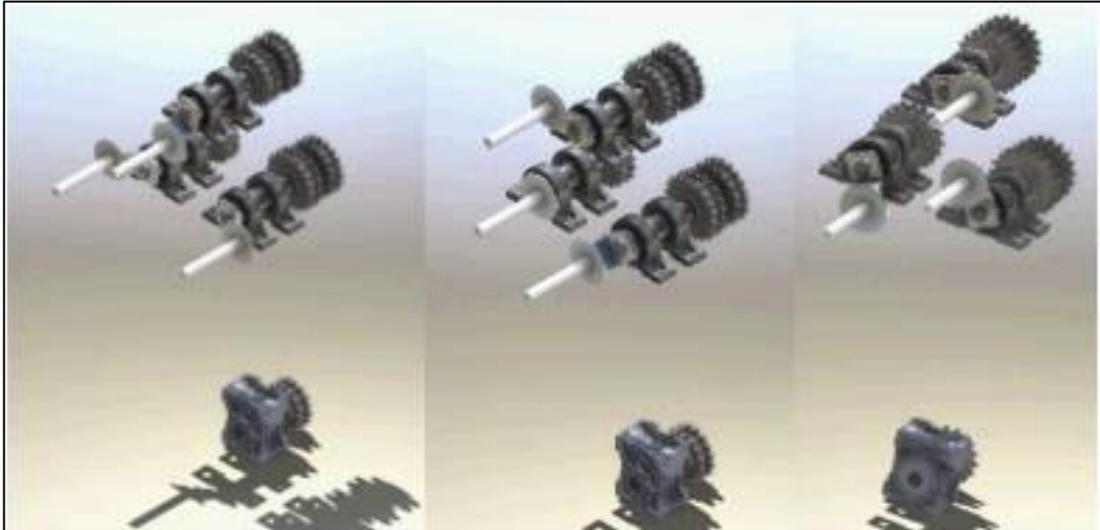


Ilustración 67-3: Proceso de simulación

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

El movimiento que se genera en los tres brazos es de manera uniforme y tienen el mismo sentido de giro el cual se colocara el pedazo de melcocha en el brazo superior y por gravedad el producto va a precipitarse donde los brazos de la parte inferior va a recoger y estirar al mismo tiempo con la velocidad angular que se diseño.

La trasmision que parte del motor hacia el reductor de velocidad tiene el objetido de trasladar esa fuerza para generar el proceso de estiramiento del producto, donde llega al primer eje de esta manera trasmite al eje superior y termina al eje contrario inferior dando una velocidad angular constante a los tres brazos.

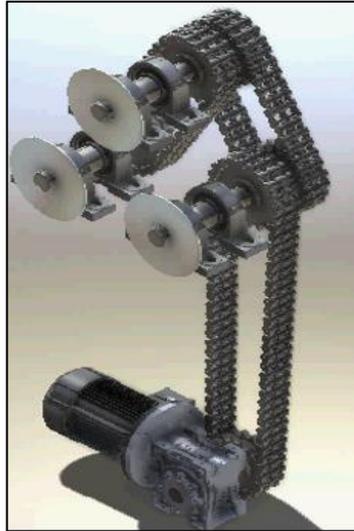


Ilustración 68-3: Sistema de transmisión

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15 Análisis de costos

En relación al análisis de los costos directos e indirectos, se plantea el precio que aborda el prototipo de cada uno de los elementos.

3.15.1 Costos directos

En este punto se analiza el precio de cada uno de los elementos del prototipo en relación al mecanismo y el control del mismo, en relación al costo de manufactura y el proceso de fabricación.

3.15.1.1 *Partes del mecanismo*

Tabla 25-3: Costos elementos mecánicos

Ítem	Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	1	Motor trifásico W22	422,25	422,25
2	1	Variador de frecuencia	386,81	386,81
3	3	Cadenas	8	24
4	6	Piñones	13	78
5	1	Ejes de transmisión	20	20
6	1	Brazos PLT 50X12	8	8
7	1	Ejes	15	15
8	1	Rodillos de nylon	15	15
9	1	Platinas inoxidables	30	30
10	2	Tubo estructural cuadrado	15	30
11	4	Ruedas giratorias con freno	22	88
12	6	Chumaceras	45	270
13	8	Chavetas	5	40
14	9	Tuercas, arandelas, tornillos	2	18
15	1	Tol galvanizado	46	46
			Subtotal 1	1491,06

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.1.2 *Componentes electrónicos*

Tabla 26-3: Costos elementos electrónicos

Ítem	Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	1	Variador de frecuencia	389,87	389,87
2	1	Pulsadores	10	10
3	1	Luz piloto	1,5	1,5
4	1	Interruptores	4	4
5	1	Cubre cables	1	1
6	3	Conectores	3	9
7	1	Enchufe	1	1
8	2	Cables	1	2
			Subtotal 4	418,37

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.1.3 *Manufacrura*

Tabla 27-3: Costos de manufactura

Horas	Descripción	\$/Hora por máquina	Precio Total (\$)
1	Cortadora	1,5	1,5
1	Cizalladora	5	5
1	Amoladora	0,4	0,4
0,5	Torno	8,5	4,25
1	Taladro	3	3
10	Soldadora	3	30
Subtotal 2			44,15

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.1.4 *Mano de obra*

Tabla 28-3: Costos mano de obra

Horas	Descripción	\$/Hora por máquina	Precio Total (\$)
1	Cortadora	10	10
1	Cizalladora	10	10
1	Amoladora	10	10
0,5	Torno	17	8,5
10	Soldadora	3	30
1	Taladro	6	6
Subtotal 3			74,5

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.1.5 *Costos directos totales*

Tabla 29-3: Costos directos totales

Descripción	Valor total (\$)
Subtotal 1	1491,06
Subtotal 2	418,37
Subtotal 3	44,15
Subtotal 4	74,5
Total	2028,08

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.2 *Costos indirectos*

Se especifica los que influyen indirectamente al prototipo, tanto en el diseño ingenieril como gastos inesperados.

Tabla 30-3: Costos indirectos

Descripción	Valor total (\$)
Costos de ciencia	0
Otros	100
Total	100

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

3.15.3 *Costo total*

De esta manera se plasma la suma total de los costos directos e indirectos del prototipo que llegara a costar al momento de la construcción.

Tabla 31-3: Costo total del prototipo

Tipo de costo	Valor total (\$)
Costos directos	2028,08
Costos indirectos	100
Total	2128,08

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Capacidad del productor procesado artesanal

Esta cantidad produce por día en cada jornada de trabajo el cual conlleva un proceso a seguir para obtener la transformación de a materia logrando un producto de calidad con una materia prima de alrededor de 25 kg.

Tabla 1-4: Resultado final de cada parada de melcocha.

PARADA	Masa de melcocha (kg)	Cada unidad (gr)	Cantidad bocaditos	Unidades por funda	Fundas de melcocha
1	24,630	10,137	2430	14	174

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.2 Análisis de las propiedades determinadas

4.2.1 Densidad de la materia prima

Aplicando la ecuación 3.1, con sus respectivos datos obtenidos empíricamente se logra determinar la densidad del producto.

$$\rho = \frac{96,458}{200}$$
$$\rho = 0,482 \text{ g/cm}^3$$

Determinando la densidad del proceso, con este dato se obtendrá el análisis del sistema de estirado del producto que trabaje en buenas condiciones y no se desperdicie al momento de rotación de los brazos que realiza este movimiento.

4.2.2 Fuerza de estiramiento

De este modo se logra establecer la fuerza de estiramiento para su máxima producción en relación al peso de toda la parada de melcocha.

Tabla 2-4: Datos de la fuerza de estiramiento del proceso de batido

Porciones	Peso (Kg)	Fuerza de estiramiento (N)
1	2,780	174,737
2	9,975	294,3
3	24,9	490,304

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Lo cual se trabaja con la fuerza de estiramiento máxima para lograr un mecanismo que soporte esta capacidad de producción del artesano, que será de 490, 304 N.

4.2.3 Velocidad requerida del proceso de batido

De esta manera se determinó la velocidad del proceso en la primera y segunda etapa con la ayuda de los operarios y controlando el tiempo para verificar cuantas vueltas por minuto se realiza en cada proceso.

Tabla 3-4: Velocidad del proceso de las etapas de batido de la melcocha

Operarios	Primera etapa "Blanqueo"			Segunda etapa "Moldeado"		
	Ciclo 1 (rpm)	Ciclo 2 (rpm)	Promedio	Ciclo 1 (rpm)	Ciclo 2 (rpm)	Promedio
Operario 1	9	9	9	18	19	18,5
Operario 2	10	10	10	17	19	18
Operario 3	11	10	10,5	16	18	17
		Promedio E_1	10		Promedio E_2	18

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Analizando las dos etapas de batido de la melcocha, la máquina deberá trabajar a las dos velocidades presentes, pero para el análisis de esfuerzos se debe trabajar con la máxima, pero en relación a la máquina debe ser el doble para realizar en menos tiempo el proceso de batido lo cual se trabaja a una velocidad de 36 vueltas / minutos.

4.3 Validación de los cálculos

Se diseño bajo teorías conservadoras para poder determinar un diseño ergonómico, resistente y cumpla con los parámetros de diseño.

4.3.1 Especificaciones del eje de batido.

El material es un AISI 4340, con un diámetro comercial de 0,5 in. El cual cumple con un factor de seguridad mayor a 2, tanto para el análisis estático como dinámico lo cual está bien diseñado ergonómicamente y resiste a la carga máxima que soporta al momento de batir el producto.

Tabla 4-4: Datos calculados del eje de amasado

		Especificaciones técnicas	
Análisis estático	Diámetro calculado	D	10,53 mm
	Diámetro comercial	Dc	12,7 mm
	Factor de seguridad	n	$3,5 \geq 2$ OK!
Análisis dinámico	Diámetro calculado	D	11,27 mm
	Diámetro comercial	Dc	12,7 mm
	Factor de seguridad	n	$2,93 \geq 2$ OK!

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Tomando todas las consideraciones de diseño mediante MEF, se logra determinar un factor acorde al calculado mediante el diseñador, de esta manera el elemento se comprueba que está bien diseñado.

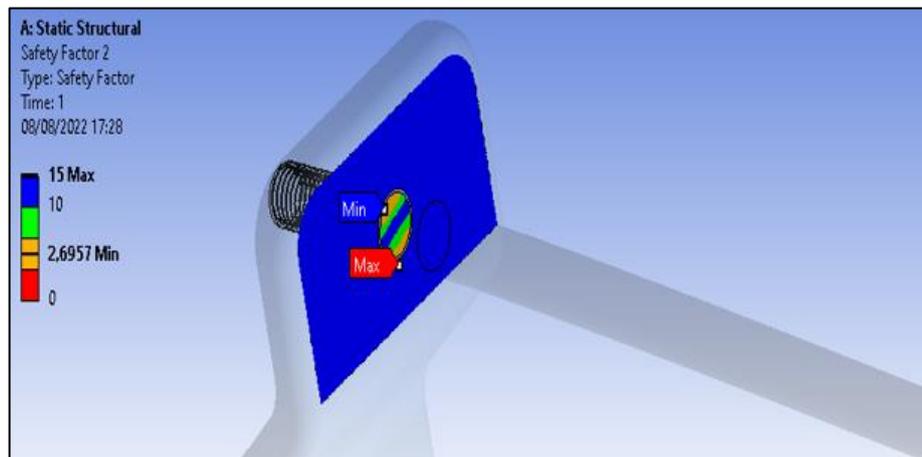


Ilustración 1-4: Factor de seguridad del eje de amasado.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.3.2 Especificación de las cadenas seleccionadas en cada etapa.

El material de las catalinas es un acero A – 36, con las especificaciones correspondientes el cual se analiza un piñón con su fuerza que trasmite para cada etapa para verificar que cumpla con las propiedades mecánicas.

Tabla 5-4: Datos calculados de las cadenas y catalinas

		Especificaciones Técnicas	
Motor - Eje 01	Tipo de cadena	80 - 2H	
	Catalina 1	16	
	Diámetro "G"	6,366 in	
	Catalina 2	20	
	Diámetro "g"	5,093 in	
	Numero eslabones	36	
	Lubricación	Tipo A	
	Fuerza en el eje	7706,16 N	
Eje 1 - Eje 2	Tipo de cadena	80 - 2H	
	Catalina 1	19	
	Diámetro "G"	6,048 in	
	Catalina 2	19	
	Diámetro "g"	6,048 in	
	Numero eslabones	38	
	Lubricación	Tipo A	
	Fuerza en el eje	8111,747 N	
Eje 2 - Eje 3	Tipo de cadena	80 - 2H	
	Catalina 1	19	
	Diámetro "G"	6,048 in	
	Catalina 2	19	
	Diámetro "g"	6,048 in	
	Numero eslabones	38	
	Lubricación	Tipo A	
	Fuerza en el eje	8111,747 N	

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

El análisis aplicando MEF, tomando todas las consideraciones y con la fuerza que necesita para transmitir el movimiento tomando en cuenta la catalina de 19 diente nos dio un factor de seguridad adecuado de 2, 7. Respecto a los criterios de diseño de esta manera cumpliendo los parámetros que se requieren para que resista y el diseño sea ergonómico.

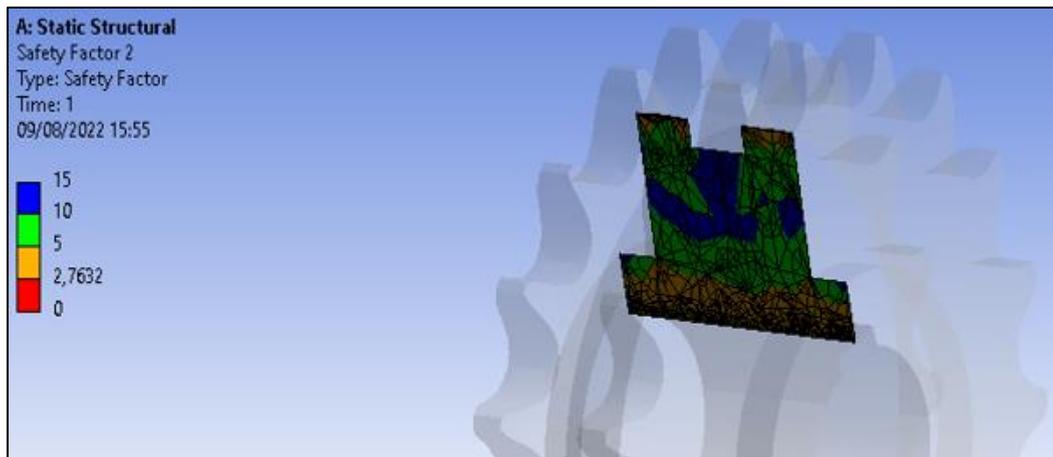


Ilustración 2-4: Factor de seguridad de la catalina doble hilera.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.3.3 Especificación de los ejes de transmisión.

El análisis respectivo que realizo para el eje más crítico fue a cargas fluctuantes donde se analizó rigidez y resonancia lo cual bajo estos tres análisis el eje se va a comportar de la mejor manera cumpliendo con cada uno de los criterios de diseño.

Tabla 6-4: Datos calculados de cada eje de transmisión

		Especificaciones técnicas	
Eje Transmisión 01, 02	AISI 4340 (T-R)	Sut	1720 MPa
		Sy	1590 Mpa
		T	315 °C
	Punto crítico "B"	mB	1650,993 N.m
		Tb	34,684 N.m
	Diámetro punto critico	dB	52,8 mm
	Factor de seguridad	n	2,003 ≥ 2 OK!
	Rigidez	[y] ≥ [yE]	0,03 ≥ 22,877x10-7 OK!
Resonancia	n	24063273 rpm	
Eje Transmisión 03	AISI 4340 (T-R)	Sut	1720 MPa
		Sy	1590 Mpa
		T	315 °C
	Punto crítico "B"	mB	1620,317 N.m
		Tb	34,684 N.m
	Diámetro punto critico	dB	52,3 mm
Factor de seguridad	n	2,012 ≥ 2 OK!	

	Rigidez	$[y] \geq [yE]$	$0,03 \geq 22,877 \times 10^{-7}$ OK!
	Resonancia	n	24063273 rpm

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Analizando en el punto crítico B, del eje que es en la chumacera donde se determina el factor de seguridad por MEF, de 2,09 el cual es similar al que se determinó por el criterio del diseñador que es de 2,003. Lo cual el eje va a soportar todas las cargas previstas en el proceso de amasado de la melcocha cumpliendo con los criterios de diseño tanto ergonómicamente y resistente.

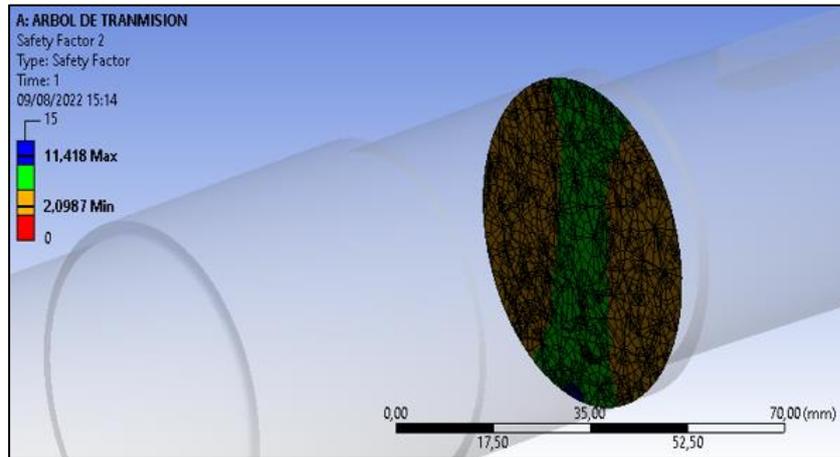


Ilustración 3-4: Factor de seguridad del eje principal.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.3.4 Especificación del pórtico.

En el pórtico se analizó bajo un perfil estructural cuadrado tomando en cuenta cada peso de los elementos y el peso del producto que se va a procesar de esta manera se diseñó en relación al más crítico dando un factor de seguridad un poco alto debido a la estética de los elementos mecánicos.

Tabla 7-4: Datos calculados del pórtico

Tubo estructural cuadrado	Especificaciones técnicas		
	Lado	A	60 mm
	Espesor	e	2 mm
Factor de seguridad	n	$8,693 \geq 2$ OK!	

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

Mediante el análisis de MEF, se logra determinar un factor de seguridad entre 7,5 y 10,5 esto debido que se analizó todas las cargas que entran vienen en la estructura, esto debido a la

ergonomía de todo el prototipo lo cual cumple con el factor de seguridad determinado en el más crítico que es de 8,6.

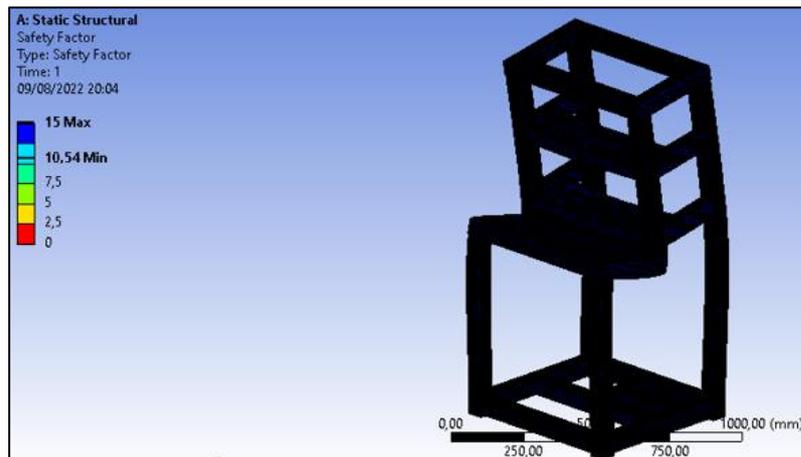


Ilustración 4-4: Factor de seguridad en la estructura.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.4 Validación dinámica

4.4.1 Desplazamiento

El desplazamiento angular respecto a 2 segundos, su comportamiento viene hacer de forma ascendente y descendente formando picos entre -179 radianes, hasta 179 radianes, de esta manera se comporta el desplazamiento de cada brazo respecto a una velocidad angular de 37 rpm.

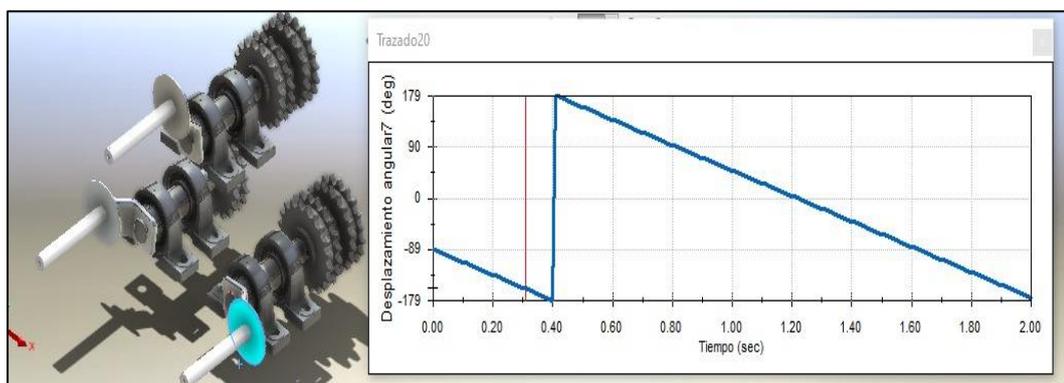


Ilustración 5-4: Desplazamiento angular del brazo.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.4.2 Velocidad

La velocidad angular respecto al proceso de amasado que se necesita es constante tal como se evidencia en la siguiente ilustración el cual tiene un valor de 3,875 rad/seg. Que equivale a 37 rpm, de esta manera se comportan los brazos a su respectiva velocidad.

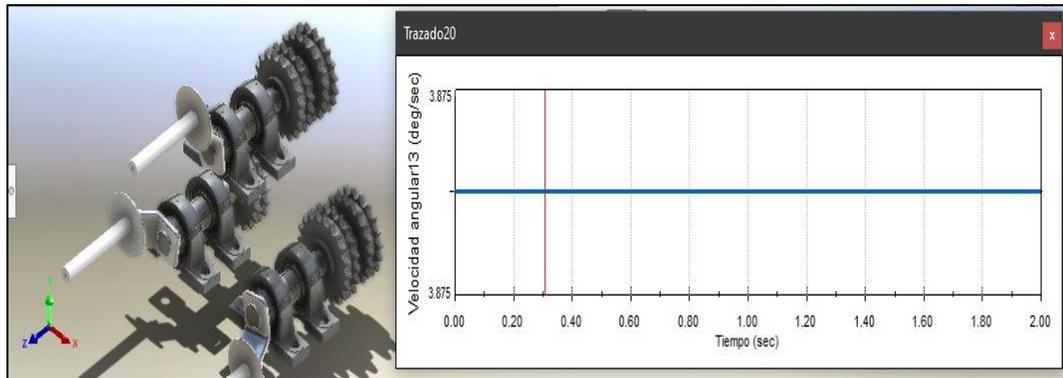


Ilustración 6-4: Velocidad angular.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

4.4.3 Aceleración

Respecto a la aceleración angular viene a ser cero debido que la velocidad angular es constante para este proceso, pero para la velocidad lineal no vendrá hacer cero lo cual eso toca tener en consideración para el análisis del movimiento de cada brazo.

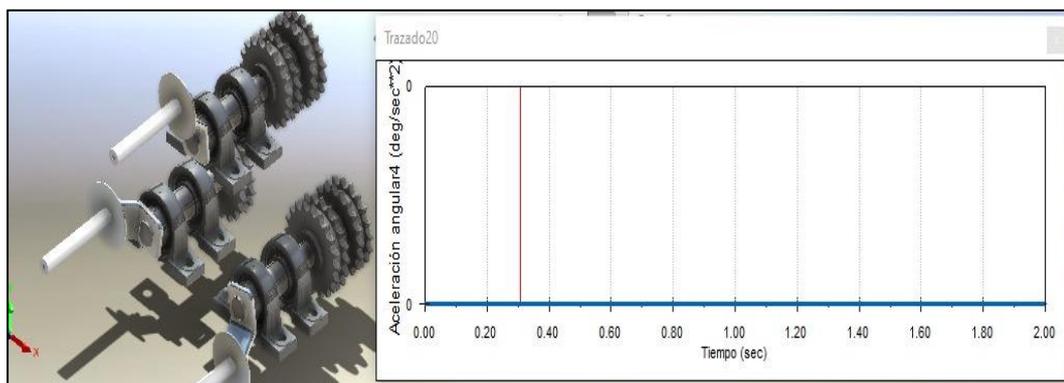


Ilustración 7-4: Aceleración angular.

Realizado por: Baraja, Luis ,2022

CONCLUSIONES

- Palpando el esfuerzo que se requiere para el proceso de amasado de la melcocha que es la actividad que más sucesivamente realizan los productores artesanales y tomando en cuenta la producción que generan por día que es alrededor de 25 Kg de materia prima y se transforma en una cantidad de producto terminado por paradas que es alrededor de 2430 bocaditos esto enfocado en la producción de la casa del dulce, en función a esta capacidad se realizó el diseño del prototipo.
- Enfocado en el proceso de amasado del producto se tomó en cuenta la actividad que realizan los artesanos para lograr determinar una velocidad promedio en dos etapas la cual la primera es en el proceso de blanqueado que es de 10 vueltas / minuto, la siguiente etapa es el proceso de amasado de cada porción que es de 18 vueltas / minuto, donde se diseñó al doble de la velocidad máxima con el fin de mejorar los tiempos y el movimiento de los brazos sea armónicamente y en relación a esta velocidad se requiere un motor de 3 Hp.
- Realizando las pruebas de campo con la ayuda de una balanza romana se logra determinar la fuerza de estiramiento de 490,5 N, en función al peso máximo de 25 Kg, en relación a esta fuerza se diseñó cada elemento del prototipo aplicando teorías de diseño conservadoras se logró determinar los ejes, brazos, motor, reductor, piñones y la estructura del prototipo.
- El análisis mediante elementos finitos comprueba que los elementos diseñados van a la par lo cual se determina que no va existir fallas prematuras como plastificarse o sufrir pandeo por ende se valida cada elemento que se diseñó mediante una teoría planteada por el diseñador.
- El factor de seguridad determinado mediante elementos finitos cumple con lo diseñado lo cual se comprueba que puede ser llevado a la siguiente etapa que será la de construir todo el prototipo.

RECOMENDACIONES

- Para el diseño de un prototipo se debe partir de la necesidad que requiere el cliente y respecto a la competencia que existe en el mercado para tener una referencia en cantidad de cada propiedad mecánica se requiera para el diseño del prototipo.
- Tener en cuenta que al momento de realizar el modelado en función al diseño del cálculo se debe realizar algunas adecuaciones esto debido por estética y respecto lo que existe en el mercado.
- Para el diseño de la estructura se debe tener en cuenta cómo se va distribuyendo la carga de cada elemento para evitar vibración debido al motorreductor que genera al momento de accionar y también tener en cuenta la ergonomía de diseño respecto a la manipulación del prototipo.
- Tener en cuenta al momento de validación todas las restricciones y cargas que se necesita para poder analizar resultados más reales y poder comparar.
- Es recomendable para la construcción a futuro realizar un manual de instrucciones de utilización, peligro y mantenimiento del prototipo para evitar cualquier inconveniente.

BIBLIOGRAFÍA

BUELE, Juan. Universidad Estatal Del Sur De Manabí . *UNESUM Comercio* . [En línea]. www.UNESUM.com. 2017.

LÓPEZ, Byron. *Máquina estiradora de melcochas con capacidad para 25 libras de masa*. Universidad Técnica del Norte [En línea]. [Citado el: 17 de 05 de 2022.] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7128>. 2017.

UNIVERSIDAD Técnica del Norte. *Carrea Ingenieria Mecatrónica*. [En línea]. [Citado el: 18 de 05 de 2022.] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7128>. 2017.

CROPPERS. Salud . *Comer maní es saludable* . [En línea]. https://www.croppers.com.ar/nota/nota/46/salud_comer-mani-es-saludable/#:~:text=Su%20contenido%20en%20prote%C3%ADnas%20y,riesgo%20de%20Alzheimer%2C%20entre%20otros. *Diseño de una planta productora de melcocha*. 2017.

ESPÍN, Paulina. Universidad Tecnológica Equinoccial, 2016. págs. 2-107. 2016.

ESPINOSA, Fiorella. *El poder del consumidor . El poder de la mandarina* . [En línea]. <https://elpoderdelconsumidor.org/2016/11/el-poder-de-la-mandarina/>.

EXHIBIR. *Equipos y utensilios para panadería y restaurante . Equipos y utensilios para panadería y restaurante* . [En línea]. <https://exhibirequipos.com/producto/caja-reductora-nm110-sinfin-corona/>.

GOTTAU, Gabriela. Vitónica . *Conoce más sobre la mandarina*. [En línea] 12 de Octubre. 2015, <https://www.vitonica.com/alimentos/conoce-mas-sobre-la-mandarina-con-una-completa-infografia>.

INEC. ESPAC. *ESPAC*. [En línea]. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf.

ORNA, Javier. Espoch. *Transmision por correas*. [En línea] 15 de 05 de 2021. [Citado el: 18de.05.de.2022.]file:///D:/Espoch/MECAN%20ICA/7mo_SEMESTRE/DISE%C3%91O_ME

CANICO/SEGUNDO_PAR/MATERIA/3.2%20Transmisi%C3%B3n%20por%20Correas%20AV.pdf.*Maquina batidora de alfandoque.*

GUALTEROS, Nelson Guzmán - Sergio. Universidad Piloto de Colombia, 2021, págs. 1-91.

GUZMÁN, Nelson. Universidad Piloto de Colombia, 2021, págs. 2-91.

PÉREZ, Gustavo. Beauty Nailhair Salons. *La Casa Del Dulce Don Ayora* . [En línea] <https://www.beautynailhairsalons.com/EC/Ba%C3%B1os/522644234498745/La-CASA-DEL-DULCE-DON-AYORA>. 2021. *Producción y comercialización de panela en la empresa la Granja del cantón Palora.*

PADILLA, Buñay. Repositorio Institucional Uniandes.

TAEQ. Placeres Carulla. *Vida saludable* . [En línea] www.TAEQ.com.

VIVE Tungurahua. Tungurahua-turistico. *Tungurahua-turistico*. [En línea] 03 de Mayo de 2022. <https://tungurahuatourismo.com/es-ec/tungurahua/banos-de-agua-santa/recetas/melcocha-a0d1c61dd>.

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES GENERALES

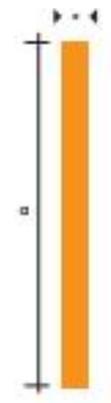
PERFILES LAMINADOS PLATINAS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00



ANEXO B: FACTORES DE EVALUACIÓN

$$k_a = a S_{ut}^b$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

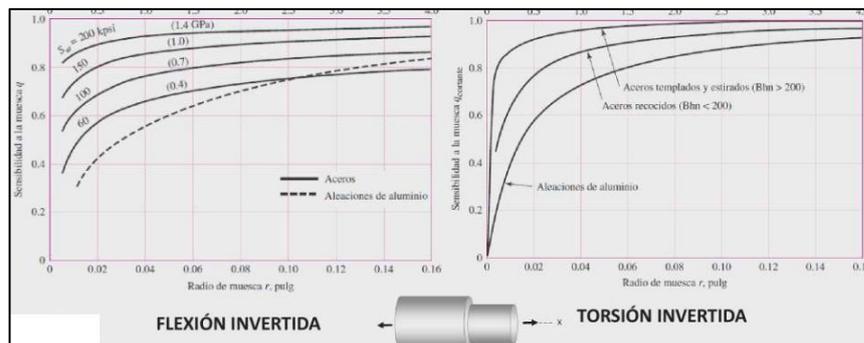
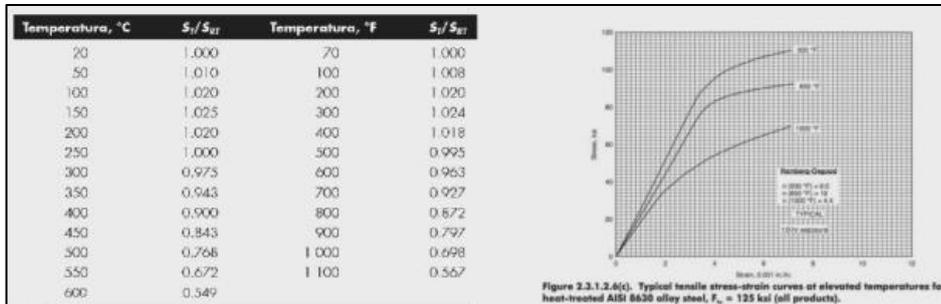
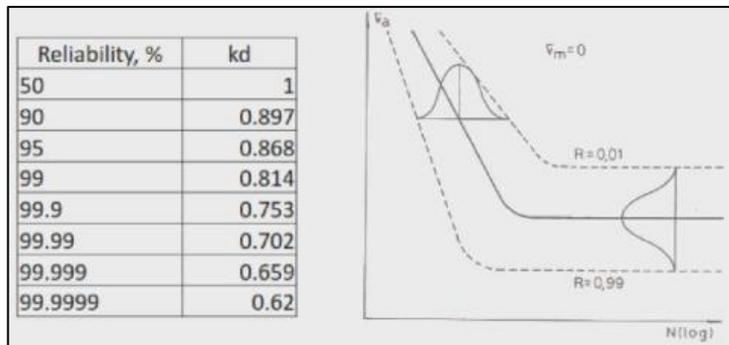
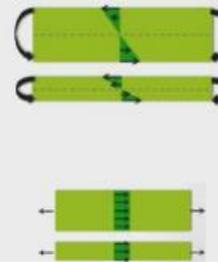
El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos. Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse como

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

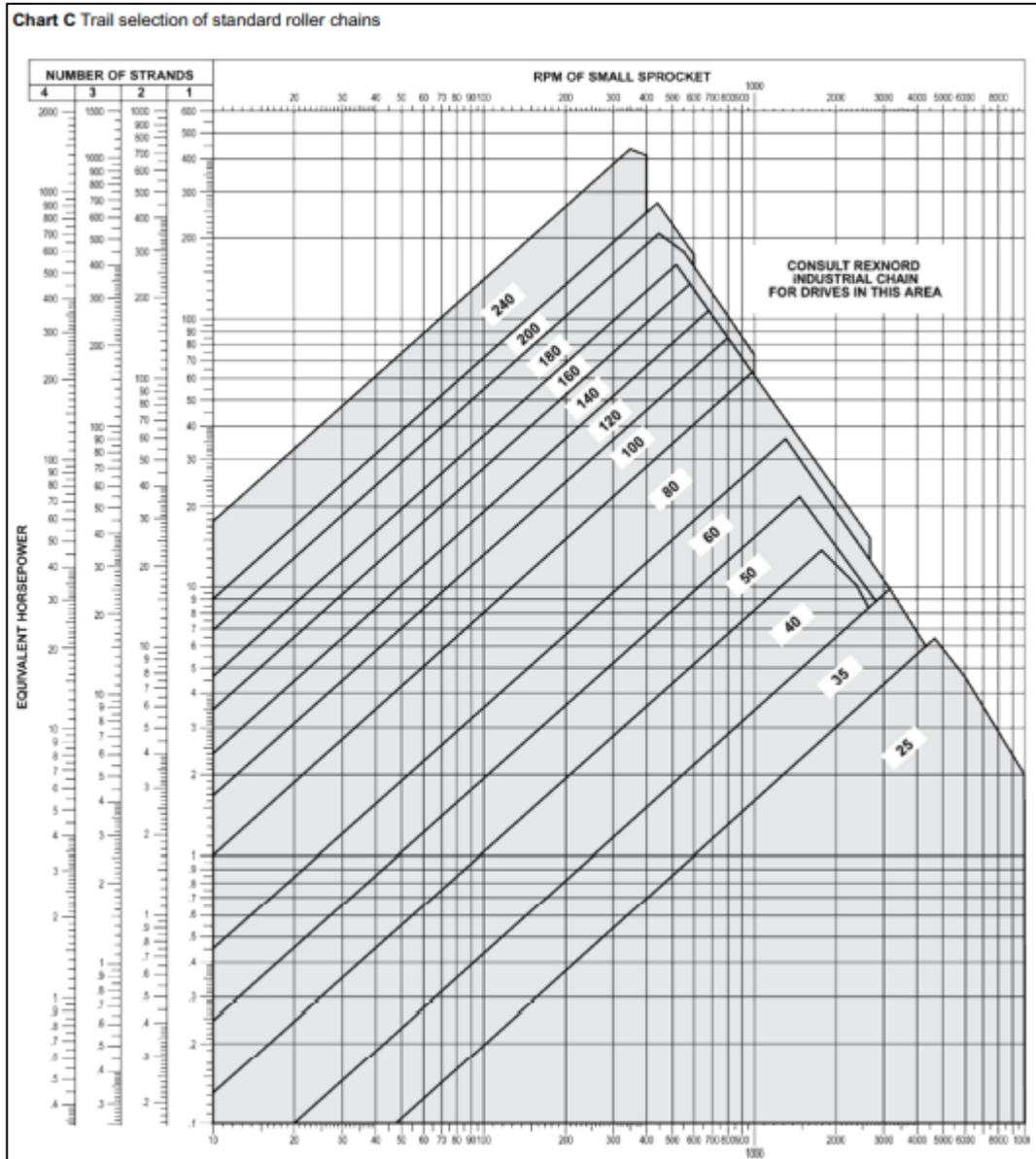
Para piezas rectangulares (plg) $d_e = 0.808(hb)^{1/2}$



ANEXO C: FACTORES DE SERVICIO

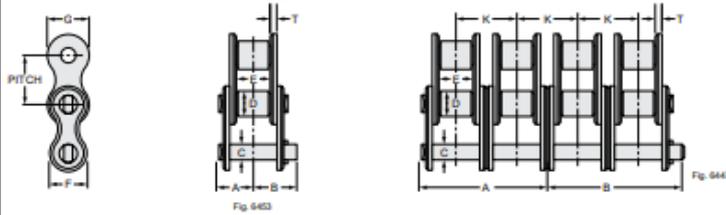
Table 1 Service factors

Driven equipment	Service factors		
	Input power		
	Internal combustion engine with hydraulic drive	Electric motor or turbine	Internal combustion engine with mechanical drive
Agitators, liquid stock	1.0	1.0	1.2
Beaters	1.2	1.3	1.4
Blowers, centrifugal	1.0	1.0	1.2



Drive Engineering

No. 80 chain 1.000" pitch



Specifications and dimensions

Chain Number	Chain Width, Number of Strands	Average ultimate strength, pounds	Joint bearing area, sq. in.	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches								
					A	B	C	D	E	F	G	K	T
80	Single	14,500	.275	1.67	.63	.74	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13
80-2	Double	29,000	.550	3.31	1.21	1.30	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13
80-3	Triple	43,500	.825	4.97	1.78	1.87	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13
80-4	Quadruple	58,000	1.100	6.76	2.35	2.44	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13
80-5	Quintuple	72,500	1.375	8.21	2.92	3.03	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13
80-6	Sextuple	87,000	1.650	9.84	3.50	3.61	.313	.625	.63	.75	.91	1.153	.13

Available in riveted or cottered construction.

Ratings

Number of teeth, in small sprocket	Maximum bore inches	Horsepower for single strand chain ▲																			
		RPM of small sprocket																			
		25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400
11	1.625	0.97	1.80	3.36	6.28	9.04	11.7	14.3	19.4	23.0	19.6	14.9	11.8	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	1.70
12	1.750	1.06	1.98	3.69	6.89	9.93	12.9	15.7	21.3	26.2	22.3	17.0	13.5	11.0	9.25	7.90	6.85	6.01	5.04	4.30	0
13	2.000	1.16	2.16	4.03	7.52	10.8	14.0	17.1	23.2	29.1	25.2	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	5.68	4.85	0
14	2.250	1.25	2.34	4.36	8.14	11.7	15.2	18.6	25.1	31.5	28.2	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.63	7.57	6.35	5.42	0
15	2.563	1.35	2.52	4.70	8.77	12.6	16.4	20.0	27.1	34.0	31.2	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.04	6.01	0
16	2.875	1.45	2.70	5.04	9.41	13.5	17.6	21.5	29.0	36.4	34.4	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	7.76	6.62	0
17	3.125	1.55	2.88	5.38	10.0	14.5	18.7	22.9	31.0	38.9	37.7	28.7	22.7	18.6	15.6	13.3	11.5	10.1	8.49	7.25	0

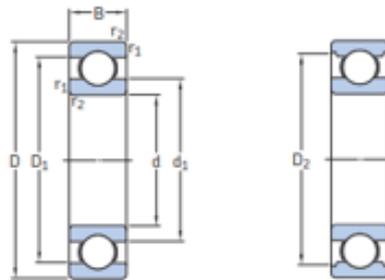
Table 4 Factors for sprocket c

A	B	C	D
.00000	2.0000	.5000	.5000
.00436	2.0000	.4986	.5014
.00873	1.9999	.4972	.5028
.01309	1.9998	.4958	.5042
.01745	1.9997	.4944	.5056
.02181	1.9995	.4931	.5069
.02618	1.9993	.4917	.5083
.03054	1.9991	.4903	.5097
.03490	1.9988	.4889	.5111
.03926	1.9985	.4875	.5125
.04362	1.9981	.4861	.5139
.04798	1.9977	.4847	.5153
.05234	1.9973	.4833	.5167
.05669	1.9968	.4819	.5181
.06105	1.9963	.4806	.5194
.06540	1.9957	.4792	.5208
.06976	1.9951	.4778	.5222
.07411	1.9945	.4764	.5236

ANEXO D: RODAMIENTOS

	$F_a/F_r \leq 0,6$ $\rightarrow P_0 = F_r + 0,5 F_a$	$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$ $P_0 < F_r \rightarrow P_0 = F_r$
--	---	--

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 40-55 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _e	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-
55	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	12 000	0,083	61811
	80	13	16,5	14	0,6	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,695	16 000	10 000	0,27	† 60011
	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	10 000	0,39	† 6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	8 000	1,35	† 6311
	140	33	99,5	62	2,6	11 000	7 000	2,35	6411

ANEXO E: ENCUESTA

I. INTRODUCCIÓN

Buenas tardes, soy estudiante de la carrera de Mecánica, la encuesta está relacionada al proceso de batido de la melcocha, para el estudio de un mecanismo que cumpla con las características previas al diseño de una máquina para solventar las necesidades de los productores artesanales, solicitamos su colaboración llenando esta encuesta con una X la respuesta de su elección. De antemano agradezco su colaboración.

II. CUESTIONARIO

1. Género

Masculino Femenino

2. Rango de edad

15 – 20 años
20 – 40 años
40 – 60 años

3. ¿Tiene conocimiento de alguna maquina batidora de melcocha?

SI NO

4. ¿Con que frecuencia trabaja en esta actividad por semana?

1 – 2 días
1 – 4 días
1 – 6 días

5. ¿Le gustaría remplazar esta actividad por una máquina batidora para melcocha?

SI NO

6. ¿El proceso de batido de la melcocha demanda de mucho esfuerzo físico?

SI NO

7. ¿Para qué capacidad necesitaría que trabaje la maquina en relación del peso del producto?

5 – 10 Kg
10 – 20 Kg
20 – 30 Kg

8. ¿En qué tiempo le gustaría terminar el proceso de batido de la melcocha con la ayuda de la maquina?

1 – 2 horas
1 – 4 horas
1 – 6 horas

9. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por esta máquina?

1000 – 1700 \$
1700 – 2500 \$
2500 – 3000 \$

ANEXO F: PLANOS