



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
DESGRANADORA DE MAÍZ MÓVIL PARA LA UNIDAD DE
APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI -
ESPOCH

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

BYRON DANIEL ERAZO RODRÍGUEZ

Riobamba-Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
DESGRANADORA DE MAÍZ MÓVIL PARA LA UNIDAD DE
APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI -
ESPOCH**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: BYRON DANIEL ERAZO RODRÍGUEZ
DIRECTOR: ING. SANTIAGO ALEJANDOO LOPEZ ORTÍZ

Riobamba-Ecuador

2024

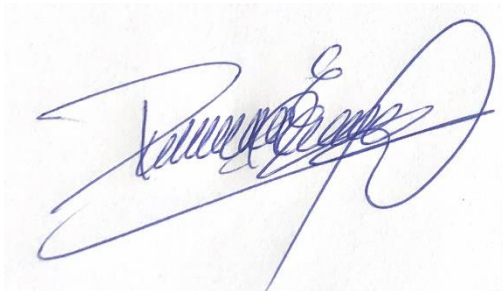
© 2024, **Byron Daniel Erazo Rodríguez**

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 del Autor.

Yo, Byron Daniel Erazo Rodríguez, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 27 de junio 2024


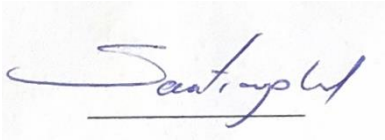
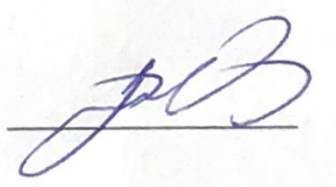


Byron Daniel Erazo Rodríguez

C.I: 060544940-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MÓVIL PARA LA UNIDAD DE APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI - ESPOCH**”, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2024-06-27
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-27
Ing. Javier Enrique Orna Chávez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-27

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres, Juan y Ligia quienes siempre me daban sus palabras de aliento en todo momento y me enseñaron todos los valores que poseo, también fueron mi apoyo incondicional, nunca cuestionaron mis decisiones y siempre estuvieron ahí para mí, de la misma manera a mi hermano Diego, que siempre me guía, y me aconseja. A la carrera de Ingeniería Mecánica la cual me enseñó además de lo académico el valor de la constancia y el sacrificio que la vida te exige para lograr tus objetivos.

Byron

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme salud, conocimiento y la fuerza suficiente para superar todas las adversidades, y sobre todo a mis padres por haberme dado la vida y la oportunidad de haber completado con la prestigiosa carrera de Ingeniería Mecánica, la cual me ha permitido crecer tanto en lo académico como en lo personal. Agradezco a mi enamorada por siempre estar presente en los buenos y sobre todo en los malos momentos. A mis amigos que me acompañaron en todas las circunstancias. A los docentes que han cultivado en mí, los valores y el amor a mi profesión, en especial al Ing. Santiago e Ing. Javier por guiarme de la mejor manera para finalizar este proyecto con éxito.

Byron

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	21

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	22
1.1. Antecedentes	22
1.2. Planteamiento del problema	22
1.3. <i>Justificación</i>	23
1.3.1. <i>Justificación técnica</i>	23
1.3.2. <i>Justificación económica</i>	23
1.3.3. <i>Justificación social</i>	23
1.4. Objetivos	24
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	24
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	24

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Definición de maíz	25
2.2. Tipos de maíz	25
2.2.1. <i>Maíz duro</i>	25
2.2.2. <i>Maíz dentado</i>	25

2.2.3.	<i>Maíz dulce</i>	26
2.2.4.	<i>Maíz reventón</i>	26
2.2.5.	<i>Maíz harinoso</i>	26
2.3.	Secado del maíz	27
2.4.	Proceso de desgranado	27
2.4.1.	<i>Desgranado manual</i>	27
2.4.1.1.	<i>Desgranado con dedos</i>	27
2.4.1.2.	<i>Desgranado con herramientas</i>	28
2.4.2.	<i>Desgranado mecánico</i>	28
2.4.2.1.	<i>Desgranadoras con motor a combustión interna</i>	28
2.4.2.2.	<i>Desgranadoras con motor eléctrico</i>	29
2.5.	Sistemas de desgranado	29
2.5.1.	<i>Desgranador con dados</i>	29
2.5.2.	<i>Desgranador con platinas helicoidales</i>	30
2.5.3.	<i>Desgranador con dientes de espiga</i>	30
2.5.4.	<i>Desgranador con disco dentado</i>	30
2.7.	Sistema de transmisión por poleas- correas	31
2.7.1.	<i>Polea motriz</i>	31
2.7.2.	<i>Polea conducida</i>	32
2.7.3.	<i>Correa de transmisión</i>	32
2.8.	Tipos de Chumaceras	32
2.9.	Chavetas	33
2.9.1.	<i>Tipos de chavetas</i>	34
2.10.	Tornillos y tuercas	34
2.11.	Soldadura	35
2.11.1.	<i>Tipos de soldadura</i>	35
2.12.	Ruedas	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	37
3.1.	Metodología de diseño	37
3.2.	Lista de exigencias	37
3.3.	Despliegue de la función de calidad (QFD)	41
3.3.1.	<i>Voz del usuario</i>	41
3.3.2.	<i>Análisis de competitividad</i>	41
3.3.2.1.	<i>Competencia 1</i>	41
3.3.2.2.	<i>Competencia 2</i>	42
3.3.2.3.	<i>Competencia 3</i>	42
3.3.3.	<i>Voz del ingeniero</i>	42
3.3.4.	<i>Correlaciones</i>	43
3.3.5.	<i>Resultados de la matriz QFD</i>	44
3.3.6.	<i>Comparación técnica</i>	44
3.3.7.	<i>Compromisos técnicos</i>	45
3.3.8.	<i>Especificaciones técnicas</i>	45
3.4.	Estructura de funciones	46
3.4.1.	Caja negra	46
3.4.2.	<i>Determinación de la secuencia de operaciones</i>	46
3.4.3.	<i>Esquema de la estructura de funciones</i>	47
3.4.4.	<i>Estructura modular</i>	47
3.5.	Matriz morfológica	47
3.5.1.	<i>Resultados de la matriz morfológica</i>	50
3.6.	Evaluación técnico – económica	52
3.6.1.	<i>Diseño de detalle</i>	54
3.6.1.1.	<i>Modelado 3D</i>	54
3.7.	Diseño de la máquina desgranadora de maíz	55
3.7.1.	<i>Normas y reglamentos usadas en la desgranadora de maíz</i>	55
3.8.	Diseño del sistema de desgranado	56

3.8.1.	<i>Volumen de producción</i>	56
3.8.2.	<i>Determinación de fuerza de arranque de maíz</i>	57
3.8.3.	<i>Determinación del factor de seguridad el diseño de la desgranadora de maíz</i>	58
3.8.4.	<i>Dado desgranador</i>	59
3.8.5.	<i>Cálculo de reacciones y momentos en el dado desgranador</i>	59
3.8.6.	<i>Cálculo de esfuerzos y factor de seguridad en el dado desgranador</i>	60
3.8.7.	<i>Longitud de la cámara, cilindro desgranador y tolva de alimentación</i>	61
3.8.7.1.	<i>Tolva de alimentación</i>	62
3.8.8.	<i>Cálculo el espesor del cilindro mediante la teoría del esfuerzo cortante.</i>	62
3.8.9.	<i>Cálculo del espesor de las cubiertas laterales del cilindro</i>	64
3.9.	Sistema de transmisión de potencia	65
3.9.1.	<i>Potencia corregida</i>	66
3.9.2.	<i>Selección de bandas y poleas</i>	67
3.9.2.1.	<i>Cálculo de la potencia</i>	67
3.9.2.2.	<i>Selección del tipo de sección adecuada</i>	68
3.9.2.3.	<i>Cálculo de la relación de transmisión</i>	68
3.9.2.4.	<i>Determinación de diámetro de poleas</i>	69
3.9.2.5.	<i>Determinar la distancia entre centros y longitud de correa</i>	69
3.9.2.6.	<i>Potencia básica de la correa</i>	70
3.9.2.7.	<i>Cálculo de la potencia de la banda y factores de corrección C_1 y C_3</i>	71
3.9.2.8.	<i>Cálculo del número de correas requeridas</i>	71
3.9.2.9.	<i>Cálculo de tensiones y tolerancias de instalación</i>	71
3.9.3.	Diseño del eje	74
3.9.3.1.	<i>Análisis estático</i>	75
3.9.3.2.	<i>Análisis a fatiga</i>	77
3.9.3.3.	<i>Análisis de rigidez</i>	80
3.9.3.4	<i>Velocidad crítica</i>	80
3.9.4.	Cálculo de chaveta	81
3.9.4.1.	<i>Falla debido al corte de la cuña</i>	81

3.9.4.2.	<i>Falla debido a la compresión de la cuña</i>	82
3.9.5.	<i>Selección tipo de chumaceras</i>	82
3.9.6.	<i>Selección de rodamientos</i>	82
3.9.7.	<i>Selección de forma de unión</i>	84
3.9.7.1.	<i>Junta permanente</i>	84
3.9.7.2.	<i>Diseño de la junta permanente</i>	84
3.9.7.3.	<i>Diseño de juntas empernadas</i>	88
3.10.	Análisis de la estructura	93
3.10.1.	<i>Selección de las ruedas</i>	93
3.10.2.	<i>Comportamiento de la estructura</i>	94

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	100
4.1.	Resultados del diseño conceptual	100
4.1.1.	<i>Resultados del análisis en el módulo 1 - sistema de desgranado</i>	100
4.1.2.	<i>Resultados del análisis en el módulo 2 - sistema de transmisión de potencia</i>	100
4.1.3.	<i>Resultados del análisis en el módulo 3 – estructura</i>	100
4.2.	Construcción de la máquina desgranadora de maíz	101
4.2.1.	<i>Proceso de construcción</i>	101
4.2.2.	<i>Equipos y herramientas</i>	101
4.2.3.	<i>Tiempos de construcción</i>	102
4.2.4.	<i>Ensamblaje</i>	103
4.3.	Protocolo de pruebas	105
4.3.1.	<i>Necesidad y objetivos de evaluación</i>	105
4.3.1.1.	<i>Primera etapa: Arranque</i>	106
4.3.1.2.	<i>Segunda etapa: Movimiento sin carga</i>	106
4.3.1.3.	<i>Tercera etapa: Movimiento con carga</i>	106
4.3.1.4.	<i>Cuarta etapa: Movimiento con carga máxima</i>	106

4.3.2.	<i>Características que requieren evaluarse</i>	106
4.3.3.	<i>Elaboración del protocolo de pruebas</i>	106
4.3.4.	<i>Resultados de los protocolos de funcionamiento de la máquina desgranadora</i>	108
4.3.4.1.	<i>Primera Etapa</i>	109
4.3.4.2.	<i>Segunda Etapa</i>	109
4.3.4.3.	<i>Tercera Etapa</i>	110
4.3.4.4.	<i>Cuarta etapa</i>	110
4.3.5.	<i>Prueba muestra 1</i>	112
4.3.6.	<i>Prueba muestra 2</i>	112
4.3.7.	<i>Prueba muestra 3</i>	113
4.3.8.	<i>Prueba (desgranado manual)</i>	113
4.3.9.	<i>Relación tiempo de desgranado manual y máquina</i>	114
4.3.10.	<i>Comparación costo -hora desgranado por máquina y manual</i>	115
4.4.	Resultados del análisis de costos de los elementos seleccionados	115
4.4.1.	<i>Costos directos</i>	116
4.4.2.	<i>Costos indirectos</i>	117
4.4.3.	<i>Costos totales</i>	118
4.5.	Manual de operación de la máquina desgranadora de maíz	118
4.6.	Manual de mantenimiento	119
	CONCLUSIONES	121
	RECOMENDACIONES	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Campos dentro del listado de exigencias.....	38
Tabla 3-2: Listado de exigencias del diseño	39
Tabla 3-3: Especificaciones de la competencia 1	41
Tabla 3-4: Especificaciones técnicas de la competencia 2	42
Tabla 3-5: Especificaciones de la competencia 3	42
Tabla 3-6: Valores de correlación	43
Tabla 3-7: Valores del factor de incidencia.....	43
Tabla 3-8: Factor de venta.....	43
Tabla 3-9: Especificaciones técnicas del producto de la matriz QFD	45
Tabla 3-10: Matriz morfológica.....	48
Tabla 3-11: Técnico económica.....	52
Tabla 3-12: Evaluación económica.....	53
Tabla 3-13: Suma de resultados de la evaluación técnico-económica	54
Tabla 3-14: Medición de la masa de la mazorca de maíz	56
Tabla 3-15: Fuerza de arranque de grano de maíz	57
Tabla 3-16: Propiedades mecánicas del acero ATM a36.....	61
Tabla 3-17: Cargas a soportar en la estructura.....	93
Tabla 4-1: Resultados del sistema de desgranado.....	100
Tabla 4-2: Resultados del sistema de transmisión de potencia	100
Tabla 4-3: Equipos y herramientas necesarias para la construcción	101
Tabla 4-4: Tiempo de trabajo de construcción de los componentes de la desgranadora	102
Tabla 4-5: Tiempo de ensamblaje de los componentes de la máquina.....	104
Tabla 4-6: Prioridad de los criterios de evaluación.....	106
Tabla 4-7: Protocolo de pruebas para la máquina desgranadora de maíz.....	107
Tabla 4-8: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la primera etapa	109
Tabla 4-9: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la segunda etapa	109
Tabla 4-10: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la tercera etapa.....	110
Tabla 4-11: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la primera etapa	110
Tabla 4-12: Tabulación prueba 1	112
Tabla 4-13: Tabulación prueba 2	112
Tabla 4-14: Tabulación prueba 3	113
Tabla 4-15: Tabulación prueba 4	114
Tabla 4-16: Relación tiempo de desgrane entre la máquina y manualmente	114

Tabla 4-17: Costo de hora desgranado por máquina y manual	115
Tabla 4-18: A. Costos de materiales	116
Tabla 4-19: B. Costo de mano de obra	117
Tabla 4-20: C. Costo de mano equipos y herramientas	117
Tabla 4-21: Costos indirectos	118
Tabla 4-22: Costo Total	118
Tabla 4-23: Manual de operación de la máquina desgranadora de maíz.....	118
Tabla 4-24: Manual de mantenimiento para la máquina desgranadora de maíz.....	120

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Maíz duro	25
Ilustración 2-2: Maíz dentado.....	25
Ilustración 2-3: Maíz dentado.....	26
Ilustración 2-4: Maíz reventón	26
Ilustración 2-5: Secado de las mazorcas	27
Ilustración 2-6: Desgranado con dedos.....	27
Ilustración 2-7: Desgranado con tabla	28
Ilustración 2-8: Desgranadora a Diesel.....	28
Ilustración 2-9: Desgranadora de maíz eléctrica	29
Ilustración 2-10: Desgranador con dados	29
Ilustración 2-11: Desgranador con platinas helicoidales	30
Ilustración 2-12: Motor a Diesel 5Hp.....	31
Ilustración 2-13: Sistema de transmisión por poleas-correas.....	31
Ilustración 2-14: Correa o banda de transmisión	32
Ilustración 2-15: Tipos de rodamientos	33
Ilustración 2-16: Chavetas en el mercado	34
Ilustración 2-17: Forma de tornillos y tuercas	35
Ilustración 2-18: Soldadura SMAW	36
Ilustración 2-19: Tipos de ruedas.....	36
Ilustración 3-1: Modelos de diseño.....	37
Ilustración 3-2: Matriz QFD.....	44
Ilustración 3-3: Correlación entre voz de usuario e ingeniero.	44
Ilustración 3-4: Comparación técnica	45
Ilustración 3-5: Compromisos técnicos	45
Ilustración 3-6: Caja negra de la máquina desgranadora de maíz	46
Ilustración 3-7: Secuencia de operaciones de la desgranadora de maíz	46
Ilustración 3-8: Esquema de la estructura de funciones de la desgranadora de maíz	47
Ilustración 3-9: Estructura modular de la máquina	47
Ilustración 3-10: Modelado de la solución 1	50
Ilustración 3-11: Modelado de la solución 2	51
Ilustración 3-12: Modelado de la solución 3	51
Ilustración 3-13: Gráfica de resultados de la evaluación técnico-económica.....	54
Ilustración 3-14: Modelado de la alternativa 1 de la desgranadora de maíz.....	55
Ilustración 3-15: Toma de muestra de la mazorca de maíz	56

Ilustración 3-16: Determinación de fuerza de arranque de maíz.....	57
Ilustración 3-17: Diagrama de cuerpo libre del dado desgranador.....	59
Ilustración 3-18: Cilindro desgranador.....	63
Ilustración 3-19: Dimensiones de las cubiertas laterales del cilindro.....	64
Ilustración 3-20: Presión, temperatura y peso específico en función de la altura.....	67
Ilustración 3-21: Selección del factor C2.....	68
Ilustración 3-22: Tipo de correas.....	68
Ilustración 3-23: Diámetro sugerido de polea motriz.....	69
Ilustración 3-24: Diámetro sugerido para polea conducida.....	69
Ilustración 3-25: Designación de la correa.....	70
Ilustración 3-26: Potencia según polea motriz y rpm.....	71
Ilustración 3-27: factor de potencia en relación de transmisión.....	71
Ilustración 3-28: Diagrama de cuerpo libre entre poleas y correa.....	72
Ilustración 3-29: coeficiente de fricción entre banda y polea.....	72
Ilustración 3-30: Factor Kc dependiendo el tipo de banda.....	74
Ilustración 3-31: Diagrama de cuerpo libre del eje.....	75
Ilustración 3-32: Plano xy del eje.....	75
Ilustración 3-33: Representación de eje en Sap2000.....	76
Ilustración 3-34: Resultado de las reacciones en Sap2000.....	76
Ilustración 3-35: Diagrama de momentos.....	76
Ilustración 3-36: Esfuerzo de flexión fluctuante inversamente.....	77
Ilustración 3-37: Esfuerzo de torsión constante.....	77
Ilustración 3-38: Factor a y b de acabado superficial.....	78
Ilustración 3-39: Factor de temperatura.....	79
Ilustración 3-40: factor de concentración de esfuerzo Kt.....	79
Ilustración 3-41: Deflexión máxima a comparación de todos los puntos.....	80
Ilustración 3-42: Cuñas cuadradas o rectangulares.....	82
Ilustración 3-43: Junta crítica en la estructura.....	84
Ilustración 3-44: Propiedades torsionales de soldadura de filete.....	84
Ilustración 3-45: Propiedades flexionantes de soldadura de filete.....	85
Ilustración 3-46: Detalles de la junta a tope precalificada en milímetros.....	87
Ilustración 3-47: Detalles de la junta a tope precalifica en milímetros.....	88
Ilustración 3-48: Junta empernada sometida a tracción.....	88
Ilustración 3-49: Especificaciones SAE para pernos de acero.....	89
Ilustración 3-50: Condiciones del perno.....	90
Ilustración 3-51: Junta empernada sometida a corte y tracción.....	91

Ilustración 3-52: Centro de masa	92
Ilustración 3-53: Definición de material con sus propiedades	94
Ilustración 3-54: uniones entre perfiles	94
Ilustración 3-55: mallado y ubicación de cargas	95
Ilustración 3-56: Deformaciones totales en la estructura	95
Ilustración 3-57: esfuerzo máximo en la estructura	96
Ilustración 3-58: factor de seguridad en la estructura	96
Ilustración 4-1: Proceso de construcción	101
Ilustración 4-2: Diagrama de ensamble de la desgranadora	104
Ilustración 4-3: Ruta de evaluación para la máquina desgranadora de maíz	105
Ilustración 4-4: Etapas de evaluación para la máquina desgranadora de maíz	106
Ilustración 4-5: Muestra 1 - maíz morocho.....	111
Ilustración 4-6: Muestra 2 - maíz blanco	111
Ilustración 4-7: Maíz morocho aun no seco al 14%.....	112
Ilustración 4-8: Desgranado manual muestra 1.....	113
Ilustración 4-9: Desgranado manual muestra 2.....	113
Ilustración 4-10: Ponderación de tiempo de desgranado con la máquina y manual	114

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FACTORES DE CORRECCIÓN

ANEXO B: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

ANEXO C: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

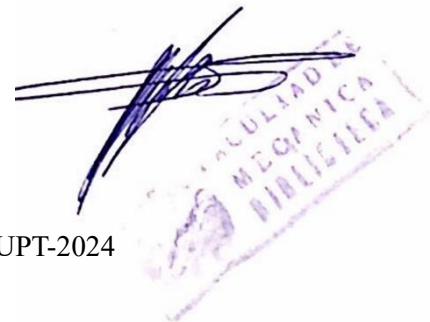
ANEXO D: HOJAS DE PROCESO

ANEXO E: PLANOS

RESUMEN

En la Unidad de Apoyo en Pastos y Forrajes de la Estación Tunshi, el proceso de desgranado de maíz es realizado de manera manual. Esto origina limitaciones en el tiempo de obtención del grano de maíz y, además, provoca lesiones en las manos y en la espalda de los trabajadores debido a la posición que se adopta para realizar esta actividad. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de integración curricular fue realizar el “diseño y construcción de una máquina desgranadora de maíz móvil para la Unidad de Apoyo en Pastos y Forrajes de la Estación Tunshi – Espoch”. La metodología implementada tuvo un enfoque en la norma VDI 2221, se desarrolla partiendo de un listado de exigencias del cliente. También se utilizó el despliegue de la casa de la calidad, y se desarrolló una selección de alternativas mediante la matriz morfológica. Con esto, se procedió a realizar el diseño de detalle y los cálculos necesarios para los componentes de esta máquina. Se logró determinar que el sistema de desgranado sería por dados desgranadores con una longitud de 6 cm, funcionando mediante un sistema de transmisión de potencia con un motor diésel de 5Hp y poleas tipo A. Una vez construida la máquina, se desarrollaron pruebas de funcionamiento en las que se obtuvo que desgrana aproximadamente 1 minuto 1/4 de quintal de maíz, en comparación con el desgrane manual, que se demora un promedio de 25 minutos. También se determinó que la máquina tiene una capacidad de desgranado de 14 quintales por hora (qq/h). En este contexto, se concluye que la productividad de la Estación Experimental de Tunshi aumenta significativamente, realizando esta tarea con un solo operario, y permitiendo que el tiempo restante pueda ocuparse para otras actividades.

Palabras clave: <DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN> <DESGRANADORA DE MAÍZ> <MOTOR A DIÉSEL> <PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI> <CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN>



0993-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

In the Pasture and Forage Support Unit of Tunshi Station campus, the corn shelling process is carried out manually. It causes limitations in the time to obtain the corn grain and, in addition, causes injuries to the hands and back of the workers due to the position adopted to carry out this activity. Therefore, this curricular integration work aimed to carry out the “design and construction of a mobile corn shelling machine for the Pasture and Forage Support Unit of Tunshi – Espoch Station.” The methodology focused on the VDI 2221 standard, developed based on client requirements. The display of the house of quality was also used, and a selection of alternatives was developed using the morphological matrix. With this, the detailed design and necessary calculations for the components of this machine were carried out. It was determined that the shelling system would be shelling cubes with a length of 6 cm, operating through a power transmission system with a 5 HP diesel engine and type A pulleys. Once the machine was built, performance tests were carried out. As a result, the machine could shell 1/4 quintal of corn in approximately 1 minute, compared to manual shelling, which takes an average of 25 minutes. It was also determined that the machine has a shelling capacity of 14 quintals per hour (qq/h). In this context, it is concluded that Tunshi Experimental Station productivity increased significantly when performing this task with a single operator, and the remaining time is used for other activities.

Keywords: <DESIGN AND CONSTRUCTION> <CORN SHELLER> <DIESEL ENGINE>
<GRASTURE AND FORAGE OF THE TUNSHI STATION> <PRODUCTION CAPACITY>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Este trabajo corresponde al diseño y construcción de una máquina desgranadora de maíz móvil para la unidad de apoyo en pastos y forrajes de la estación experimental de Tunshi, En este lugar la forma el desgranado se realiza de forma manual teniendo el propósito de convertirlos en semilla, balanceado, reutilizarlos y comercializarlos, así que esta actividad de es esencial para la estación experimental de Tunshi. La falta de eficacia en este proceso impacta negativamente en la productividad y la calidad del maíz procesado, realizar el diseño y construcción de una desgranadora de maíz es crucial para mejorar la eficiencia, calidad, productividad y sostenibilidad del proceso de obtención de granos de maíz en ese lugar. La metodología aplicada se apoyó en la norma alemana VDI 2221, generando un listado de exigencias del cliente, para saber las necesidades que presenta la estación experimental de Tunshi, además se desarrolló el concepto de la caja negra y estructura de funciones de la máquina, para y así plasmar las alternativas en la matriz morfológica haciendo referencia a la estructura de funciones, se pudo analizar la mejor alternativa de soluciones mediante una comparación tecno económica, con eso se procedió a realizar el diseño conceptual, donde se utilizó el software SolidWorks para el modelado de la máquina, esto permitió tener una mejor visión de todos los componentes que involucran la máquina, posterior a ello se inició con cálculos necesarios a los componentes de esta máquina desgranadora, se utilizó Sap2000 para ciertos cálculos del eje como la obtención de diagramas de corte, momentos y verificar la rigidez del eje teniendo valores más exactos, además se usó del software ANSYS WorkBench para realizar un análisis de la estructura y elementos de la máquina desgranadora. El objetivo de este trabajo de integración curricular es diseñar y construir una máquina desgranadora de maíz que mejore el tiempo de obtención de granos para la estación experimental de Tunshi. El principal desafío radica en diseñar un sistema desgranador que permita desprender el grano sin que este sea lastimado, además de darle una configuración que sea fácil de operar, es fundamental considerar aspectos ergonómicos y de seguridad para los operadores, así como realizar pruebas rigurosas para garantizar la eficiencia y efectividad de la máquina.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En el trabajo de titulación correspondiente al “Diseño y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa” de Ureña y Villavicencio (2012), se indica los beneficios netos que recibe el sector agrícola gracias a esta máquina, dando a conocer el promedio de desgranado tradicional es decir forma manual realizada por un trabajador a comparación de dicha máquina que logran construir y realizar pruebas teniendo resultados favorables, multiplica la productividad en 20 veces, también haciendo referencia al precio de gasolina necesaria por hora siendo el valor casi igual del pago de un trabajador .

En un segundo trabajo de titulación titulado “Diseño y construcción de una desgranadora de maíz con capacidad de 15qq/hora” de Cholca y Mantilla (2015) proponen tres posibles diseños de desgranadoras. La primera opción es una máquina con un sistema de disco dentado, la segunda es una máquina desgranadora con dientes de espiga, y la tercera con aletas axiales, también consideran factores como velocidades, fuerza, potencias así dimensionar cada elemento y llevarlo a construcción.

En otros tipos de trabajo como en el denominado “Diseño y fabricación de una máquina desgranadora de fréjol seco para implementar en la parroquia Pinllopatá perteneciente al cantón Pangua” de Changuán y Yanchaliquín (2016), se da a conocer los principales componentes, tales como el sistema desgranador, que contiene un rodillo soldado, despedazadores en forma de tornillo sin fin que además transporta el desecho hacia un ventilador centrífugo radial, que se encarga de expulsar los residuos.

Con esta información se tiene variables importantes que se debe tener en cuenta a superar o mejorar en este trabajo de integración curricular y ver la mejor configuración posible sea en calidad y/o precio, para que tenga una gran acogida en el sector económico agrícola y concretamente en la Estación de Tunshi donde es necesario esta desgranadora de maíz.

1.2. Planteamiento del problema

En la Unidad de Apoyo en Pastos y Forrajes de la Estación Tunshi, el proceso de desgranado de maíz se realiza de manera manual y tradicional, por medio de unos tablones tipo cernideros lo que presenta de desafíos y limitaciones en el tiempo para obtener el grano de maíz, además provoca lesiones en las manos, espalda a los trabajadores por la posición que se adopta para realizar esta actividad. El desgranado es fundamental en la Estación de Tunshi se utiliza para transformarlos a semilla, reutilizarlos y venderlos o como balanceado para los animales en este lugar. Su ineficiencia tiene un impacto negativo en la productividad y la calidad del maíz procesado.

En la Estación de Tunshi se requiere una máquina que contenga un motor a combustión interna, además el sistema de desgranado tendrá una configuración llamada desgranado por dados, colocado en el un eje principal, la tusa se dirige a una tolva de salida gracias a la forma helicoidal

de los datos, otra implementación importante respecto a otros proyectos es que esta máquina debe ser móvil, es decir que pueda trasladada al campo o quedarse en el hangar de la estación experimental de Tunshi, ya que así lo solicitan, a esta máquina se le acopla dos barra tipo carretilla y dos ruedas colocadas estratégicamente. El diseño y construcción de una máquina desgranadora representa una solución potencial para mejorar la eficiencia, la productividad, disminución de tiempo en esta actividad de la estación de Tunshi, al igual que reduce las lesiones producidas por el trabajo manual que comúnmente se lo hace.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

El diseño y la construcción de una máquina desgranadora de maíz involucran la aplicación de principios de ingeniería mecánica, como la cinemática, la dinámica, mecanismos, la resistencia de materiales, el diseño de elementos de máquinas. Este trabajo de integración curricular contribuye al avance en el campo de la maquinaria agrícola, que es esencial para la modernización y mejora de la producción agrícola.

1.3.2. Justificación económica

El impacto económico en la agricultura viene directamente relacionado con este trabajo, agilizando el desgranado de maíz, ya que aumenta significativamente la productividad agrícola. En la Estación Tunshi el desgranado de maíz se realiza de dos a tres veces al mes, donde intervienen entre dos a tres trabajadores durante todo un día, desgranando un promedio de uno y medio quintal, el propósito de la máquina es que desgrane por lo menos diez quintales hora, disminuyendo significativamente el tiempo de este trabajo. Esto hace que aumente la productividad, también que solo se utilice un agricultor por pocas horas, y que otros trabajadores puedan dedicarse a distintas actividades.

1.3.3. Justificación social

Esta máquina permite a los agricultores de la Estación Tunshi - Epoch realizar el proceso de desgranado de manera más eficiente y rápida, así que responde favorablemente a la demanda que necesitan cubrir ya que una vez desgranado el maíz se utilizan en dos actividades principales, una vez desgranado lo dejan convertir en semilla para reutilizarlo, y los otros sacos lo venden como semilla. Otro aporte social es la disminución de la labor manual, el hecho de desgranar tradicionalmente se lo hace en posiciones no muy ergonómicas y por tiempos prolongados, lo cual puede producir lesiones a los trabajadores. Esta máquina desgranadora alivia la carga de trabajo de los agricultores de la Estación Tunshi - Epoch, permitiéndoles utilizar su tiempo y esfuerzo de manera más efectiva.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir una máquina desgranadora de maíz móvil para la unidad de apoyo en pastos y forrajes de la estación Tunshi - Espoch.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir los requerimientos funcionales y parámetros de diseño realizando una revisión del estado del arte para elaborar la lista de exigencias según la norma VDI 2221.
- Analizar las alternativas de los diferentes sistemas y componentes que forman parte de la máquina mediante la matriz morfológica de Fritz Zwicky para seleccionar la alternativa óptima usando criterios técnicos y económicos.
- Realizar un diseño conceptual de la máquina desgranadora de maíz utilizando la norma VDI 2221 para establecer las bases y se definir las características clave de la máquina
- Construir la máquina desgranadora de maíz para la Unidad de Apoyo en Pastos y Forrajes de la Estación Tunshi y realizar un protocolo de pruebas de funcionamiento para verificar y garantizar el funcionamiento completo de la máquina.
- Elaborar un manual de usuario donde conste los parámetros que funciona la máquina y el plan de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de maíz

El maíz a nivel global es reconocido como uno de los granos más importantes para el consumo humano y animal debido a sus valiosos nutrientes. Su producción abarca todos los continentes. Se destaca la prevalencia del maíz amarillo, aunque también se encuentran variedades en tonos rojos, marrones y naranjas, influidas por factores geográficos y climáticos. Su tamaño es reducido, y su crecimiento se asemeja a un racimo compacto denominado mazorca. A continuación, se describen diversos tipos de maíz (FAO, 1993).

2.2. Tipos de maíz

El maíz una gran variedad de maíces que tiene que ver con el aspecto, su composición también el color del grano dependiendo si se encuentra a diferentes altitudes, terreno y ambiente.

2.2.1. *Maíz duro*



Ilustración 2- 1: Maíz duro

Fuente: (FAO, 1993)

Se distingue por la presencia de granos de textura firme, redondeados y agradables al tacto. Generalmente, no son vulnerables a los insectos y presentan una germinación robusta, facilitando su desarrollo en áreas frías y húmedas. Las mazorcas exhiben una forma delgada y alargada.

2.2.2. *Maíz dentado*



Ilustración 2- 2: Maíz dentado

Fuente: (FAO, 1993)

El maíz dentado destaca por su rendimiento superior en comparación con diversas variedades de maíz, lo que aumenta su utilización. Después de secarse, los granos adoptan la forma de un diente, aunque esta característica los hace más propensos a los ataques de insectos. Mientras que los

maíces de color blanco son destinados al consumo humano, los de color amarillo se emplean como alimento para animales.

2.2.3. *Maíz dulce*



Ilustración 2- 3: Maíz dentado

Fuente: (FAO, 1993)

Se consume este tipo de maíz cuando la mazorca está en una fase tierna. Se le denomina "dulce" debido al elevado contenido de azúcar en los granos. La cosecha se realiza antes de que la mazorca comience a endurecerse. Aunque el rendimiento es bajo, su cultivo demanda una mayor atención para prevenir posibles enfermedades.

2.2.4. *Maíz reventón*



Ilustración 2- 4: Maíz reventón

Fuente: (FAO, 1993)

Estos granos tienen una notable firmeza, presentando dimensiones reducidas y una forma que puede variar entre redonda e incluso alargada. Al ser sometidos a temperaturas elevadas, experimentan un estallido, siendo principalmente utilizados para la producción de palomitas de maíz. La planta es de tamaño pequeño, y su período de maduración es breve.

2.2.5. *Maíz harinoso*

Se destaca por tener granos sumamente blandos, incluso al alcanzar su madurez. Sus tamaños y colores varían según la región de cultivo, y se destinan exclusivamente al consumo humano. Se preparan tostándolos. El morocho, otra variedad de maíz se obtiene mediante la mezcla de maíces harinosos con maíces duros, lo que aumenta su tolerancia a enfermedades. Se utilizan tanto para el consumo humano como para el animal (FAO 1993).

2.3. Secado del maíz



Ilustración 2- 5: Secado de las mazorcas

Fuente:(Bartosik, 2013)

El método más ancestral y saludable de conservar alimentos es el secado. Implica eliminar parte del agua presente en los tejidos y células hasta alcanzar un nivel aceptable que prevenga la descomposición y la pérdida. Por ejemplo, al madurar en la mazorca, el grano de maíz puede contener alrededor del 13 al 15% de humedad, momento en el cual los agricultores sugieren realizar la cosecha (FAO, 1993).

2.4. Proceso de desgranado

2.4.1. *Desgranado manual*

2.4.1.1. *Desgranado con dedos*



Ilustración 2- 6: Desgranado con dedos

Fuente: (Antonio y Bustamante, 2020)

Se puede desgranar el maíz aplicando presión con los pulgares sobre los granos hasta que se separen de la tusa. Aunque este método es simple y tradicional, requiere una considerable cantidad de mano de obra para cosechas extensas. No obstante, su ventaja radica en la capacidad para eliminar los granos dañados (Cholca y Mantilla, 2015).

2.4.1.2. Desgranado con herramientas



Ilustración 2- 7: Desgranado con tabla

Fuente: (Cholca y Mantilla, 2015)

Implica el uso de una tabla con forma de raqueta que tiene un agujero central y cuatro bordes resaltados. La mazorca se coloca en el agujero, y al girar la tabla, el grano se desprende. Este método destaca por su bajo costo y facilidad de manejo. Sin embargo, su inconveniente radica en que los bordes de la tabla se desgastan rápidamente (Cholca y Mantilla, 2015).

2.4.2. Desgranado mecánico

La desgranadora mecánica puede utilizar dos fuentes de energía distintas según su ubicación, pero sigue logrando eficazmente el proceso de desgrane.

2.4.2.1. Desgranadoras con motor a combustión interna



Ilustración 2- 8: Desgranadora a Diesel

Fuente: (Herrera y Nieto, 2017)

La desgranadora es una máquina diseñada para separar los granos de maíz de la mazorca. Incluye una tolva que recibe y guía las mazorcas a desgranar, así como un eje que realiza el proceso de desgrane. La activación de la máquina se lleva a cabo mediante un motor a combustión interna (gasolina o diésel), según las necesidades. Al finalizar, dispone de una salida para la recolección de los granos son preferibles en condiciones ambientales adversas y están diseñadas para trabajos intensos. Estas máquinas son versátiles y pueden utilizarse para diversos tipos de granos debido a la regulación en el motor, teniendo una potencia que oscila entre 5 y dieciséis HP (Cholca y Mantilla, 2015).

2.4.2.2. Desgranadoras con motor eléctrico



Ilustración 2- 9: Desgranadora de maíz eléctrica

Fuente: (Bustamante, 2020)

Las desgranadoras que operan con energía eléctrica suelen ser utilizadas en situaciones en las que la máquina permanece en un lugar fijo, clasificándose como estacionarias. Además, la eficiencia en la producción de maíz no es tan alta en comparación con una máquina que utiliza gasolina o diésel. La potencia de estas desgranadoras eléctricas varía entre uno y diez HP (Bustamante, 2020).

2.5. Sistemas de desgranado

El sistema de desgranado es muy importante, ya que la calidad final del maíz tras el proceso depende en gran medida de este sistema. Un diseño altamente eficiente nos permitirá obtener granos íntegros y sin daños (Bustamante, 2020).

2.5.1. Desgranador con dados

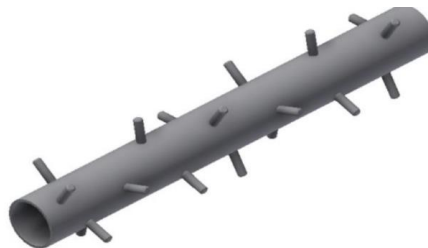


Ilustración 2- 10: Desgranador con dados

Fuente: (Cholca y Mantilla, 2015)

Los dados se colocan como se muestra en la ilustración. Esto se realiza con el objetivo de lograr un desgranado rápido y un transporte eficiente para expulsar el núcleo de la mazorca. La disposición en tres hileras se implementa para evitar obstrucciones y roturas en el proceso, es un sistema que no lastima al grano gracias a su geometría redondeada en la punta y cilíndrica en su cuerpo (Cholca y Mantilla, 2015).

2.5.2. *Desgranador con platinas helicoidales*



Ilustración 2- 11: Desgranador con platinas helicoidales

Fuente: (Ureña y Villavicencio 2012)

Este método de desgranado guarda mucha similitud con el anterior; la distinción radica en que las espigas son sustituidas por platinas dispuestas en forma helicoidal. Su tambor estático cuenta con agujeros y una parrilla con barras paralelas. La separación de los granos se logra a través de la fricción entre la mazorca y el tambor estático, generando un impacto mínimo, lo que lo hace adecuado para el desgrane de maíz suave. A velocidades elevadas, este método puede romper completamente los granos de maíz suave. La fricción en este proceso es directamente proporcional a la distancia entre el tambor dinámico y el estático, aumentando a medida que esta distancia disminuye (Ureña y Villavicencio, 2012).

2.5.3. *Desgranador con dientes de espiga*

El sistema de dientes de espiga implica la separación de los granos mediante impacto y fricción. Estos efectos se generan debido a la velocidad del cilindro y la separación entre el cilindro, el cóncavo de entrada y el cóncavo de salida. La fricción aumenta a medida que disminuye la distancia entre el cilindro y el cóncavo. Este método de desgranado está destinado al maíz duro. Sin embargo, es completamente inapropiado para el maíz suave, ya que el impacto y la fricción podrían causar daños significativos a los granos (Ureña y Villavicencio, 2012).

2.5.4. *Desgranador con disco dentado*

Es económico y ampliamente accesible. Su adquisición es sencilla debido a su bajo costo y disponibilidad. La manivela impulsa la rotación del eje, lo que a su vez mueve el disco con espigas dinámico. Este disco arrastra la mazorca, haciéndola girar, mientras que el soporte con espigas estático fricciona con la mazorca, logrando así el desgranado. El producto resultante, ya sea grano o tuza, se expulsa a través de un orificio inferior. Su montaje es fácil, ya que todos sus componentes están fabricados en fundición (Ureña y Villavicencio, 2012).

2.6. Motor a combustión interna Diesel



Ilustración 2- 12: Motor a Diesel 5Hp

Fuente: (Mora y Cabezas, 2014)

Los motores Diesel pueden alcanzar los cinco mil rpm, tomando en cuenta que si se sobrepasa ese régimen el motor se vuelve ineficiente. El funcionamiento del motor Diesel se diferencia esencialmente del motor Otto, en la forma de realizar la mezcla, en el modo de producirse el encendido y en el desarrollo de la combustión, en este tipo de motor la mezcla se lleva a cabo en el interior del cilindro y la combustión se inicia por auto encendido (Mora y Cabezas, 2014).

2.7. Sistema de transmisión por poleas- correas



Ilustración 2- 13: Sistema de transmisión por poleas-correas

Fuente: (Fernández, 2008)

Las correas se utilizan para transmitir un movimiento de rotación, potencia entre arboles normalmente paralelos, entre los cuales no es preciso mantener una relación de transmisión exacta y constante. El hecho de no poder exigir una relación de transmisión exacta y constante se debe a que en estas transmisiones hay pérdidas, debido al deslizamiento de las correas sobre las poleas. Dicho deslizamiento no es constante si no que varía en función de las condiciones de trabajo, es decir, de los valores de par de transmisión y de la velocidad de la correa. Las transmisiones por medio de correas son denominadas de tipo flexible pues absorben vibraciones y choques de los que solo tienden a transmitir un mínimo al eje arrastrado (García, 2012).

2.7.1. Polea motriz

Una polea motriz es simplemente una polea que está conectada al motor de una máquina o sistema, y su función principal es transmitir la potencia del motor a través de una correa o cadena

a otras poleas o componentes. En pocas palabras, es parte de un sistema de transmisión que ayuda a transferir energía y movimiento (Rodríguez, Ramírez y Isaza, 1981).

2.7.2. Polea conducida

Una polea conducida es aquella que no está conectada directamente al motor, sino que recibe el movimiento de una polea motriz a través de una correa o cadena. En un sistema de transmisión por poleas, la polea motriz es la que está conectada al motor y la que transmite la potencia, mientras que las poleas conducidas son las que reciben ese movimiento y lo transmiten a otros componentes o sistemas. En resumen, la polea conducida es impulsada por la polea motriz y contribuye a la transmisión eficiente de energía dentro de una máquina o sistema (Rodríguez, Ramírez y Isaza, 1981).

2.7.3. Correa de transmisión



Ilustración 2- 14: Correa o banda de transmisión

Fuente: (Cuba, 2023)

La correa es un elemento flexible que se utiliza para transmitir movimiento y potencia entre las poleas motrices y conducidas. Las correas son comúnmente hechas de materiales como goma o caucho y pueden tener una forma plana o trapezoidal, dependiendo del diseño del sistema.

Cuando una polea motriz gira, la correa se desplaza a lo largo de ella, transmitiendo ese movimiento a la polea conducida. Este método de transmisión por correa es común en muchas aplicaciones, como en sistemas de ventilación, motores de automóviles y maquinaria industrial.

Las correas son una alternativa eficiente y flexible a otros métodos de transmisión, como cadenas o engranajes, y son especialmente útiles cuando se necesita transmitir movimiento entre ejes que no están directamente alineados (García, 2012).

2.8. Tipos de Chumaceras

Las chumaceras constituyen rodamientos montados empleados para respaldar ejes de rotación. Estos cojinetes se sitúan en línea paralela al eje del árbol, y su diseño les confiere la capacidad de brindar un sólido soporte a la rotación, especialmente al gestionar cargas que abarcan desde ligeras hasta pesadas. Por ello, son extensamente utilizados en aplicaciones como bombas y transportadores.



Ilustración 2- 15: Tipos de rodamientos

Fuente:(SKF, 2016)

Estos rodamientos específicos presentan un diseño auto lubricante que incorpora un depósito destinado a almacenar lubricante. Esta característica elimina la necesidad de lubricación externa constante para mantener un rendimiento óptimo. La ventaja resultante es un ahorro significativo de tiempo en las paradas requeridas para la lubricación y el mantenimiento de los equipos. Además, el depósito de lubricante extiende los intervalos entre lubricaciones, contribuyendo así a prolongar la vida útil del cojinete.

2.9. Chavetas

Las chavetas desempeñan la función de conectar componentes mecánicos, facilitando la transmisión de movimiento entre ellos. Estas piezas se insertan en ranuras específicas denominadas chaveteros, los cuales se mecanizan para adaptarse al tamaño y dimensiones de la chaveta (Zumba, 2023).

Es esencial dimensionar la chaveta de manera que pueda transferir eficientemente el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por esta razón, la longitud de la chaveta debe ser, como mínimo, 1,5 veces el diámetro del eje. Además, se recomienda diseñar los chaveteros en el eje y la rueda con bordes redondeados para prevenir la formación de concentradores de tensión que podrían ocasionar grietas y, eventualmente, roturas.

Estos dispositivos de fijación son fundamentales en la unión de dos piezas de maquinaria o estructura mediante una clavija (chaveta) y una ranura. En el ámbito del diseño, su empleo garantiza que las piezas permanezcan unidas y alineadas, al mismo tiempo que facilitan la transmisión de cargas de una pieza a otra.



Ilustración 2- 16: Chavetas en el mercado

Fuente: (Zumba, 2023)

2.9.1. Tipos de chavetas

Las chavetas presentan una clasificación basada en su método de operación, dividiéndose en dos tipos: aquellas que funcionan mediante rozamiento y aquellas que operan mediante cortadura.

Cuando las chavetas trabajan por rozamiento, la cara superior exhibe una leve inclinación que permite encajarla entre el eje y el cubo. En estas superficies superiores, el contacto con el cubo y en la cara inferior con el eje genera fuerzas de rozamiento capaces de prevenir rotaciones no deseadas entre ambos elementos, gracias a la tensión inicial aplicada a la unión.

En el caso de las chavetas que operan por cortadura, transmiten el momento de torsión al entrar en contacto los flancos de las caras laterales de las cavidades del eje y del cubo. En esta situación, existe cierto juego en las caras superior e inferior, y no se presenta tensión inicial en la unión.

Otra forma de clasificación se basa en su estructura física. Pueden ser de tipo paralelepípedo, similares a las anteriores, pero con extremos redondeados, e incluso, si la unión se realiza por rozamiento, pueden tener cabeza. En el ámbito automotriz, se distinguen las chavetas con forma lenticular, que poseen una estructura prismática con una base circular.

2.10. Tornillos y tuercas

Los tornillos son dispositivos que presentan roscas dispuestas en forma de hélice sobre una superficie cilíndrica y son ampliamente empleados en maquinaria. En función de su propósito, se pueden dividir en dos categorías principales: tornillos de unión y tornillos de potencia. Los tornillos de unión desempeñan el papel de conectar o asegurar varias partes estructurales o componentes de maquinaria. Este grupo incluye tornillos, pernos, espárragos y tornillos prisioneros, que se utilizan para fijar elementos entre sí (González, 2022).

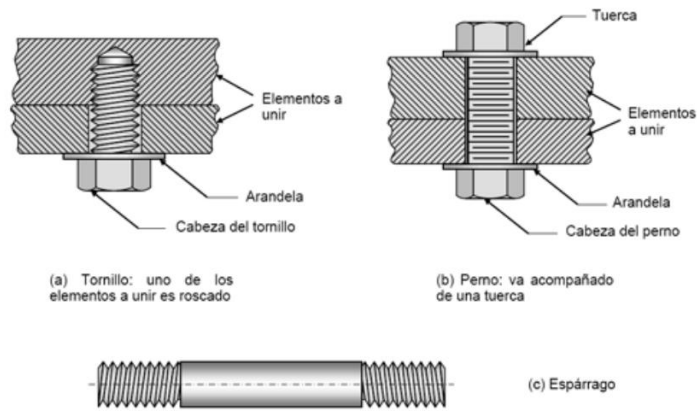


Ilustración 2- 17: Forma de tornillos y tuercas

Fuente:(González, 2022)

Por otro lado, los tornillos de potencia están diseñados para la transmisión de potencia y movimiento, generalmente transformando un movimiento rotativo en uno lineal. Este tipo de tornillos se emplea para propósitos donde se requiere la conversión de un tipo de movimiento en otro. Las roscas de los tornillos constituyen hélices que posibilitan el movimiento longitudinal del tornillo al girarlo. Estas roscas pueden manifestarse externamente, como en el caso de un tornillo, o internamente, como en tuercas y piezas con agujeros roscados (González, 2022).

Existen dos categorías estandarizadas de roscas para tornillos de unión: la serie de roscas unificada (UNS, por sus siglas en inglés Unified National Standard) y la serie de roscas métricas, esta última definida por la ISO. Aunque las formas de estas roscas son similares, las dimensiones difieren entre la serie UNS y la métrica, lo que impide su intercambiabilidad. Se detallan la forma y las dimensiones de ambas roscas, destacando que, debido a estas diferencias dimensionales, no son compatibles entre sí (González 2022).

2.11. Soldadura

La soldadura es un procedimiento para unir dos o más piezas, comúnmente de metal, donde se fusiona parte de dichas piezas mediante calor y/o presión. Este proceso implica la fusión de las piezas o la adición de un material de aporte, logrando la unión que se consolida al enfriarse.

A pesar de que el proceso básico es el mencionado anteriormente, existen diversos tipos de soldadura que varían según el resultado deseado. A continuación, se describen algunos de estos tipos de soldadura junto con sus características.

2.11.1. Tipos de soldadura

La técnica de Soldadura de Gas Inerte Tungsteno (TIG) utiliza el calor generado por un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno y la pieza que está siendo trabajada. Este proceso permite la fusión del metal en la zona de unión. Es posible realizar la soldadura sin la necesidad de añadir material, o alternativamente, se puede agregar material de relleno mediante un cable consumible. Las soldaduras realizadas con la técnica TIG son reconocidas por su alta calidad y son aplicables a una amplia gama de materiales, incluso aquellos con grosores de hasta

8 o 10 milímetros, lo que la hace especialmente adecuada para trabajos con materiales en láminas (Rodríguez, 2013).

La soldadura SMAW implica la fusión del metal mediante el calor generado por un arco eléctrico formado entre el extremo de un electrodo y el metal base al cual se pretende unir. El material de aportación, es decir, aquel que se transforma de estado sólido a líquido proveniente del electrodo, se presenta en forma de diminutas gotas (Rodríguez, 2013).



Ilustración 2- 18: Soldadura SMAW

Fuente:(Rodríguez, 2013)

Otro tipo de soldadura es soldadura MIG-MAG recibe su nombre en función del gas utilizado durante el proceso (Metal Inert Gas o Metal Active Gas) y se realiza mediante un arco bajo un gas protector con un electrodo consumible. Este arco se genera mediante un electrodo conformado por un hilo continuo, y las piezas a unir están resguardadas por un gas inerte o activo, razón por la cual se le denomina así. Este método de soldadura es altamente eficiente y garantiza una calidad excepcional (Rodríguez, 2013).

2.12. Ruedas



Ilustración 2- 19: Tipos de ruedas

Fuente:(Reyes, 2020)

Las ruedas de las carretillas son elementos fundamentales que tienen una importancia crucial en la movilidad y estabilidad de estos dispositivos de carga. En síntesis, seleccionar las ruedas adecuadas para la carretilla es esencial para maximizar su rendimiento, durabilidad y seguridad en diversos entornos y condiciones de carga (Reyes, 2020).

Ruedas macizas es óptima para su utilización tanto en actividades de jardinería como en la industria de la construcción. Debido a su consistencia firme y robusta, la goma también previene que objetos afilados se adhieran, lo cual constituye otra ventaja notable (Reyes, 2020).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de diseño

Existen métodos que han demostrado su eficacia, y aunque comparten aspectos comunes, se pueden notar variaciones en su aplicación y en las intenciones de quienes los proponen. Estos métodos se los clasificó en cuatro grupos, como se indica en la ilustración 3-1. En este proyecto de integración curricular, se siguió la metodología de diseño basada en el modelo alemán VDI 2221.

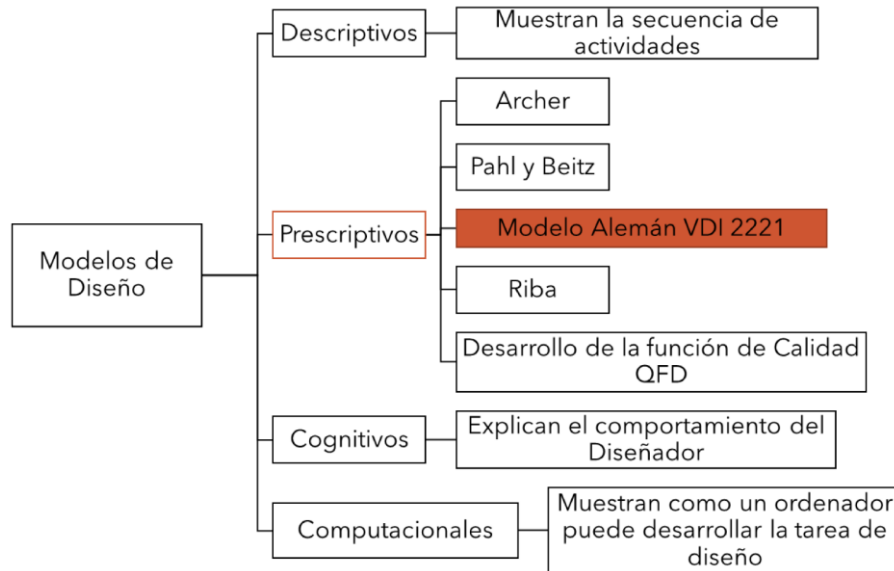


Ilustración 3-1:Modelos de diseño

Realizado por: Erazo B., 2024

3.2. Lista de exigencias

La lista de requisitos condensa las necesidades esenciales del cliente y sirve como el acuerdo fundamental para la creación del diseño, estableciendo un contrato claro entre el diseñador y el cliente. Este documento debe ser aprobado por ambas partes y registra las especificaciones solicitadas por el cliente, detallando los objetivos del proyecto y certificando que el diseñador ha comprendido plenamente las necesidades a satisfacer.

En la cabecera de la lista de requisitos, se incluye el nombre del cliente para diferenciar de posibles listas al mismo tiempo. Los distintos conceptos bajo análisis se exhiben en los cuatro campos que se describen a continuación.

Tabla 3-1: Campos dentro del listado de exigencias

Campos que contiene el listado de exigencias	
Fecha de modificación	Registro de variaciones, modificaciones y ajustes hechos en cada uno de los ítems de la lista, durante las reuniones periódicas entre el diseñador y el cliente.
Deseo o exigencia	Se trata de una manera de distinguir cada elemento de la lista, indicando si se trata de una necesidad que debe ser cumplida obligatoriamente o, simplemente un deseo, es decir, algo que no es esencial en el diseño propuesto. Para marcar esta diferencia, los elementos se representan con la letra D para deseo o E para exigencia, según corresponda.
Descripción	Se especifican las particularidades de cada elemento que deben tenerse en cuenta durante el proceso de diseño. Los encabezados de esta sección son determinados por el diseñador, ya que es el responsable de evaluar las áreas de conocimiento que influirán en el desarrollo del proyecto
Responsable	Se menciona a la persona responsable de que la característica (sea deseo o exigencia) sea transmitida al diseño.

Realizado por: Erazo B., 2024

Con la lista de exigencias se puede delimitar la extensión del proyecto, siendo crucial tenerla en cuenta a lo largo de las fases de diseño. Esto asegura una comprensión clara de los objetivos del trabajo de investigación y evita la inclusión de elementos que no estén previamente establecidos en dicha lista.

La siguiente lista y datos fueron proporcionados por el ingeniero Carlos Santos, encargado la estación experimental de Tunshi, indicándonos los deseos y exigencias para la máquina.

Tabla 3-2: Listado de exigencias del diseño

LISTA DE EXIGENCIAS				Pág.1 de 2	
				Edición: v 3.0	
Proyecto:		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MOVIL PARA LA UNIDAD DE APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI - ESPOCH		Fecha: 8/01/2024	
Cliente:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		Revisado: Santiago López	
Nº		Fecha (Cambios)	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
1	12/12/2023	E	Función principal: Separar los granos de maíz de la mazorca a 10 quintales-hora para sus posteriores usos que es convertirlos en semilla y vender.	Byron Erazo	
2	8/12/2023	D	Material: Maíz duro cuyas características físicas son: -Altura de 8 a 10 mm -Espesor de 3 a 6 mm -Humedad menor o igual al 14%	Byron Erazo	
3	8/12/2023	D	Geometría: La máquina desgranadora de maíz deberá tener medidas entre: -Largo: entre 90 cm a 1 m -Ancho: 50 cm -Alto: máximo de 1,4 m	Byron Erazo	
4	8/12/2023	D	Cinemática: La máquina involucra un movimiento rotacional de un eje que está acoplado a una polea conducida.	Byron Erazo	
5	8/12/2023	E	Movilidad: La máquina debe ser capaz de ser trasladada a diferentes hangares, es decir que sea móvil.	Byron Erazo	
6	8/12/2023	E	Energía: Su fuente de energía es un motor a combustión interna	Byron Erazo	

7	8/12/2023	D	Ergonomía: En la desgranadora debe ser fácil el ingreso de las mazorcas de maíz, al igual que la salida del maíz de una forma controlada, y que sea de fácil para trasladarse.	Byron Erazo
8	8/12/2023	D	Fabricación: La fabricación de máquina se realizará en un taller mecánico con las máquinas y herramientas de manufactura esenciales de cualquier taller, tales como: taladros, moladoras, soldadoras, máquinas plegadoras, cortadoras, entenallas, herramientas e instrumentos manuales etc.	Byron Erazo
9	8/12/2023	D	Control: El control de encendido y apagado, lo hace un operario de forma manual, la entrada de la mazorca y salida de residuos debe ser de la misma forma.	Byron Erazo
10	8/12/2023	E	Seguridad: El diseño debe garantizar la seguridad del usuario en todas las situaciones, abarcando tanto la integridad física como la emocional en todo momento.	Byron Erazo
11	8/12/2023	D	Mantenimiento: Debe ser fácil de limpiar exterior como interior. Los componentes que sufran desgaste y requieran ser inspeccionados o reemplazados, deben ser de fácil desmontaje y montaje.	Byron Erazo
12	8/12/2023	D	Plazos: Construir o entregar 16 de mayo 2024	Byron Erazo
13	8/12/2023	D	Costos: El costo total no debe superar a los 1400 \$USD	Byron Erazo

Realizado por: (Erazo B., 2024)

3.3. Despliegue de la función de calidad (QFD)

El desarrollo de la función de calidad permite a través de la voz del usuario y del ingeniero, recoger información de las características, necesidades y demandas del cliente, estos criterios son traducidos por el ingeniero a requerimientos técnicos, posteriormente evaluarlos con el fin de ver el diseño con mayor influencia.

3.3.1. Voz del usuario

Se plasmas los deseos y requerimientos del usuario, este caso el ingeniero Carlos Santos, representante de la estación experimental de Tunshi es quien proporcionó estos datos.

- Que funcione en campo abierto con diésel
- Que desgrane 10 quintales en el día
- Fácil de utilizar y colocar las mazorcas de maíz
- Que no sea muy alta la máquina
- Que pueda ser móvil
- Que se sea fácil de reparar
- Que no sea muy cara


3.3.2. Análisis de competitividad

Se realiza este análisis de competencias con el objetivo de tener una mejor visión de las fortalezas y debilidades que puede tener el prototipo.

3.3.2.1. Competencia 1

La primera competencia proviene de la empresa llamada “Agro soluciones 593”, la cual es una empresa ecuatoriana en donde indica las principales características que tiene esta máquina desgranadora de maíz, es de fácil movilidad, con motor a combustión interna a gasolina, a continuación, las especificaciones técnicas.

Tabla 3-3: Especificaciones de la competencia 1


Producto	Especificaciones	
	Motor:	Combustión interna gasolina
	Potencia:	3.5 hp
	Capacidad:	7.5 qq/h
	Peso:	55 kg
	Medidas:	152x148x90 cm
	Costo:	\$999

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.2.2. Competencia 2

Esta competencia es de la empresa llamada “Equipos y motobombas”, una empresa mexicana con 4 años en el mercado, solucionando problemas relacionados con la agricultura y cosecha. Muestra el diseño ergonómico de esta máquina, contiene un motor eléctrico, en la parte de abajo se muestra las especificaciones técnicas.

Tabla 3-4: Especificaciones técnicas de la competencia 2

Producto	Especificaciones	
	Motor:	Eléctrico
	Potencia:	1,5 hp
	Capacidad:	7 qq/h
	Peso:	85 kg
	Medidas:	160x120x50 cm
	Costo:	\$1099

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.2.3. Competencia 3

Como tercera competencia proviene de una empresa llamada “Macoffri” empresa mexicana con 7 años dando repuestos, herramientas y maquinas enfocada al área agrícola. Esta empresa presenta una máquina desgranadora con las siguientes características.

Tabla 3- 5: Especificaciones de la competencia 3

Producto	Especificaciones	
	Motor:	Gasolina
	Potencia:	6 hp
	Capacidad:	10 qq/h
	Peso:	80 kg
	Medidas:	168x123x50 cm
	Costo:	\$1150

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.3. Voz del ingeniero

- Potencia del motor (hp)
- Capacidad de producción (qq/h)
- Ruido que produce (dB)
- Peso de la máquina (Kg)
- Altura de la máquina (m)
- Largo de la máquina (m)
- Costo (\$)

3.3.4. Correlaciones

Se presenta una relación entre los requerimientos del usuario y las especificaciones técnicas, cada atributo técnico tiene la capacidad de cumplir con las expectativas del cliente en todas las solicitudes. A continuación, se presente los valores que representa cada factor.

Tabla 3-6: Valores de correlación

Correlación	
●	Muy positivo
○	Positivo
+	Negativo
*	Muy negativo

Realizador por: Erazo, B., 2024

Tabla 3-7: Valores del factor de incidencia

Factor de incidencia		
●	Fuerte	9
○	Mediano	3
▽	Bajo	1

Realizador por: Erazo, B., 2024

Tabla 3-8: Factor de venta

Factor de venta		
●	Fuerte	1,5
•	Posible	1,2
	Ninguno	1

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.5. Resultados de la matriz QFD

									A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
		Voz del ingeniero							Prototipo propio	Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3	Objetivos	Índice de mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %	
Voz del usuario		Prioridad	Capacidad de producción	Ruido que produce	Altura de máquina	Peso de la máquina	Potencia del motor	Largo de la máquina	Costo										
Campo abierto	B	▽			○	●	○	●		4	4	2	4	5	1,3	●	5	9,75	24,8%
Capacidad de desgrane	B	●	●					○	○	3	4	4	3	4	1,3	●	4	6,24	15,8%
Fácil de usar	E			▽	○	▽				3	4	4	4	4	1,3		3	3,9	9,9%
No muy alta	B			●	●	○				4	3	3	3	4	1,0		3	3	7,6%
Movil	O		▽	○	○	●		●		3	1	1	3	4	1,3	●	4	7,8	19,8%
Sea ergonomica	O		○	●				●		3	4	4	2	4	1,3		3	3,9	9,9%
Precio	E	●		▽	○	●		●		4	3	4	3	4	1,0	●	4	4,8	12,2%
																	39,39	100,0%	

Comparación técnica	Prototipo propio	4	3	3	3	4	3	3	
	Competencia 1	4	4	4	3	1	4	4	
	Competencia 2	2	4	4	3	1	4	4	
	Competencia 3	4	3	3	3	2	4	3	
	Incidencia	179,0	65,9	90,3	134,6	136,1	65,52	209,1	880,4
	Incidencia en %	20,33%	7,5%	10,26%	15,28%	15,5%	7,44%	23,75%	100,00%

Ilustración 3-2: Matriz QFD

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.6. Comparación técnica

En la comparación técnica hay que tener en cuenta la voz del usuario y la voz del ingeniero, ya que existirá una correlación que tendrá ciertos valores como se indica en la tabla 3-6, con esto ya se tiene una comparación técnica es en valores numéricos, dando lugar al término porcentaje de incidencia el cual indica qué especificación se debe mejorar, se toma en cuenta que el valor que tenga el mayor porcentaje esa cuál se ataca primero.

		Voz del ingeniero							
		Prioridad	Capacidad de producción	Ruido que produce	Altura de máquina	Peso de la máquina	Potencia del motor	Largo de la máquina	Costo
Voz del usuario									
Campo abierto	B	▽				○	●	○	●
Capacidad de desgrane	B	●	●					○	○
Fácil de usar	E			▽	○	▽		○	
No muy alta	B			●	●	○			○
Movil	O			▽	○		●	●	●
Sea ergonomica	O		○	●				●	○
Precio	E	●		▽	○		●		●

Ilustración 3-3: Correlación entre voz de usuario e ingeniero.

Realizador por: Erazo, B., 2024

Comparación técnica	Prototipo propio	4	3	3	3	4	3	3	
	Competencia 1	4	4	4	3	1	4	4	
	Competencia 2	2	4	4	3	1	4	4	
	Competencia 3	4	3	3	3	2	4	3	
	Incidencia	179,0	65,9	90,3	134,6	136,1	65,52	209,1	880,4
	Incidencia en %	20,33%	7,5%	10,26%	15,28%	15,5%	7,44%	23,75%	100,00%

Ilustración 3-4: Comparación técnica

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.7. *Compromisos técnicos*

La ilustración 3-5, indica el compromiso técnico que tiene cada especificación con otra, siendo calificada en el más alto parámetro que es muy buena y la peor que es muy negativa cómo se indica en la tabla 3-5, se debe calificar en base a que, si una función se mejora la siguiente función mejorará o empeorará. A continuación, se presenta el compromiso técnico del prototipo.

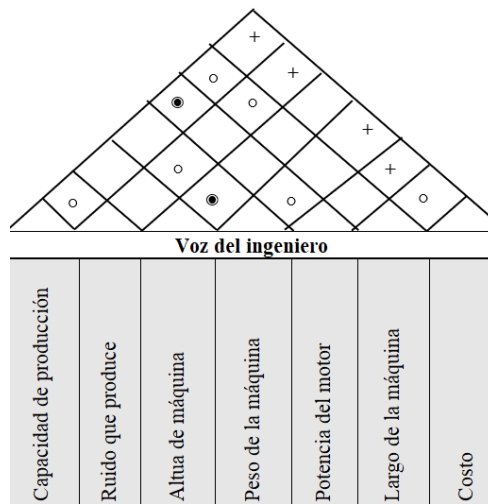


Ilustración 3-5: Compromisos técnicos

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.3.8. *Especificaciones técnicas*

Tabla 3- 9: Especificaciones técnicas del producto de la matriz QFD

ESPECIFICACION DEL PRODUCTO			
Prototipo propio	Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3
10 qq/h	10 qq/h	10qq/h	10qq/h
70 dB	80 dB	80 dB	80 dB
1,5 m	1,52 m	1,6 m	1,68 m
80 Kg	75 Kg	85Kg	80Kg
5Hp	5 Hp	5 Hp	5 Hp
1,3m	1,48 m	1,3 m	1,23 m
\$ 1.150,00	\$ 999,00	\$ 1.099,00	\$ 1.150,00

Realizador por: Erazo, B., 2024

3.4. Estructura de funciones

La función de la máquina desgranadora de maíz se puede representar de forma de caja negra, en el contexto de evaluar magnitudes de entrada y salida, se consideran como datos iniciales los requisitos establecidos en la lista de exigencias para el sistema técnico.

3.4.1. Caja negra



Ilustración 3-6: Caja negra de la máquina desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

3.4.2. Determinación de la secuencia de operaciones

Ahora se detalla la secuencia de operaciones que tiene la desgranadora de maíz con la finalidad de establecer el proceso que tiene para la obtención del grano.

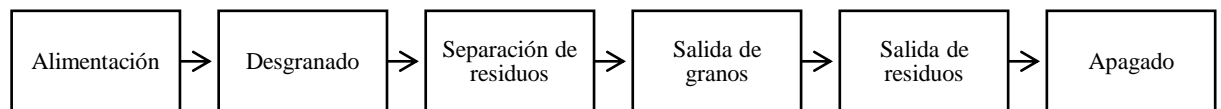


Ilustración 3- 7: Secuencia de operaciones de la desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

- Alimentación: El operador carga las mazorcas de maíz en la máquina desgranadora, manualmente.
- Desgranado: El mecanismo desgranador separa los granos de maíz de las mazorcas.
- Separación de Residuos: Se lleva a cabo la separación de los residuos, como la tusa y otros restos de las mazorcas desgranadas. Esto asegura que los granos queden limpios y libres de material no deseado.
- Salida de Granos: Los granos de maíz desprendidos y limpios son transportados fuera de la máquina para su recolección y uso posterior.
- Descarga de Residuos: Los residuos separados son descargados o recolectados en un área designada para su eliminación.
- Apagado: Una vez completado el proceso de desgrane, la máquina se detiene y se apaga, quedando lista para una nueva carga de mazorcas.

3.4.3. Esquema de la estructura de funciones

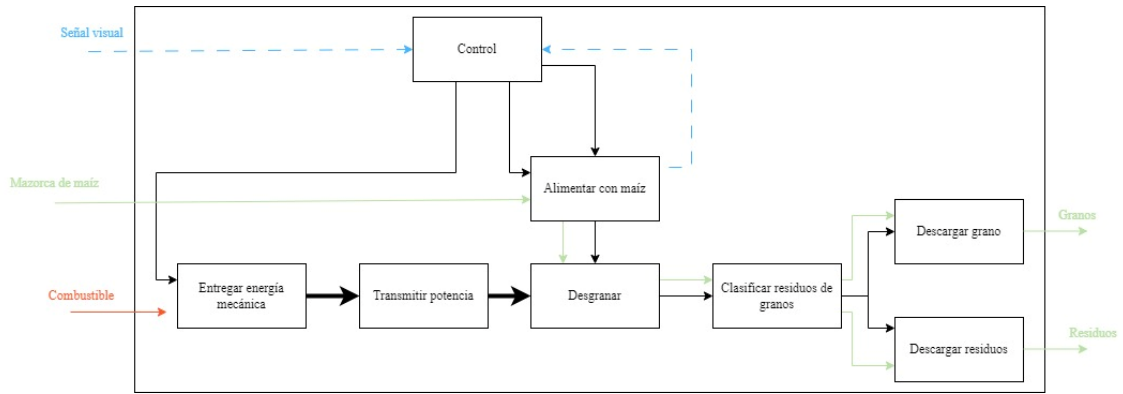


Ilustración 3-8: Esquema de la estructura de funciones de la desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

3.4.4. Estructura modular

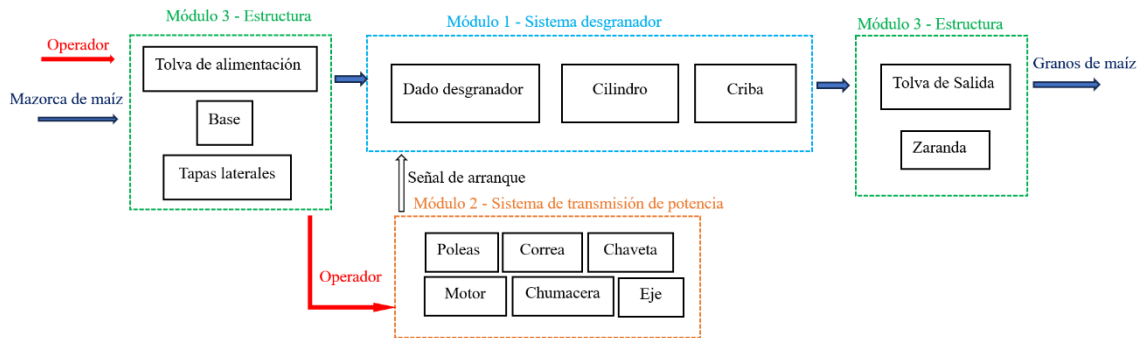




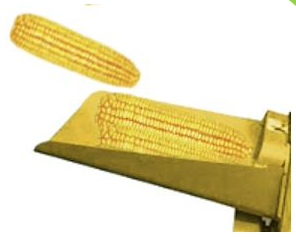


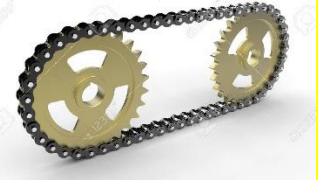
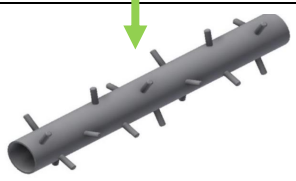

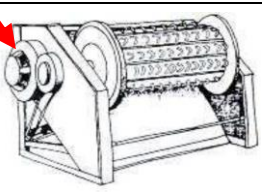
Ilustración 3- 9: Estructura modular de la máquina










Realizado por: Erazo B., 2024

3.5. Matriz morfológica

La matriz morfológica representa diversas combinaciones de elementos o características vinculadas a un problema o proyecto en particular. Su utilidad radica en facilitar el análisis y la selección de las opciones más prácticas y eficientes para lograr un objetivo específico. Se realiza una matriz morfológica que muestra las opciones y combinaciones disponibles para integrar, fortalecer la máquina.

Tabla 3-10: Matriz morfológica

Matriz morfológica del diseño y construcción de una máquina desgranadora de maíz móvil para la unidad de apoyo en pastos y forrajes de la estación Tunshi – Espoch			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1 Dar energía	 Motor a diésel	 Motor a gasolina	
2 Alimentar	 Tipo tolva inclinada abierta	 Tipo tolva	
3 Transmitir potencia	 Por correa y poleas	 Por cadena	
4 Desgranar	 con dados	 Con platina helicoidales	 Con dientes de espiga

5	Clasificar residuos de granos  Ventilador centrífugo y criba	 Criba	
6	 Zaranda inclinada	 Plancha inclinada	 Zaranda vibratoria
7	 Criba inclinada	 Forma centrífuga	 Plancha inclinada
8	 Operador		

Realizado por: Erazo B., 2024

3.5.1. Resultados de la matriz morfológica

Solución 1: En esta solución se ofrece un modelo con un motor a Diesel, la entrada de las mazorcas se lo hace por una tolva piramidal, usa un sistema de poleas transmitir la potencia al sistema de desgranado por dados, la forma de limpiar el grano es mediante un criba teniendo la salida de residuo por una plancha inclinada. La forma de ser trasladada es por dos barras tipo carretilla y las ruedas son macizas.

- **Ventajas:** una de sus principales ventajas de la solución 1, es el sistema de desgranado que contiene, ya que esta configuración es la más idónea para no destrozas o lastimar el maíz, otra ventaja que se tiene es la movilidad, porque al contar con un motor de combustión internas en este caso diésel, se puede trasladar a diferentes localidades.
- **Desventajas:** una desventaja muy clara de la solución 1, es el costo de un motor a diésel que es más caro en comparación a un motor a gasolina o eléctrico, además este motor es difícil la adquisición para potencias bajas.

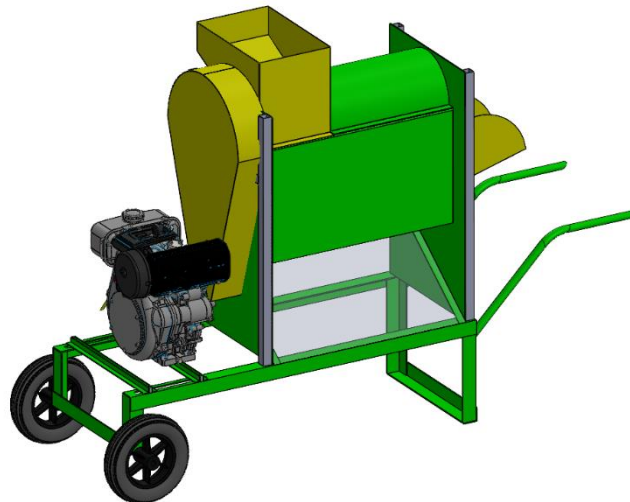


Ilustración 3- 10: Modelado de la solución 1

Realizado por: Erazo B., 2024

Solución 2: Aquí se obtiene un modelo con motor a gasolina, una tolva inclinada abierta para el ingreso de las mazorcas, esta solución usa un sistema de transmisión de potencia de cadenas girando al sistema de desgranado por dientes de espiga, haciendo vibrar a la zaranda para que el grano salga limpio, la salida de residuos es de forma centrífuga abriendo un compartimiento.

- **Ventajas:** una de sus principales ventajas de la solución 2, es la movilidad, porque al contar con un motor de combustión internas en este caso gasolina, se puede trasladar a diferentes lugares deseados, el sistema que tiene para desgranar es por dientes de espiga lo cual puede servir para deshojar y desgranar a la misma vez.
- **Desventajas:** al contar con el sistema entonces desgranando por dientes de espiga, involucra mayor costo al momento de construir esta solución, otra desventaja es la zaranda vibratoria lo cual produce mucho ruido y también vibración a la máquina.

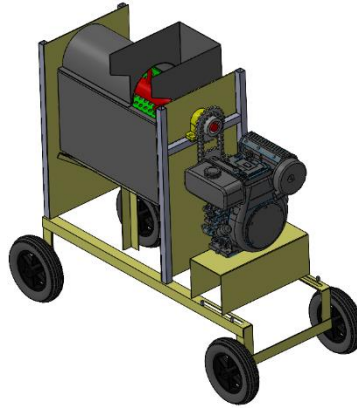


Ilustración 3- 11: Modelado de la solución 2

Realizado por: Erazo B., 2024

Solución 3: este modelo contiene un motor eléctrico la forma que ingresa la mazorca es por una tolva piramidal con un sistema de transmisión de potencia de engranes, haciendo este girar ah el sistema de desgrane que es de platinas helicoidales, también para limpiar los granos de maíz utiliza una zaranda vibratoria, la forma de salida de los residuos es por medio de una plancha inclinada. Esta solución no cuenta con una exigencia del cliente que sea la máquina móvil es decir que pueda trasladarse de un lugar a otro.

- **Ventajas:** las ventajas que tiene este modelo principalmente vienen en el costo, ya que es normalmente los motores a gasolina son más baratos a comparación de un motor diésel además el peso del motor influye al momento de realizar la estructura y se podría construir con materiales menos robustos.
- **Desventajas:** esta solución como desventaja es que la estación Tunshi los recursos que le llega son para combustible diésel, al contar con una zaranda vibratoria, produce mucho ruido y vibración a ciertos componentes de la máquina.

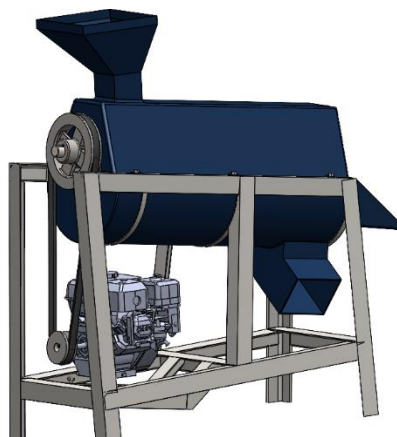


Ilustración 3- 12: Modelado de la solución 3

Realizado por: Erazo B., 2024

3.6. Evaluación técnico – económica

Se lleva a cabo una evaluación técnico-económica al analizar los resultados de la matriz morfológica, empleando un sistema de ponderación de “g” con una escala puntuada de 1 a 4, siguiendo la recomendación de la norma VDI 2225.

Tabla 3-11: Técnico técnica ante las tres soluciones

EVALUACIÓN TÉCNICA										
Proyecto:			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MOVIL PARA LA UNIDAD DE APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI - ESPOCH							
p: Escala de valores según norma VDI 2225, puntaje de 0 a 4.										
g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
0 = no satisface, 1 = aceptable, 2 = suficiente, 3 = bien, 4 = muy bien (ideal)										
Variantes/ Soluciones			S1		S2		S3		Sol. ideal	
N	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	P	gp	p	gp
1	Seguridad	3,5	3	10,5	2	7	3	10,5	4	14
2	Capacidad de desgrane	3	3	9	3	9	3	9	4	12
3	Dimensiones	3	3	9	2	6	2	6	4	12
4	Facilidad operación	2,5	2	5	3	7,5	3	7,5	4	10
5	Peso	2	3	6	2	4	3	6	4	8
6	Cumplimiento de la lista de exigencias	4	4	16	2	8	2	8	4	16
8	Facilidad Mantenimiento	3	3	9	3	9	3	9	4	12
9	Facilidad de montaje	2	3	6	2	4	3	6	4	8
Puntaje máximo			24	73,5	20	59,5	21	62	32	96
Valor ponderado			0,68		0,60		0,61		1	

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 3-12: Evaluación económica antes las tres soluciones

EVALUACIÓN ECONÓMICA										
Proyecto:			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE MAÍZ MOVIL PARA LA UNIDAD DE APOYO EN PASTOS Y FORRAJES DE LA ESTACIÓN TUNSHI - ESPOCH							
p: Escala de valores según norma VDI 2225, puntaje de 0 a 4.										
g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
0 = no satisface, 1 = aceptable, 2 = suficiente, 3 = bien, 4 = muy bien (ideal)										
Variantes/ Soluciones			S1		S2		S3		Sol. ideal	
N	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de mantenimiento	4	3	12	3	12	3	12	4	16
2	Costo de operación	3	2	9	2	6	3	6	4	12
3	Costo de repuestos	2	2	4	3	6	3	6	4	8
4	Costo de transporte	2	3	6	2	4	3	6	4	8
5	Costo de materiales	3	2	8	2	8	2	8	4	16
6	Costo de fuente de alimentación	3	2	8	2	8	2	8	4	16
7	Costo de fabricación	3	3	9	3	9	2	6	4	12
Puntaje máximo			19	60	17	53	18	56	28	88
Valor ponderado			0,65		0,63		0,62		1	

Realizado por: Erazo B., 2024

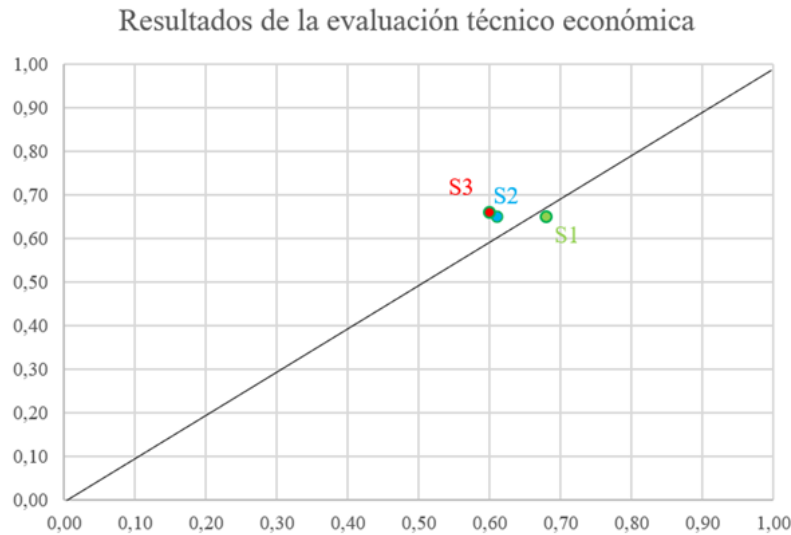


Ilustración 3- 13: Gráfica de resultados de la evaluación técnico-económica

Realizado por: Erazo B., 2024

La mejor solución es la que obtuvo mayor cercanía al line ideal, como se observa en la gráfica y en la tabla 3-12, la solución 1 fue la mejor puntuada, por ende, esta es la mejor solución.

Tabla 3-13: Suma de resultados de la evaluación técnico-económica

	S1	S2	S3	S. Ideal
Técnico	0,68	0,60	0,61	1
Económico	0,65	0,66	0,65	1
Total	1,33	1,26	1,26	2

Realizado por: Erazo B., 2024

3.6.1. Diseño de detalle

3.6.1.1. Modelado 3D

El modelador 3D es representación tridimensional digital de la máquina desgranadora de maíz, utilizando software especializado como SolidWorks. Este método implica la construcción de la geometría tridimensional mediante la manipulación de vértices, aristas y caras. El modelo virtual obtenido es minucioso y se basa en las características previamente definidas en el diseño conceptual de la desgranadora.

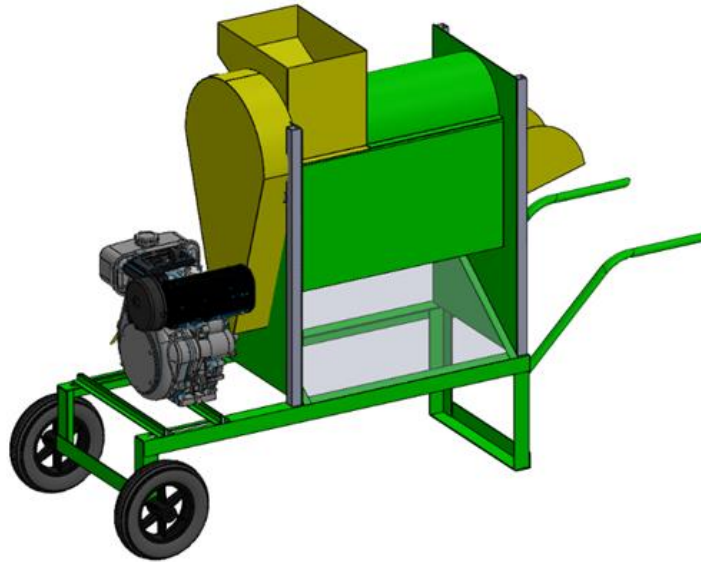


Ilustración 3- 14: Modelado de la mejor solución para la desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

3.7. Diseño de la máquina desgranadora de maíz

Después de revisar las opciones disponibles para desgranadoras de maíz, se procede a elaborar el diseño de los distintos elementos que forman la máquina. También se lleva a cabo la selección de piezas normalizadas disponibles fácilmente en el mercado nacional.

El diseño engloba los siguientes sistemas:

- Sistema de desgranado
- Sistema de transmisión
- Estructura

3.7.1. Normas y reglamentos usadas en la desgranadora de maíz

Como punto de partida, se debe saber que materiales de construcción que puede tener la máquina, para esto, la Agencia de regulación y control de fito y zoonosanitario (Agrocalidad), menciona en su reglamento para buenas prácticas agrícolas para maíz duro, en el artículo 25 y 26, considerar que el desgrane se lo realiza en forma manual o con desgranadoras mecánicas, (cuidar que no se desgrane a muy altas revoluciones y evitar la rotura de los granos).

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (MAPA), mediante la Norma ISO-UNE-EN 4254 indica las directrices sobre los materiales, menciona que una máquina desgranadora de maíz al solo realizar un golpeo para desprender el maíz de la mazorca se considera como maquina agrícola y no procesadora de alimentos. Además, indica con la ISO-EN-UNE 5674, sobre protección contra peligros de origen mecánico, dice que todos los elementos móviles de transmisión de potencia deben de estar alejados o protegidos para evitar cualquier riesgo de contacto, también contara con señalización o pintura de color amarilla indicando una advertencia, también plasma que toda máquina debe tener un paro de emergencia, y pueden ser exceptuadas cuando son maquinas portátiles o móviles.

El Servicio Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 1900 indica la altura para los mangos de carretillas manuales que son mínimo de 500 y máximo de 570 mm, al igual que la separación entre estos de 500mm.

3.8. Diseño del sistema de desgranado

3.8.1. Volumen de producción

Como se desea una capacidad de desgrane de 10 qq/hora(quintales/hora), un quintal contiene un promedio de 130 mazorcas de maíz, podemos recurrir a una relación. Para obtener un valor de quintal por minuto que tendría que desgranar tenemos:

<i>Quintal</i>		<i>Tiempo[minutos]</i>
10 qq	→	60 min
1 qq	→	6 min

Ahora se establece un volumen de producción por quintal:

<i>Tiempo</i>		<i>Mazorcas[unidad]</i>
6 min	→	130
1	→	22

Para saber la masa del grano total de 1 mazorca, se procede hacer ensayos con una balanza, se desgrana y se toma la masa por separado.



Ilustración 3-15: Toma de muestra de la mazorca de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 3-14: Medición de la masa de la mazorca de maíz

Experimento	Masa total [g]	Masa de granos [g]	Masa de tusa [g]
1	76	57	19
2	61	45	16
3	85	63	22
4	75	55	20
5	82	59	23
6	77	59	18
Promedio	76	56,33	19,67

Realizado por: Erazo B., 2024

Mediante experimentos que se realiza en la tabla 3-13, se determina que el peso del maíz es de un 10% menos de la masa total, con un promedio de 0,076kg. Con esto se sabe puede saber el volumen de producción por minuto

$$\text{volumen de producción: } \frac{22 \text{ mazorcas}}{1 \text{ min}} \times \frac{0,05633 \text{ kg}}{1 \text{ mazorca}} = 1,239 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

3.8.2. Determinación de fuerza de arranque de maíz

Se determina la fuerza de arranque de los granos de maíz, mediante un dinamómetro del laboratorio de física de la Facultad de Mecánica.



Ilustración 3-16: Determinación de fuerza de arranque de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 3-15: Fuerza de arranque de grano de maíz

Granos mazorca 1	Fuerza de arranque [N]	Granos mazorca 2	Fuerza de arranque [N]
1	12	1	14.5
2	13.5	2	7
3	8	3	8.5
4	7.5	4	7.5
5	7.5	5	7.5
6	6	6	7
7	7	7	6
8	7.5	8	6.5
9	5	9	5
10	6.5	10	6.5
11	7	11	7.5
12	6.5	12	6

13	7	13	7
14	7.5	15	7.5
Promedio Total		7.607	

Realizado por: Erazo B., 2024

Mediante estos experimentos con un dinamómetro se determinó que para arrancar un grano tiene un promedio de 7,607 N, en las primeras hileras el valor el valor de esta fuerza puede llegar aumentarse un valor de 1,5 a 2 veces.

3.8.3. *Determinación del factor de seguridad el diseño de la desgranadora de maíz*

Se evaluarán diversos criterios para determinar el factor de seguridad utilizado en el diseño de la máquina, siguiendo los criterios de Pugsley, detallada en el libro de (Hamrock et al., 2000) Los criterios considerados son los siguientes:

- Criterio A: Se enfoca en la calidad de los materiales, la mano de obra, el mantenimiento y la inspección. Para el diseño, se utilizarán materiales certificados del mercado, y se asumirá que la mano de obra, el mantenimiento y la inspección será “buena”.
- Criterio B: Relativo al control sobre la carga. Se diseñará la máquina con un sistema de alimentación que incluya una compuerta para abrir y cerrar, permitiendo el ingreso de las mazorcas de maíz. La presencia de un operario que controla el proceso se considera un control sobre la carga “buena”.
- Criterio C: Relativo a la exactitud en el análisis de esfuerzos. Se realizará el cálculo de los elementos principales, cubriendo todas las cargas y esfuerzos en cada pieza. El diseño del eje principal se calculará por falla estática y dinámica, la información experimental y la experiencia en máquinas similares respaldan un criterio de “bueno”.
- Criterio D: Relativo al peligro para el personal. Se considera un riesgo serio ante posibles fallas en el eje principal o el sistema de transmisión de potencia, siendo este un riesgo “serio”.
- Criterio E: Relativo al impacto económico por daño a la máquina o por accidentes laborales debido a fallas en la misma. Se estima que cualquier situación de este tipo tendría un impacto económico “serio”.

De acuerdo con los criterios A, B y C propuestos se determinó el valor de n_{sx} empleando el (Anexo 6), así mismo para el valor de n_{sy} , se emplea el (Anexo 7), considerando los valores para los criterios de D y E.

$$n = n_{sx} * n_{sy} \quad (1)$$

$$n = 1,75 * 1,3 = 2,28$$

3.8.4. Dado desgranador

El dado en la máquina tiene como función la representación del dedo pulgar realizando el desgranado de maíz, por esta razón el dado adopta un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada ya que se asemeja al diámetro que tiene un dedo pulgar promedio, y con una longitud de 60 mm.

3.8.5. Cálculo de reacciones y momentos en el dado desgranador

Para este cálculo se realizó una sumatoria de fuerzas y momentos que interviene en este. Se llega a tener una fuerza distribuida como se muestra en la ilustración 3-17.

$$F = q * l \quad (2)$$

Donde

$F =$ Fuerza de desgrane

$q =$ carga distribuida

$l =$ longitud del dado desgranador

Ya que la fuerza de desgrane podía ser 2 veces mayor en el primer momento de arrancar el grano, el valor de la fuerza es de 15,214 y se procedió a despejar:

$$q = \frac{F}{l}$$
$$q = \frac{15,214}{0,06}$$
$$q = 253,566$$

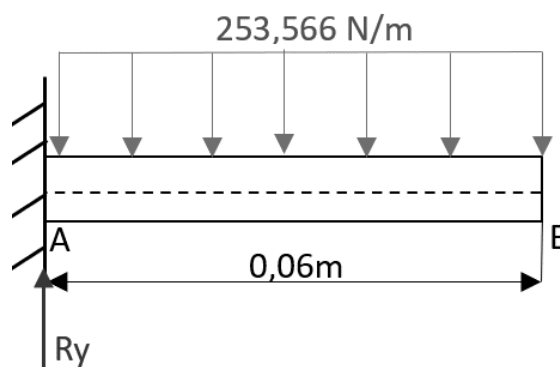


Ilustración 3- 17: Diagrama de cuerpo libre del dado desgranador

Realizado por: Erazo B., 2024

$$\sum F_y = 0$$

$$253,566 \frac{N}{m} (0,06m) = R_y$$

$$R_y = 15,21 N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-253,566 \frac{N}{m} * 0,06 m * 0,03 m + M_A = 0$$

$$M_A = 0,456 Nm$$

3.8.6. Cálculo de esfuerzos y factor de seguridad en el dado desgranador

El dado va a estar sometido a esfuerzos de flexión por causa de M_A y a esfuerzos de corte por la carga distribuida. Como se trata de un eje sólido con sección transversa redonda se tiene:

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

Donde:

$\sigma =$ Esfuerzo de flexión

$M =$ Momento en el dado desgranador

$d =$ diámetro del dado

$$\sigma = \frac{32 * 0,456 \text{ Nm}}{\pi * (0,01905\text{m})^3}$$

$$\sigma_f = 0,671 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo de corte como es una sección circular viene dado por la siguiente ecuación.

$$\tau_c = \frac{4V}{\pi d^2} \quad (4)$$

Donde:

$\tau_c =$ Esfuerzo de corte

$V =$ Fuerza cortante

$d =$ diámetro del dado

$$\tau_c = \frac{4 * 15,21\text{N}}{\pi(0,01905\text{m})^2}$$

$$\tau_c = 0,0533 \text{ Mpa}$$

Ahora

$$\sigma_x = \sigma_c + \sigma_f$$

$$\sigma_x = \sigma_f = 0,671\text{Mpa}$$

$$\tau_{xy} = \tau_t + \tau_c$$

$$\tau_{xy} = \tau_c = 0,0533 \text{ Mpa}$$

Se aplicó teoría de Von Mises (T.E.D.)

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (5)$$

Donde:

$\sigma_{eq} =$ esfuerzo total equivalente

$\sigma_x =$ suma de esfuerzos de flexión y axial

$\tau_{xy} =$ suma de esfuerzos de corte y torsión

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(0,671 \text{ Mpa})^2 + 3(0,0533 \text{ Mpa})^2}$$

$$\sigma_{eq} = 0,677 \text{ Mpa}$$

Para el factor de seguridad se utilizó la ecuación de T.E.D.

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = \frac{Sy}{n} \quad (6)$$

Donde:

$Sy = \text{l\u00edmite de fluencia}$

$n = \text{factor de seguridad}$

Para determinar el l\u00edmite de fluencia se necesita saber el material del cual el dado desgranador ser\u00e1 construido, as\u00ed que como es una secci\u00f3n s\u00f3lida redonda, en el mercado nacional ofrecen varillas lisas s\u00f3lidas de 3/4 de pulgada en un material de acero ASTM A36, el cual tiene una buena soldabilidad, y tiene las siguientes propiedades:

Tabla 3- 16: Propiedades mec\u00e1nicas del acero ATM A36

Propiedades mec\u00e1nicas	
L\u00edmite de fluencia (m\u00edn.)	250 Mpa
Resistencia a la tracci\u00f3n (m\u00edn.)	400 Mpa

Realizado por: Erazo B., 2024

$$n = \frac{Sy}{\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}} = \frac{250}{0,677} = 174$$

Se tiene obtuvo un factor de seguridad muy alto, lo cual indica que el material elegido soporta los esfuerzos y cargas que se intervienen en el dado desgranador.

3.8.7. Longitud de la c\u00e1mara, cilindro desgranador y tolva de alimentaci\u00f3n

Con el volumen de producci\u00f3n anteriormente calculado se tiene que 22 mazorcas de ma\u00edz deber\u00e1n ser desgranadas en un minuto, este dato indica cuantas mazorcas deber\u00e1n contener dentro del sistema de desgranado. Se procedi\u00f3 a calcular la longitud que debe tener tanto la criba, y el cilindro desgranador. Este c\u00e1lculo se realiz\u00f3 determinando el volumen que tiene una mazorca de ma\u00edz y despu\u00e9s tener el volumen interno que tendr\u00e1 el sistema de desgranado.

$$V = \pi * r^2 * L \quad (7)$$

Donde:

$V = \text{volumen de un cilindro}$

$r = \text{radio del cilindro}$

$l = \text{longitud del cilindro}$

La mazorca se asemeja a la figura geom\u00e9trica tronco de cono, por su forma agrandada en la base y achatada en la parte superior, haciendo esta semejanza se pudo obtener el volumen de esta. Es

importante mencionar que la distancia entre el dado desgranador y las paredes se recomienda que estén en 4 a 5cm para que el maíz no quede atascado.

$$Vm = \frac{l * \pi}{3} (R^2 + r^2 + R * r) \quad (8)$$

Donde:

$Vm = \text{volumen de la mazorca de maíz}$

$l = \text{longitud de la mazorca}$

$R = \text{radio mayor}$

$r = \text{radio menor}$

$$Vm = \frac{0,014m * \pi}{3} (0,025^2 + 0,015^2 + (0,025 + 0,015))$$

$$Vm = 0,000598m^3$$

Este Vm obtenido se multiplica por 22 ya que es el número de mazorcas que debe contener. Ahora como se tiene el volumen interno, solo queda la variable de la longitud y se calcula restando el volumen de la cámara menos el volumen del cilindro desgranador. Se tomó como 3 pulgadas de diámetro el cilindro lo cual equivale a 0,0762m, el diámetro de la cámara se debe sumar la longitud del dado desgranador que es de 0,06m y 4cm más como se mencionó en el anterior párrafo.

$$V_T = V_c + V_{cd}$$

Donde:

$V_T = \text{volumen total}$

$V_c = \text{volumen de la cámara}$

$V_{cd} = \text{volumen del cilindro desgranador}$

$$0,0381m = \pi * \left(\frac{0,276m}{2}\right)^2 * L - \pi * \left(\frac{0,0762m}{2}\right)^2 * L$$

$$L = 0,691 m$$

La longitud que se toma para el cilindro desgranador fue de 0,7 m

3.8.7.1. Tolva de alimentación

Para la tolva de alimentación, hay que tomar en cuenta que no sea muy alta para que, al momento de ingresar la mazorca de maíz, al operario se le haga fácil. La tolva puede tener un configuración parecida a un tronco piramidal o rectangular, por lo cual se opta en satisfacer el volumen de las 22 mazorcas y la tolva tendrá la siguientes dimensiones 260x396x160 mm.

3.8.8. Cálculo el espesor del cilindro mediante la teoría del esfuerzo cortante.

Ahora, de acuerdo con descripciones previas la longitud del cilindro desgranador es de 700 mm, así mismo se propone un diámetro exterior de 3 pulgadas, de modo que el espesor mínimo del cilindro que debe tener se calculó en base al esfuerzo admisible del material.

A partir del catálogo (NOVACERO, 2020) se observó el material de las tuberías que hay en el mercado ecuatoriano, cuyo material de fabricación es el acero ASTM 53 grado A, con características de resistencia a la fluencia de 170 Mpa (Anexo B).

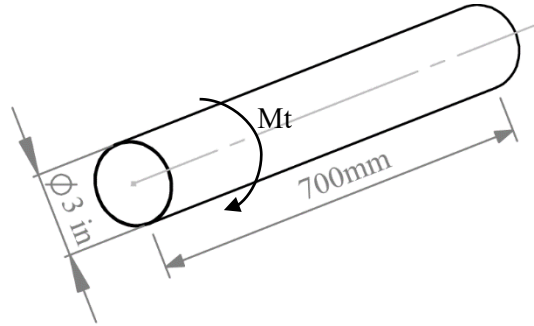


Ilustración 3- 18:Cilindro desgranador

Realizado por: Erazo B., 2024

Según (Nisbett y Budynas, 2008) mencionan en su libro que la resistencia al cortante de acero basándose en la teoría del esfuerzo cortante máximo es 0,5 del esfuerzo a la fluencia del material, para este caso la resistencia del material será:

$$\tau_{cc} = 0,5 * \sigma_{flu} \quad (9)$$

$$\tau_{cc} = 0,5 * (170 \text{ Mpa})$$

$$\tau_{cc} = 85 \text{ Mpa}$$

Posteriormente para determinar el esfuerzo admisible se aplica la siguiente ecuación, y es necesario aplicar el coeficiente de seguridad que se calculó el apartado 3.8.3.

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{cc}}{n} \quad (10)$$

$$\tau_{adm} = \frac{85 \text{ Mpa}}{2,28} = 37,28 \text{ Mpa}$$

Se debe encontrar el momento polar de inercia de un cilindro hueco, lo cual se calcula con el radio exterior del cilindro que es de 1,5 pulgadas que sería 38,1 mm y el radio interior, este es la variable para despejar. El torque se toma del resultado de la Ecuación 29 en el apartado 3.9.2.9.

$$J = \frac{\pi}{2} * (r_{ex}^4 - r_{in}^4) \quad (11)$$

$$J = \frac{\pi}{2} * (38,1^4 - r_{in}^4)$$

$$\tau_{adm} = \frac{M_T * r_{ex}}{J} \quad (12)$$

$$\tau_{adm} = \frac{M_T * r_{ex} * 44400 \text{ N. mm} * 38,1}{\frac{\pi}{2} * (r_{ex}^4 - r_{in}^4)}$$

$$r_{in} = \sqrt[4]{r_{ex}^4 - \frac{M_T * r_{ex} * 2}{\pi * \tau_{adm}}}$$

$$r_{in} = \sqrt[4]{38,1^4 - \frac{44400 \text{ N} \cdot \text{mm} * 38,1 * 2}{\pi * 37,28 \text{ Mpa}}}$$

$$r_{in} = 36,69 \text{ mm}$$

Con este dato del radio interior de 36,69 mm podemos calcular el espesor restando el radio exterior, dando un espesor de 1,41 mm, en conclusión, se opta por un tubo de 3 pulgadas de diámetro por 2 mm de espesor, que es lo que se puede encontrar en el mercado nacional.

3.8.9. Cálculo del espesor de las cubiertas laterales del cilindro

Las cubiertas laterales, también conocidas como elementos que cierran el espacio entre el cilindro y el eje, cumplen una función de unión al establecer una relación concéntrica entre sí y ser unidas por soldadura. Por esta razón, las dimensiones de estas piezas serán conforme a lo observado en la siguiente figura.

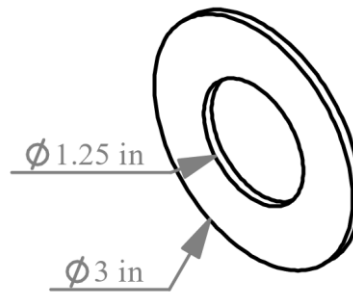


Ilustración 3- 19: Dimensiones de las cubiertas laterales del cilindro

Realizado por: Erazo B., 2024

En lo que refiere al espesor de las cubiertas, inicialmente se lo propone de 3mm, seguidamente, se procede a la validación de esta magnitud, aplicando la teoría del esfuerzo cortante, ya que en estos elementos se genera una fuerza tangencial que pretenderá cortar las cubiertas.

El material del acero que se utiliza en estas piezas es el ASTM A36, cuya resistencia a la fluencia es de 250 Mpa (Anexo 8), entonces se tiene:

$$\tau_{cl} = 0,5 * \sigma_{flu}$$

$$\tau_{cl} = 0,5 * 250 \text{ Mpa} = 125 \text{ Mpa}$$

Posteriormente, se obtiene el esfuerzo admisible tomando en cuenta el coeficiente de seguridad.

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{cl}}{n} = \frac{125 \text{ Mpa}}{2,28} = 54,82 \text{ Mpa}$$

La fuerza tangencial generada en el interior de la pieza se determina con la siguiente ecuación siendo así está la fuerza tangencial. El diámetro interior es el del eje que se calcula en el apartado 3.9.3.2., el torque se toma del resultado de la Ecuación 29 en el apartado 3.9.2.9.

$$F_{ti} = \frac{2 * M_T}{d_{in}} \quad (13)$$

$$F_{ti} = \frac{2 * 44400 \text{ N} \cdot \text{mm}}{31,75 \text{ mm}} = 2796,85 \text{ N}$$

A continuación, se proceda a la aplicación de la ecuación para esfuerzo cortante, donde se toma un espesor de 3mm.

$$\tau_{max} = \frac{F_{ti}}{A_{corte}} = \frac{F_{ti}}{\frac{(d_{ex} - d_{in})}{2} * e} \quad (14)$$

$$\tau_{max} = \frac{2796,85 \text{ N}}{\frac{(76,2 \text{ mm} - 31,75 \text{ mm})}{2} * 3 \text{ mm}}$$

$$\tau_{max} = 41,948 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{max} < \tau_{adm}$$

Como conclusión, al observar que el esfuerzo máximo generado en las cubiertas laterales es menor que el admisible por el material, se valida el espesor y material seleccionado.

3.9. Sistema de transmisión de potencia

Para este cálculo se tomó en cuenta las fuerzas empleadas en el cilindro desgranador, esto permite la potencia del motor. Se determina el torque que necesita un dado desgranador y posteriormente multiplicarlo por en número de dados que contiene, la distancia se para el torque es hasta el centro del eje.

$$T = F_{desg} * d_{aado} \quad (15)$$

$$T = 15,214 \text{ N} * 0,096 \text{ m}$$

$$T = 1,461 \text{ Nm}$$

Es importante mencionar la configuración que fue repartida a los dados desgranadores por el cilindro, se debe repartirlos en forma de espiral, para que por medio de esta forma pueda llevar la tusa a la tolva de salida. Estos datos son tomados de (Velazco, 2023),(Ramos y Santivañez, 2018), se debe dar una distancia entre dados de 55mm, y se va avanzando 30 grados para formar la espiral. Ahora se debe tomar en cuenta que no exista desbalance en el eje y esto se logra siempre ubicando una carga a 180° de otra (Molina, 2006).

Con esto aclarado se tiene, que el torque que se llegó a obtener es de 1,461 Nm, pero este valor solo corresponde a un dado desgranador, se debe calcular para los 14 dados, así que en total el torque sería de 26,298 N.m en total, las velocidades que se necesitan para desgranar según (Zumba, 2023) están entre 400 a 600rpm.

$$Pot = T * w \quad (16)$$

Donde:

$$Pot = \text{potencia del motor}$$

$$T = \text{torque}$$

$$w = \text{velocidad angular}$$

$$Pot = 26,298 \text{ Nm} * 400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi}{60}$$

$$Pot = 1,476 \text{ KW} = 1,979 \text{ Hp}$$

3.9.1. *Potencia corregida*

La potencia corregida del motor se calcula, para tener un valor más exacto según el factor de servicio que tendrá, también se debe considerar bajo las condiciones y altura que trabaja el motor, los datos que intervienen para seleccionar el factor de servicio son, el tipo de motor conductor que se emplea para su funcionamiento, el tipo de máquina que se diseñó, y las horas de trabajo en un día.

$$Pot(c) = Pot * k \quad (17)$$

Donde:

$$Pot(c) = \text{potencia corregida}$$

$$Pot = \text{potencia obtenida}$$

$$k = \text{factor de servicio}$$

El factor de servicio lo obtenemos del (Anexo 1), el cual se obtuvo un valor de $k=1,7$, entonces:

$$Pot(c) = 1,98Hp * 1,6$$

$$Pot(c) = 3,168 Hp$$

También se tomó en cuenta que altitud va a trabajar el motor a diésel, porque no es lo mismo que funcione a una altitud del nivel de mar a otra distinta.

$$N = N_0 \frac{p}{p_0} \sqrt{\frac{T_0}{T}} \quad (18)$$

Donde:

$$N = \text{potencia obtenida debido a la altitud}$$

$$N_0 = \text{potencia normal}$$

$$p = \text{presión atmosférica}$$

$$p_0 = \text{presión normal de 760mm Hg}$$

$$T = \text{temperatura absoluta ambiente en } ^\circ K$$

$$T_0 = \text{temperatura absoluta normal en } ^\circ K$$

Como esta máquina desgranadora va a estar ubicada en la Estación experimental de Tunshi, la altura sobre el nivel del mar comprende entre los 2750 a 2800m (Gualpa et al., 2016), y para suplir la necesidad de 3,168 Hp que necesita el motor se opta por seleccionar un motor de 5Hp:

Cota m	Temperatura °C	Presiones		Peso especif. kg/m ³	Cota m	Temperatura °C	Presiones		Peso especif. kg/m ³
		mm Hg	kg/cm ²				mm Hg	kg/cm ²	
0	15	760	1	1,225	3500	-7,75	493	0,648	0,863
200	13,7	742	0,976	1,202	4000	-11	462	0,608	0,819
400	12,4	725	0,955	1,179	4500	-14,25	433	0,570	0,777
800	9,8	690	0,909	1,134	5500	-20,75	379	0,499	0,697
1000	8,5	674	0,887	1,112	6000	-24	354	0,465	0,660
1400	5,9	642	0,845	1,070	7000	-30,50	308	0,405	0,590
1600	4,6	626	0,825	1,048	7500	-33,75	287	0,378	0,557
2000	2	596	0,785	1,007	8500	-40,25	248	0,326	0,495
2400	-0,6	567	0,745	0,967	9500	-46,75	214	0,282	0,439
2600	-1,9	553	0,727	0,947	10000	-50	198	0,260	0,413
2800	-3,2	539	0,710	0,928	10500	-53,25	183	0,241	0,388
3000	-4,5	526	0,692	0,909	11000	-55	170	0,224	0,361

Ilustración 3- 20: Presión, temperatura y peso específico en función de la altura

Fuente: (Cholca y Mantilla, 2015)

$$N = 5Hp \frac{539mm Hg}{760mm Hg} \sqrt{\frac{(15 + 273)^{\circ}K}{(-3,2 + 273)^{\circ}K}}$$

$$N = 3,663 Hp$$

Esto indica que el motor seleccionado satisface la necesidad de potencia que se necesita, incluso estando a una altura considerablemente elevada.

3.9.2. Selección de bandas y poleas

Para seleccionar las bandas y poleas, se tiene 9 pasos, en este caso se sigue la metodología SKF para este apartado.

3.9.2.1. Cálculo de la potencia

$$Pd = PC_2 \tag{19}$$

Donde:

Pd = potencia de diseño

P = potencia nominal

C_2 = Factor de servicio

Types of driven machinery		Soft starts Duty time h/day			Heavy starts Duty time h/day		
		10 and under	Over 10 to 16	Over 16	10 and under	Over 10 to 16	Over 16
Class 1 Light duty	Blowers, exhausters and fans (up to 7,5 kW), centrifugal compressors and pumps. Belt conveyors (uniformly loaded).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Class 2 Medium duty	Agitators (uniform density), blowers, exhausters and fans (over 7,5 kW). Rotary compressors and pumps (other than centrifugal). Belt conveyors (not uniformly loaded), generators and exciters, laundry machinery, lineshafts, machine tools, printing machinery, sawmill and woodworking machinery, screens (rotary).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4

Ilustración 3- 21: Selección del factor C2

Fuente: (SKF, 2016)

$$Pd = 3,73KW * 1,2$$

$$Pd = 4,476 KW$$

3.9.2.2. Selección del tipo de sección adecuada

El tipo de banda que se puede obtener entre las más comunes son tipo Z, A, B, C, D esto se determina colocando en el eje horizontal la potencia de diseño y enlazándolos con el eje vertical el valor de las revoluciones que necesita la máquina.

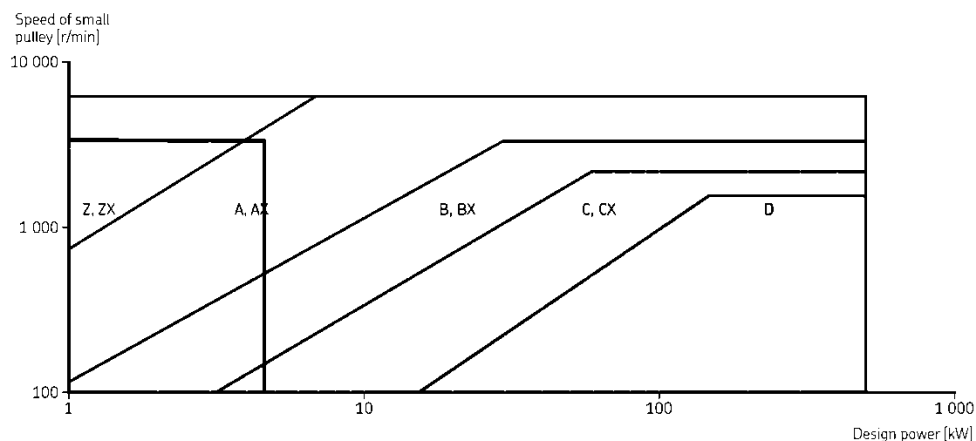


Ilustración 3- 22: Tipo de correas

Fuente: (SKF, 2016)

El tipo de banda que se debe utilizar es un tipo A ya que, la unión entre estas líneas cae dentro de área A.

3.9.2.3. Cálculo de la relación de transmisión

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{2500}{400} = 6,25 \quad (20)$$

3.9.2.4. Determinación de diámetro de poleas

Pulleys datum diameters		50	56	60	63	67	71	75	80	85
-	-									
Z	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A		✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B										
C						✓*	✓	✓	✓	✓
D										

Ilustración 3- 23: Diámetro sugerido de polea motriz

Fuente: (SKF, 2016)

Se recomienda tomar el tercer valor de la tabla, según el tipo de correa, en este caso se tomó un valor de 63 mm ya que es el tipo A, esto es aproximadamente 2,5 pulgadas son medidas que se encuentra en el mercado nacional como en Ecuapoleas.

375	400	425	450	475	500	530	560	630	710	800	900	1 000	1 250	
														mm
7,50	8	8,50	9	9,50	10	10,60	11,20	12,60	14,20	16	18	20	25	50
6,70	7,14	7,59	8,04	8,48	8,93	9,46	10	11,25	12,68	14,29	16,07	17,86	22,32	56
6,25	6,67	7,08	7,50	7,92	8,33	8,83	9,33	10,50	11,83	13,33	15	16,67	20,83	60
5,95	6,35	6,75	7,14	7,54	7,94	8,41	8,89	10	11,27	12,70	14,29	15,87	19,84	63
5,60	5,97	6,34	6,72	7,09	7,46	7,91	8,36	9,40	10,60	11,94	13,43	14,93	18,66	67
5,28	5,63	5,99	6,34	6,69	7,04	7,46	7,89	8,87	10	11,27	12,68	14,08	17,61	71
5	5,33	5,67	6	6,33	6,67	7,07	7,47	8,40	9,47	10,67	12	13,33	16,67	75
4,69	5	5,31	5,63	5,94	6,25	6,63	7	7,88	8,88	10	11,25	12,50	15,63	80
4,41	4,71	5	5,29	5,59	5,88	6,24	6,59	7,41	8,35	9,41	10,59	11,76	14,71	85
4,17	4,44	4,72	5	5,28	5,56	5,89	6,22	7	7,89	8,89	10	11,11	13,89	90
3,95	4,21	4,47	4,74	5	5,26	5,58	5,89	6,63	7,47	8,42	9,47	10,53	13,16	95
3,75	4	4,25	4,50	4,75	5	5,30	5,60	6,30	7,10	8	9	10	12,50	100

Ilustración 3- 24: Diámetro sugerido para polea conducida

Fuente: (SKF, 2016)

De igual manera se escogió el tercer valor de la tabla, pero ahora teniendo el valor de la polea motriz, y colocando el valor de la relación de transmisión en el medio de la tabla teniendo como diámetro para la polea conducida de 400 mm aproximadamente como en el mercado nacional solo existe de 14 pulgadas y la siguiente es 16 se puede tomar el de 16 pulgadas.

3.9.2.5. Determinar la distancia entre centros y longitud de correa

El fabricante recomienda tener una distancia preliminar entre centros, dentro del rango de las siguientes ecuaciones:

$$CC_{pmin} = 0,7(D + d) \quad (21)$$

$$CC_{pmax} = 2(D + d) \quad (22)$$

Done:

D = diámetro de polea grande

d = diámetro de la polea pequeña

Se escogió un valor intermedio de 1,5, y así se obtuvo la siguiente distancia entre centros preliminar.

$$C_{pmax} = 1,1(400 + 63) = 503 \text{ mm}$$

Con este dato podemos llegar al cálculo de la longitud de la correa.

$$L_d = 2CCp + 1,57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4 CCp} \quad (23)$$

Donde:

$L_d =$ longitud de la correa

$CCp =$ distancia preliminar entre centros

$D =$ diámetro de polea grande

$d =$ diámetro de la polea pequeña

$$L_d = 2(503) + 1,57(400 + 63) + \frac{(400 + 63)^2}{4 (503)}$$

$$L_d = 1879,45 \text{ mm}$$

1 890	1 854	73,00	13	8	PHG A73
1 920	1 880	74,00	13	8	PHG A74
1 940	1 905	75,00	13	8	PHG A75
1 960	1 930	76,00	13	8	PHG A76
1 990	1 956	77,00	13	8	PHG A77

Ilustración 3- 25: Designación de la correa

Fuente: (SKF, 2016)

En el apartado 13/A de SKF, seleccionamos una correa con una distancia de 1890mm, ya que vendría a ser el más cercano que se escoge, y esta correa tiene una designación PHG A73, que PHG significa que es una correa trapezoidal, de tipo V y su longitud de 73 pulgadas. Como cambia la longitud de la correa, se debe recalcular la distancia entre centros.

$$CC = \frac{a + \sqrt{a^2 - 8(D - d)^2}}{8} \quad (24)$$

Donde:

$CC =$ distancia entre centros

$$a = 2L_d - \pi(D + d)$$

$$a = 2(1890) - \pi(400 + 63)$$

$$a = 2347,74$$

$$CC = \frac{2347,74 + \sqrt{(2347,74)^2 - 8(400 - 63)^2}}{8}$$

$$CC = 558,606 \text{ mm}$$

3.9.2.6. Potencia básica de la correa

Tenemos que ir al catálogo a la sección A, donde se sitúa el número de revoluciones que tiene el eje con la polea menor y así se obtuvo la potencia básica de la polea.

$$Pb = Pb' + Pbs \quad (25)$$

Donde:

$Pb =$ potencia básica

$Pb' =$ relación potencia rpm y diametro

P_b = factor de potencia por la relación de transmisión

2 300	2,10	2,42	2,75	3,06	3,38
2 400	2,15	2,49	2,82	3,15	3,47
2 500	2,20	2,55	2,89	3,22	3,56
2 600	2,24	2,60	2,95	3,30	3,64
2 700	2,29	2,66	3,02	3,37	3,72

Ilustración 3- 26: Potencia según polea motriz y rpm

Fuente: (SKF, 2016)

0,06	0,29	0,51	0,63
0,07	0,30	0,53	0,65
0,07	0,30	0,53	0,66
0,07	0,31	0,55	0,68
0,07	0,32	0,57	0,70

Ilustración 3- 27: factor de potencia en relación de transmisión

Fuente: (SKF, 2016)

$$P_b = 3,56 + 0,68 = 4,24$$

3.9.2.7. Cálculo de la potencia de la banda y factores de corrección C_1 y C_3

Para estos factores se utilizó, la longitud de la correa para el factor C_1 (Anexo A) y los diámetros de las poleas, distancia entre centros para el factor C_3 (Anexo A), además estos se deben interpolar. Otro dato que se obtuvo es el ángulo de contacto que en este caso es de $152,2^\circ$.

$$P_r = P_b * C_1 * C_2 \quad (26)$$

$$P_r = 4,24 * 1,09 * 0,93$$

$$P_r = 4,298$$

3.9.2.8. Cálculo del número de correas requeridas

$$N = \frac{P_d}{P_r} \quad (27)$$

$$N = \frac{4,298}{4,24} = 1,03$$

Es decir, se necesita solo 1 correa.

3.9.2.9. Cálculo de tensiones y tolerancias de instalación

Se debe tener unas tolerancias para la instalación, donde se el MTA es el margen mínimo de tensión para tensar, y el MIA es el margen mínimo de la instalación

$$MTA = 35mm \text{ (Anexo 4)}$$

$$MIA = 20mm \text{ (Anexo 4)}$$

$$CC_{min} = 558,606 + 35 = 593,606$$

$$CC_{min} = 558,606 - 25 = 533,606$$

Para el cálculo de las tensiones se debe conocer los ángulos de contacto que tiene cada polea, el coeficiente de fricción que tiene esta.

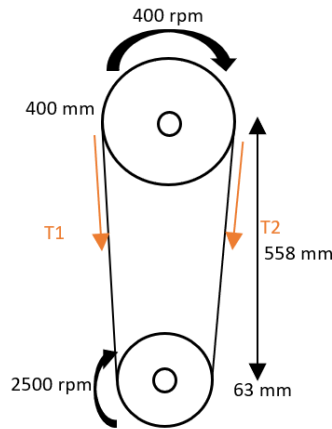


Ilustración 3- 28:Diagrama de cuerpo libre entre poleas y correa

Realizado por: Erazo B., 2024

$$\theta_d = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2c}\right) \quad (28)$$

Donde:

θ_d = ángulo de contacto polea menor

c = distancia entre centros

$$\theta_d = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{400 - 63}{2(558,606)}\right)$$

$$\theta_d = 152,1 = 2,655 \text{ rad}$$

Material de la correa	Material de la Polea						
	Hierro fundido, Acero			Madera	Papel prensado	Cara de cuero	Cara de caucho
	Seco	Mojado	Engrosado				
1. Cuero curtido	0.25	0.2	0.15	0.3	0.33	0.38	0.40
2. Cuero curtido cromado	0.35	0.32	0.22	0.4	0.45	0.48	0.50
3. Convass cosido	0.20	0.15	0.12	0.23	0.25	0.27	0.30
4. Tejido de algodón	0.22	0.15	0.12	0.25	0.28	0.27	0.30
5. Caucho	0.30	0.18	—	0.32	0.35	0.40	0.42
6. Balata	0.32	0.20	—	0.35	0.38	0.40	0.42

Ilustración 3- 29: coeficiente de fricción entre banda y polea

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

El coeficiente de fricción para este cálculo es de 0,25. Se tuvo que calcular la velocidad lineal de la correa si esta supera a 10m/s es necesario el uso de la fuerza centrífuga.

$$v = \frac{\pi d N 1}{60} \quad (29)$$

Donde:

v = velocidad lineal de la correa

$d =$ diámetro de la polea menor

$N1 =$ rpm

$$v = \frac{\pi * (0,1m) * (2500)}{60}$$

$$v = 13,089 \frac{m}{s} > 10 \frac{m}{s}$$

$$T_c = Kc \left(\frac{v}{1000} \right)^2 \quad (30)$$

Donde:

$T_c =$ tensión centrífuga [lbf]

$Kc =$ coeficiente en relacion al tipo de correa

$v =$ velocidad lienal [$\frac{ft}{min}$]

$$T_c = 0,561 * \left(\frac{3090,551}{1000} \right)^2$$

$$T_c = 5,36 \text{ lbf} = 23.84247N$$

$$\frac{T_{T1} - T_c}{T_{T2} - T_c} = e^{\frac{\mu\theta}{\text{sen}\beta}} \quad (31)$$

Donde:

$$T_{T1} = T1 + T_c$$

$$T_{T2} = T2 + T_c$$

$\mu =$ coeficiente de fricción

$\theta =$ ángulo de contacto [rad]

$\beta =$ ángulo de ranura [rad]

$$\frac{T1}{T2} = e^{\frac{\mu\theta}{\text{sen}\beta}}$$

$$P = (T1 - T2)v \quad (32)$$

Donde:

$P =$ torque

$T1 =$ tensión en el lado mas tenso

$T2 =$ tensión en el lado mas flojo

$v =$ velocidad

Igualando las ecuaciones 23 y 24, se obtuvo los valores de T1 y T2. Los valores para μ y β se tiene de la ilustración 3-23, y el ángulo de ranura $2\beta=34^\circ$.

Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

Ilustración 3- 30: Factor K_c dependiendo el tipo de banda

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$3728.5 w = (T1 - T2) * 13,089 \frac{m}{s}$$

$$T1 - T2 = 237.48 N$$

$$\frac{T1}{T2} = e^{\frac{(0,25)(2,655)}{\text{sen}(17)}}$$

$$\frac{T1}{T2} = 9,64$$

$$T1 = 264,966 N \quad \text{y} \quad T2 = 27,486 N$$

$$T = (T1 - T2)r \quad (33)$$

Donde:

$T = \text{torque}$

$T1 = \text{tensión en el lado mas tenso}$

$T2 = \text{tensión en el lado mas flojo}$

$r = \text{radio de la polea}$

$$T = (264,966 - 27,486)N * (0,200m)$$

$$T = 44,40N.m$$

3.9.3. Diseño del eje

Los ejes deben tener la capacidad de soportar las cargas normales de trabajo y las cargas de eventuales máximas durante la vida esperada, entonces se debe verificar la resistencia del eje a cargas estáticas, a la fatiga, rigidez y velocidades críticas.

Para el diseño correcto se considerar los elementos que va a soportar el eje, como son la polea y el cilindro desgranador. El material escogido fue el acero AISI 1018 (Anexo B), ya que tiene las propiedades de ser bonificado, entonces no necesita tratamiento térmico, además es de alta resistencia a la tracción y torsión, y en general es de excelente para la construcción de los ejes.

Antes de calcular el diámetro del eje, se considera las fuerzas que intervendrían en el eje, como la polea 2 es de aluminio, entonces su peso según su configuración fue de 2,5kg, que son 24,5N,

al cilindro desgranador se le suman es peso de los dados desgranadores, que en total se obtiene un peso de 11,2Kg que vendrían a ser 109,83N. También se debe tener en cuenta que la polea produce un torque y una fuerza resultante.

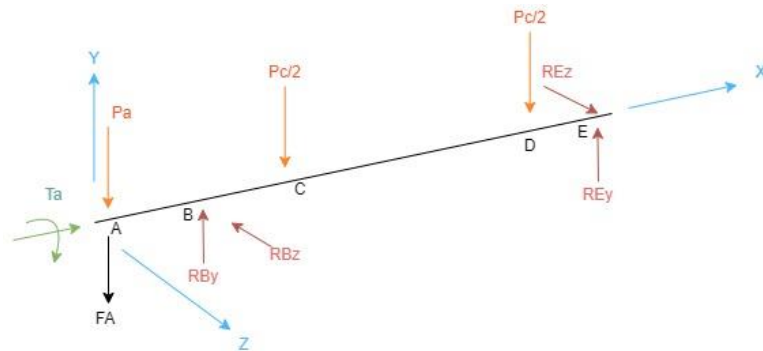


Ilustración 3- 31: Diagrama de cuerpo libre del eje

Realizado por: Erazo B., 2024

3.9.3.1. Análisis estático

Anteriormente se llegó a determinar el torque que producía la polea al eje y sus tensiones con esto podemos comenzar el cálculo de reacciones y momentos.

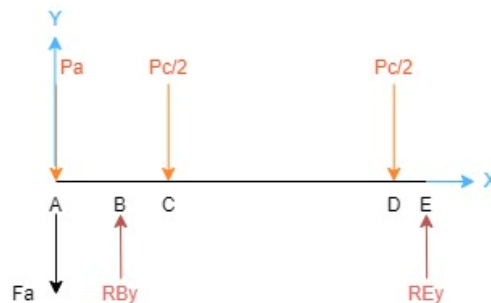


Ilustración 3- 32: Plano xy del eje

Realizado por: Erazo B., 2024

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-RBy * 0,11m + \frac{Pc}{2} * 0,17m + \frac{Pc}{2} * 0,635m - REy * 0,7 = 0$$

$$-RBy * 0,11m - REy * 0,7 = -54,915N * 0,17m - 54,915N * 0,635m$$

$$-RBy * 0,11m - REy * 0,7 = -44,20$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-Pa - Fa + RBy - \frac{Pc}{2} - \frac{Pc}{2} + REy = 0$$

$$-24,5N - 292,452N + RBy - 54,915N - 54,915N + REy = 0$$

$$RBy = 419,415 N$$

$$REy = 61,066 N$$

Con esto podremos obtener el diagrama de cortante y momento. se utilizó el apoyo de un software llamado Sap2000 para tener cálculos más precisos.

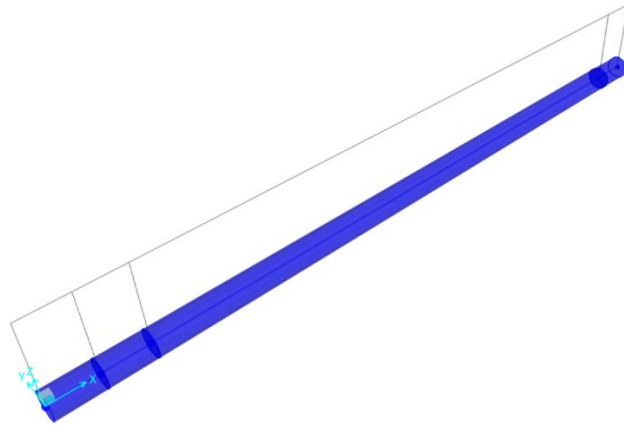


Ilustración 3- 33: Representación de eje en Sap2000

Realizado por: Erazo B., 2024



Ilustración 3- 34: Resultado de las reacciones en Sap2000

Realizado por: Erazo B., 2024

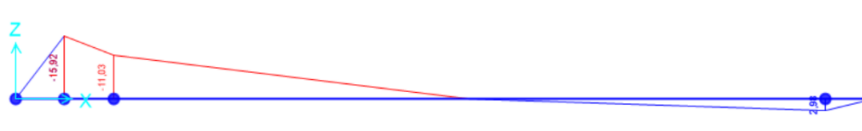


Ilustración 3- 35: Diagrama de momentos.

Realizado por: Erazo B., 2024

Por medio del software se determina que el momento máximo del eje es de 15,92 N.m, también se comparó las reacciones obtenidas anteriormente, siendo estas correctas. El eje va a estar sometido a esfuerzos de flexión y torsión. Se tomó el dato de 1.1/4 pulgadas de diámetro del eje ya que es un diámetro comercial y observar si el factor de seguridad cumple, de ser demasiado alto el factor de seguridad se tendría q realizar una nueva interacción, para que no esté sobre dimensionado, además tomar en cuenta que luego se realizó el análisis a fatiga.

Esfuerzo de flexión.

$$\sigma = \frac{32M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma = \frac{32(15,92 \text{ N.m})}{\pi * (0,03175\text{m})^3} = 6420259,33 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 64,2 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo de torsión

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16(44,40N \cdot m)}{\pi(0,03175m)^3} = 4088633,221 Pa$$

$$\tau = 40,88 Mpa$$

Esfuerzo equivalente

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(64,2)^2 + 3(40,88)^2} = 155,57 Mpa$$

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = \frac{375}{155,57} = 2,41$$

Con este factor de seguridad se puede aceptar el diámetro del eje, pero esto solo es para un análisis estático, ahora este diámetro se debe verificar dentro de un análisis dinámico a fatiga, ya que es donde se tiene mayor probabilidad de que el factor de seguridad disminuya.

3.9.3.2. Análisis a fatiga

Para este análisis se utiliza la norma ASME B106.1M para el diseño del eje, ya que esta norma está basada en datos experimentales, por lo que constituye un método de cálculo adecuado. Como el eje se encuentra girando el esfuerzo de flexión tendrá una configuración inversamente, donde σ_m será cero, y el esfuerzo de torsión será constante donde τ_a es cero.

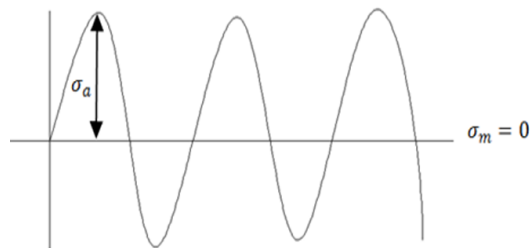


Ilustración 3- 36: Esfuerzo de flexión fluctuante inversamente

Realizado por: Erazo B., 2024

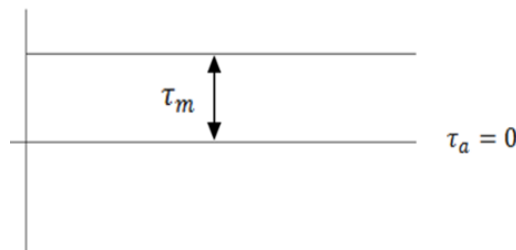


Ilustración 3- 37: Esfuerzo de torsión constante

Realizado por: Erazo B., 2024

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

Donde:

$K_f =$ factor de concentración de esfuerzos

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$q =$ sensibilidad de la muesca

$K_t =$ factor de concentración de esfuerzos

$K_{fs} =$ factor de concentración de esfuerzos de corte

$$K_{fs} = 1 + q_{shear}(K_{ts} - 1)$$

$$Se = K_a K_b K_c K_d K_e K_f Se' \quad (35)$$

Donde:

$K_a =$ factor de la condición superficial

$K_b =$ factor de tamaño

$K_c =$ factor de confiabilidad

$K_d =$ factor de temperatura

$K_g =$ factor de efectos varios

$$Se' = 0,5 * S_{ut}$$

$$K_a = a S_{ut}^b \quad (36)$$

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

Ilustración 3- 38:Factor a y b de acabado superficial

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$K_a = 4.51(440Mpa)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,89$$

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0.107} \quad \text{cuando } 2,79 \leq d \leq 51mm \quad (37)$$

$$K_b = \left(\frac{38,1}{7,62}\right)^{-0.107}$$

$$K_b = 0,84$$

K_b al 99 % se tiene de 0,814

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Ilustración 3- 39: Factor de temperatura

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$Kd = 1$$

En el factor de efectos varios de debe tomar en cuenta la corrosión, proceso de manufactura, esfuerzos residuales y recubrimientos en general se puede tomar el valor de 1.

$$K_g = 1$$

$$Se = 0,89 * 0,84 * 0,814 * 1 * 1 * 0,5 * 440$$

$$Se = 133,88Mpa$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Para el valor de q si no se conoce, se debe ser conservador y optar por el valor de 1,

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Ilustración 3- 40: factor de concentración de esfuerzo K_t

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$K_f = 1 + 1(2,7 - 1) = 2,7$$

$$K_{fs} = 1 + 1(2,2 - 1) = 2,2$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi (31,75mm)^3} \left[4 \left(\frac{(2,7)(15920 N \cdot mm)}{13,88Mpa} \right)^2 + 3 \left(\frac{(2,2)(44400N \cdot mm)}{370Mpa} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$n = 2,26$$

Luego de haber realizar los cálculos respectivos del eje a condiciones estáticas y dinámicas, se observó que tiene un factor de seguridad de 2,26 lo cual indica que el diámetro escogido es apto para este trabajo, teniendo como diámetro 1 ¼ pulgadas, o equivalente a 31,75mm.

3.9.3.3. Análisis de rigidez

Las cargas aplicadas sobre el eje producen diferentes tipos de deformaciones, es necesario que estas sean suficientemente pequeñas, de lo contrario pueden producir efectos no deseados, como golpeteos, vibraciones excesivas, imprecisión en la transmisión del movimiento.

Las deflexiones excesivas son muy perjudiciales, porque provocan sobrecargas en cojinetes, vibración, y producen grandes aumentos de los esfuerzos lo que producirán el fallo del eje. Un valor recomendado para limitar estas deflexiones es:

$$Y_{m\acute{a}x} = 0,0003L \quad (38)$$

Donde:

$Y_{m\acute{a}x}$ = deflexión máxima permitida

L = longitud que existen entre rodamientos

$$Y_{m\acute{a}x} = 0,0003(710mm)$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 0,213 \text{ mm}$$

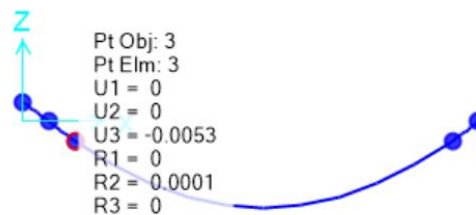


Ilustración 3- 41: Deflexión máxima a comparación de todos los puntos

Realizado por: Erazo B., 2024

$$Y_c = \sqrt{(0,0053)^2} = 0,0053mm$$

$$Y_c \leq Y_{m\acute{a}x}$$

Con estos datos obtenidos de Sap2000 podemos verificar si superamos la deflexión máxima permitida ya que tenemos $Y_c \leq Y_{m\acute{a}x}$ por lo tanto esta dentro del rango permitido.

3.9.3.4 Velocidad crítica

Para la velocidad crítica se toma en cuenta el criterio de Rayleigh-Rit, donde se utilizan las deformaciones con todos los pesos actuando, se sigue utilizando SAP para obtener esos valores en mm.

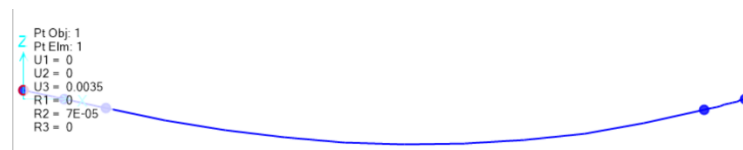


Ilustración 3- 42:Deflexión en el primer punto

Realizado por: Erazo B., 2024



Ilustración 3- 43: Deflexión en el segundo punto

Realizado por: Erazo B., 2024

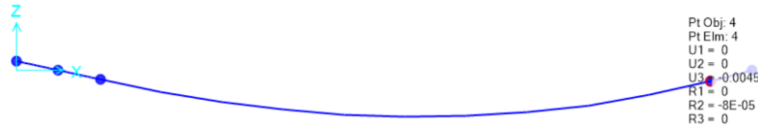


Ilustración 3- 44: Deflexión en el 3 punto

Realizado por: Erazo B., 2024

velocidad crítica va a ser igual a:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sum w \delta}{\sum w \delta^2}} \quad (39)$$

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{9810((24,5)(0,0035) + (54,92)(0,0038) + (54,92)(0,0045))}{(24,5)(0,0035)^2 + (54,92)(0,0038)^2 + (54,92)(0,0045)^2}}$$

$$n = \frac{30}{\pi} (776,075) = 7410,97 \text{ rpm}$$

3.9.4. Cálculo de chaveta

Una chaveta tiene la función de transmitir el par de torsión completo, también tiene la función de un sistema de seguridad, en caso de un incremento drástico en las condiciones de carga, esta fallará por cortante. Podemos utilizar un acero A36, las cuñas fallan principalmente por corte o compresión. Primer seleccionamos las dimensiones de la cuña, en este caso para un eje de 1 ½ pulgadas tenemos un valor de w=1/4 pulgadas = 6,35 mm, h= 5/16 pulgadas=7,93 mm y una profundidad de 1.5 pulgada=38,1 mm

3.9.4.1. Falla debido al corte de la cuña

$$\tau_{diseño} = \frac{2T}{dwl} \leq \frac{Ssy}{2,26} \quad (40)$$

Donde:

$wl = \text{area soportada a corte}$

$d = \text{diámetro}$

$$\frac{2(0,0444 \text{ N. mm})}{(0,0317)(0,00635)(0,00793) \text{ mm}} \leq \frac{125 \text{ Mpa}}{2,26}$$

$$42,884 \leq 55,309 \text{ ok}$$

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$

Ilustración 3- 45:Cuñas cuadradas o rectangulares

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

3.9.4.2. Falla debido a la compresión de la cuña

$$\sigma = \frac{4T}{dlh/2} \leq \frac{Sy}{n} \quad (41)$$

$$\sigma = \frac{4(0,044N \cdot mm)}{\frac{(0,0317)(0,00635)(0,00381)mm}{2}} \leq \frac{250}{2,26}$$

$$79,94 \leq 110,619 \text{ ok}$$

Con estas dimensiones seleccionadas de la cuña, se comprueba que, por corte o compresión, no fallará, lo cual indica que tiene una configuración correcta.

3.9.5. Selección tipo de chumaceras

Los soportes que incorporan rodamientos en el eje Y no resultan adecuados en situaciones donde se requieren apoyos libres, ya que estos rodamientos no permiten el desplazamiento axial, limitándose únicamente a cargas radiales. La fabricación de estos rodamientos o chumaceras es diversa, y los principales fabricantes y distribuidores a nivel global ofrecen catálogos que contienen información detallada sobre sus productos.

Las chumaceras pueden ser, de tipo pared o piso, también simples o económicas, en este caso las chumaceras que se escogió fueron las de piso ya que esta se ubicará en un ángulo de 50x50x3, que está ubicado en la estructura en la parte frontal y trasera.

3.9.6. Selección de rodamientos

En los rodamientos tienen un tiempo determinado de horas de funcionamiento (L_{10}), y para maquinas agrícolas se puede escoger en 4000 a 8000 horas, se para el cálculo se seleccionó un total de 5000 horas de vida, con lo calculado anteriormente se obtuvo una carga radial que actúa en un rodamiento que fue de 431,41N con estos datos podemos seleccionar un rodamiento adecuado a estas condiciones.

$$C' = \frac{fh}{fn} P \quad (42)$$

Donde:

$C' =$ capacidad dinámica requerida

$fh =$ factor de vida

$fn =$ factor de velocidad

$P =$ carga radial

$$fh = \left(\frac{L_{10}}{500}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ para rodamiento de bolas} \quad (43)$$

Donde:

$L_{10} =$ horas de funcionamiento

$$fh = 2,15$$

$$fn = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ para rodamiento de bolas} \quad (44)$$

Donde:

$n =$ revoluciones por minuto

$$fn = \left(\frac{33,3}{400rpm}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,346$$

$$P = XFr + YFa$$

$$P = 1(461,4N) = 431,41 \text{ N}$$

$$C' = \frac{2,15}{0,346} (431,41)$$

$$C' = 2680N = 2,680KN$$

Con este dato ya se puede seleccionar el rodamiento, se usó el catálogo TFN para rodamiento de bolas, y se escogió el 6808 ZZ las z significa que viene con tapas, esto ayuda a que no entren fácilmente impurezas al rodamiento. Las dimensiones de este rodamiento son $d=40\text{mm}$, $D=52\text{mm}$, $B=7 \text{ mm}$, $Cr=5,10 \text{ KN}$ y $Cor=4,40 \text{ KN}$.

como $C' < Cr$ este durará mas

Se debe recalcular el factor de vida y el número de horas

$$fh = \frac{Fn * Cr}{P}$$

$$fh = \frac{0,346 * 5,10KN}{0,431KN}$$

$$fh = 2,509$$

$$L_{10} = 500(2,509)^3$$

$$L_{10} = 7897,17 \text{ h}$$

$$L_{10} = 7000 \text{ h}$$

Este dato puede servir en un plan de mantenimiento, especificando que cada 7000 horas se debe reemplazar este rodamiento.

3.9.7. Selección de forma de unión

3.9.7.1. Junta permanente

Todos los elementos de la estructura de la desgranadora tanto la perfiles como las chapas metálicas que forman el recubrimiento exterior, fueron diseñados con acero ASTM A36. Aunque la soldadura es un proceso de ensamblaje económico, la generación de calor y la fusión localizada del acero pueden ocasionar cambios significativos en la microestructura. Estos cambios pueden afectar las propiedades del material en la unión soldada, especialmente su resistencia, ductilidad/formalidad y resistencia a la corrosión, en comparación con el material original sin soldar. Por lo tanto, es fundamental prestar especial atención a la elección adecuada del método de soldadura en este caso se puede utilizar soldadura MIG.

3.9.7.2. Diseño de la junta permanente

Una de las principales juntas críticas se está provocando como muestra la siguiente ilustración, el cual está soportando el peso de la criba, la tolva de entrada de mazorca de maíz, la cubierta, que da un total de 20Kg o 196.133 N según la tabla 3-17, por eso se debe realizar ahí un análisis.

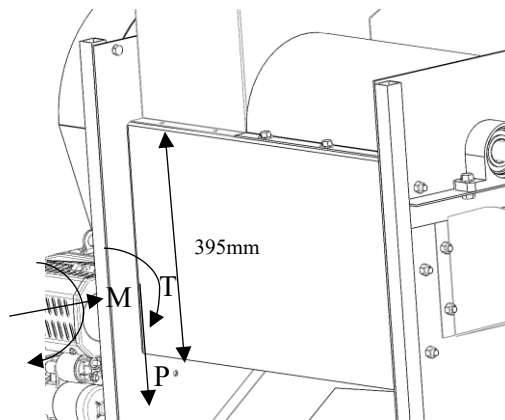


Ilustración 3- 46:Junta crítica en la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

En la junta se está produciendo, corte primario por el peso, trasladado la fuerza tenemos un corte secundario producido por torsión, y m es un corte secundario producido por flexión.

$$v = 196,133 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{v}{A}$$


Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.70 \text{ hd}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$

Ilustración 3- 47: Propiedades torsionales de soldadura de filete

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$A = 0,70hd$$

$$A = 0,70h(395mm)$$

$$A = 276,5h$$

$$\tau' = \frac{196,133 N}{276,5h} = \frac{0,71}{h}$$

Corte secundario

$$\tau'' = \frac{T * r}{0,707h * Ju}$$

$$Ju = \frac{d^3}{12} = \frac{(395)^3}{12} = 5135822,9$$

$$r = \frac{395}{2} = 197,5$$

$$\tau'' = \frac{(196,133 * 176,5) * (197,5)}{0,707h * 5135822,9}$$

$$\tau'' = \frac{1,88}{h}$$

$$\tau = \tau' + \tau'' = \frac{2,59}{h}$$

El valor de la flexión se multiplicará por la mitad de 710 mm ya que ahí se encuentra el punto medio del peso que se está analizando. También tomar en cuenta que se utiliza soldadura MIG con un rollo ER60S.

$$M = 196,133 N * 355mm = 69627,215Nmm$$


Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$

Ilustración 3- 48:Propiedades flexionantes de soldadura de filete

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$I_u = \frac{d^3}{12} = \frac{(395)^3}{12} = 5135822,9$$

$$\tau'' = \frac{M * c}{0,707h} = \frac{69627,215 * 197,5}{0,707h * 5135822,9} = \frac{3,78}{h}$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{2,59}{h}\right)^2 + \left(\frac{3,78}{h}\right)^2} = \frac{Ssy}{n}$$

$$\sqrt{\left(\frac{2,59}{h}\right)^2 + \left(\frac{3,78}{h}\right)^2} = \frac{0,5(345)}{2,28}$$

$$h = 1,06mm$$

Otra junta soldada crítica se tiene en la parte donde se ubican las barras tipo carretilla, específicamente en la unión de estas barras con la estructura de la máquina, como se observa en la ilustración 3-64, es por eso que se realiza otro análisis en esta parte.

Como las barras deben levantar el peso de la estructura, en cada barra levantarla la mitad de esta, entonces la carga P a tener es 425 N. Con este dato se continua con el cálculo, el radio de la barra es de 1 ¼ de pulgada.

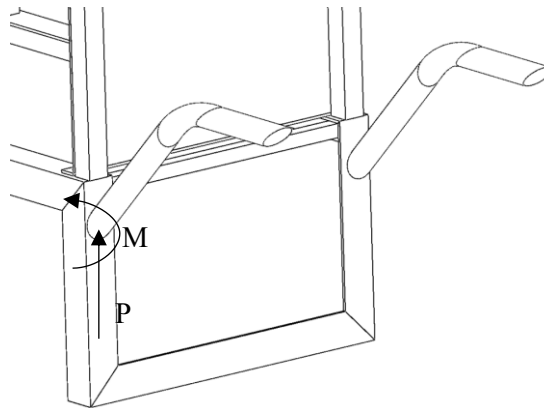


Ilustración 3- 49: Unión barras tipo carretilla con la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024


	$A = 1.414 \pi hr$	$J_u = 2\pi r^3$
---	--------------------	------------------

Ilustración 3- 50: Propiedades torsionales de soldadura

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$A = 1,414\pi hr$$

$$A = 1,414h(99,74mm)$$

$$A = 141,04h$$

$$\tau' = \frac{850 N}{141,04h} = \frac{6,026}{h}$$

Como la longitud donde se aplica la carga P a la unión se produce un momento M, el cual está dado por:

$$M = 850 N * 300mm = 255000N. mm$$

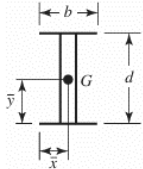

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

Ilustración 3- 51: Propiedades flexionantes para soldadura circular

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

$$I_u = \pi r^3 = \pi(31,75\text{mm})^3 = 100549,75$$

$$\tau'' = \frac{M * c}{0,707h} = \frac{255000 * 15,875}{0,707h * 100549,75} = \frac{56,94}{h}$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{6,026}{h}\right)^2 + \left(\frac{56,94}{h}\right)^2} = \frac{S_{sy}}{n}$$

$$\sqrt{\left(\frac{6,026}{h}\right)^2 + \left(\frac{56,94}{h}\right)^2} = \frac{0,5(345)}{2,28}$$

$$h = 1,5\text{mm}$$

El diseño de las juntas que se utilizaron en la desgranadora debe garantizar una resistencia apropiada y un buen desempeño durante el tiempo de vida útil de la máquina, con soldadura a tope, en las soldaduras a tope necesariamente se garantizó un CJP, mientras que en la soldadura de filete no es necesario realizar una penetración completa siempre y cuando se suelden ambos lados para evitar la existencia de rendijas. Para saber cuál es el grosor del cordón de soldadura a emplear, se utilizó la norma AWS D1.1, en la que se detalla las recomendaciones de apertura de la raíz, tamaño del cordón, entre otros (AWS D1.1, 2019). El esquema de las juntas aplicadas para la soldadura de las planchas y perfiles se muestra en las siguientes ilustraciones.

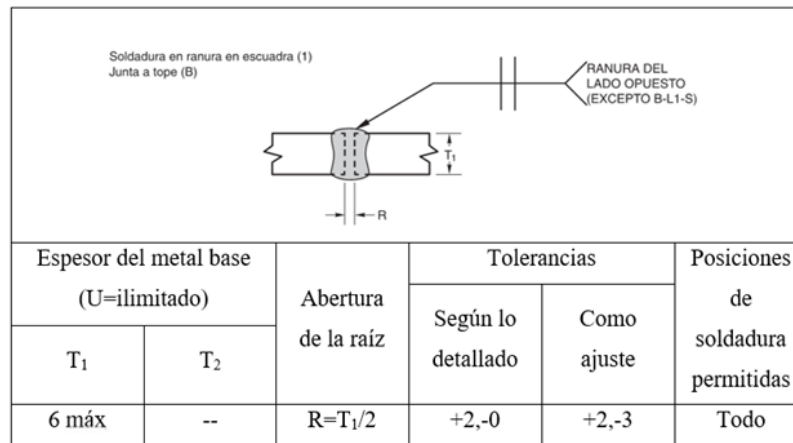


Ilustración 3- 52: Detalles de la junta a tope precalificada en milímetros

Fuente:(AWS D1.1, 2019)

Espesor del metal base	Abertura de la raíz	Tolerancias		Posiciones de soldadura permitidas
		Según lo detallado	Según acoplamiento	
T_1 o T_2	R=0	+2,-0	5 máx	Todo
< 75				

Ilustración 3- 53: Detalles de la junta a tope precalifica en milímetros

Fuente: (AWS D1.1, 2019)

El tamaño de la soldadura de filete está dado por las recomendaciones de la sección 7.3 y la tabla 5.1. de la norma AWS D1.1, en donde para espesores menores a 8 mm el ancho del cordón de soldadura debe ser igual al espesor menor de los materiales por soldar(AWS D1.1 2019).

3.9.7.3. Diseño de juntas empernadas

El diseño de juntas empernadas se puede tener algunos tipos de esfuerzos que puede estar sometido, como son a corte o a tracción, en este caso la estructura en esta parte está sometida a tracción como se observa en la ilustración. El peso que está soportando es de la criba, la tolva de alimentación, las tapas laterales mismas y la tolva superior, esto es un total de 90,11 N según la Tabla 3- 17, pero este valor se divide para dos porque se tiene otra tolva al frente con la misma configuración entonces el valor sería 45,05 N.

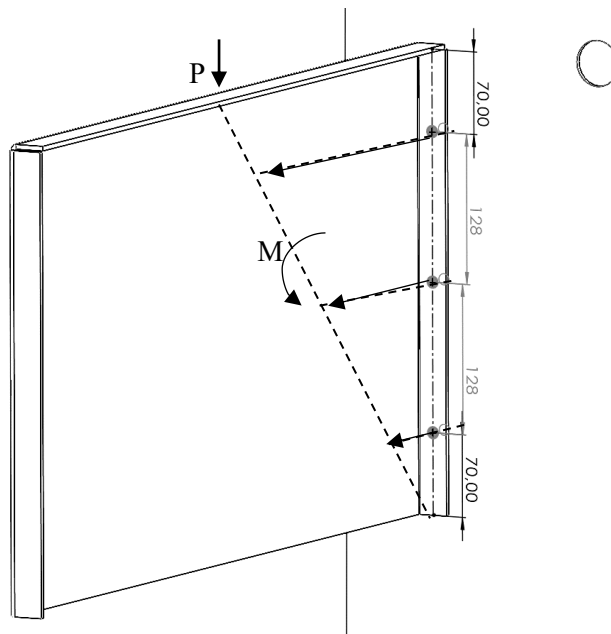


Ilustración 3- 54: Junta empernada sometida a tracción

Realizado por: Erazo B., 2024

$$F_{Fi} = \frac{M * r_i}{\sum r_i^2} \quad (45)$$

$$M = P * e \quad (46)$$

Donde

M = momento

P = fuerza producida

e = distancia entre la fila de pernos

$$M = 45,05N * 355 \text{ mm} = 15992,75 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_{F1} = \frac{15992,75 \text{ N} \cdot \text{mm}(70)}{150380 \text{ mm}}$$

$$F_{F1} = 7,44 \text{ N}$$

$$F_{F2} = \frac{15992,75 \text{ N} \cdot \text{mm}(198)}{150380 \text{ mm}}$$

$$F_{F2} = 21,057 \text{ N}$$

$$F_{F3} = \frac{15992,75 \text{ N} \cdot \text{mm}(326)}{150380 \text{ mm}}$$

$$F_{F3} = 34,66 \text{ N} = P$$

$$F'_1 = F_{F1}; F'_2 = F_{F2}; F'_3 = F_{F3}$$

Ahora se ve la pretensión que tendría el perno y es necesario saber el material de este, como condición se escoge un material SAE de acero de bajo carbono que tiene como resistencia a la prueba 33 Kpsi o 227 Mpa, y un Sy de 36kpsi o 250 Mpa (Anexo 10), la condición del perno se puede ver en las siguientes ilustraciones.









Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Ilustración 3- 55: Especificaciones SAE para pernos de acero

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

Ilustración 3- 56: Condiciones del perno

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

Entonces se tomó el valor de 0.30 porque el perno no tiene recubrimiento y es acabado en negro, se debe tener en cuenta el pretensado.

$$F_i = 0,75 * Sp * At \quad (47)$$

Donde:

F_i = pretensado para conexiones reutilizables

Sp = resistencia de prueba

At = área de esfuerzo de tensión

Un perno sometido a una carga de tracción y con una pretensión adquiere un esfuerzo axial, el mismo no debe superar el valor de la resistencia de fluencia.

$$F_i = 0,75 * 227 \text{ Mpa} * At$$

$$F_i = 170,25At$$

$$\frac{F_i}{At} + \frac{n * c * P}{At} = Sy \quad (48)$$

$$\frac{170,25At}{At} + \frac{2,28 * 0,3 * 34,66 \text{ N}}{At} = 250 \text{ Mpa}$$

$$At = 29 \text{ mm}^2$$

Con este resultado transformándolo 0.04495 in^2 se puede escoger un perno UNC 5/16 Grado 1, ya que tiene un área de diámetro menor $0,067 \text{ in}^2$

Ahora otra junta empernada crítica, es la de que está unida a la base, que esta actuará cuando la máquina desgranadora sea levantada cierto ángulo, creará una fuerza y momentos en los pernos de la base que por eso es importante ver el tamaño de estos. De esta forma trasladando las fuerzas se tendría una configuración de la siguiente manera.

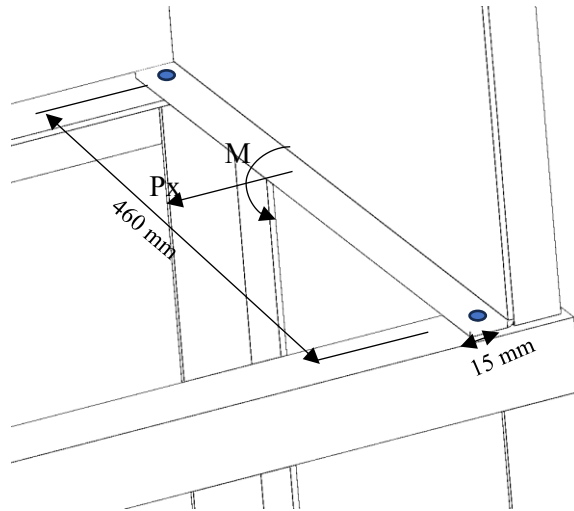


Ilustración 3- 57: Junta emperrada sometida a corte y tracción

Realizado por: Erazo B., 2024

El peso que tendrá que soportar depende del ángulo que se forme, de forma experimental y tomando medidas de cuanto un operario puede elevar la desgranadora, se tiene un valor de 200 mm o 20cm, con esta medida y el largo de la desgranadora que es de 130cm, se obtiene un ángulo de trabajo de 15° , el peso que soporta es de la parte superior sin incluir la base y se obtuvo el valor de 401,35 N.

$$Px = \text{sen}15 * 401,35N$$

$$Px = 103,87 N$$

$$V'_i = \frac{Px}{\#p} \quad (49)$$

Donde:

$$V'_i = \text{corte primario}$$

$$Px = \text{fuerza de corte}$$

$$\#p = \text{número de pernos}$$

$$V'_i = \frac{103,87}{2}$$

$$V'_i = 51,93 N$$

para ver donde se encuentra el centro de masa de la parte superior se utiliza la opción de propiedades de masa de SolidWorks y ver la distancia que se Encuentra y poder tener el momento que se produce.

Centro de masa: (milímetros)	
X = 289.14	
Y = 454.53	
Z = -72.39	
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros Medido desde el centro de masa.	
lx = (0.00, -0.50, 0.87)	Px = 4052601547.44
ly = (0.04, -0.87, -0.50)	Py = 10083254272.95
lz = (1.00, 0.03, 0.02)	Pz = 11665154052.15

Ilustración 3- 58: Centro de masa

Realizado por: Erazo B., 2024

$$M = 103,87N * 454,43mm$$

$$M = 47201,64 N. mm$$

$$F_{Fi} = \frac{M * r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{F1} = \frac{(47201,64N. mm) * 15mm}{(15mm)^2}$$

$$F_{F1} = 3146,77 N$$

$$F'_1 = \frac{F_{F1}}{2} = \frac{3146,77}{2} = 1573,38 N$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \tag{ 50 }$$

Donde:

σ_{eq} = *esfuerzo combinados*

σ = *esfuerzo a tracción*

τ = *esfuerzo a corte*

$$\tau = n \frac{V}{At}$$

$$\tau = 2,28 \frac{51,93 N}{At}$$

$$\sigma = \frac{170,25At}{At} + \frac{2,28 * 0,3 * 1573,38 N}{At}$$

$$\sigma_{eq} = Sy = \sqrt{\left(\frac{118,4 N}{At}\right)^2 + 3\left(\frac{170,25At}{At} + \frac{1076,192N}{At}\right)^2}$$

$$250 Mpa = \sqrt{\left(\frac{118,4 N}{At}\right)^2 + 3\left(170,25 + \frac{1076,192N}{At}\right)^2}$$

$$At = 43mm^2$$

Con este dato se puede transformar a pulgadas cuadradas que es igual a 0.06066 *pulg*² con esto indica que se puede usar un perno UNC 3/8 grado 1.

3.10. Análisis de la estructura

Para evaluar si la máquina cuenta con un diseño de la estructura o soporte apropiado, tiene que resistir y soportar tanto, los esfuerzos producidos debido al torque del motor, pesos presentes en cada elemento, para esto se realizó un análisis del elemento finito (FEA) con el software Ansys Work Bench 2024. Para llevar a cabo el análisis mediante el método de elementos finitos, es necesario contar con parámetros que definan las características del diseño. Entre las características, se incluye el tipo de material y las dimensiones que constituirá toda la estructura destinada a soportar las cargas. En este contexto, se ha determinado que el material utilizado será acero ASTM A36.

Tabla 3- 18: Cargas a soportar en la estructura

Descripción	Peso (N)
Tolva de alimentación	19,34
Tapa de tolva	16,16
Tapa Frontal	25,43
Tapa Trasera	25,01
Tapa lado derecho	19,01
Tapa lado izquierdo	19,01
Tapa superior	9,61
Criba	16,61
Cilindro desgranador	85,83
Eje	78,33
Chumaceras	19,94
Polea de 15 pulgadas	24,5
Polea de 4 pulgadas	9,22
Mazorcas de maíz	26,28
Motor	373.3
Peso total	750,58

Realizado por: Erazo B., 2024

3.10.1. Selección de las ruedas

El proceso de selección de las ruedas en para esta máquina, primero se debe saber el peso total de esta, lo cual se muestra en la tabla 3-17, ahora con este peso que es un total de 750,58 N es decir 76,45 Kg, se puede obtener el valor a soportar por parte de las ruedas. Con esta selección también se obtiene el diámetro del eje para las ruedas ya que ya viene dado el diámetro que necesita este. En el mercado nacional se encontró dos tipos de llantas, macizas y neumáticas, las llantas sólidas no se tienen para cargas superiores a 40 Kg, al contrario de las neumáticas que se logró encontrar

llantas que soportan 135Kg, a un precio de 6 dólares por llanta, por estos datos se eligió una llanta neumática de 8 pulgadas con un eje de 18 mm de diámetro o ¾ de pulgada.

3.10.2. Comportamiento de la estructura

Con estos datos se procede a analizar la estructura definiendo contactos, material, cargas, soportes, introduciendo un módulo estructural en el software y poder ver el desempeño de esta estructura con estas cargas, para construir la estructura se empleará perfiles angulares 50x50x3mm. Aplicando las cargas y considerando el material a ser empleado para la estructura se procede a simular su comportamiento.

Properties of Outline Row 5: ASTM A36			
A	B	C	D E
Property	Value	Unit	
Material Field Variables	Table		
Density	7850	kg m^-3	
Isotropic Elasticity			
Derive from	Young's Modulus and Poisson...		
Young's Modulus	2E+05	MPa	
Poisson's Ratio	0,26		
Bulk Modulus	1,3889E+11	Pa	
Shear Modulus	7,9365E+10	Pa	
Tensile Yield Strength	250	MPa	
Compressive Yield Strength	250	MPa	
Tensile Ultimate Strength	400	MPa	
Compressive Ultimate Strength	400	MPa	

Ilustración 3- 59: Definición de material con sus propiedades

Realizado por: Erazo B., 2024

Se debe tomar en cuenta el tipo de unión que tiene los perfiles entre sí, cuando una unión es soldada se debe escoger la opción bounded en el gestor análisis, si se tiene una unión emperrada existe la opción de No Separation, eso se aplicó a cada una de las uniones tomando estas consideraciones.

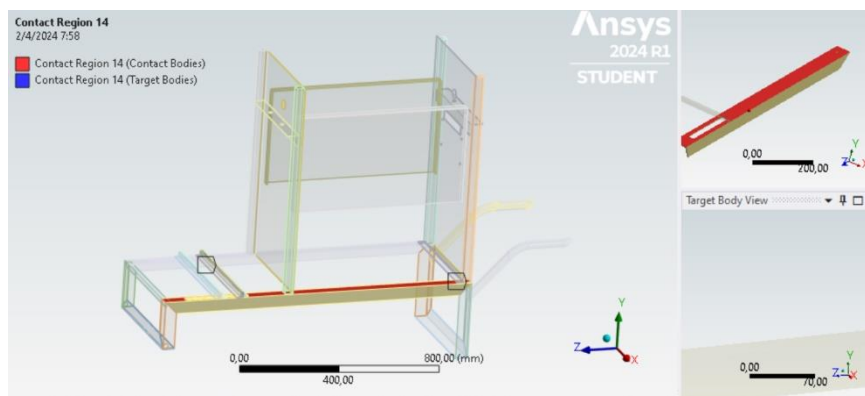


Ilustración 3- 60: uniones entre perfiles

Realizado por: Erazo B., 2024

Se tiene que realizar un buen mallado, ya que mientras más pequeñas y uniformes sean entre nodos, la calidad de malla aumenta y eso afecta a los resultados al momento de realizar el análisis. También se colocó las cargas que interviene y los soportes, estos soportes en este caso fueron uno fijo y otro móvil en el eje z.

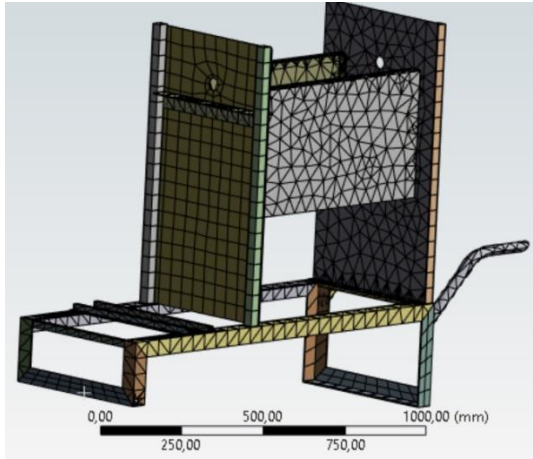


Ilustración 3- 61: mallado de la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

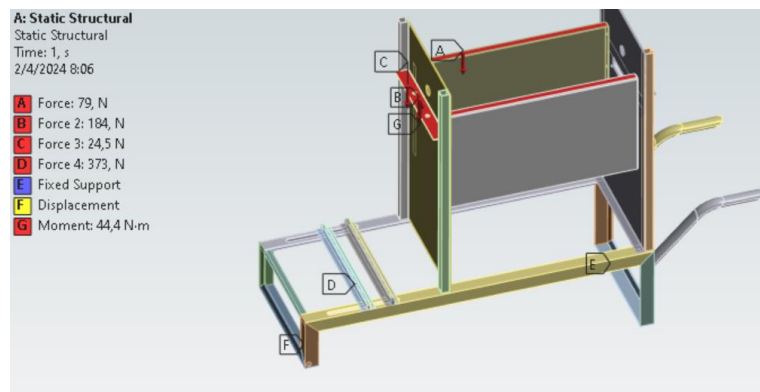


Ilustración 3- 62: Fuerzas que intervienen en la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

La simulación del análisis de desplazamiento máximo se indica en la siguiente ilustración

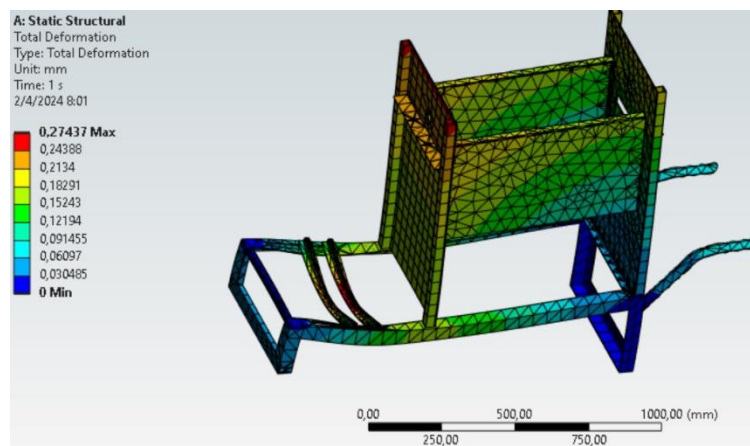


Ilustración 3- 63:Deformaciones totales en la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

La simulación del esfuerzo máximo que puede sufrir la estructura es la siguiente:

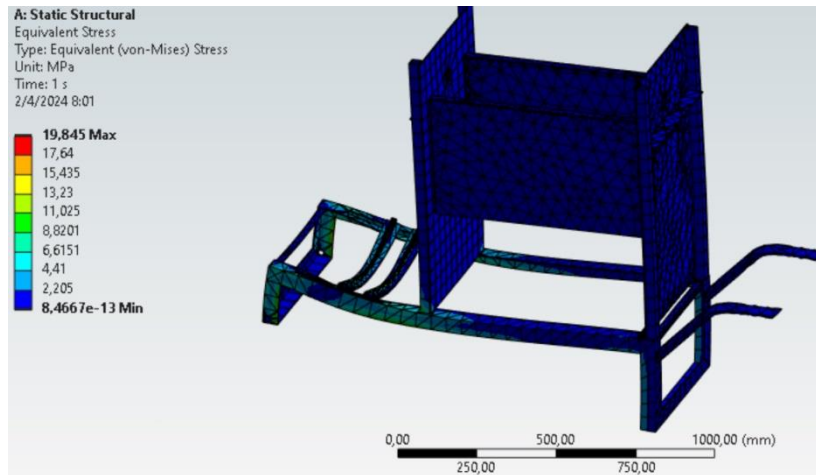


Ilustración 3- 64: esfuerzo máximo en la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

A continuación, el factor de seguridad presente en la simulación:

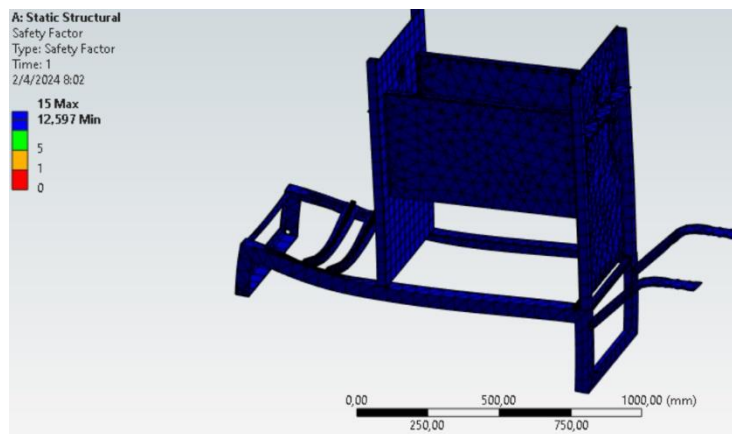


Ilustración 3- 65: factor de seguridad en la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

Una vez analizado el diseño de la estructura, se observa que se tiene resultados satisfactorios a esta configuración de la estructura, teniendo como máximo desplazamiento de 0,2 milímetros, el factor de seguridad que se llegó a obtener fue de entre 11 y 15 en casi todas las partes de esta. Para la parte de las barras que ayudaran a transportar la máquina desgranadora, se realizó un análisis aparte para observar de mejor manera el comportamiento de esta parte de la estructura, y con la configuración escogida se tubo los siguientes resultados.

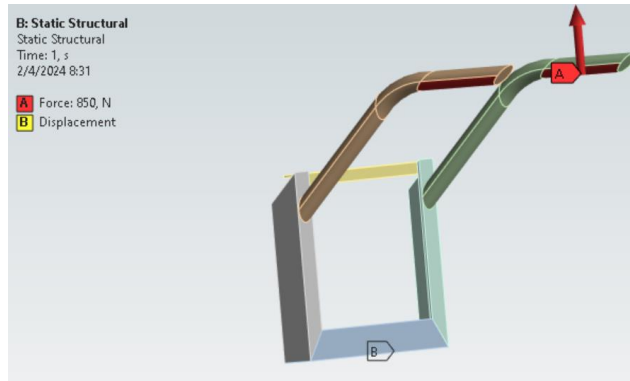


Ilustración 3- 66: Fuerza que interviene en las barras

Realizado por: Erazo B., 2024

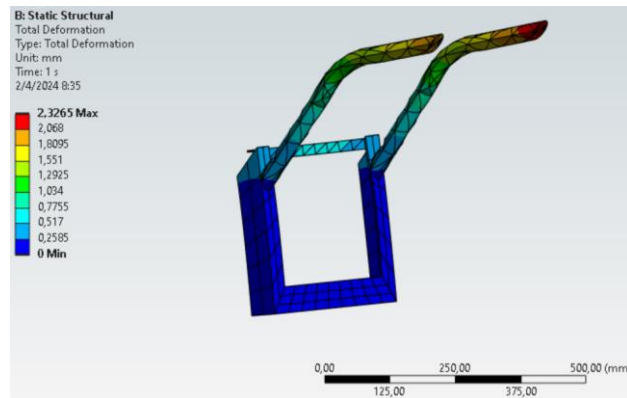


Ilustración 3- 67: Deformación total en las barras

Realizado por: Erazo B., 2024

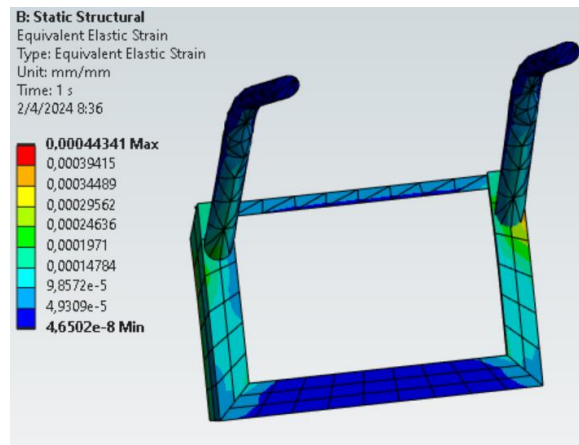


Ilustración 3- 68: Lugar donde el esfuerzo máximo se produce

Realizado por: Erazo B., 2024

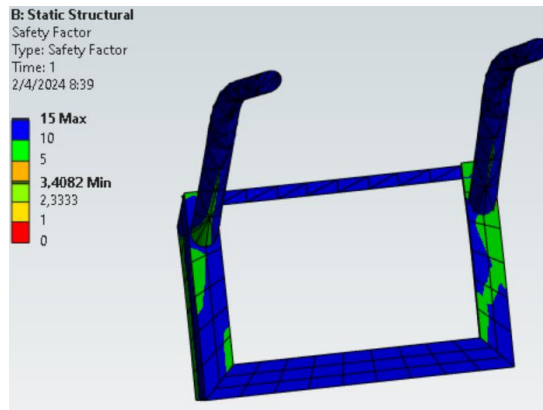


Ilustración 3- 69: Factor de seguridad máximo y mínimo

Realizado por: Erazo B., 2024

Al realizar el análisis de las barras tipo carretilla, se tiene resultados satisfactorios a esta configuración de las barras, teniendo como máximo desplazamiento de 2 milímetros, como se observa en la ilustración 3-62, además el factor de seguridad que se llegó a obtener fue de entre 3 y 15. En el esfuerzo equivalente se observa que las partes más vulnerables se están produciendo en la unión de la barra con la estructura.

También es necesario realizar un análisis modal de la estructura, para observar sus frecuencias naturales. Conocer las frecuencias naturales de una estructura es crucial para evitar la resonancia, una condición en la que la frecuencia de excitación coincide con una frecuencia natural, lo que puede llevar a amplitudes de vibración peligrosamente altas y potencialmente a fallos estructurales.

Entonces se comparten las mismas características del análisis estructural al modal.

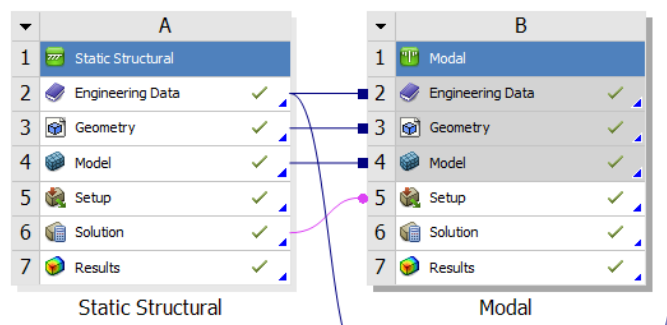


Ilustración 3- 70:Características compartidas al bloque modal

Realizado por: Erazo B., 2024

Con esto se puede realizar el análisis para ver si coincide las rpm con una frecuencia natural de la estructura y evitar la resonancia.

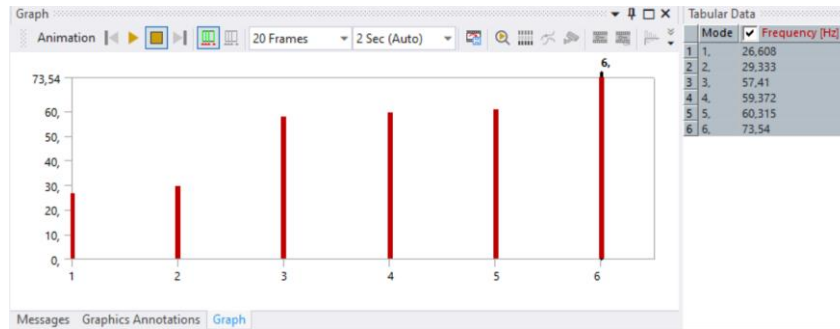


Ilustración 3- 71: Frecuencias naturales de la estructura

Realizado por: Erazo B., 2024

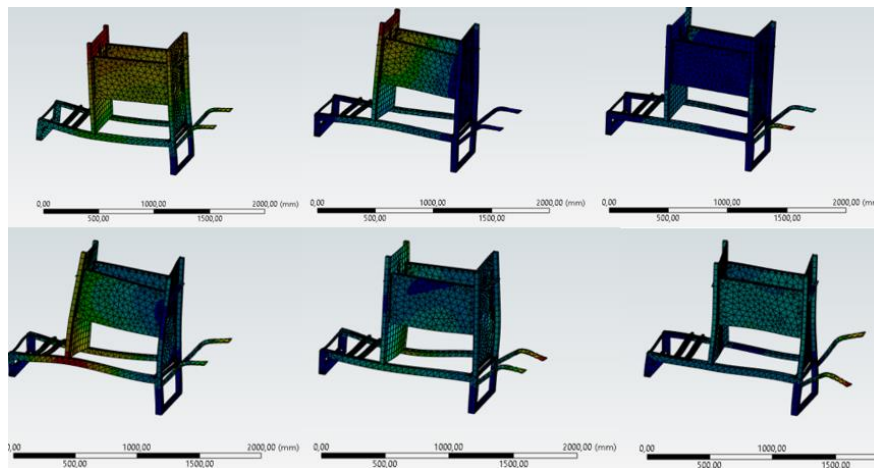


Ilustración 3- 72: Comportamiento de la estructura en los 6 modos

Realizado por: Erazo B., 2024

La frecuencia operativa de la máquina es de 400 rpm (6.67 Hz) no coincide ni está cerca de ninguna de las frecuencias naturales de la estructura que se ha identificado. Las frecuencias naturales más cercanas son 26.608 Hz y 29.333 Hz, pero hay una diferencia significativa entre 6.67 Hz y estas frecuencias naturales. Por lo tanto, la máquina desgranadora no tiende a resonancia cuando esta opera a 400 rpm, ya que la frecuencia operativa 6.67 Hz está lejos de las frecuencias naturales de la estructura. También verificando la frecuencia a las revoluciones operativas que tiene el motor son de 2500 rpm (41,6 Hz) aun así la más cercana es la de 57 Hz, lo cual no tendría problemas de resonancia.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del diseño conceptual

4.1.1. Resultados del análisis en el módulo 1 - sistema de desgranado

Con el análisis para la solución más viable de acuerdo con las opciones que se disponía dentro del capítulo 3, en la sección 3.8. se obtuvo lo siguiente.

Tabla 4- 1: Resultados del sistema de desgranado

Elemento	Dimensiones mm [in]	Material
Dado desgranador	Varilla lisa de Ø3/4 [in]x 60mm	ASTM A36
Cilindro	Tubo Ø3 [in]x 2 mm esp.	ASTM A36
Criba	Plancha 730mm x 460mm x 2mm	ASTM A 36
Tapa superior	Plancha 500mm x 460mm x 2mm	ASTM A 36

Realizado por: Erazo B., 2024

4.1.2. Resultados del análisis en el módulo 2 - sistema de transmisión de potencia

Tabla 4- 2: Resultados del sistema de transmisión de potencia

Elemento	Dimensiones mm [in]	Material
Motor	400x200x300mm	-
Polea motriz	Ø16 [in]	Aluminio 6061
Polea conducida	Ø4 [in]	Aluminio 6061
Correa	PHG A73	Poliéster
Eje	Ø1 ¼ [in]	AISI 1018
Chaveta	9x6x30mm	A36
Rodamiento	Ø1 ¼ [in] 6808 ZZ de piso	-

Realizado por: Erazo B., 2024

4.1.3. Resultados del análisis en el módulo 3 – estructura

Elemento	Dimensiones mm [in]	Material
Base	350mm x 1300mm x 500mm	ASTM A36
Tapas laterales	730mm x 400mm x 2mm	ASTM A36
Tapa frontal y trasera	730mm x 400mm x 2mm	ASTM A36
Tolva de entrada	454mm x 350mm x 2mm	ASTM A36
Tolva de salida de tusa	202mm x 150mm x 2mm	ASTM A36
Zaranda	400mm x 730 mm	-
Eje	Ø1 [in]	AISI 1018
Ruedas	Ø8 [in] x 100 mm	Caucho

Realizado por: Erazo B., 2024

4.2. Construcción de la máquina desgranadora de maíz

4.2.1. Proceso de construcción

La creación de desgranadora de maíz demanda habilidades técnicas y comprensión en materia de seguridad. Es esencial garantizar el cumplimiento de todas normas y buscar el asesoramiento de profesionales antes de iniciar el proceso de construcción. A continuación, se describen los pasos generales que deben seguirse construir esta máquina:

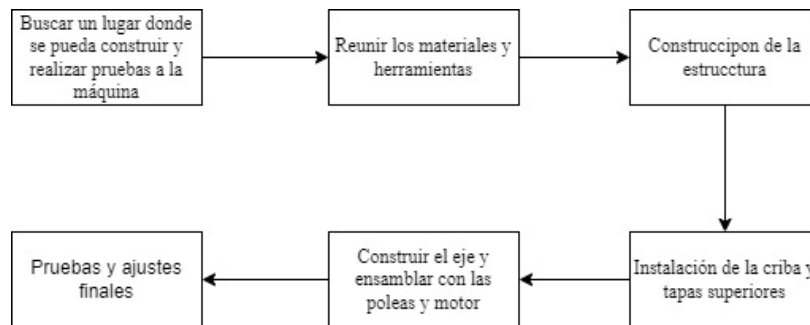


Ilustración 4- 1: Proceso de construcción

Realizado por: Erazo B., 2024

4.2.2. Equipos y herramientas

Para construir la desgranadora, es imprescindible emplear varios equipos y/o herramientas a lo largo de todo el procedimiento, los cuales se detallan en la tabla que sigue:

Tabla 4- 3: Equipos y herramientas necesarias para la construcción

Ítem	Equipo / herramienta
1	Soldadora
2	Amoladora
3	Cizalla
4	Cortadora plasmas
5	Dobladora de planchas
6	Flexómetro
7	Taladro
8	Esmeril
9	Martillo
10	Entenallas
11	Torno
12	Fresadora
13	Tiza para metal

Realizado por: Erazo B., 2024

4.2.3. *Tiempos de construcción*

El plazo de construcción de la máquina se refiere al tiempo necesario para llevar a cabo todas las actividades y tareas relacionadas con la creación de la desgranadora. Este lapso se extiende desde el inicio de la construcción hasta la culminación del proyecto, englobando la preparación del lugar, la obtención de materiales, la ejecución de la mano de obra, las pruebas y la puesta en marcha. La duración del período de construcción puede variar dependiendo de la disponibilidad de recursos, la eficacia en la planificación y la gestión. Es esencial contar con una planificación minuciosa y realista para estimar y supervisar de manera efectiva el tiempo de construcción. A continuación, se muestra el tiempo de trabajo necesario para la construcción de cada componente de la desgranadora:

Tabla 4- 4: Tiempo de trabajo de construcción de los componentes de la desgranadora

Componente	Elementos	Nº	Operación	Tiempo (min)
Base	Perfil L de ASTM A36 de 50mm x 3mm	1	Trazado	25
		2	Corte	25
		3	Soldado	40
		4	Armado	40
Tapas laterales	Plancha ASTM A36 de 730mm x 400mm x 2mm	1	Corte por plasma	40
		2	Trazado	40
		3	Doblado	20
		4	Soldado	40
Tapa frontal y trasera	Plancha ASTM A36 de 875mm x 500mm x 2mm	1	Corte por plasma	40
		2	Trazado	20
		3	soldado	30
Tolva de alimentación	Plancha ASTM A36 de 986mm x 350mm x 2mm	1	Corte plasma	40
		2	Trazado	20
		3	Doblado	20
		4	Soldado	30
Tolva de salida de tusa	Plancha ASTM A36 de 350mm x 250mm x 2mm	1	Corte plasma	40
		2	Trazado	20
		3	Doblado	20
		4	Soldado	30
Tapa superior	Plancha ASTM A36 de 500mm x 450mm x 2mm	1	Corte plasma	20
		2	Trazado	25
		3	Barolado	25
		4	Doblado	30
		5	Taladrado	30

Criba	Plancha ASTM A36 de 500mm x 450mm x 2mm	1	Corte plasma	20
		2	Taladrado	240
		3	Trazado	60
		4	Barolado	25
		5	Doblado	30
Eje	AISI 1018 de Ø1 ¼ [in]	1	Cortado	20
		2	Cilindrado	30
		3	Fresado	30
Cilindro	Tubo ASTM A36 de Ø3 [in]	1	Cortado	20
		2	Lijado	20
		3	Soldado	40
Tapas de cilindro	ASTM A36 Ø3 x3 mm	1	Cortado	20
		2	Soldado	20
Dado desgranador	Varilla lisa de Ø3/4 [in]x 60mm	1	Cortado	40
		2	Trazado	50
		3	Soldado	45
Polea conducida	Ø16 [in] Aluminio 6061	1	Taladrado	20
		2	Limado	25
Polea motriz	Ø4 [in] Aluminio 6061	1	Taladrado	20
		2	Limado	25

Realizado por: Erazo B., 2024

El resultado de todas estas operaciones que se tuvo que realizar dan un equivalente a 1510 minutos que en horas son de 25 horas

4.2.4. Ensamblaje

El ensamblaje de la desgranadora se refiere al momento en el que todas las partes y componentes del proyecto se unen y conectan para crear la estructura final. En este proceso, se lleva a cabo la coordinación y ejecución de diversas actividades, que van desde la instalación de elementos prefabricados hasta el ensamblaje de piezas adquiridas de catálogo. Se sigue cuidadosamente los planos y diseños previamente elaborados, ajustando y asegurando las conexiones, realizando pruebas de funcionamiento y verificando la calidad del producto final.

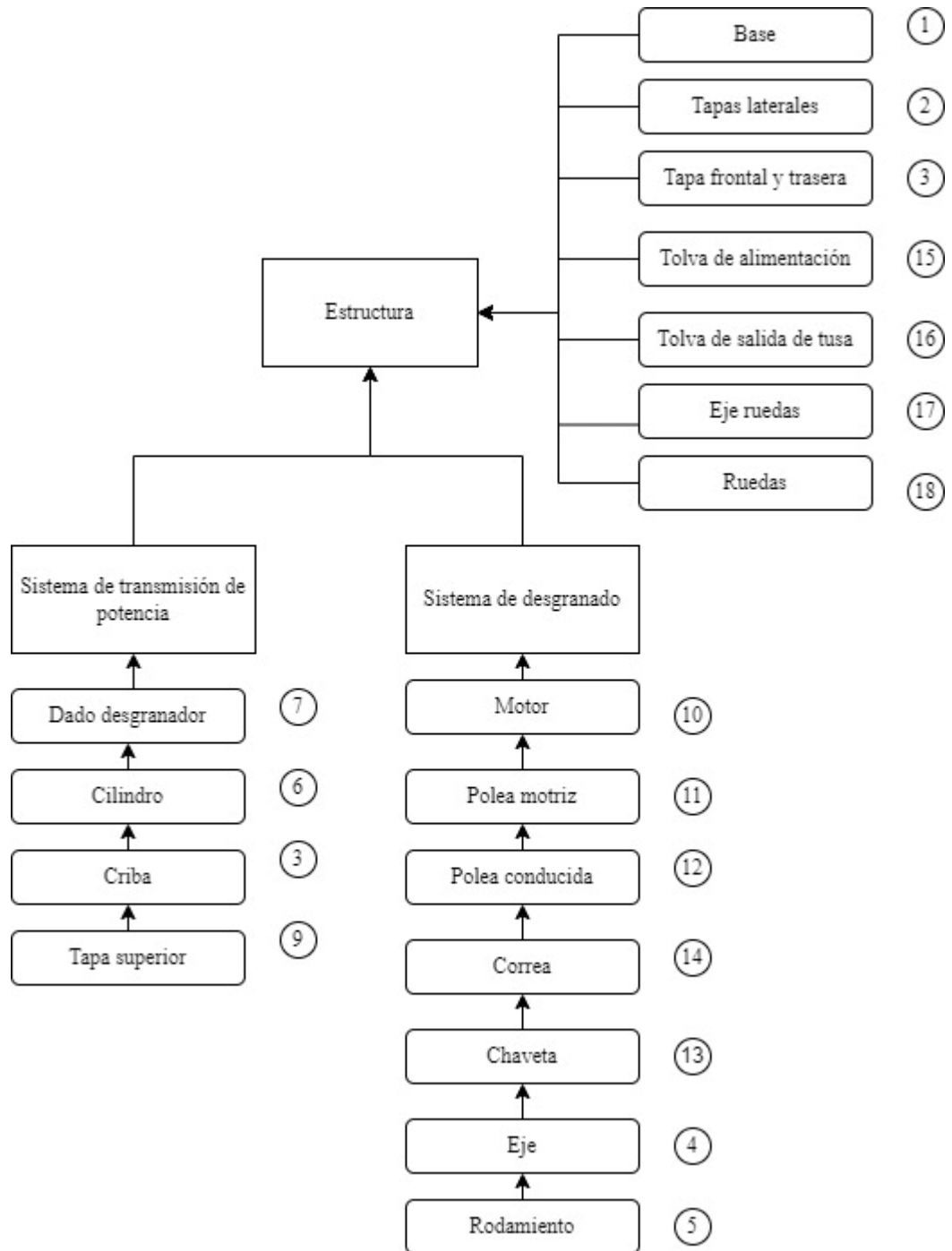


Ilustración 4- 2: Diagrama de ensamble de la desgranadora

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 4- 5: Tiempo de ensamblaje de los componentes de la máquina

Ítem de ensamblaje	Tiempo [h]
1	1
2	2
3	2
4	1
5	2
6	3

7	3
8	2
9	2
10	3
11	1
12	2
13	1
14	2
15	1
16	1
17	2
18	1

Realizado por: Erazo B., 2024

Teniendo como resultado un tiempo total de 32 horas para el ensamblaje total de la máquina desgranadora de maíz.

4.3. Protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas es importante para validar el funcionamiento de una máquina, se sigue un modelo de Riba (2002), para poder comprobar el correcto funcionamiento de la maquina desgranadora de maíz. Es necesario elaborar una metodología de evaluación para el desempeño de esta, dentro del cual se tienen que elaborar varios pasos con los cuales podremos evaluar de mejor manera la funcionalidad de la maquina bajo el entorno de trabajo pertinente.

Bajo este contexto, se elaboran los siguientes procesos de evaluación:

- Necesidad y objetivos de Evaluación
- Características que requieren evaluarse
- Elaboración del protocolo de pruebas
- Validación de la máquina.

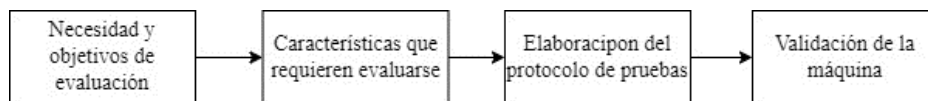


Ilustración 4- 3: Ruta de evaluación para la máquina desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.1. Necesidad y objetivos de evaluación

La función principal la máquina desgranadora de maíz, es la de desgranar las mazorcas de maíz en un grado de humedad del 14%, para esto posee varios niveles de funcionamiento que permiten que este proceso se lleve a cabo, cada uno de estos procesos debe ser evaluado de manera correcta para poder verificar que se encuentren correctamente diseñados y cumplan con los valores que se preestablecieron durante el proceso de diseño, esto con el fin de aumentar la confiabilidad de la máquina, y lograr que esta tenga un desempeño adecuado durante su proceso integral de funcionamiento.

El objetivo principal de evaluación es comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas que lo conforman, y verificar que estos funcionen adecuadamente en conjunto para poder

cumplir con la capacidad de producción esperada para el rango de desempeño necesita para esta máquina, este objetivo por tanto se evaluará en diferentes etapas de evaluación.

4.3.1.1. Primera etapa: Arranque

La máquina desgranadora de maíz debe permanecer estático en su estructura durante el encendido, el motor debe funcionar adecuadamente en arranque sin carga.

4.3.1.2. Segunda etapa: Movimiento sin carga

La máquina desgranadora de maíz debe funcionar correctamente sin carga, sin vibraciones notorias, o sobrecalentamientos en sus elementos.

4.3.1.3. Tercera etapa: Movimiento con carga

La máquina desgranadora de maíz debe funcionar correctamente a la mitad de su capacidad, sin vibraciones notorias, atascamientos, pérdidas considerables del material producido o sobrecalentamientos en sus elementos.

4.3.1.4. Cuarta etapa: Movimiento con carga máxima

La máquina desgranadora de maíz debe funcionar correctamente al máximo de su capacidad, sin vibraciones notorias, atascamientos, fallos del motor, o sobrecalentamientos en sus elementos.

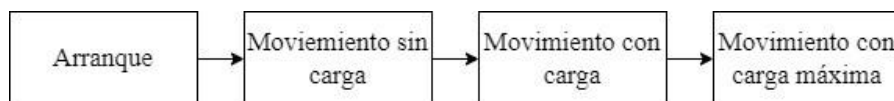


Ilustración 4- 4: Etapas de evaluación para la máquina desgranadora de maíz

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.2. Características que requieren evaluarse

Se elabora un proceso diferenciado para la estructura, sistema de transmisión de potencia y sistema de desgrane, que se necesitan para cada subsistema, dentro de las etapas anteriores.

Tabla 4- 6: Prioridad de los criterios de evaluación

Descripción	Característica para evaluar	Tipo de evaluación	Prioridad de evaluación
Máquina desgranadora de maíz	Estabilidad	Inspección visual	1
	Vibración	Inspección visual	2
	Ruido	Herramientas	4
	Capacidad de desgrane	Herramientas	5


Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.3. Elaboración del protocolo de pruebas

El proceso ideal para la elaboración del protocolo de pruebas tiene que ser un proceso diferenciado con la finalidad de poder llevar un mejor registro sobre las pruebas que se van realizando, así como una correcta designación de códigos y métodos de evaluación para ser empleados dentro

del protocolo de pruebas, estas divisiones y métodos evaluativos se encuentran correctamente detallados siguiente en el protocolo.

Tabla 4- 7: Protocolo de pruebas para la máquina desgranadora de maíz

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA MECÁNICA	
Datos de la prueba			
Lugar de prueba		Riobamba	
Fecha (dd/mm/aa)		07/03/2024	
Máquina		Máquina desgranadora de maíz	
Condiciones climáticas		Bajo techo	
Inicio de la prueba (H: min)		14:47	
Final de la prueba (H: min)		15:00	
Temperatura ambiente (°C)		19°C	
Altitud (m.s.n.m.)		2700 msnm	
Responsable de la máquina (N y A)		Byron Erazo	
Responsable de la prueba (N y A)		Byron Erazo	
Consideraciones de la prueba			
CÓDIGOS DE EVALUACIÓN		MÉTODOS DE EVALUACIÓN	
CS (✓)	Cumple Satisfactoriamente: indica que el parámetro que se evalúa funciona correctamente	Inspección visual (IV)	Se necesita emplear la vista para la evaluación
		Inspección manual (IM)	Se requiere usar las manos para la evaluación
NC (X)	No Cumple: Indica que el parámetro que se evalúa no funciona y se debe corregir Su funcionamiento	Inspección auditiva (IA)	Se requiere emplear la audición para la evaluación
		Herramienta	Se emplean herramientas para la evaluación
Desarrollo de la prueba			
Etapas:		Primera	

Código	Característica	Parámetros de evaluación	Método Empleado	Comentarios
CS ()	Estabilidad	Verificar que la máquina desgranadora de maíz se mantenga estable y no presente ningún movimiento de traslación	Inspección Visual	
NC ()				
CS ()	Vibración	Verificar la máquina desgranadora de maíz no presente fenómenos vibratorios que afecten al funcionamiento	Inspección Visual	
NC ()				
CS ()	Ruido	Verificar que los decibeles de la máquina desgranadora de maíz estén dentro de 80dB para uso continuo	Herramienta	
NC ()				
CS ()	Capacidad de desgrane	Medir la capacidad de desgrane a carga de trabajo que realiza en qq/h	Herramienta	
NC ()				
CS ()	Aspecto de grano	Verificar el aspecto del grano sea entero	Inspección Visual	
NC ()				
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD				
Responsable de la maquinaria		Responsable de la prueba		

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.4. Resultados de los protocolos de funcionamiento de la máquina desgranadora

Los resultados del protocolo de pruebas que se realizó a la máquina desgranadora de maíz en la localización se determinaron con el objetivo de analizar el rendimiento y el desempeño que se tiene dentro de un entorno de trabajo estable, hay que recordar que el estudio se dividió en cuatro etapas, esto con el objetivo de tener un análisis con mayor control.

4.3.4.1. Primera Etapa

Tabla 4- 8: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la primera etapa

Código	Característica	Parámetros de evaluación	Método Empleado	Comentarios
CS (✓)	Estabilidad	Verificar que la máquina desgranadora de maíz se mantenga estable y no presente ningún movimiento de traslación	Inspección Visual	El piso de la locación es apto, no presenta falla de estabilidad
NC ()				
CS (✓)	Vibración	Verificar la máquina desgranadora de maíz no presente fenómenos vibratorios que afecten al funcionamiento	Inspección Visual	El arranque es fuerte pero no presenta vibración
NC ()				
CS (✓)	Ruido	Verificar que los decibeles de la máquina desgranadora de maíz estén dentro de 80dB para uso continuo	Herramienta	No aplica
NC ()				
CS ()	Capacidad de desgrane	Medir la capacidad de desgrane a carga de trabajo que realiza en qq/h	Herramienta	No aplica
NC ()				
CS ()	Aspecto de grano	Verificar el aspecto del grano sea entero	Inspección Visual	No aplica
NC ()				

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.4.2. Segunda Etapa

Tabla 4- 9:Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la segunda etapa

Código	Característica	Parámetros de evaluación	Método Empleado	Comentarios
CS (✓)	Estabilidad	Verificar que la máquina desgranadora de maíz se mantenga estable y no presente ningún movimiento de traslación	Inspección Visual	El piso de la locación es apto, no presenta falla de estabilidad
NC ()				
CS (✓)	Vibración	Verificar la máquina desgranadora de maíz no presente fenómenos vibratorios que afecten al funcionamiento	Inspección Visual	Al trabajar en vacío sigue sin observarse vibraciones excesivas
NC ()				
CS (✓)	Ruido	Verificar que los decibeles de la máquina desgranadora de maíz estén dentro de 80dB para uso continuo	Herramienta	El ruido que presento fue máximo de 50 dB
NC ()				
CS (✓)		Medir la capacidad de	Herramienta	No aplica

NC ()	Capacidad de desgrane	desgrane a carga de trabajo que realiza en qq/h		
CS ()	Aspecto de grano	Verificar el aspecto del grano sea entero	Inspección Visual	No aplica
NC ()				

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.4.3. Tercera Etapa

Tabla 4- 10:Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la tercera etapa

Código	Característica	Parámetros de evaluación	Método Empleado	Comentarios
CS (✓)	Estabilidad	Verificar que la máquina desgranadora de maíz se mantenga estable y no presente ningún movimiento de traslación	Inspección Visual	No se observa anomalías
NC ()				
CS (✓)	Vibración	Verificar la máquina desgranadora de maíz no presente fenómenos vibratorios que afecten al funcionamiento	Inspección Visual	No se observar vibraciones excesivas
NC ()				
CS (✓)	Ruido	Verificar que los decibeles de la máquina desgranadora de maíz estén dentro de 80dB para uso continuo	Herramienta	El ruido que presento fue máximo de 70 dB
NC ()				
CS (✓)	Capacidad de desgrane	Medir la capacidad de desgrane a carga de trabajo que realiza en qq/h	Herramienta	Le tomo un tiempo total de 4,28 minutos desgranar 1 qq
NC ()				
CS (✓)	Aspecto de grano	Verificar el aspecto del grano sea entero	Inspección Visual	Granos enteros, sin fisura
NC ()				

4.3.4.4. Cuarta etapa

Tabla 4- 11: Resultados obtenidos del protocolo de pruebas en la primera etapa

Código	Característica	Parámetros de evaluación	Método Empleado	Comentarios
CS (✓)	Estabilidad	Verificar que la máquina desgranadora de maíz se mantenga estable y no presente ningún movimiento de traslación	Inspección Visual	No se observa anomalías
NC ()				
CS (✓)	Vibración	Verificar la máquina desgranadora de maíz no presente fenómenos vibratorios que afecten al funcionamiento	Inspección Visual	No se observa vibraciones excesivas
NC ()				

CS (✓)	Ruido	Verificar que los decibeles de la máquina desgranadora de maíz estén dentro de 80dB para uso continuo	Herramienta	El ruido que presento fue máximo de 72 dB
NC ()				
CS (✓)	Capacidad de desgrane	Medir la capacidad de desgrane a carga de trabajo que realiza en qq/h	Herramienta	Le tomo un tiempo total de 4 minutos desgranar 1 qq
NC ()				
CS (✓)	Aspecto de grano	Verificar el aspecto del grano sea entero	Inspección Visual	Granos enteros, sin fisura
NC ()				

Realizado por: Erazo B., 2024

Se plantea la comprobación del funcionamiento correcto de la máquina y obtención del producto desgranado, realizando un pruebas que consiste en ver el comportamiento de esta y ver la cantidad de maíz desgranado, tiempo de desgranado, el aspecto de desgranado.



Ilustración 4- 5:Muestra 1 - maíz blanco

Realizado por: Erazo B., 2024



Ilustración 4- 6: Muestra 2 - maíz morocho

Realizado por: Erazo B., 2024



Ilustración 4- 7: Maíz morocho aun no seco

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.5. Prueba muestra 1

En la siguiente tabla se observa el tiempo de desgranado y el aspecto del grano para la muestra 1. Para la realización de las pruebas se procedió a tomar una cantidad determinada en este caso $\frac{1}{4}$ de quintal y proceder a realizar pruebas.

Tabla 4- 12: Tabulación prueba 1

Ítem	Tiempo de desgranado (min.)	Cantidad de maíz desgranado (qq)	Aspecto de desgranado (visual)
Muestra 1	1,11	1/4	Entero
	1,06	1/4	Entero
	1,20	1/4	Entero

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.6. Prueba muestra 2

En la siguiente tabla se observa el tiempo de desgranado y el aspecto del grano con la muestra 2. Para la realización de las pruebas se procedió a tomar una cantidad determinada en este que es de $\frac{1}{4}$ de quintal y proceder a realizar pruebas.

Tabla 4- 13: Tabulación prueba 2

Ítem	Tiempo de desgranado (min.)	Cantidad de maíz desgranado (qq)	Aspecto de desgranado (visual)
Muestra 2	1,74	1/4	Entero
	1,81	1/4	Entero
	1,72	1/4	Entero

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.7. Prueba muestra 3

En la siguiente tabla se observa el tiempo de desgranado y el aspecto del grano con la muestra 3. Para la realización de las pruebas se procedió a tomar una cantidad determinada en este que es de $\frac{1}{4}$ de quintal y proceder a realizar pruebas.

Tabla 4- 14: Tabulación prueba 3

Ítem	Tiempo de desgranado (min.)	Cantidad de maíz desgranado (qq)	Aspecto de desgranado (visual)
Muestra 3	1,25	1/4	Destrozado
	1,21	1/4	Destrozado
	1,3	1/4	Destrozado

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.8. Prueba (desgranado manual)

En esta prueba se realiza el desgranado manual de la misma cantidad para cada muestra y finalmente poder comparar con la máquina desgranadora de maíz.



Ilustración 4- 8: Desgranado manual muestra 1

Realizado por: Erazo B., 2024



Ilustración 4- 9: Desgranado manual muestra 2

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 4- 15: Tabulación prueba 4

Ítem	Tiempo de desgranado (min.)	Cantidad de maíz desgranado (qq)
Muestra 1	23	1/4
Muestra 2	36	1/4
Muestra 3	30	1/4

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.9. Relación tiempo de desgranado manual y máquina

Con el fin de ver el tiempo que se demora un trabajador desgranando un trabajador y la máquina se realiza la siguiente tabulación donde se compara el tiempo que tiene en cada muestra.

Tabla 4- 16: Relación tiempo de desgrane entre la máquina y manualmente

	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Máquina (min.)	Desgranado manual (min.)	Máquina (min.)	Desgranado manual (min.)	Máquina (min.)	Desgranado manual (min.)
	1,11	23	1,74	36	1,25	30
	1,06		1,82		1,21	
	1,20		1,72		1,3	
Promedio	1,123		1,76		1,253	

Realizado por: Erazo B., 2024

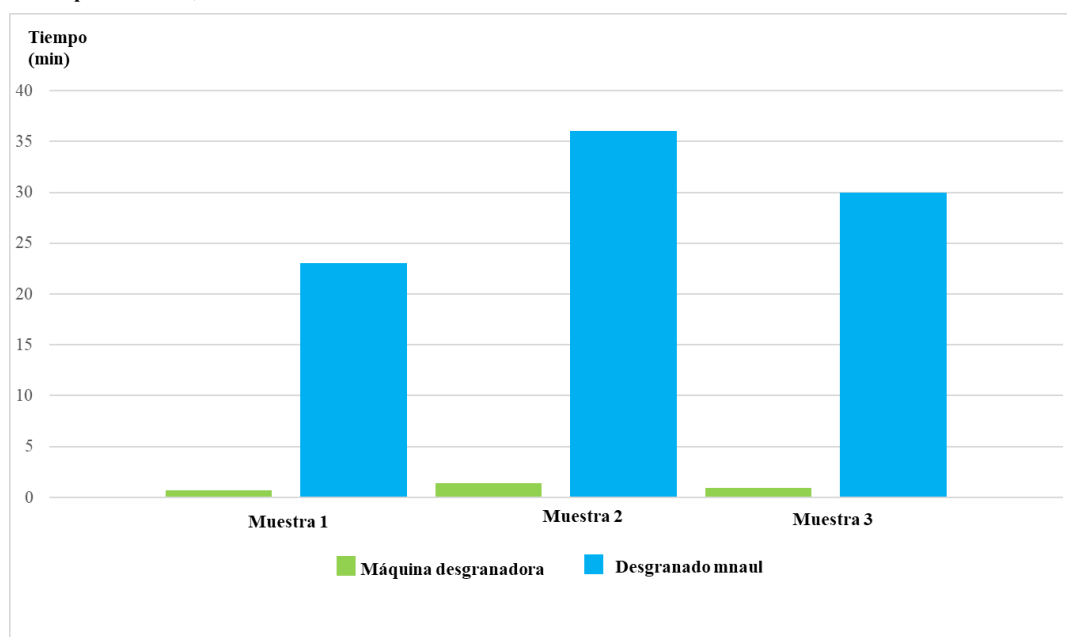


Ilustración 4- 10: Ponderación de tiempo de desgranado con la máquina y manual

Realizado por: Erazo B., 2024

4.3.10. Comparación costo -hora desgranado por máquina y manual

Se realiza un promedio entre los minutos que tarda la maquina en desgranar en cada muestra y así poder obtener un promedio total, luego este promedio se debe multiplicar por 4 veces ya que este solo representa el $\frac{1}{4}$ de quintales y así se obtiene lo siguiente:

$$\text{Promedio} = \frac{1,123 + 1,76 + 1,253}{3}$$

$$\text{Promedio} = 1,378 \text{min. esto para } \frac{1}{4} \text{qq}$$

$$\text{Promedio total} = 1,378 \text{ min.} * \frac{4}{1 \text{qq}}$$

$$\text{Promedio total} = 5,51 \frac{\text{min}}{\text{qq}}$$

Ahora con este dato se puede tener un valor de cuantos quintales puede desgranar la maquina por hora, realizando los siguiente:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{60 \text{min}}{1 \text{h}} * \frac{\text{qq}}{5,51 \text{ min}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = 14,056 \frac{\text{qq}}{\text{h}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = 14 \text{ qq/h}$$

El consumo del motor es de 0,5 litros de diésel por hora, el costo del galón de diésel es de 1,75 entonces:

$$1,75 \frac{\$}{\text{galón}} * \frac{0,264 \text{ galón}}{1 \text{ litros}} * \frac{0,5 \text{ litros}}{\text{hora}} = 0,231 \frac{\$}{\text{hora}}$$

es decir que el consumo del motor es de 0,23\$ por hora

Si a los trabajadores de esta tarea tiene un sueldo de \$500 a 8 horas diarias esto quiere decir que la hora de este trabajador cuesta \$3,15, con estos datos se puede hacer una tabla comparativa.

Tabla 4- 17: Costo de hora desgranado por máquina y manual

Descripción	Producción	Costo por hora	Costo total
Máquina desgranadora con motor a diésel	14 qq/h	Consumo del motor (\$0,23) + trabajador (\$3,15)	\$3,38
Desgranado manual	0,5 qq/h	Trabajador (\$3,15)	\$3,15

Realizado por: Erazo B., 2024

4.4. Resultados del análisis de costos de los elementos seleccionados

Como resultado del conjunto de elementos que conforman el sistema de desgranado analizado en el capítulo 3 en sus respectivas subsecciones de selección de material, se muestra los valores de cada uno de los elementos.

4.4.1. Costos directos

En costos directos tenemos la suma total de cada uno de los subtotales anteriores, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4- 18: A. Costos de materiales

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unit.	Subtotal
1	Varilla lisa de Ø3/4 [in]x 60mm ASTM A36	14	\$0,85	\$10,20
2	Tubo Ø3 [in]x 2 mm esp. ASTM A36	1	\$15.00	\$15.00
3	Plancha 730mm x 460mm x 2mm ASTM A 36	1	\$12.00	\$12.00
4	Plancha 500mm x 460mm x 2mm ASTM A 36	1	\$12.00	\$15.00
5	400x200x300mm	1	\$462,85	\$462,20
6	Ø16 [in] Aluminio 6061	1	\$16.00	\$16.00
7	Ø4 [in] Aluminio 6061	1	\$4.00	\$4.00
8	PHG A73 Poliéster	1	\$12.00	\$12.00
9	Ø1 ¼ [in]x800mm AISI 1018	1	\$18.00	\$18.00
10	9x6x30mm A36	1	\$1.50	\$1.50
11	Ø1 ¼ [in] 6808 ZZ de piso	2	\$14.50	\$14.50
12	Perfil L de 50mm x 3mm ASTM A36	1	\$15,96	\$15,96
14	Tubo cuadrado 1 ¼ x 2mm ASTM A36	1	\$13,33	\$13,33
15	Plancha 730mm x 400mm x 2mm ASTM A36	1	\$16.00	\$16.00
16	Plancha 730mm x 400mm x 2mm ASTM A36	1	\$16.00	\$16.00
17	Plancha 454mm x 350mm x 2mm ASTM A36	1	\$12.00	\$12.00
18	Plancha 202mm x 150mm x 2mm ASTM A36	1	\$18.00	\$18.00
19	UNC 3/8 Acero de bajo carbono	13	\$0.30	\$3.90
20	UNC 3/8 Acero de bajo carbono	13	\$0.15	\$1.95
21	M10 Aluminio	13	\$0.10	\$3.90
22	UNC 5/16 Acero de bajo carbono	8	\$0.35	\$2.80

23	UNC 5/16 Acero de bajo carbono	8	\$0.15	\$1.20
24	M8 Aluminio	8	\$0.10	\$0.80
25	400mm x 730 mm	1	\$35.00	\$35.00
26	Ø3/4 [in] AISI 1018	1	\$18.50	\$14.50
27	Ø8 [in] x 100 mm Caucho	2	\$17.50	\$17.50
			Subtotal	\$753,24

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 4- 19: B. Costo de mano de obra

Ítem	Descripción	Horas - equipo	Costo / Hora	Precio total
1	Técnico - operario	70	3,75	\$262,00
			Subtotal	\$262,00

Realizado por: Erazo B., 2024

Tabla 4- 20: C. Costo de mano equipos y herramientas

Ítem	Descripción	Horas - equipo	Costo / Hora	Precio total
1	Corte por plasma	2	25,00	\$50,00
2	Soldadura MIG	10	2,50	\$25,00
3	Cilindrada	1	3,50	\$3,50
4	Fresado	1	1,70	\$1,70
5	Limado	1	1,20	\$1,20
6	Taladro	3	3,00	\$6,00
7	Amoladora	10	2,00	\$20,00
8	Esmeril	1	1,50	\$1,50
9	Doblado de chapa metálica	5	2,00	\$10,00
			Subtotal	\$118,90

Realizado por: Erazo B., 2024

Costos directos (A+B+C) = \$1133,74

4.4.2. Costos indirectos

Los costos que influyeron forma indirecta en el desarrollo del presente proyecto, tanto en el ámbito ingenieril, así como gastos imprevistos, valores de estos costos son la sumatoria de gastos de envío, así como gastos de transporte de materiales, elementos y demás insumos que no se habían considerado de manera inicial.

Tabla 4- 21: Costos indirectos

Descripción	Valor total (\$)
Costo ingenieril (10%)	\$102,21
Imprevistos	\$20,85
Total	\$123,06

Realizado por: Erazo B., 2024

4.4.3. Costos totales

Para el desarrollo de esta sección, tomamos los valores de los costos directos e indirectos, así de esta manera llegando al valor total que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4- 22: Costo Total


Descripción	Valor total (\$)
Costos directos	\$1133,74
Costos indirectos	\$123,06
Total	\$1256,80

Realizado por: Erazo B., 2024

4.5. Manual de operación de la máquina desgranadora de maíz

Antes de operar la máquina desgranadora de maíz, es estrictamente necesario que el personal operativo conozca cada una de las características técnicas con las que cuenta la maquinaria, las cuales se encuentran debidamente detalladas en la siguiente ficha técnica. Este conocimiento debe ser asimilado por completo antes de poder siquiera encenderla, esto con el fin de salvaguardar la integridad de la máquina y del operador.

Tabla 4- 23: Manual de operación de la máquina desgranadora de maíz

	DATASHEET	No. 1	Página 1/1	
		Código-7745		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
Función	La desgranadora de maíz tiene como finalidad el desgranar las mazorcas, mediante la rotación de un cilindro desgranador, conectado a un eje con poleas, usando poleas y correa, trabajando a una velocidad de 400 rpm			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
Dimensiones	Largo	Alto	ancho	
máquina	1,7 m	1,4 m	0,5 m	
Potencia del motor	Velocidad de operación	Capacidad	Peso	Poleas

5 hp	400 rpm	14 qq/h	75 kg	Ø16 [in] y Ø2 [in] Tipo A
Aceite del motor:	SAE 15w40	Correa:	PHG 73	
OPERACIÓN ANTES DEL ENCENDIDO				
1	Antes de poner en marcha la máquina, es necesario asegurarse que en el espacio circundante de la máquina no existan objetos que puedan generar atascamientos, u objetos grandes que puedan provocar accidentes en el operario debido a la obstrucción de paso.			
2	Se necesita además comprobar la planicidad de la superficie en la que se encuentra dispuesta nuestra máquina, para poder controlar de mejor manera los fenómenos vibratorios y así poder evitar posibles fallas por desalineamiento.			
3	Verificar que la correa no presente ningún tipo de deterioro o señal de mal funcionamiento.			
4	Verificar que no existan objetos extraños ni material restante de anteriores procesos en la tolva de entrada, ni dentro del sistema desgranador, exceptuando si son restos de tusas (obviar).			
5	Verificar que el guarda motor esté colocado.			
OPERACIÓN DE LA MÁQUINA				
1	Colocar el acelerador del motor a 2500 rpm revolución, bajar la palanca de descompresión y la palanca de paso del diésel y proceder a encender, usando la piola de arranque.			
2	Encender la máquina y verificar que la velocidad de rotación del sistema desgranador sea la correcta.			
3	Colocar las mazorcas de maíz en la tolva de entrada y después halar compuerta de apertura para que pueda ingresar las mazorcas al sistema			
4	Se puede utilizar sacos o lonas, para recoger el grano de maíz en la tolva de salida de grano.			
5	Una vez acabado el trabajo, colocar el acelerador del motor en 0 para que deje de funcionar y se apague completamente la máquina			


Realizado por: Erazo B., 2024

4.6. Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento de la máquina desgranadora de maíz constituye una guía para mantener este equipo en óptimas condiciones de funcionamiento. Entre las principales tareas recomendadas, se encuentra la limpieza regular y meticulosa del sistema desgranador, la criba y todos los elementos extraíbles. Además, se resalta la importancia del cambio y filtrado periódico

del aceite del motor, lo cual contribuye significativamente a prolongar la vida útil de la desgranadora y garantizar la calidad de desgrane. Este manual abarca las instrucciones de seguridad establecidas para el correcto manejo y mantenimiento. Es crucial seguir rigurosamente estas pautas para evitar cualquier riesgo potencial y asegurar un entorno de trabajo seguro. Asimismo, se enfatiza la importancia de contar con el respaldo de un servicio técnico autorizado. Ante cualquier duda, consulta o inconveniente relacionado con el funcionamiento de la desgranadora, se recomienda encarecidamente comunicarse con los profesionales capacitados y especializados en el equipo. Su experiencia y conocimiento garantizarán soluciones efectivas y un mantenimiento.

Tabla 4-24: Manual de mantenimiento para la máquina desgranadora de maíz

	PLAN DE MANTENIMIENTO	No. 1	Página 1/1
		Código-7745	
Función	Realizar de manera minuciosa cada una de las actividades aquí citadas para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina		
ORDEN DIARIA DE MANTENIMIENTO			
Actividad programada		Personal	
Inspección visual del estado general de la máquina		Operador	
Inspección visual del estado de la correa		Operador	
Inspección visual de nivel de líquidos en el motor		Operador	
Inspección visual de fugas de lubricante o diésel		Operador	
ORDEN MENSUAL DEL MANTENIMIENTO			
Actividad programada		Personal	
Ajuste de uniones empernada		Técnico	
Cambio de aceite del motor a las 50 horas		Técnico mecánico	
Verificación del filtro de diésel a las 300 horas		Técnico mecánico	
Verificación del nivel del aire de las ruedas		Técnico	
ORDEN ANUAL DEL MANTENIMIENTO			
Reemplazo de elementos de sujeción		Técnico	
Relleno de soldaduras defectuosos		Técnico	
Cambio de rodamientos cada 7000 Horas		Técnico mecánico	
Cambio de banda cada 8000 horas		Técnico mecánico	
Inspección visual del estado de las poleas cada 1000 horas		Operador	

Realizado por: Erazo B., 2024

CONCLUSIONES

- La aplicación de la matriz morfológica permitió una evaluación exhaustiva de las alternativas para cada componente crítico de la máquina desgranadora de maíz y juntamente con la evaluación tecno económica da resultado en un diseño que maximiza la eficiencia operativa y la durabilidad, al tiempo que mantiene los costos de fabricación.
- El diseño del sistema desgranador con una configuración en espiral resulta óptimo para que los granos de maíz salgan enteros, sin ningún tipo de aplastamiento o pérdida de materia, además que dirige la tusa hacia la tolva de salida.
- Se ha establecido de manera concluyente la capacidad de producción de la máquina desgranadora de maíz es de 14 qq/h, a comparación del desgranado manual o tradicional que es de 0,5qq/h, haciendo que sea 24 veces más productivo y rápido.
- El análisis del protocolo de funcionamiento ha reflejado que la máquina desgranadora de maíz trabajando a la velocidad de diseño, 400 rpm, no tiene problemas de estabilidad, vibración y ruido.
- Mediante el protocolo de funcionamiento se determina que, para unas velocidades superiores a los 600 rpm, el grano de maíz comienza a verse afectado teniendo fisuras o aplastamientos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo la construcción del sistema de acuerdo con los parámetros de diseño previamente calculados y los elementos cuidadosamente seleccionados.
- Es aconsejable no alterar la velocidad de trabajo que se indica en el manual de operación de la máquina, y a que eso puede provocar vibraciones, y desperfectos imprevistos.
- Se recomienda usar mazorcas maíz por debajo del 18% de humedad para tener mejores resultados al momento de desgranar.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AWS D1.1.** *Structural welding code-steel American Welding Society*. 2019. ISBN 9781643220871.
2. **BARTOSIK, Ricardo.** Secado y calidad de maíz. *Jornada de Actualización: Calidad del Grano de Maíz para la Industria y la Producción en Bovinos (Balcarce, 15 de noviembre de 2013)*, 2013. ISBN 0327-8093.
3. **BUSTAMANTE, Antonio.** *Cálculo y diseño de una máquina desgranadora de maíz para la zona suroccidental de la provincia de Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja, 2020.
4. **CHANGUÁN, Johnatan & YANCHALIQÚIN, Edgar.** *Diseño y fabricación de una máquina desgranadora de frejol seco para implementar en la parroquia Pinllopatá perteneciente al cantón Pagua*. (Ingeniero Mecánico). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
5. **CHOLCA, Luis & MANTILLA, Gustavo.** *Diseño y construcción de una desgranadora de maíz con capacidad de 15qq/h*. (Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, 2015.
6. **CUBA, Karen.** Desgranadora de choclo automática. *Universidad Privada del Norte*, 2023. [en línea], [consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/34417>.
7. **FAO.** El maíz en la nutrición humana - introducción. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 1993. [en línea]. [consulta: 31 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S02.htm#Tipos%20de%20maiz>.
8. **GARCÍA, Carlos.** Sistemas de transmisión mecánica. 2012. [en línea], [consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15454>.
9. **GONZÁLEZ, Jorge.** Sistema de clasificación de tornillos y tuercas utilizando visión artificial con aprendizaje profundo. 2022.
10. **GUALLPA, Miguel; et al.** Caracterización edáfica y dasométrica de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill y propuesta de manejo en la zona estepa espinosa Montano Bajo, Riobamba, Ecuador. *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 3, 2016. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/ENFOQUEUTE.V7N3.103.
11. **HAMROCK, Bernard; et al.** *Fundamentals of machine elements. Elementos de máquinas*, 2000. ISBN 970102799X.
12. **HERRERA, I. & NIETO, V.** Prototipo de desgranadora de maíz que mejora el proceso de desgranado en la Región de Influencia del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río* [en línea], vol. 4, no. 8, [consulta: 20 noviembre 2023]. 2017. ISSN 2007-7629. DOI 10.29057/ESTR.V4I8.2387.

Disponible en:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/2387/2391>.

13. **MOLINA, Francisco.** Diseño y construcción de un banco de pruebas rotorkit para el desbalanceo rotatorio de ejes. , 2006.
14. **MORA, P. & CABEZAS, F.** *Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible Diesel.* Universidad Internacional del Ecuador, 2014.
15. **NISBETT, R. & BUDYNAS, R.** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. *México* , 2008. Editorial McGraw-Hill Interamericana,
16. **NOVACERO.** Nueva Planta. Guayaquil, 2020.
17. **RAMOS, O. & SANTIVÁÑEZ, W.** Diseño y fabricación de máquina para optimizar los procesos de desgrane y selección de granos de maíz. *Prospectiva Universitaria* [en línea], vol. 15, no. 1, [consulta: 20 noviembre 2023]. ISSN 1990-2409. DOI 10.26490/UNCP.PROSPECTIVAUNIVERSITARIA.2018.15.855. Disponible en: <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/855>.
18. **REYES, Julio.** Mejora en el transporte de material de barro, mediante el desarrollo de una carretilla que reduzca los desperdicios generados. *EFAN*, 2020. vol. 6, no. 1, ISSN 2448-5101.
19. **RIBA, Carlos.** *Diseño concurrente.* Ediciones UPC. 2002. ISBN 8498800749.
20. **RODRÍGUEZ, Pedro.** *Manual de soldadura.* TECNIBOOK EDICIONES. , 2013. ISBN 950553096X.
21. **RODRÍGUEZ, Saul; et al.** Poleas. Transmisiones, 1981.
22. **SKF.** Power Transmission belts 2. 2016.
23. **UREÑA, J. & VILLAVICENCIO, J.** *Diseño y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa.* (Ingeniero Mecánico). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.
24. **VELAZCO, Livert.** Selección de elementos en una máquina trilladora de maíz, 2023.
25. **ZUMBA, Joel.** *Diseño de una máquina deshojadora y desgranadora de maíz para pequeños productores del sector “Los Amarillos” del cantón Piñas.* 2023.

ANEXOS

ANEXO A: FACTORES DE CORRECIÓN

Factor de corrección de potencia K motores combustión interna

Máquina accionada		Máquina motriz					
Clase	Ejemplos	Motores eléctricos (C.A. de arranque suave, C.D. con arrancador estrella delta, C.D. Shunt), motores de combustión interna con más de 4 cilindros, máquinas con acoples flexibles.			Motores eléctricos (C.A. de arranque directo, C.D. serie y compuesto), máquinas de combustión interna con menos de 4 cilindros.		
		Horas de trabajo diarias			Horas de trabajo diarias		
		<10	10 a 16	>16	<10	10 a 16	>16
1 (servicio ligero)	Agitador (densidad uniforme). Ventilador y soplador (<7.5kW). Compresor y bomba centrífuga. Banda transportadora (carga uniforme).	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
2 (servicio medio)	Agitador (densidad variable). Ventilador y soplador (>7.5kW). Compresor y bomba rotatoria. Banda transportadora (carga no uniforme), Generador, Lavadora, Eje de transmisión. Máquina herramienta, Imprenta, Máquina para madera.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
3 (servicio pesado)	Máquina para fabricar ladrillo. Elevador. Compresor y Bomba reciprocante. Transportadora (carga pesada), Montacargas, Molino de percusión, Pulverizadora, Prensa, Cizalla, Maquinaria para caucho, Vibrador, Maquinaria textil	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
4 (servicio extra pesado)	Troqueladora, Laminadora Trituradora circular, de mordazas, de rodillos Molino triturador de bolas y de barras	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
<p>Nota: Para transmisiones con reducción de velocidad: Si $(1.0 < i < 1.24)$ multiplique f_s por 1.0 Si $(1.25 < i < 1.74)$ multiplique f_s por 1.05 Si $(1.75 < i < 2.49)$ multiplique f_s por 1.11 Si $(2.5 < i < 3.49)$ multiplique f_s por 1.18 Si $(i > 3.5)$ multiplique f_s por 1.25</p>							

Fuente:(Velazco, 2023)

Factor de corrección C1 de la correa

Table 8

Belt length correction factor C_1										
Belt length	Correction factor									
	SPZ	SPA	SPB	SPC	8V	Z	A	B	C	D
	SPZ-XP	SPA-XP	SPB-XP	SPC-XP	8V-XP	ZX	AX	BX	CX	
	XPZ	XPA	XPB	XPC						
	3V		5V							
	3V-XP		5V-XP							
	3VX		5VX							
mm	-									
400	0,50					0,87	0,68			
475	0,65					0,90	0,74	0,64		
530	0,74					0,93	0,78	0,70		
630	0,82	0,77				0,96	0,81	0,76		
710	0,84	0,79				0,99	0,83	0,78		
900	0,88	0,83	0,76			1,05	0,87	0,82	0,73	
1 000	0,90	0,85	0,78			1,06	0,89	0,84	0,76	
1 120	0,93	0,87	0,80			1,08	0,91	0,86	0,78	
1 250	0,95	0,89	0,82			1,11	0,93	0,88	0,80	
1 400	0,96	0,91	0,84	0,70		1,14	0,96	0,90	0,82	
1 600	1,00	0,93	0,86	0,74		1,17	0,99	0,93	0,84	
1 800	1,01	0,95	0,88	0,77		1,22	1,01	0,95	0,86	
2 000	1,02	0,96	0,90	0,80	0,78	1,25	1,03	0,98	0,88	0,78
2 240	1,05	0,98	0,92	0,83	0,80	1,28	1,06	1,00	0,91	0,80
2 500	1,07	1,00	0,94	0,86	0,80	1,29	1,09	1,03	0,93	0,82
2 800	1,09	1,02	0,96	0,88	0,82	1,29	1,11	1,05	0,95	0,84
3 150	1,11	1,04	0,98	0,90	0,84		1,13	1,07	0,97	0,86
3 550	1,13	1,06	1,00	0,92	0,86		1,15	1,09	0,99	0,88
4 000	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89		1,17	1,13	1,02	0,91
4 500	1,13	1,09	1,04	0,96	0,91		1,17	1,15	1,04	0,93
5 000		1,09	1,06	0,98	0,94		1,17	1,18	1,07	0,96
5 600		1,09	1,08	1,00	0,96		1,17	1,20	1,09	0,98
6 300			1,10	1,02	0,99		1,17	1,23	1,12	1,01
7 100			1,12	1,04	1,02			1,23	1,15	1,04
8 000			1,14	1,06	1,04			1,23	1,18	1,06
9 000			1,14	1,08	1,07			1,23	1,21	1,09
10 000			1,14	1,10	1,09			1,23	1,23	1,11

Fuente:(SKF, 2016)

Table 7

Arc of contact power correction factor C_3

$\frac{D-d}{CC} *$	Arc of contact on small pulley	Arc of contact correction factor C_3
mm	deg.	–
0,00	180	1,00
0,05	177	0,99
0,10	174	0,99
0,15	171	0,98
0,20	169	0,97
0,25	166	0,97
0,30	163	0,96
0,35	160	0,95
0,40	157	0,94
0,45	154	0,93
0,50	151	0,93
0,55	148	0,92
0,60	145	0,91
0,65	142	0,90
0,70	139	0,89
0,75	136	0,88
0,80	133	0,87
0,85	130	0,86
0,90	127	0,85
0,95	123	0,83
1,00	120	0,82
1,05	117	0,81
1,10	113	0,80
1,15	100	0,78
1,20	107	0,77
1,25	104	0,75
1,30	101	0,73
1,35	97	0,72
1,40	93	0,70

Fuente:(SKE, 2016)

Margen mínimo de tensión para instalar

Table 10a

Single V-belts

Datum length	Minimum take-up allowance for tensioning	Minimum installation allowance – for fitting									
		Z ZX	A AX	B BX	C CX	D	XPZ 3VX SPZ SPZ-XP 3V 3V-XP	XPA SPA SPA-XP	XPB 5VX SPB SPB-XP 5V 5V-XP	XPC SPC SPC-XP	8V 8V-XP
		mm									
400-1 199	25	15	20	25	40	-	15	20	-	-	-
1 200-2 099	35	20	20	30	40	50	20	25	25	-	-
2 100-2 799	40	20	25	30	40	50	20	25	25	35	40
2 800-3 399	45	-	25	30	40	50	20	25	25	35	40
3 400-4 399	55	-	25	30	50	55	20	25	25	35	40
4 400-5 399	65	-	25	40	50	60	-	25	25	35	45
5 400-6 399	85	-	25	40	50	60	-	-	35	40	45
6 400-7 799	95	-	-	40	50	65	-	-	35	40	45
7 800-9 999	110	-	-	40	50	65	-	-	35	40	50
10 000-	130	-	-	40	50	65	-	-	45	50	50

Fuente:(SKF, 2016)

Factor nsx a tomar encuentra en el factor de seguridad general

Características			B =			
			mb	b	r	p
A = mb	C =	mb	1.1	1.3	1.5	1.7
		b	1.2	1.45	1.7	1.95
		r	1.3	1.6	1.9	2.2
		p	1.4	1.75	2.1	2.45
A = b	C =	mb	1.3	1.55	1.8	2.05
		b	1.45	1.75	2.05	2.35
		r	1.6	1.95	2.3	2.65
		p	1.75	2.15	2.55	2.95
A = r	C =	mb	1.5	1.8	2.1	2.4
		b	1.7	2.05	2.4	2.75
		r	1.9	2.3	2.7	3.1
		p	2.1	2.55	3.0	3.45
A = p	C =	mb	1.7	2.15	2.4	2.75
		b	1.95	2.35	2.75	3.15
		r	2.2	2.65	3.1	3.55
		p	2.45	2.95	3.45	3.95
mb = muy bien b = bien r = regular p = pobre						
A = Calidad de los materiales, mano de obra, mantenimiento e inspección						
B = Control sobre la carga aplicada						
C = Exactitud del análisis de esfuerzos, de la información experimental o de la experiencia con partes similares						

Fuente:(Zumba, 2023)

Factor nxy para factor de seguridad general

Características		D =		
		ns	s	ms
E =	ns	1.0	1.2	1.4
	s	1.0	1.3	1.5
	ms	1.2	1.4	1.6
ms = muy serio s = serio ns = no serio				
D = Peligro para el personal				
E = Impacto económico				

Fuente:(Zumba, 2023)

ANEXO B: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Propiedades mecánicas del acero A36

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				
	% C	% MN	% P	% S	% SI	% CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga-miento %	Doblado 180°	NORMA EQUIVALENTE
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0, 0-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max	4	205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		

Fuente:(NOVACERO, 2020)

Propiedades mecánicas para el acero A53

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Materia prima. El acero base para la fabricación de los paneles debe cumplir con las propiedades mecánicas especificadas en la tabla 1. Cualquier otro tipo de acero utilizado, debe cumplir mínimo con los requerimientos del grado 230.

TABLA 1^a). Propiedades mecánicas del acero base

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación ^{b)} %
230	230	310	20
250	250	330	19
255	255	360	18
275	275	380	16
340	340	450	12
550	550	570

a) Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos.
b) La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.

5.1.2 Propiedades mecánicas. La tubería debe cumplir con las especificaciones de esfuerzos a la tracción y porcentajes de elongación establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Clasificación y propiedades mecánicas.

Grado	Descripción	Límite de fluencia mín. (MPa)	Resistencia a la tracción mín. (MPa)	Elongación % mín.		
				< a 1,6 mm de espesor	≥ 1,6 mm ≤ 2,5 mm de espesor	> 2,5 mm de espesor
A	Tubo Para usos generales	(170)	(270)	(25)	(25)	(25)
B	Tubos estructurales	180	270	25	25	25
C		205	340	21	24	25
D		250	365	17	21	22
E		345	450	11	16	17

() valores opcionales

Fuente: (NOVACERO, 2020)

Propiedades mecánicas para el acero AISI 1018

EJES

ACERO DE TRANSMISIÓN

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05









PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

Fuente:(NOVACERO, 2020)

Valores de resistencia de prueba mínima para pernos UNC

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Fuente:(Nisbett y Budynas, 2008)

ANEXO C: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Cortado de planchas en máquina plasma



Realizado por: Erazo B., 2024

Soldado de las planchas dobladas



Realizado por: Erazo B., 2024

Base de la máquina desgranadora



Realizado por: Erazo B., 2024

Torneado del eje de la máquina desgranadora



Realizado por: Erazo B., 2024

Criba utilizada en la desgranadora



Realizado por: Erazo B., 2024

Rolado de la criba hasta adoptar forma



Realizado por: Erazo B., 2024

Torneado de la polea conducida



Realizado por: Erazo B., 2024

Colocación de los dados desgranadores en el cilindro



Realizado por: Erazo B., 2024

Montaje de la máquina para realizar pruebas







Realizado por: Erazo B., 2024

ANEXO D: HOJAS DE PROCESO

Hoja de proceso realizada en la tapa lateral derecha

Anexo 20	HOJA DE PROCESO MECÁNICO					
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN TAPA LATERAL DERECHA		
1	Tapa lateral derecha	ASTM A36	PL 765x425 mm			
<p>VISTA FRONTAL</p> <p>VISTA ISOMÉTRICA</p>						
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles	Condiciones de trabajo	Observaciones

				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	min	
Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaba en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				3	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de dobléz
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca para 3/8 realizar 3 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	3	800				2	40	Perforación agujeros





PIEZA MECNIZADA



NOTA: El mecanizado de la tapa lateral derecha se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, se procede a doblar las planchas donde está indicado, y finalmente se taladra los agujeros para posteriormente colocar pernos.

Hoja de proceso realizada en la tapa lateral izquierda

Anexo 21		HOJA DE PROCESO MECÁNICO										
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM								Observaciones
2	Tapa lateral izquierda	ASTM A36	PL 765x425 mm	PROCESO REALIZADO EN TAPA LATERAL IZQUIERDA								
<p>VISTA FRONTAL</p> <p>VISTA ISOMÉTRICA</p>												
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	

Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				3	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1					2	25	Verificar ángulo de dobléz
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca para 3/8 realizar 3 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	3	800				2	40	Perforación agujeros

PIEZA MECANIZADA



NOTA: El mecanizado de la tapa lateral izquierda se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, se procede a doblar las planchas donde está indicado, y finalmente se taladra los agujeros para posteriormente colocar pernos.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso realizada en la tapa trasera





Anexo 22	HOJA DE PROCESO MECÁNICO			
N° de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN TAPA TRASERA
3	Tapa trasera	ASTM A36	PL 870x482 mm	

Todos los agujeros son pasantes de 10 mm

DOBLAR HACIA ATRÁS 90° R 0.74

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones		
				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm		min	
Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300				2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000					3	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1						2	25	Verificar ángulo de doblé
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca para 3/8 realizar 3 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	3	800					2	40	Perforación agujeros





PIEZA MECNIZADA



NOTA: El mecanizado de la tapa trasera se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, se procede a doblar las planchas donde está indicado, y finalmente se taladra los agujeros para posteriormente colocar pernos.

Hoja de proceso realizado en la tapa frontal

Anexo 23	HOJA DE PROCESO MECÁNICO											
N° de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN TAPA FRONTAL								
4	Tapa delantera	ASTM A36	PL 865x482 mm									
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>VISTA FRONTAL</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>VISTA LATERAL</p> </div> </div>												
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones
				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	

Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				3	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de doblez
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca para 3/8 realizar 3 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	3	800				2	40	Perforación agujeros

PIEZA MECNIZADA








NOTA: El mecanizado de la tapa frontal se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso realizada para la cubierta

Anexo 24		HOJA DE PROCESO MECÁNICO										
N° de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM								PROCESO REALIZADO EN LA CUBIERTA
5	Cubierta	ASTM A36	PL 510x445 mm									
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vista frontal-chapa desplegada</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Vista lateral</p> </div> </div>												
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones
				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	

Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				3	20	Rectificar bordes
Rolado	Realizar rolado lentamente		Roladora	rolado	flexómetro	10							Verificar el diámetro de rolado
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de doblez
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca realizar 6 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	3	800				2	40	Perforación agujeros

PIEZA MECNIZADA



NOTA: El mecanizado de la cubierta se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, posteriormente se comienza a rolar la plancha hasta tener la curvatura deseada, ya en este punto se pasa a realizar el doblado de bordes y finalmente taladrar los agujeros.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso realizada para la criba

Anexo 25	HOJA DE PROCESO MECÁNICO											
N° de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM								
6	Criba	ASTM A36	PL 710x500 mm	PROCESO REALIZADO EN LA CRIBA								
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones
				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	

Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				3	20	Rectificar bordes
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar todos los agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	1	800				2	120	Pulir perforación agujeros
Rolado	Realizar rolado lentamente		Roladora	rolado	flexómetro	10							Verificar el diámetro de rolado
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de doblez
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca realizar 10 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	1	800				2	40	Pulir perforación agujeros

PIEZA MECNIZADA






NOTA: El mecanizado de la criba se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, posteriormente se comienza a perforar los agujeros de la criba, se debe pasar a pulir después de esto ya que queda rebabas que pueden cortar la mano, luego se pasa a rolar la plancha hasta tener la curvatura deseada, ya en este punto se pasa a realizar el doblado de bordes y finalmente taladrar los agujeros para los pernos.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso para la tolva de alimentación

Anexo 26	HOJA DE PROCESO MECÁNICO												
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM									
7	Tolva de alimentación	ASTM A36	PL 1063x300 mm	PROCESO REALIZADO EN LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN									
<p>The drawing shows a mechanical part with the following specifications:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimensions: Total length 1063 mm, total height 300 mm. Key segments are 399 mm, 267 mm, 428 mm, and 399 mm. Curvature: R350 and R140. Manufacturing Instructions: <ul style="list-style-type: none"> DOBLAR HACIA ADELANTE 90° R. 0.74 DOBLAR HACIA ATRÁS 90° R. 0.74 Surface Finish: $\Phi 0.01$ A B Other Dimensions: 150, 101, 14, 65, 137, 29. 													
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útils		Condiciones de trabajo						Observaciones	
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm		min
Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes

Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				2	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de doblez
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca realizar 2 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	1	800				2	40	Pulir perforación agujeros

PIEZA MECNIZADA







NOTA: El mecanizado de la tolva de alimentación se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, ya en este punto se pasa a realizar el doblado de bordes y finalmente taladrar los agujeros para los pernos.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso realizado en la tapa de la tolva de alimentación

Anexo 27		HOJA DE PROCESO MECÁNICO										
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM								Observaciones
8	Tapa de tolva de la alimentación	ASTM A36	PL 1063x300 mm	PROCESO REALIZADO EN LA TAPA DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN								
<p style="text-align: center;">VISTA FRONTAL-CHAPA DESPLEGADA</p> <p style="text-align: center;">VISTA LATERAL</p>												
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	

Plasma	Cortar con plasma.		Cortadora de plasma	Boquilla cortadora	CNC, formato .dxf	1		300			2	15	Rebaja en los bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				2	20	Rectificar bordes
Doblado	Señalar bordes a doblar, proceder a doblar 90°		Dobladora de planchas	Dobladora	Flexómetro	1			1		2	25	Verificar ángulo de doblez
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, con una broca realizar 2 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	1	800				2	40	Pulir perforación agujeros

PIEZA MECNIZADA

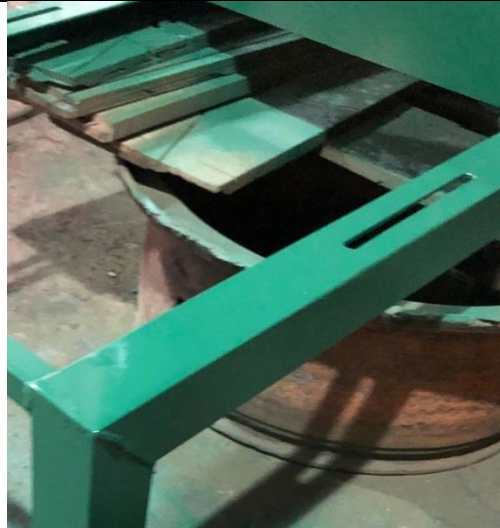


NOTA: El mecanizado de la tapa de la tolva de alimentación se realizó en una cortadora de plasma CNC. Después de este proceso es necesario quitar las rebabas con un disco de corte de la amoladora, ya en este punto se pasa a realizar el doblado de bordes y finalmente taladrar los agujeros para los pernos.

Hoja de proceso realizada en la base derecha

Anexo 28	HOJA DE PROCESO MECÁNICO												
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN LA BASE DERECHA									
9	Base derecha	ASTM A36	AL 1300x50x3mm										
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones	
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm		min
Corte	Fijar pieza en la entenalla, cortar.		Amoladora	Disco de corte	rpm	1	1000				2	30	Rectificar bordes
Taladrado	Señalar los puntos a taladrar, realizar 2 agujeros.		Taladro	Broca	Calibrador	1	800				2	40	Pulir perforación agujeros
Corte	Fijar pieza en la entenalla, cortar.		Amoladora	Disco de corte	rpm	1	1000				2	30	Rectificar bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				2	20	Rectificar bordes

PIEZA MECNIZADA



NOTA: El mecanizado de la base derecha se realizó primero señalando los cortes y cortarlos mediante la amoladora, luego se señalan los agujeros y se taladran para finalmente pasar el disco de pulir con la amoladora.

Realizado por: Erazo B., 2024



Hoja de proceso de la base frontal

Anexo 29	HOJA DE PROCESO MECÁNICO												
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN LA BASE FRONTAL									
10	Base frontal	ASTM A36	AL 500x3mm										
				<p>VISTA FRONTAL</p>				<p>VISTA LATERAL</p>					
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones	
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm		min
Corte	Fijar pieza en la entenalla, cortar.		Amoladora	Disco de corte	rpm	1	1000				2	30	Rectificar bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				2	20	Rectificar bordes
PIEZA MECNIZADA													
<p>NOTA: El mecanizado de base frontal se realizó primero señalando los cortes y cortarlos mediante la amoladora, y finalmente pasar el disco de pulir con la amoladora.</p>													

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso pata frontal izquierda

Anexo 30	HOJA DE PROCESO MECÁNICO					
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM PROCESO REALIZADO EN LA PATA FRONTAL IZQUIERDA		
11	Pata frontal izquierda	ASTM A36	AL 200x3mm			
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles	Condiciones de trabajo	Observaciones

				Trabajo	Control	N° Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	min	
Corte	Fijar pieza en la entenalla, cortar.		Amoladora	Disco de corte	rpm	1	1000				2	30	Rectificar bordes
Pulir	Fijar pieza en la entenalla, refrentar bordes.		Amoladora	Disco de pulir	rpm	5	1000				2	20	Rectificar bordes

PIEZA MECNIZADA





NOTA: El mecanizado de la pata frontal izquierda se realizó primero señalando los cortes y cortarlos mediante la amoladora, y finalmente pasar el disco de pulir con la amoladora.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso para el eje de transmisión

Anexo 31	HOJA DE PROCESO MECÁNICO													
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM									Observaciones	
12	Eje de transmisión	AISI 1018	Ø1 ¼ in x 900mm	PROCESO REALIZADO EN EL EJE DE TRANSMISIÓN										
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo							Observaciones	
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm	min		
Cilindrado	Fijar eje en la muela del torno.		Torno convencional	Buril de tungsteno	Calibrado, reloj palpador	1	400	20					20	Centrar cilindrado

Refrentado	Fijar eje en la muela del torno.		Torno convencional	Buril de tungsteno	Calibrador	1	200	10				20	
Fresado	Fijar la pieza en la fresadora		Fresadora	Fresa de corte HSS	rpm	1	400	10				30	




PIEZA MECNIZADA

NOTA: El mecanizado del eje de transmisión se realizó colocando el eje en la muela del torno, después se pasa a cilindrar el eje, y se cambia de cuchilla para realizar el refrentado en la caras, finalmente se fija el eje en la fresadora y se comienza a hacer el chavetero.

Realizado por: Erazo B., 2024

Hoja de proceso realizado en la polea conducida

Anexo 32	HOJA DE PROCESO MECÁNICO												
Nº de Pieza	Denominación	Material	Material en bruto	ESPOCH-FM-CM									Observaciones
13	Polea Conducida	Aluminio	Ø16 in x 50mm	PROCESO REALIZADO EN LA POLEA CONDUcida									
<p>The drawing shows a pulley with three views. The cross-section (VISTA CORTE A-A) shows a diameter of 50 mm and a thickness of 4 mm. It features a central hole with a diameter of Ø31 mm and a surface finish of N7. A surface texture symbol indicates a roughness of Ø0.01. The front view (VISTA FRONTAL) shows a pulley with three V-shaped grooves and an outer diameter of Ø406 mm. A detail view (VISTA DE DETALLE B) shows a groove with a width of 8 mm and a depth of 4 mm. Section lines A-A and B-B are indicated.</p>													
Fase	Descripción	Croquis	Máquina	Útiles		Condiciones de trabajo						Observaciones	
				Trabajo	Control	Nº Pas.	rpm	mm/min	mm/m	mm/r	mm		min

Cilindrado interior	Fijar eje en la muela del torno.		Torno convencional	Buril de cuchilla simple	Calibrado, reloj palpador	1	140	20				30	Centrar cilindrado
Refrentado	Fijar eje en la muela del torno.		Torno convencional	Buril de HSS	Calibrador	1	200	20				20	
Ranurado frontal	Fijar la pieza en la fresadora		Torno convencional	Buril HSS	Calibrador	1	400					30	

PIEZA MECNIZADA



NOTA: El mecanizado de la polea conducida se realizó colocándola en la muela del torno, después se pasa realizar un cilindrado interior, y se cambia de cuchilla para realizar el refrentado en las caras, finalmente se cambia de cuchilla y se procede a realizar el ranurado frontal.

Realizado por: Erazo B., 2024

ANEXO E: PLANOS

La codificación de los planos sigue la siguiente estructura:

Código: Facultad de Mecánica-Carrera Mecánica-Área Diseño-Máquina Desgranadora de Maíz-

Plano (Ensamble/Pieza/Especificación) (N° Grupo)-Plano N°-Año

Código	Hoja	Descripción
FM-CM-AD-MDM-PE01-P01-2024	A3	Plano de detalle general-vistas-y cotas
FM-CM-AD-MDM-PE02-P02-2024	A2	Plano explosionado - lista de materiales
FM-CM-AD-MDM-PE03-P03-2024	A3	Subensamble Base
FM-CM-AD-MDM-PE04-P04-2024	A3	Subensamble soportes
FM-CM-AD-MDM-PE03-P05-2024	A4	Base lateral derecha
FM-CM-AD-MDM-PE03-P06-2024	A4	Base lateral izquierda
FM-CM-AD-MDM-PE03-P07-2024	A4	Pata frontal izquierda
FM-CM-AD-MDM-PE03-P08-2024	A4	Pata frontal derecha
FM-CM-AD-MDM-PE03-P09-2024	A4	Perfil base
FM-CM-AD-MDM-PE03-P10-2024	A4	Pata trasera derecha
FM-CM-AD-MDM-PE04-P11-2024	A4	Perfil Superior
FM-CM-AD-MDM-PE05-P12-2024	A4	Soporte de chumaceras
FM-CM-AD-MDM-PE05-P13-2024	A4	Tapa lateral derecha, izquierda
FM-CM-AD-MDM-PE06-P14-2024	A4	Tolva de salida
FM-CM-AD-MDM-PE07-P15-2024	A4	Sistema desgranador
FM-CM-AD-MDM-PE08-P16-2024	A4	Tolva de alimentación
FM-CM-AD-MDM-PE08-P17-2024	A4	Eje, cilindro, cubierta de cilindro, dado
FM-CM-AD-MDM-PE08-P18-2024	A4	Polea motriz
FM-CM-AD-MDM-PE08-P19-2024	A4	Polea conducida
FM-CM-AD-MDM-PE20-P20-2024	A3	Tolva de alimentación
FM-CM-AD-MDM-PE21-P21-2024	A4	Tapa tolva de alimentación
FM-CM-AD-MDM-PE22-P22-2024	A4	Cubierta
FM-CM-AD-MDM-PE23-P23-2024	A4	Tapa frontal
FM-CM-AD-MDM-PE24-P24-2024	A4	Tapa Trasera

Realizado por: Erazo B., 2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 23 / 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Byron Daniel Erazo Rodríguez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Mecánica
Título a optar: Ingeniero Mecánico
 Ing. Santiago Alejandro López Ortiz Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Javier Enrique Orna Chávez Asesor del Trabajo de Titulación