



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA
PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR
ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA
JUANITA”**

AUTORES: Wilmar Edison Vaca Aldás
Bryan Alexander Valencia Toasa

TUTOR: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán. MSc.

AMBATO – ECUADOR

Enero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA”**. Elaborado por los señores Bryan Alexander Valencia Toasa, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180513130-5 y Wilmar Edisson Vaca Aldás, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180436100-2, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2024

.....
Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Alexander Valencia Toasa, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180513130-5 y Wilmar Edison Vaca Aldás portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180436100-2, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA**”, así como también los análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2024



.....
Bryan Alexander Valencia Toasa

C.I. 180513130-5

AUTOR



.....
Wilmar Edison Vaca Aldás

C.I. 180436100-2

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, de acuerdo con las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, enero 2024



.....
Bryan Alexander Valencia Toasa

C.I. 180513130-5

AUTOR



.....
Wilmar Edison Vaca Aldás

C.I. 180436100-2

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Bryan Alexander Valencia Toasa y Wilmar Edison Vaca Aldás de la Carrera de Mecánica bajo el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA**”.

Ambato, enero 2024

Para constancia firman:



.....
Ing. Oscar Iván Analuisa Maiza, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mi familia especialmente a mi madre Carmita quién siempre me apoyó incondicionalmente y estuvo durante todo este trayecto aconsejándome y dándome palabras de aliento. Sin su apoyo y amor incondicional, este logro no sería posible. Su sacrificio y dedicación han sido un regalo invaluable que me impulsa a seguir adelante cada día. La amo profundamente, mamá, y agradezco eternamente su presencia constante, su sabiduría y su cariño desinteresado

A mi padre Edison quién compartió conmigo su amor por esta hermosa carrera. Su pasión por esta profesión ha sido una fuente de inspiración para mí, y agradezco profundamente el legado y conocimiento que ha compartido conmigo.

A mis hermanas: Gabriela, quién me enseñó que con esfuerzo y dedicación se puede llegar lejos. Gracias por mostrarme que los logros se alcanzan con perseverancia y entrega. Tu fortaleza y empeño han sido una inspiración constante para mí.

Para mi querida hermana Fernanda, un pilar inquebrantable en mi vida, quien siempre estuvo ahí para cuidarme, protegerme y brindarme su amor incondicional. Esta dedicatoria es un sincero reconocimiento a tu constante protección y cuidado a lo largo de los años. Tu presencia ha sido mi refugio, tu apoyo mi fortaleza y tu cariño mi sostén, eres un gran ejemplo y te admiro mucho.

Daniela, a quién admiro por su increíble disciplina a lo largo de los años. Tu determinación y capacidad para enfrentar los desafíos con valentía han sido una fuente constante de inspiración para mí.

A mi hermano Andrés, esta dedicatoria es un reconocimiento a la increíble complicidad y amistad que hemos compartido a lo largo de los años. Tu presencia ha sido un faro de confianza, un compañero de aventuras y un confidente leal.

A mis angelitos: Lulú mi compañera de desvelos que con su amor incondicional me permitió seguir adelante. Tito y Caleb que, aunque ya no estén a mi lado los llevo en mi corazón. A Bruno y Mia, quienes fueron parte desde el inicio de este trayecto.

A lo largo de este arduo camino, he aprendido que la resiliencia es la fuerza que surge de las adversidades, y el trabajo incansable es la escalera hacia la cima del éxito. Que este logro sea un recordatorio constante de la capacidad y voluntad para alcanzar metas propuestas.

Wilmar Edisson Vaca Aldás

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado con todo mi cariño para mis familiares, amistades que confiaron en mi esfuerzo, constancia y dedicación en el transcurso de mi etapa académica.

En primer lugar, para el motor de mi vida, mi querida madre que día a día me brindó su apoyo incondicional para lograr alcanzar mis logros y metas impuestas a lo largo de mi vida.

Jessica y Cinthia mis hermanas, que supieron corregir y guiarme en el camino del bien hasta el día hoy. A mi amada compañera de vida, Adriana por seguir junto a mí a pesar de las adversidades de la vida.

Además, quiero dedicar a mis queridos tíos: Antoño, Segundo y Humberto, por su colaboración y dedicación de tiempo por dirigir y forjar mi desempeño profesional en el campo de la Ingeniería Mecánica.

Finalmente, dedico a los docentes de la Facultad de Mecánica que han aprobado que se realice el proyecto con éxito.

Bryan Alexander Valencia Toasa

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a ustedes, mis padres Carmita y Edison, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que han hecho posible cada paso en mi camino académico. Quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a mis hermanos Gabriela, Fernanda, Andrés y Daniela por su apoyo constante y aliento a lo largo de mi trayectoria académica, son personas extraordinarias y con un gran corazón.

Agradezco a mi tutor el Ingeniero Francisco Peña por habernos guiado durante el desarrollo del proyecto y siempre estar predispuesto a despejar nuestras dudas.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios universitarios. Agradezco profundamente el apoyo, la infraestructura que me han sido proporcionados a lo largo de mi formación académica.

Finalmente, quiero extender mi gratitud a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por el invaluable conocimiento impartido por parte de sus distinguidos profesores y el personal administrativo. Sus enseñanzas y orientación han sido fundamentales para mi desarrollo académico y profesional.

Wilmar Edison Vaca Aldás

AGRADECIMIENTO

Agradecido eternamente a Dios creador por bendecirme con salud y fortaleza para plasmar este proyecto, principalmente a toda mi familia, amigos y conocidos que me han apoyado económica y moralmente en el transcurso de mi etapa académica.

Agradecido con la granja avícola “Tía Juanita” por confiar en la realización del proyecto, talleres “Don Vini”, donde se logró la construcción y prueba de todas las partes y elementos mecánicos que conforman el noqueador electromecánico.

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Mecánica, a mis docentes y en especial a mi tutor Ing. Francisco Peña, quien con su conocimiento y experiencia supo guiarnos en el todo el proceso para lograr culminar el proyecto.

Bryan Alexander Valencia Toasa

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxi
ÍNDICE DE TABLAS	xxiv
RESUMEN EJECUTIVO	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Fundamentación teórica	3
1.3.1. Institución regulatoria	3
1.3.2. Normatividad actual en Ecuador referente al sacrificio de animales.....	3
1.3.3. Crianza de pollos Broiler	5
1.3.4. Levantamiento de procesos de faenado de pollos	6
1.3.4.1. Proceso actual (Artesanal).....	6
1.3.5. Propiedades fisicoquímicas del agua	9
1.3.6. Aturdimiento	9
1.3.6.1. Aturdido eléctrico.....	10

1.3.6.2.	Circuito electrónico.....	14
a)	Fuente de alimentación	14
b)	Circuito integrado LM555.....	15
c)	Regulador de tensión LM317.....	16
d)	Transistor	18
e)	Capacitores electrolíticos	18
f)	Resistencias	19
g)	Fusibles	20
h)	Potenciómetro de precisión	21
1.3.7.	Estructura de la tina.....	22
1.3.7.1.	Acero inoxidable AISI 316	22
1.3.7.2.	Acero Galvanizado (bajo la norma ASTM A653)	24
1.3.7.3.	Polímeros	25
a)	Polietileno de alta densidad (HDPE).....	25
1.3.8.	Sistema transportador aéreo de aves	26
1.3.8.1.	Alternativas de sistemas transportadores de aves	28
a)	Transportador aéreo de ruedas motorizado	28
b)	Sistema fijo	28
1.3.8.2.	Tipos de materiales de fabricación.....	29
a)	Acero ASTM A36	29
b)	Acero ASTM A500	31
1.3.8.3.	Sujetadores	32
1.3.8.4.	Sistema de transmisión.....	33
a)	Cadena.....	33
b)	Bandas	34
c)	Ruedas de fricción.....	39

1.3.8.5.	Motor.....	40
a)	Variador de frecuencia	41
b)	Sistema reductor de velocidad por engranes	43
1.3.8.6.	Fuente de alimentación	44
1.3.8.7.	Fuente de energía controlada	44
1.3.8.8.	Sistema de control	44
a)	Arduino	44
b)	Control lógico programable (PLC)	45
1.3.9.	Coeficiente de fricción	46
1.3.9.1.	Ruedas de los Troles (Sistema de Transporte).....	47
1.3.10.	Método de ponderación.....	48
1.4.	Objetivos	48
CAPÍTULO II		49
2.	METODOLOGÍA	49
2.1.	Materiales.....	49
2.1.1.	Propiedades mecánicas de los materiales.....	49
2.1.2.	Recurso para modelar y simular la máquina	51
2.1.3.	Lista de materiales para la construcción de la máquina noqueadora ...	52
2.2.	Máquinas y herramientas para el diseño y construcción.....	57
2.3.	Ecuaciones para el diseño y construcción	64
2.3.1.	Sistema de transporte	64
2.3.1.1.	Motor.....	64
a)	Velocidad lineal	64
b)	Velocidad angular	65
c)	Peso de cada pollo.....	65
d)	Peso de accesorios.....	65

e)	Peso de la cadena	66
f)	Peso total	66
g)	Fuerza de fricción.....	67
h)	Torque	67
i)	Potencia	67
j)	Potencia corregida.....	68
2.3.1.2.	Sistema de transmisión.....	68
2.3.1.3.	Reductor	68
a)	Velocidad de entrada.....	68
b)	Velocidad de salida del reductor	69
c)	Factor de reducción	69
d)	Potencia de mando	69
e)	Relación de potencias.....	69
f)	Diseño del eje.....	69
g)	Relación entre diámetros.....	70
h)	Relación entre radios.....	70
i)	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión.....	70
j)	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga a torsión	70
k)	Límite de resistencia a fatiga del material del eje	71
l)	Factor de superficie	71
m)	Factor de tamaño	71
n)	Factor de carga	71
o)	Factor de temperatura.....	72
p)	Factor por efectos diversos.....	72
q)	Límite a la resistencia modificado	72
r)	Teoría de falla por fatiga según Goodman.....	72

s)	Teoría de falla por fatiga según Gerber.....	72
t)	Teoría de falla por fatiga según ASME elíptica.....	73
u)	Teoría de falla por fatiga según Soderberg	73
v)	Esfuerzo equivalente de von Mises.....	73
w)	Factor de seguridad	74
x)	Engranaje.....	74
2.3.1.4.	Troles.....	77
a)	Distancia requerida para separación entre troles.....	77
2.3.1.5.	Estructura	77
a)	Capacidad máxima	77
b)	Fuerza distribuida.....	77
c)	Diseño de la viga-riel	78
d)	Pórtico	82
e)	Placa	82
2.3.1.6.	Uniones con pernos cargadas en cortante	85
a)	Aplastamiento de los pernos	85
b)	Aplastamiento de los elementos de sujeción.....	86
c)	Fuerza cortante del perno	86
2.3.1.7.	Soldadura a tope y filete.....	87
a)	Esfuerzo a tensión	87
b)	Esfuerzo a compresión	87
c)	Esfuerzo equivalente de Von Mises.....	87
2.3.2.	Noqueador	88
2.3.2.1.	Tanque.....	88
a)	Capacidad del tanque	88
b)	Fuerza al fondo del tanque	88

c)	Esfuerzo admisible	88
d)	Factor de seguridad	89
2.3.3.	Circuito eléctrico	89
2.3.3.1.	Pulsador en modo estable	89
2.3.3.2.	Frecuencia de corriente de salida	90
2.3.3.3.	Periodo	90
2.4.	Niveles de investigación	91
2.4.1.	Bibliográfico	91
2.4.2.	Exploratorio.....	91
2.4.3.	Descriptivo	91
2.4.4.	De campo	91
2.5.	Etapas para el desarrollo de la máquina.....	91
2.6.	Diagrama de flujo.....	93
CAPÍTULO III.....		94
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	94
3.1.	Selección de alternativas	94
3.1.1.	Tina	94
3.1.2.	Sistema transportador aéreo	96
3.1.3.	Estructura	97
3.1.4.	Sistema de transmisión para los ganchos	99
3.1.5.	Motor.....	100
3.1.6.	Sistema de control.....	101
3.2.	Evaluación de alternativas.....	102
3.3.	Criterios para evaluar alternativas.....	103
3.4.	Cálculos.....	108
3.4.1.	Motor.....	108

3.4.1.1.	Velocidad lineal	108
3.4.1.2.	Velocidad angular	108
3.4.1.3.	Peso de cada pollo.....	109
3.4.1.4.	Peso de accesorios.....	109
3.4.1.5.	Peso de la cadena	109
3.4.1.6.	Peso total	109
3.4.1.7.	Fuerza de fricción.....	110
3.4.1.8.	Torque	110
3.4.1.9.	Potencia.....	110
3.4.1.10.	Potencia corregida.....	110
3.4.2.	Diseño del circuito del motor.....	111
3.4.2.1.	Circuito de control.....	111
3.4.2.2.	Circuito de fuerza.....	112
3.4.3.	Sistema de transmisión.....	113
3.4.3.1.	Relación de transmisión	113
3.4.3.2.	Motorreductor	114
a)	Velocidad de entrada.....	114
b)	Velocidad de salida del reductor	114
c)	Factor de reducción	114
d)	Potencia de mando	114
e)	Relación de potencias.....	115
3.4.3.3.	Diseño del eje.....	115
a)	Relación entre diámetros.....	115
b)	Relación entre radio y diámetro	115
c)	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión.....	116
d)	Factor de concentración de esfuerzos por fatiga a torsión	116

e)	Límite de resistencia a fatiga del material del eje	116
f)	Factor de superficie	116
g)	Factor de tamaño	116
h)	Límite a la resistencia modificado	117
i)	Teoría de falla por fatiga según Goodman.....	117
j)	Teoría de falla por fatiga según Gerber.....	117
k)	Teoría de falla por fatiga según ASME elíptica.....	118
l)	Teoría de falla por fatiga según Soderberg	118
m)	Esfuerzo equivalente de von Mises.....	119
n)	Factor de seguridad	119
3.4.3.4.	Engranaje.....	119
a)	Paso diametral	119
b)	Paso circular	120
c)	Módulo	120
d)	Diámetro exterior	120
e)	Espesor del diente	121
f)	Espacio libre en el fondo del diente	121
g)	Adendum.....	121
h)	Profundidad de trabajo	122
3.4.4.	Troles.....	122
3.4.4.1.	Distancia requerida para separación entre troles.....	122
3.4.5.	Estructura	123
3.4.5.1.	Capacidad máxima	123
3.4.5.2.	Fuerza distribuida.....	123
3.4.5.3.	Diseño de viga-riel	123
a)	Método 1	123

b)	Método 2	124
3.4.5.4.	Pórtico	125
a)	Momento flector en el punto A	125
3.4.5.5.	Placa de sujeción del riel.....	125
a)	Área de cubre placa.....	125
b)	Área de la placa.....	125
c)	Área de la placa riel.....	125
d)	Verificación del área total de la placa riel.....	126
e)	Inercia de una placa.....	126
f)	Inercia de la placa.....	126
g)	Longitud de pandeo crítica.....	126
h)	Resistencia al aplastamiento en 2 pernos	127
i)	Resistencia al cortante en 2 pernos	127
j)	Separación máxima según el AISI.....	127
3.4.6.	Uniones de pernos cargadas en cortante	127
3.4.6.1.	Aplastamiento de los pernos	127
3.4.6.2.	Aplastamiento de los elementos de sujeción.....	128
3.4.7.	Soldadura	129
3.4.7.1.	Estructura superior	129
a)	Esfuerzo a tensión	130
b)	Esfuerzo a compresión	130
c)	Esfuerzo equivalente de von Mises.....	130
d)	Factor de seguridad	130
3.4.8.	Noqueador	131
3.4.8.1.	Tanque.....	131
a)	Distancia de sumergimiento.....	131

b)	Capacidad del tanque	131
c)	Fuerza al fondo del tanque	132
d)	Esfuerzo admisible	132
e)	Factor de seguridad	132
3.4.8.2.	Circuito eléctrico	132
a)	Pulsador en modo estable	132
b)	Frecuencia de corriente de salida	133
c)	Periodo	133
3.5.	Simulación en Software especializado	133
3.5.1.	Estructura	133
3.5.2.	Tina	134
3.6.	Resultados de los cálculos y simulaciones	136
3.6.1.	Estructura	136
3.6.2.	Tina	138
3.6.3.	Platina y eje de la rueda	142
3.7.	Construcción del noqueador electromecánico	144
3.7.1.	Proceso de construcción	154
3.8.	Costos del proyecto	162
3.8.1.	Costos directos	162
3.8.1.1.	Materia prima	162
3.8.1.2.	Insumos	164
3.8.1.3.	Maquinaria y equipos	168
3.8.1.4.	Terminados	169
3.8.2.	Costos indirectos	170
3.8.2.1.	Diseño e ingeniería	170
3.8.2.2.	Logística y transporte	171

3.8.3.	Costo total	172
3.9.	Pruebas funcionales del sistema.....	173
3.9.1.	Troles.....	173
3.9.2.	Motor.....	174
3.9.3.	Electronarcosis	175
3.10.	Manual del sistema del noqueador electromecánico.....	182
3.10.1.	Manual de funcionamiento.....	182
3.10.2.	Manual de mantenimiento.....	184
CAPÍTULO IV.....		187
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
4.1.	Conclusiones	187
4.2.	Recomendaciones.....	188
5.	BIBLIOGRAFÍA	191
6.	ANEXOS.....	200

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planimetría de la granja.	6
Figura 2. Recepción de pollos en el área de faenado	6
Figura 3. Método actual para el sacrificio.....	7
Figura 4. Procesos de producción y faenado de pollos.	7
Figura 5. Cantidad total de pollos faenados.	8
Figura 6. Signos de una buena efectividad del aturdidor.	10
Figura 7. Esquema eléctrico del aturdimiento de pollos.	11
Figura 8. Analogía eléctrica de cuatro aves en un aturdidor de baño de agua.	13
Figura 9. Fuente de corriente continua de una computadora portátil.....	15
Figura 10. Circuito integrado LM555.	15
Figura 11. Pines del LM555.....	16
Figura 12. Regulador de tensión LM317.	17
Figura 13. Transistor electrónico.	18
Figura 14. Capacitor electrolítico.....	19
Figura 15. Resistencias eléctricas.	20
Figura 16. Fusible referencial.	21
Figura 17. Potenciómetro de precisión.....	22
Figura 18. Tamaños de tinas de HDPE.	26
Figura 19. Transportador de ruedas motorizado Tekpro.....	28
Figura 20. Sistema de aturdidor fijo de pollos.	29
Figura 21. Ganchos de Acero inoxidable.....	32
Figura 22. Transmisión de fuerza por medio de cadena.	33
Figura 23. Esquema de contacto entre la banda de sincronización y engrane.	38
Figura 24. Transmisión por medio de ruedas de fricción.....	40
Figura 25. Motor trifásico y variador de velocidad.....	42

Figura 26. Kit Arduino.....	45
Figura 27. PLC Siemens ST 70.....	46
Figura 28. Curva Esfuerzo – Deformación de ingeniería.	50
Figura 29. Estructura de la viga	78
Figura 30. Diagrama de cuerpo libre de la viga-riel	79
Figura 31. Etapas de desarrollo de la máquina.	92
Figura 32. Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto.	93
Figura 33. Circuito de control.	112
Figura 34. Circuito de fuerza.	113
Figura 35. Paso circular.....	120
Figura 36. Radio exterior del engranaje.....	121
Figura 37. Espesor del engranaje	121
Figura 38. Profundidad de trabajo total	122
Figura 39. Esfuerzos en la estructura principal.....	129
Figura 40. Momento máximo.....	130
Figura 41. Tina	131
Figura 42. Diseño en software especializado.....	136
Figura 43. Deformación.	137
Figura 44. Esfuerzos.....	137
Figura 45. Diseñador de secciones.....	138
Figura 46. Diseño de la tina.	139
Figura 47. Resultados de la simulación.....	140
Figura 48. Gráfica de esfuerzos.	140
Figura 49. Esfuerzos sometidos por la plancha de acero galvanizado.	141
Figura 50. Módulo del diseñador de secciones.....	141
Figura 51. Recálculo de la estructura.	142

Figura 52. Análisis del eje que sujeta la rueda giratoria.	143
Figura 53. Diseño final del eje de la rueda motriz.	143
Figura 54. Prueba de funcionalidad de los troles.	174
Figura 55. Prueba de funcionalidad del motor.	175
Figura 56. Pruebas de funcionalidad.	177
Figura 57. Pollo aturdido.	178
Figura 58. Quemadura que sobresale en la piel.	178
Figura 59. Quemadura interna en la pechuga.	179
Figura 60. Segunda prueba de aturdimiento.	180
Figura 61. Medición de voltaje que circula por los electrodos.	181
Figura 62. Pollo de la segunda prueba sin quemaduras externas.	181
Figura 63. Pollo de la segunda prueba sin ninguna quemadura o defecto en la calidad de la carne.	182
Figura 64. Sistema de transporte aéreo.	182
Figura 65. Tina con electrodo.	183
Figura 66. Botón de apagado de la máquina.	184
Figura 67. Diámetro crítico del elemento.	200
Figura 68. Tipo de juego	200
Figura 69. Longitud del elemento.	204
Figura 70. Diseño de la placa electrónica.	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Organizaciones afiliadas a CONAVE.....	5
Tabla 2. Tabulación de datos de fallecimiento de pollos en la granja.	8
Tabla 3. Parámetros recomendados de aturdimiento eléctrico.....	14
Tabla 4. Propiedades mecánicas y químicas del Acero AISI 316.	23
Tabla 5. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A653.....	25
Tabla 6. Propiedades mecánicas y químicas del acero ASTM A36.	30
Tabla 7. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500 grado A.....	31
Tabla 8. Capacidad nominal de potencia en cadenas de paso único.....	34
Tabla 9. Tipos de bandas de transmisión.	35
Tabla 10. Propiedades de los materiales de las bandas de transmisión.	36
Tabla 11. Parámetros para la sección de Bandas tipo V.	37
Tabla 12. Parámetros para selección de Bandas tipo B estándar.	38
Tabla 13. Pasos estándar para selección de bandas de sincronización.	39
Tabla 14. Clasificación de máquinas eléctricas rotativas.....	41
Tabla 15. Número de arranques permitidos y mínimo tiempo entre arranques.	43
Tabla 16. Propiedades de ruedas de polipropileno.....	47
Tabla 17. Escala de ponderación.....	48
Tabla 18. Lista de recursos.....	51
Tabla 19. Lista de materiales.	52
Tabla 20. Máquinas y herramientas.	58
Tabla 21. Alternativas de diseño de la tina.	95
Tabla 22. Alternativas de diseño del sistema transportador aéreo.....	97
Tabla 23. Alternativas de diseño de la estructura	98
Tabla 24. Alternativas de diseño del sistema de transmisión para los ganchos.....	99
Tabla 25. Alternativas de diseño de motor.....	101

Tabla 26. Alternativas de diseño del sistema de control.....	102
Tabla 27. Matriz de ponderación para la tina.....	104
Tabla 28. Matriz de ponderación del transportador aéreo.....	105
Tabla 29. Matriz de ponderación para la estructura.....	105
Tabla 30. Matriz de ponderación del sistema de transmisión para ganchos.	106
Tabla 31. Matriz de ponderación para el motor.	107
Tabla 32. Matriz de ponderación para el sistema de control.	107
Tabla 33. Catálogo para selección de motor.	111
Tabla 34. Propiedades caja reductora CMRV075.....	115
Tabla 35. Tabla comparativa de materiales de la estructura.	133
Tabla 36. Tabla comparativa de materiales para la tina.....	134
Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico.....	144
Tabla 38. Proceso de ensamble del noqueador electromecánico.	152
Tabla 39. Construcción del noqueador electromecánico.	154
Tabla 40. Materia prima.....	163
Tabla 41. Insumos.....	164
Tabla 42. Análisis de costos por hora.	169
Tabla 43. Tabla de terminados.....	170
Tabla 44. Tabla de presupuesto de mano de obra.	171
Tabla 45. Tabla de logística y transporte.	171
Tabla 46. Tabla de presupuesto total.....	172
Tabla 47. Registro de la primera prueba de aturdimiento.....	176
Tabla 48. Registro de la segunda prueba de aturdimiento.	179
Tabla 49. Ajustes preferentes.....	201
Tabla 50. Tolerancias fundamentales para las calidades del ajuste.	201
Tabla 51. Desviaciones fundamentales de los ejes.	202

Tabla 52. Desviaciones fundamentales de los agujeros.	202
Tabla 53. Desviaciones fundamentales de los ejes.	203
Tabla 54. Tolerancias generales.	204
Tabla 55. Tipo de acabado superficial.	204
Tabla 56. Clase de rugosidad.	205
Tabla 57. Tolerancia planicidad.	205
Tabla 58. Descripción de la fresadora CNC Travis M-5.	210
Tabla 59. Selección de la fresa enteriza para desbaste en el catálogo Sandvik.	211
Tabla 60. Selección de velocidades, ancho y profundidad de pasada.	211
Tabla 61. Selección de avance por diente a partir del catálogo de Sandvik.	212
Tabla 62. Selección de k_{c1}	212
Tabla 63. Selección de fresas esféricas.	212
Tabla 64. Valores representativos de n y C en la ecuación de la vida de las herramientas de Taylor.	213
Tabla 65. Velocidades de corte y otros parámetros para operaciones de fresado.	213
Tabla 66. Cálculo de las principales variables que intervienen durante el fresado.	214

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como propósito llevar a cabo el proceso de aturdimiento de los pollos de manera eficiente, segura y humanitaria, asegurando el bienestar animal y la calidad del producto final evitando pérdidas de mercancía y optimizando la producción.

El Noqueador Electromecánico se desarrolló tomando en cuenta las mejores prácticas en el manejo de aves y cumpliendo con las normativas y regulaciones vigentes en relación con la seguridad en los mataderos. Se realizó una investigación exhaustiva para comprender los principios de funcionamiento de la máquina y se analizaron las especificaciones técnicas requeridas para su construcción. El diseño detallado incluye los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para garantizar un aturdimiento efectivo y controlado de los pollos. Se prestó especial atención a la selección de materiales resistentes a la corrosión y fáciles de limpiar, asegurando así un funcionamiento óptimo y duradero. Una vez construido, el Noqueador Electromecánico fue sometido a rigurosas pruebas para verificar su correcto funcionamiento y ajustar cualquier aspecto que requiera mejoras.

La implementación del Noqueador Electromecánico en la Granja Avícola Tía Juanita efectuó un aturdimiento óptimo sin efectos secundarios como contusiones, quemaduras internas garantizando la calidad de la producción. Con esta máquina, la granja podrá mejorar su proceso de faenamiento y reafirmar su compromiso con la calidad y el cuidado del producto.

Palabras clave: Broiler, Electronarcosis, Trole, Relé, Voltaje, Placa de circuito, Conave.

ABSTRACT

The purpose of this project is to carry out the stunning process of chickens efficiently, safely, and humanely, ensuring animal welfare and the quality of the final product while avoiding merchandise losses and optimizing production.

The Electromechanical Stunner was developed taking into account the best practices in poultry handling and complying with current regulations and safety standards in slaughterhouses. A thorough research was conducted to understand the machine's operating principles, and the necessary technical specifications for its construction were analyzed. The detailed design includes the mechanical, electrical, and electronic components required to ensure effective and controlled stunning of the chickens. Special attention was given to the selection of corrosion-resistant and easy-to-clean materials, ensuring optimal and durable operation. Once constructed, the Electromechanical Stunner underwent rigorous testing to verify its proper functioning and to fine-tune any aspects that required improvement.

The implementation of the Electromechanical Stunner at Granja Avícola Tía Juanita resulted in optimal stunning without side effects such as bruises or internal burns, guaranteeing production quality. With this machine, the farm will be able to improve its slaughtering process and reaffirm its commitment to product quality and care.

Keywords: Broiler, Electronarcosis, Trolley, Relay, Voltage, Circuit board, Conave.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Tema

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA

1.1. Antecedentes Investigativos

En la actualidad existe varios métodos para sacrificar pollos que se clasifican según el procedimiento de aturdimiento del ave. Según [1], en granjas avícolas con mataderos a pequeña escala, el aturdimiento se realiza con pistolas de perno cautivo de cartuchos, aire comprimido o resorte, que causan la muerte instantánea debido al golpe seco y contundente sobre la nuca del animal. En la industria avícola, comúnmente es empleado el método de insensibilización o aturdimiento que garantiza el 90% de efectividad [2].

Por otro lado, en granjas avícolas que cuentan con procesos de faenado artesanal, se practica el corte para el desangrado sin previo aturdimiento. En las plantas que sacrifican a mano sin aturdido, es importante que las personas que realizan el corte estén bien capacitadas. El cuchillo debe ser muy afilado y el corte debe ser realizado con habilidad y precisión, de manera que el ave no sienta que se le está cortando el cuello y pierda el conocimiento antes de sufrir. A pesar de un corte perfecto, se puede observar daños en las alas y la espalda del ave debido a la lucha que se produce durante el proceso de sacrificio utilizando este método [3].

El uso de un sistema eléctrico como método de aturdimiento consiste en sumergir la cabeza del ave en una solución de agua que produce un shock eléctrico, el cual bloquea el sistema nervioso y provoca la disminución del ritmo cardíaco, insensibilizando al pollo. Luego de un máximo de 10 segundos del aturdimiento, se realiza un corte en la vena yugular y la arteria carótida, que se encuentra en la zona media del cuello del ave, para provocar el desangrado hasta su muerte. Este proceso puede durar entre 1,5 y 3,0 minutos según [4].

Finalmente, otro método según [5], el aturdimiento por gas es otro método utilizado en la industria avícola para anestesiarse a los pollos antes del sacrificio. En este método, los pollos se colocan en jaulas y se les expone a una mezcla de gases que los adormece. La mezcla de gases más utilizada es el dióxido de carbono y el argón. El proceso se lleva a cabo en una habitación sellada para evitar la fuga de gases. La mezcla de gases se introduce en la habitación a través de tubos y se mantiene a una concentración adecuada durante un tiempo específico, generalmente de 60 a 90 segundos. Durante este tiempo, los pollos pierden gradualmente el conocimiento.

1.2. Justificación

En la industria pecuaria del Ecuador la producción de aves permite el consumo de alimentos con un elevado índice de valor nutritivo en un periodo de tiempo de producción de 3 a 4 meses aproximadamente. El pollo Broiler es una fuente de vitaminas, proteínas y nutrientes los cuales son digeribles con facilidad para el ser humano [6].

Se identificó en el proceso de faenamiento artesanal de pollos Broiler en la provincia de Galápagos, cantón Santa Cruz que hay varias deficiencias en sus procesos puesto a que en la etapa de sacrificio y sangrado de pollos es donde más tiempo toma al faenado estimando un promedio de unos 3 a 4 min por cada ave, es aquí donde se visualiza el principal problema que acarrea a que se estropee o golpee el cuerpo del ave debido al aleteo y constante zozobra lo cual produce que el producto procesado sea defectuoso y posteriormente exista pérdida del producto, lo que implica pérdida económica para la granja avícola. De acuerdo con [6], la granja avícola debe funcionar de tal manera que eviten factores que causen daño, estrés, miedo o dolor en las aves y que generen desórdenes en el comportamiento.

Mediante un previo análisis productivo se determina que las extremidades de las aves son en las cuales mayor daño se produce, como resultado del constante contacto entre el cuerpo del ave y el cono metálico usado actualmente como una forma de faenamiento artesanal. Además, se considera según [6], las aves no deben ser sometidas a dolor, daño o enfermedad a través de la prevención, el diagnóstico y los tratamientos adecuados.

El producto procesado finalmente se almacena en un congelador debido a que la temperatura en el transcurso del año oscila entre los 23 a 27 °C en la provincia de las Galápagos [7]. Por efectos de altas temperaturas, humedad y otros factores ambientales se requiere que el producto final pase en congelación, aquí es en donde se presentan los efectos de golpes, aleteos y la zozobra sufridos por los pollos en el proceso de faenado.

Mediante la implementación del noqueador electromecánico en el faenamiento de pollos Broiler se prevé reducir la problemática anunciada anteriormente, disminuir los tiempos de faenado y asegurar una mejor manipulación al pollo. Por otra parte, la propuesta planteada está contemplada a ser amigable con el medio ambiente y con un costo de fabricación asequible [7].

En la presente propuesta de trabajo se diseña y construye un noqueador electromecánico de pollos implementando un mecanismo de traslado continuo en el área de faenamiento para la granja avícola tía Juanita, el mismo garantiza el funcionamiento ideal para sacrificar pollos [7].

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Institución regulatoria

En el Ecuador, el Ministerio de Salud Pública es un organismo regulador encargado de supervisar y controlar las actividades relacionadas con la producción de alimentos y en particular, realiza visitas frecuentes a las instalaciones de faenadores para verificar el cumplimiento de las buenas prácticas de faenado artesanal. Estos faenadores son responsables de garantizar el cumplimiento de estas prácticas [8].

1.3.2. Normatividad actual en Ecuador referente al sacrificio de animales

Desde el punto de vista de [9], la NORMA vigente Ecuatoriana Ley de Mataderos Decreto Supremo 502 protege el bienestar de los animales durante el sacrificio, incluyendo a las aves. Su objetivo es establecer métodos uniformes de insensibilización humanitaria para garantizar una muerte rápida y sin dolor para los animales. El cumplimiento de la norma es obligatorio en todo el territorio nacional y su vigilancia está a cargo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario

(Agrocalidad). La norma exige que los instrumentos, equipos e instalaciones para el sacrificio sean diseñados, construidos y mantenidos de manera efectiva para asegurar un resultado rápido y eficaz. Además, se requiere que estos sean inspeccionados al menos una vez antes de su uso para garantizar que estén en buen estado [9].

Además, en Bienestar animal faenamiento de animales de producción indica ciertos parámetros a cumplir para garantizar la efectividad de las técnicas de aturdimiento eléctrico en tanques de agua [9].

La línea de ganchos no debe tener recodos afilados ni pendientes pronunciadas, y se recomienda que sea lo más corta posible para asegurar una velocidad adecuada y tranquilizar a las aves antes de llegar a la tina de agua. Si las aves tienen patas o alas rotas, se debe sacrificar de manera manual en lugar de colgarlas en los ganchos. El intervalo entre la suspensión en los ganchos y el aturdimiento debe ser breve, no superior a un minuto. La tina de agua debe ser adecuada para el tipo de aves y debe tener una altura ajustable para permitir la inmersión de la cabeza de cada ave. El electrodo sumergido en la tina debe ser igual de largo que la tina. Las aves deben sumergirse hasta la base de las alas. La barra de frotamiento conectada a tierra debe estar en contacto con los ganchos mientras pasan por encima del agua. Para suspender a las aves de los ganchos, se recomienda humedecer la zona de contacto del gancho con la pata del ave [9].

Se sugiere agregar sal a la tina de agua para aumentar la conductividad del agua. La cantidad de sal se ajusta regularmente para mantener la concentración de sal constante en el fluido en la tina. El uso de la tina de agua implica aturdir a las aves en grupo, pero se debe tener en cuenta las diferencias entre los diferentes tipos de aves. Se debe ajustar el voltaje de la corriente para que corresponda a la corriente necesaria para cada ave multiplicada por el número de aves sumergidas simultáneamente en la tina. Es importante que las aves reciban la corriente durante al menos 4 segundos y se debe aplicar una corriente que garantice la pérdida de conciencia inmediata y dure hasta la muerte del animal por paro cardíaco o desangramiento. Para limitar al máximo el número de aves que pasen a la etapa de degüello sin haber sido aturdidas adecuadamente, se toma medidas para aturdir a las aves pequeñas por separado de las aves más grandes. También se debe ajustar la altura del sistema de aturdimiento en la tina de agua en función del tamaño de las aves para garantizar que todas las aves,

incluso las más pequeñas, queden sumergidas en el agua hasta la base de las alas. Se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar que las aves conscientes o vivas pasen al área de escaldado [9].

1.3.3. Crianza de pollos Broiler

Según las normativas regulatorias de la industria avícola en el Ecuador, es posible detectar el nivel de afiliación gremial que se encuentra en operación. Este grupo está conformado por la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador, conocida como CONAVE, cuyo objetivo principal es mejorar las prácticas avícolas, promover el crecimiento de sus miembros, fomentar la implementación sostenible de las buenas prácticas avícolas, mejorar las condiciones laborales y coordinar con las autoridades gubernamentales para el control y supervisión del sector [8]. CONAVE tiene afiliaciones con las siguientes organizaciones como se puede ver en la Tabla 1:

Tabla 1. Organizaciones afiliadas a CONAVE [8].

Organización (Siglas)	Organización (Nombre)
IRA	Incubadores y reproductores de aves.
CORPHUEVO	Corporación de productores de huevos
CORPOLLO	Corporación de productores de pollos
CORPROC	Corporación de procesadores de huevos
AMEVEA	Asociación de médicos veterinarios especialistas en avicultura
Asociaciones regionales de avicultores	Santo domingo de los Tsáchilas El Oro Galápagos Quevedo

1.3.4. Levantamiento de procesos de faenado de pollos

1.3.4.1. Proceso actual (Artesanal)

Cumpliendo con el primer objetivo del proyecto se levanta información del proceso actual de faenado de pollos en la granja, el mismo, como se muestra en la Figura 1, la planimetría de la granja avícola tía Juanita cuenta con un área de faenado de 32 m^2 , galpones, oficinas entre otras, donde el área de faenado cuenta con subáreas de colgado, sacrificio, desangrado, escaldado, eviscerado, limpieza y almacenaje de producto final en un cuarto frío.



Figura 1. Planimetría de la granja.

Para la etapa de colgado se considera los datos obtenidos en bitácoras de producción en el Anexo 5. Esta abarca al proceso de traslado y recepción de los animales vivos al área de faenamiento. El personal encargado de la faena traslada directamente las aves en gavetas plásticas como se muestra la Figura 2, generalmente en horas de la mañana.



Figura 2. Recepción de pollos en el área de faenado

Luego, se coloca a los pollos en grupos de 6 donde se les aloja temporalmente en una mesa que tiene adaptado 6 conos invertidos de metal hasta el momento del sacrificio como se puede observar en la Figura 3. Durante el traslado entre las diferentes áreas

de la planta faenamiento, los pollos son transportados en gavetas plásticas que al finalizar la faena se lavan y desinfectan para su reutilización.



Figura 3. Método actual para el sacrificio.

Según el propietario en la granja tía Juanita en la provincia de las Galápagos, en un año calendario las instalaciones están configuradas para alcanzar un máximo de 4 lotes de producción de pollos. En la Figura 4, se muestra el gráfico con el que se resume el proceso de producción y faenado de pollos, además se puede obtener más información de la crianza de pollos en las bitácoras obtenidas en la granja como se muestra en el Anexo 5.

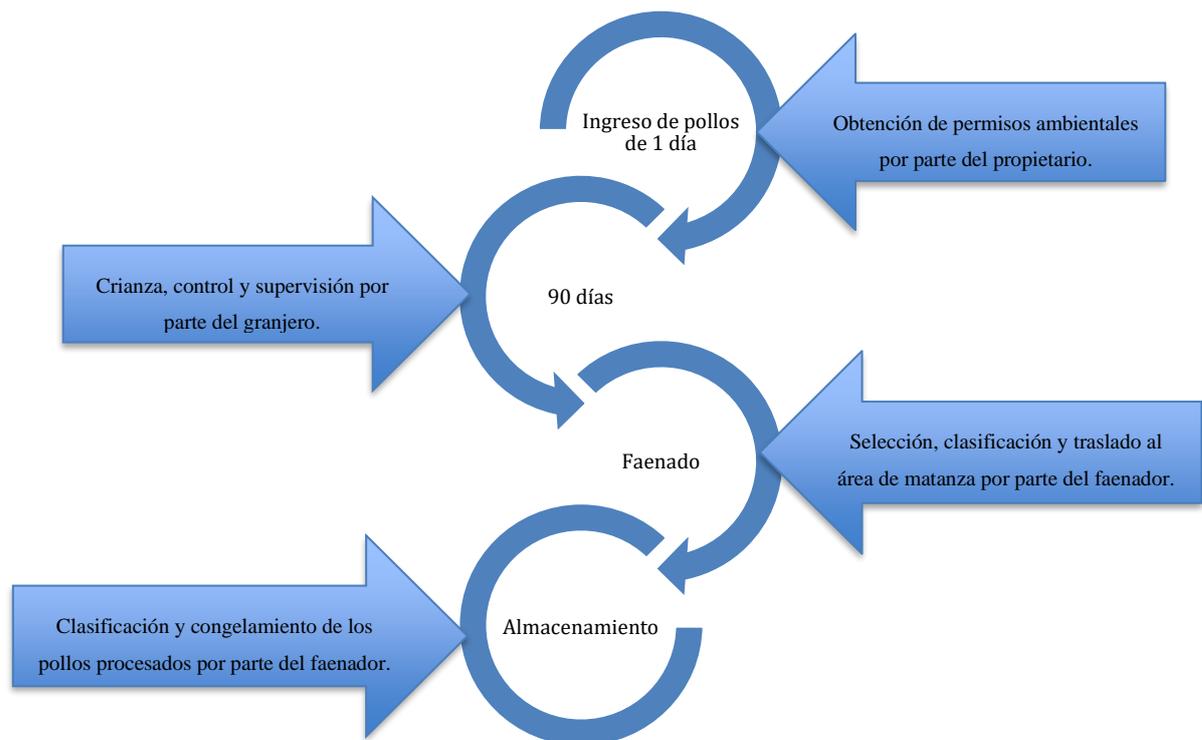


Figura 4. Procesos de producción y faenado de pollos.

Mediante la recopilación de información en las bitácoras que se muestran en el Anexo 5 y por parte de los trabajadores de la granja se realiza la siguiente tabulación de datos de la cantidad de pollos posterior a su proceso de faenado como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabulación de datos de fallecimiento de pollos en la granja.

Descripción	Responsable	Cantidad
Enfermedades	Veterinario/ Granjero	30
Sobrepeso	Granjero	40
Otros	Granjero	25
Total		95

A continuación, se realiza un esquema representativo en porcentaje de la cantidad total de pollos faenados por cada lote de producción como se observa en la Figura 5, donde se puede visualizar que existe un 9% de pérdida de producción por temas de crianza y enfermedades.

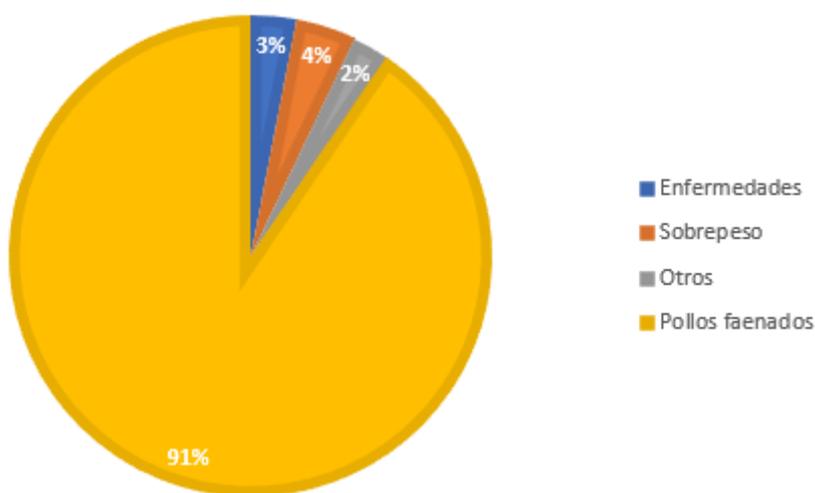


Figura 5. Cantidad total de pollos faenados.

1.3.5. Propiedades fisicoquímicas del agua

El agua es un buen conductor de electricidad debido a su capacidad para disociar los iones que se encuentran en su interior. Cuando se aplica una corriente eléctrica en el agua, los iones cargados positivamente se mueven hacia el electrodo negativo, mientras que los iones cargados negativamente se mueven hacia el electrodo positivo. Esta migración de iones produce un flujo de corriente eléctrica en el agua [10].

En el caso de un aturdidor de pollos mediante baño eléctrico, el agua actúa como un medio para transmitir la corriente eléctrica al ave. El ave se sumerge en un tanque de agua electrificada, donde la corriente eléctrica fluye a través del cuerpo del ave, produciendo una parálisis temporal de los músculos del cuerpo. Esto hace que el ave quede inmóvil y sea más fácil de procesar en el matadero [10].

Es importante tener en cuenta que, si bien el agua es un buen conductor eléctrico, la conductividad puede variar según la cantidad de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, es importante controlar la calidad del agua utilizada en el aturdidor para garantizar una conductividad eléctrica uniforme en el proceso de aturdimiento [11].

1.3.6. Aturdimiento

El aturdimiento en la industria avícola es un proceso mediante el cual se adormece o incapacita temporalmente a las aves antes de su sacrificio. Este proceso se lleva a cabo para evitar que las aves sientan dolor o sufrimiento durante el proceso de sacrificio y para mejorar la calidad de la carne. Es importante destacar que el aturdimiento no es un método de sacrificio en sí mismo, sino más bien un paso previo al sacrificio. Después del aturdimiento, las aves se desangran para completar el proceso de sacrificio. El objetivo final de este proceso es garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de la carne que se produce en la industria avícola [12].

Un buen aturdimiento en pollos se caracteriza por una pérdida rápida y efectiva de la conciencia y la sensibilidad, lo que permite un sacrificio efectivo y sin dolor [13]. Algunos de los signos y síntomas que indican un buen aturdimiento se muestra en la Figura 6.

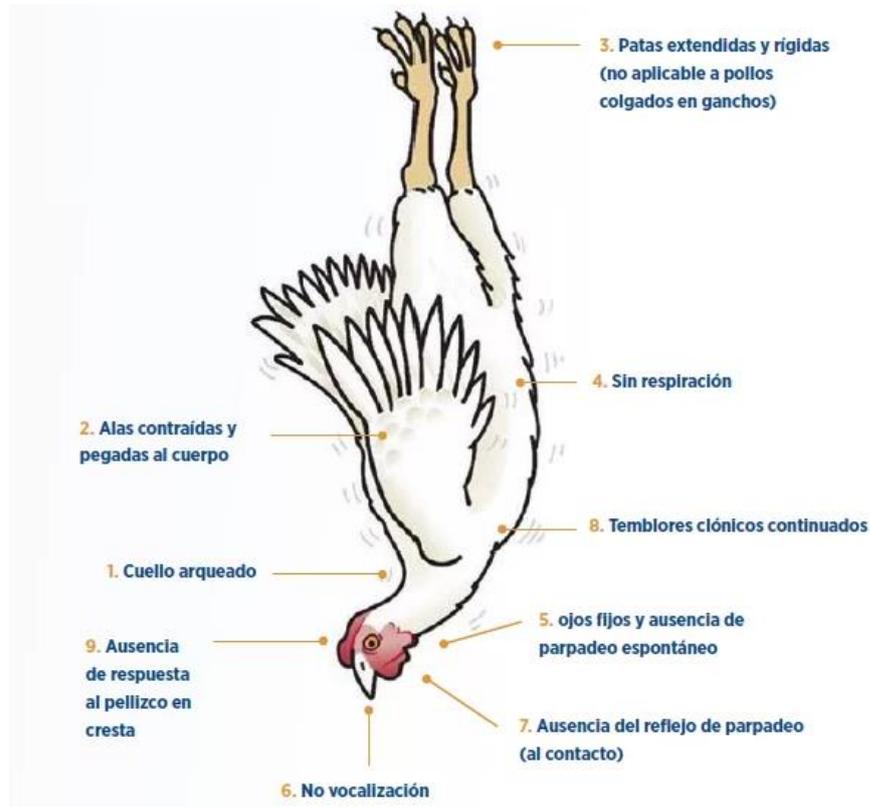


Figura 6. Signos de una buena efectividad del aturdidor [14].

Además, se puede destacar las siguientes características obtenidas del aturdimiento.

- Inmovilidad: los pollos deben quedar inmóviles y sin movimiento inmediatamente después del aturdimiento.
- Falta de reacción: los pollos no deben reaccionar a estímulos externos, como ruido o luz brillante.
- Ausencia de reflejos: los pollos no deben mostrar reflejos oculares, de pico o de cuello.
- Respiración tranquila: la respiración de los pollos debe ser lenta y tranquila.
- Ausencia de contracciones musculares: los pollos no deben mostrar contracciones musculares, como las que se ven en el movimiento de las alas o las piernas [13].

1.3.6.1. Aturrido eléctrico

La práctica de este método implica que solo la cabeza del pollo va a ser sumergida, donde el pollo es sujetado de patas por ganchos aéreos que actúan como electrodo. En ocasiones, puede suceder que los pollos reciban descargas eléctricas previo a su

ingreso en la tina de aturdimiento, debido a problemas en las instalaciones o a que se sumerjan demasiado en el agua, lo que ocasionaría que sus alas o pechugas sean afectadas. Es fundamental colocar una parrilla metálica que asegure que la cabeza de los pollos esté en el nivel adecuado. Por otro lado, la velocidad con que los pollos son introducidos en la tina y su nivel de excitación también pueden afectar su resistencia al paso de la corriente eléctrica como se observa en la Figura 7 [15].

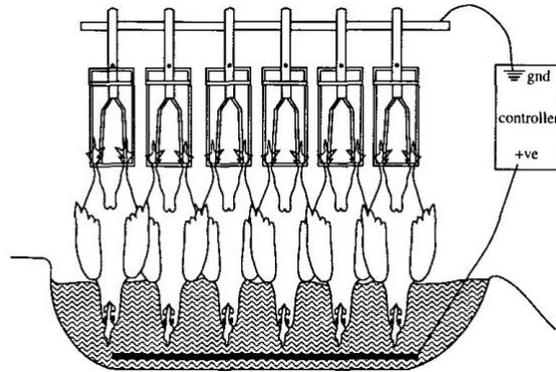


Figura 7. Esquema eléctrico del aturdimiento de pollos [15].

En el aturdimiento eléctrico de pollos, la intensidad de corriente, el voltaje y la resistencia son factores importantes que influyen en la eficacia del proceso de aturdimiento [16].

La ley de Ohm es fundamental en la teoría de circuitos eléctricos y es utilizada en la resolución de problemas relacionados con la corriente eléctrica y la resistencia en un circuito eléctrico [16].

La intensidad de corriente es un factor crítico para un aturdimiento efectivo. Una intensidad demasiado baja no será suficiente para aturdir al ave, mientras que una intensidad demasiado alta puede resultar en lesiones en el ave. La intensidad óptima de corriente depende del tamaño del ave y de la fuerza de la corriente. Por lo general, se utiliza corrientes de baja frecuencia que oscilan entre 50 – 150 mA [17]. Por otra parte, según [11], sugiere que la corriente de aturdimiento máxima recomendada, para inducir un paro cardíaco en el 97 % de los pollos de engorde y para mantener la canal problemas de calidad al mínimo, es de 120 mA [17].

El voltaje también es importante, ya que una tensión demasiado baja no será suficiente para aturdir al ave, mientras que una tensión demasiado alta puede resultar en lesiones.

El voltaje adecuado depende del tamaño del ave y de la resistencia eléctrica de la piel del ave, que varía según la edad y la salud del animal [11].

El baño de agua se mantiene a un mayor potencial eléctrico que la línea del electrodo, que normalmente está conectada a tierra. El voltaje del baño de agua se deriva de la red eléctrica (60 Hz, corriente alterna) que se puede ajustar por medio de una resistencia variable. A el aturdidor típico puede operar entre 80 - 120 voltios, dependiendo según el tipo de aves procesadas y la normativa reguladora de Agrocalidad [11].

La resistencia eléctrica del ave también es un factor crítico, ya que afecta la cantidad de energía eléctrica que se necesita para aturdir al ave. La resistencia eléctrica depende del tamaño, la edad y la salud del ave, así como del tipo de agua utilizada en el proceso de aturdimiento [17].

En general, se requiere un equilibrio adecuado entre la intensidad de corriente, el voltaje y la resistencia eléctrica para lograr un aturdimiento efectivo de los pollos. Por lo tanto, es importante contar con equipos de aturdimiento adecuados y capacitados para operar correctamente y garantizar un sacrificio efectivo y sin dolor [17].

La analogía del circuito eléctrico de la Figura 7, se muestra en la Figura 8, donde los cuerpos de las aves han sido reemplazados por componentes eléctricos equivalentes en resistencias. En un circuito de corriente alterna se considera que las aves no tienen inducción y por tanto la impedancia es equivalente a la resistencia. La Figura 8, ofrece una representación simplificada de las posibles vías resistivas que pueden existir. Cada ave tiene dos puntos principales de contacto eléctrico, en las piernas y la cabeza. También se observa que las aves pueden tocarse entre sí en el aturdidor, especialmente cuando se procesan pollos de 4 kg, y que las aves más largas pueden sumergirse hasta más allá de sus alas [17].

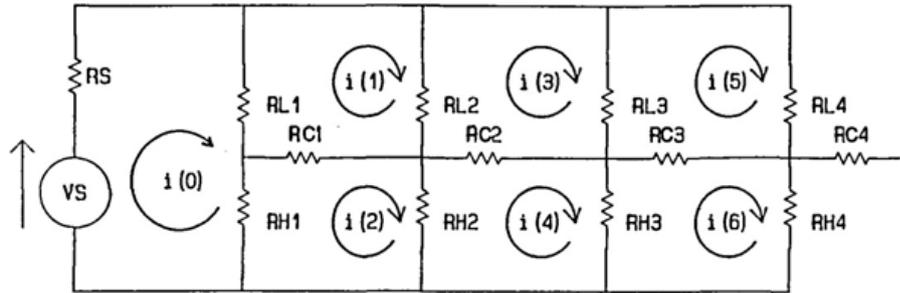


Figura 8. Analogía eléctrica de cuatro aves en un aturdidor de baño de agua [11].

Cada ave está descrita por tres resistencias:

RL , desde las patas hasta un punto en el centro del cuerpo, incluyendo un componente para la resistencia entre la pata y el sujetador [11].

RH , desde la cabeza hasta un punto en el centro del cuerpo, incluyendo un componente para la resistencia entre la cabeza y el agua [11].

RC , desde cualquier otro punto de contacto con un ave adyacente o cuerpo conductor, hasta un punto en el centro del cuerpo [11].

Las 4 aves representadas están conectadas en paralelo a un suministro eléctrico, que se modela como una fuente de voltaje (VS) en serie con una fuente de resistencia (RS). La resistencia de la fuente tiene en cuenta todas las resistencias externas, incluida la conductividad del electrolito en el baño del aturdidor. Las mediciones experimentales han demostrado que la resistencia de aves enteras para pollos Broiler puede variar entre $1000 - 2600 \Omega$ [11].

En cuanto a la frecuencia, las frecuencias altas $> 800 \text{ Hz}$ son menos efectivas en el aturdimiento y requieren intensidades de corriente más altas, las frecuencias medias entre $400 - 600 \text{ Hz}$ mejoran la calidad de la carne y disminuyen la hemorragia del músculo de la pechuga en pollos de engorde, y las frecuencias bajas $< 200 \text{ Hz}$ provocan contracciones musculares elevadas y la consiguiente ruptura de pequeños vasos sanguíneos en la piel y/o carne [18].

De acuerdo con [19], las frecuencias superiores a 1200 Hz no son recomendables para la electronarcosis de pollos Broiler, ya que el retorno a la conciencia es muy rápido, lo que no garantiza el estado de inconsciencia y la insensibilidad al dolor hasta la muerte, provocando sufrimiento animal. Por lo tanto, las frecuencias superiores a $> 300 \text{ Hz}$

se utilizan comúnmente en los mataderos de aves de corral para preservar la calidad de la carne.

En la Tabla 3, se muestra los parámetros recomendados a utilizar para el aturdimiento eléctrico en pollos Broiler.

Tabla 3. Parámetros recomendados de aturdimiento eléctrico.

Parámetro	Valor recomendado
Voltaje	20 – 40 V
Intensidad de corriente	100 – 150 mA
Frecuencia	400 – 600 Hz
Resistencia equivalente por cada pollo	1000 – 2600 Ω
Tiempo	10 s

1.3.6.2. Circuito electrónico

a) Fuente de alimentación

La fuente de alimentación de corriente continua es un componente esencial del noqueador porque proporciona al circuito electrónico energía eléctrica constante y estabilizada. Esta fuente de alimentación transforma la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua con voltaje y amperaje adecuados para que el circuito funcione correctamente mediante los rectificadores que se encuentran en su circuito interno [20].

Al elegir una fuente de alimentación de corriente continua es importante considerar la potencia requerida por el circuito electrónico, el voltaje y la corriente de operación necesarios, así como la estabilidad y la calidad de la salida de corriente continua [20]. Además, es crucial garantizar que la fuente de alimentación cumpla con los estándares y regulaciones de seguridad eléctrica aplicables. En la Figura 9, se observa una fuente de alimentación de corriente continua que será utilizada en el circuito eléctrico.



Figura 9. Fuente de corriente continua de una computadora portátil.

b) Circuito integrado LM555

Debido a su versatilidad y facilidad de uso, el circuito integrado LM555 es un componente muy utilizado en electrónica. Se trata de un temporizador que puede funcionar en varios modos, como temporizador astable, biestable y monoestable. Se encuentra en la familia de circuitos integrados de temporización 555, lo que le da su nombre [21].

El LM555 que se observa en la Figura 10, se puede utilizar en el circuito electrónico sugerido para generar pulsos de tiempo precisos y supervisar varias funciones del sistema. Puede usarse como generador de pulsos, por ejemplo, para medir la duración del aturdimiento eléctrico de los pollos sumergidos en el agua del tanque [21].

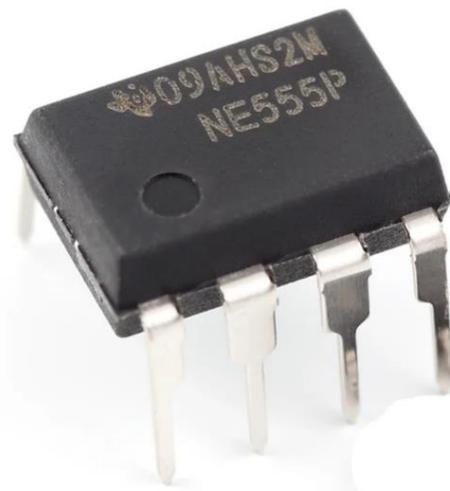


Figura 10. Circuito integrado LM555 [21].

El LM555 tiene una serie de pines de conexión que permiten ajustar sus parámetros de funcionamiento, como el tiempo de temporización y la frecuencia de los pulsos generados [21]. Algunas de las conexiones más comunes incluyen:

- Pin de alimentación (VCC): Se utiliza para suministrar la alimentación eléctrica al circuito integrado.
- Pin de tierra (GND): Conexión a tierra para la referencia del circuito.
- Pin de disparo (TRIGGER): Este pin recibe una señal de disparo externa para iniciar el temporizador.
- Pin de umbral (THRESHOLD): Este pin se utiliza para establecer un umbral de tensión para el temporizador.
- Pin de salida (OUTPUT): Proporciona la salida del temporizador, generando pulsos de tiempo.
- Pin de reinicio (RESET): Este pin permite reiniciar el temporizador y volver a empezar el ciclo [21].

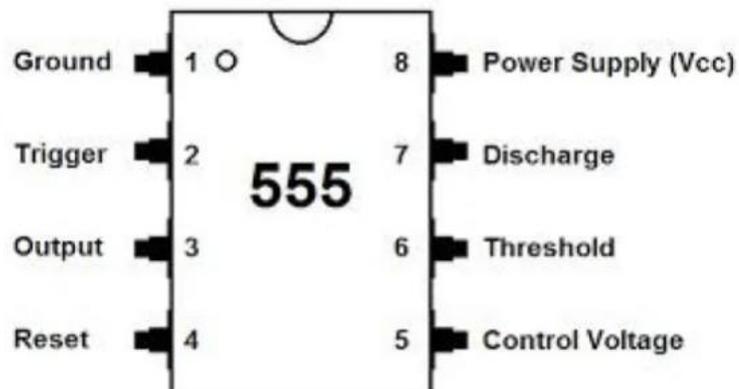


Figura 11. Pines del LM555 [21].

El LM555 se puede configurar para generar diferentes frecuencias y duraciones de pulsos según las necesidades del noqueador. Su versatilidad y amplia disponibilidad lo convierten en una opción popular en aplicaciones de control de tiempo y pulsos [21].

c) Regulador de tensión LM317

El regulador de tensión LM317 es un circuito integrado que puede controlar y regular el voltaje de salida de un circuito electrónico. Es un regulador de voltaje lineal ajustable que, independientemente del voltaje de entrada y la carga, proporciona una salida de voltaje constante y estable [22].

Teniendo en cuenta a [22], el regulador de tensión LM317 puede ser utilizado en el circuito electrónico de un noqueador para proporcionar una tensión de alimentación constante y precisa a los componentes electrónicos del sistema. Esto es particularmente crucial para asegurarse de que el circuito funcione de manera confiable y estable y para evitar fluctuaciones en la tensión de salida que puedan afectar el rendimiento de los dispositivos.

El LM317 que se observa en la Figura 12, tiene una configuración de pines que incluye:

- Pin de ajuste (ADJ): Este pin se utiliza para ajustar la tensión de salida del regulador. Conectando una resistencia externa entre este pin y el pin de salida (OUT), se puede establecer la tensión deseada [22].
- Pin de entrada (IN): Este pin recibe la tensión de entrada del circuito, que suele ser una tensión no regulada o proveniente de una fuente de alimentación [22].
- Pin de salida (OUT): Proporciona la tensión de salida regulada y constante del regulador LM317 [22].



Figura 12. Regulador de tensión LM317 [22].

El LM317 puede funcionar con una amplia variedad de tensiones de entrada y también puede proporcionar una tensión de salida que puede ajustarse a un rango de tensiones específico. Esto permite ajustar la tensión de salida para cumplir con las necesidades del circuito electrónico, asegurando que los componentes electrónicos reciban una tensión adecuada y estable para que funcionen a su máximo potencial [22].

d) Transistor

Un transistor es un dispositivo electrónico que amplifica o interfiere señales eléctricas como se observa en la Figura 13. En este tipo de circuito, el transistor suele controlar el flujo de corriente eléctrica. Puede funcionar como un interruptor para encender o apagar partes del circuito, como el sistema de electrificación del agua. Una señal adecuada a la base del transistor permite o bloquea el flujo de corriente en el circuito, lo que controla la activación o desactivación de los componentes conectados [23].

El transistor puede funcionar como amplificador de señal además de ser un interruptor. En este escenario, el transistor amplifica una señal de entrada débil para producir una señal de salida más fuerte. Esto puede ser útil en el circuito de control del noqueador para garantizar que las señales de control se amplifiquen adecuadamente y que los componentes de potencia del sistema puedan activarse [23].



Figura 13. Transistor electrónico [23].

Es importante seleccionar el tipo de transistor adecuado para el circuito, teniendo en cuenta sus características eléctricas, como la corriente y la tensión máxima que puede manejar, así como su ganancia de amplificación. Esto garantizará un rendimiento óptimo y confiable del circuito del noqueador [23].

e) Capacitores electrolíticos

Los capacitores electrolíticos son componentes electrónicos que almacenan y liberan energía eléctrica con control. Funcionan como almacenamiento temporal de carga eléctrica. El capacitor se carga acumulando energía en su campo eléctrico cuando se aplica una diferencia de potencial a través de él. Luego, el capacitor libera la energía

almacenada cuando se reduce la diferencia de potencial o cuando el circuito necesita más energía [24].

Los capacitores como el de la Figura 14, se utilizan en circuitos noqueadores para una variedad de propósitos. Por ejemplo, pueden usarse para suavizar o filtrar la corriente eléctrica y eliminar o reducir las fluctuaciones no deseadas o el ruido del suministro de energía. Esto es especialmente importante para garantizar un suministro de voltaje estable y constante a los diferentes componentes del circuito [24].

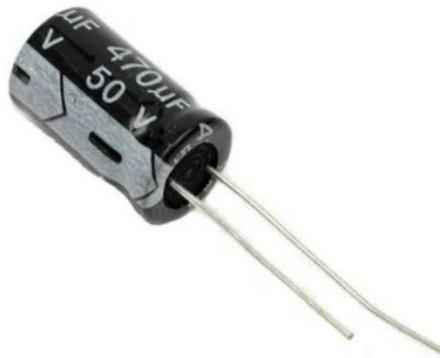


Figura 14. Capacitor electrolítico [24].

Por otra parte, estos componentes también pueden usarse para controlar la velocidad de cambio de señales o el tiempo de respuesta del circuito. Pueden incorporarse a circuitos temporizadores o generadores de señales, lo que permite la regulación precisa del tiempo de activación o desactivación de componentes particulares [24].

Seleccionar los capacitores correctos para el circuito depende de su capacidad para almacenar carga (expresada en Faradios) y manejar el voltaje eléctrico necesario. Esto asegura un rendimiento seguro y óptimo del circuito electrónico [24].

f) Resistencias

Las resistencias se utilizan principalmente para limitar el flujo de corriente eléctrica en un circuito. Actúan como obstáculos al flujo de corriente y ayudan a controlar la cantidad de corriente que pasa a través de otros componentes del circuito. Esto es fundamental para proteger los componentes sensibles y garantizar un funcionamiento seguro y confiable del circuito [22].

Las resistencias como las que se observan en la Figura 15, se utilizan en el circuito del noqueador para una variedad de propósitos. Limitar la corriente que pasa a través de circuitos integrados, transistores u otros dispositivos electrónicos es una de sus

funciones más comunes. Esto protege los componentes de daños por corriente excesiva [24].



Figura 15. Resistencias eléctricas.

Las resistencias pueden utilizarse para limitar la corriente, dividir el voltaje en un circuito, establecer valores de referencia, ajustar la ganancia de señales y proporcionar una carga eléctrica específica en diferentes partes del circuito [22].

Seleccionar las resistencias adecuadas para el circuito depende de su valor de resistencia (expresado en ohmios) y de su capacidad para disipar la energía térmica producida. Esto garantiza que cumplan con los requisitos y especificaciones del circuito y evita el sobrecalentamiento o el daño [22].

g) Fusibles

Los fusibles son componentes cruciales de seguridad del circuito electrónico del noqueador. Su principal función es proteger el circuito y otros componentes de corrientes eléctricas o cortocircuitos [25].

Un fusible está diseñado para romperse o fundirse cuando la corriente eléctrica que pasa por él supera un valor específico, conocido como corriente nominal o corriente de ruptura. Cuando esto sucede, el fusible se abre y corta el flujo de corriente, lo que evita que las partes del circuito se dañen [25].

Para proteger el sistema de cualquier sobre corriente, los fusibles se colocan estratégicamente en lugares críticos en el circuito del noqueador. Se puede instalar un

fusible en la línea de alimentación principal del circuito, por ejemplo, para protegerla de cortocircuitos o sobrecargas en el suministro eléctrico [25].

Los fusibles como el de la Figura 16, donde vienen en diferentes tamaños y clasificaciones de corriente para adaptarse a las necesidades específicas del circuito. Es importante seleccionar el fusible adecuado que coincida con la corriente nominal del circuito y sus componentes, ya que un fusible demasiado grande no brindará protección adecuada y uno demasiado pequeño puede fundirse innecesariamente [25].



Figura 16. Fusible referencial.

Cuando un fusible se funde, es necesario reemplazarlo por uno nuevo del mismo tipo y clasificación, esto garantiza la continuidad y la seguridad del circuito [26].

h) Potenciómetro de precisión

El potenciómetro de precisión es un componente electrónico que se puede ajustar, se utiliza en el circuito electrónico del noqueador para controlar la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través del sistema. Su función principal es permitir la regulación y ajuste precisos de la tensión o corriente del circuito [26].

Este está compuesto por una resistencia variable y un contacto móvil que se mueve a lo largo de la resistencia. La posición del contacto móvil cambia al girar el eje del potenciómetro, lo que cambia la resistencia total del componente. Esto permite ajustar la cantidad de corriente que fluye a través del circuito según la posición del potenciómetro [26].

En el circuito del noqueador, el potenciómetro de precisión se puede utilizar para ajustar la intensidad de la corriente eléctrica que se aplica para la electronarcosis. Esto

es importante para garantizar un nivel adecuado de aturdimiento de los pollos y controlar la eficiencia del proceso [26].

La resistencia del circuito cambia al girar el potenciómetro, lo que afecta la cantidad de corriente que fluye hacia los electrodos en agua. Como resultado, la intensidad del campo eléctrico y, por lo tanto, el grado de aturdimiento de los pollos se pueden controlar de esta manera [24].

Es importante tener en cuenta que la selección del potenciómetro de precisión como el de la Figura 17, se basa en su resistencia, potencia nominal y precisión. Se selecciona cuidadosamente para cumplir con las necesidades del circuito y garantizar una regulación precisa y estable [26].

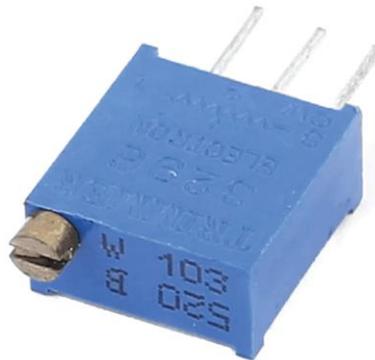


Figura 17. Potenciómetro de precisión.

1.3.7. Estructura de la tina

Elemento principal donde se va a ejecutar el proceso de aturdimiento a los pollos por medio de electronarcosis. Puede tomar diferentes geometrías acordes al espacio y ubicación, ya sea rectangular u ovaladas dependiendo de la capacidad que estén fabricadas. Las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de este elemento dependerán del material de construcción y pueden ser en:

1.3.7.1. Acero inoxidable AISI 316

En la industria alimentaria, el acero es uno de los materiales más utilizados debido a sus propiedades higiénicas, resistentes y duraderas. Las máquinas y equipos de la industria alimentaria, como los aturdidores de pollos mencionados anteriormente, requieren de materiales resistentes a la corrosión, al desgaste y a las condiciones de

alta humedad y temperatura, y el acero es un material que cumple con estas características [27].

De acuerdo con [27], existen diferentes tipos de acero que se utilizan en la industria alimentaria, como el acero inoxidable, que es una aleación de acero con cromo y níquel, lo que le confiere una alta resistencia a la corrosión y a la oxidación. Además, el acero inoxidable es fácil de limpiar y mantener, lo que lo convierte en un material higiénico y seguro para la fabricación de equipos de procesamiento de alimentos. En la Tabla 4, se muestra las propiedades mecánicas y químicas del acero inoxidable AISI 316.

Tabla 4. Propiedades mecánicas y químicas del Acero AISI 316 [28].

Propiedades físicas		
Propiedad	Sistema internacional (SI)	Sistema inglés
Densidad	8 g/cm^3	0.289 lb/in^3
Propiedades mecánicas		
Dureza, Rockwell B	79	79
Esfuerzo último de tensión	580 MPa	84.1 Ksi
Esfuerzo de fluencia	290 MPa	42.1 Ksi
Módulo de elasticidad	193 GPa	28000 Ksi
Propiedades químicas		
Carbón, C	$\leq 0.80 \%$	$\leq 0.80 \%$
Cromo, Cr	16-18 %	16-18 %
Hierro, Fe	61.8-72 %	61.8-72 %

Tabla 4. Propiedades mecánicas y químicas del Acero AISI 316 [28](continuación).

Propiedades químicas		
Magnesio, Mn	2.0 %	2.0 %
Molibdeno, Mo	2.0-3.0 %	2.0-3.0 %
Níquel, Ni	10-14 %	10-14 %
Fosforo, P	≤ 0.045 %	≤ 0.045 %
Silicio, Si	≤ 1.0 %	≤ 1.0 %
Azufre, S	≤ 0.030 %	≤ 0.030 %

Otro tipo de acero que se utiliza en la industria alimentaria es el acero al carbono, que es más resistente que otros metales y aleaciones y es adecuado para equipos que requieren alta resistencia mecánica, como las máquinas que procesan alimentos con alto contenido de azúcares y ácidos [29].

1.3.7.2. Acero Galvanizado (bajo la norma ASTM A653)

El acero galvanizado bajo la norma ASTM A653 es un estándar de especificación para acero recubierto de zinc (galvanizado) y acero recubierto de aleaciones de aluminio y zinc. Esta especificación cubre las bobinas y hojas de acero revestido, tanto en caliente como en frío, utilizadas en aplicaciones arquitectónicas, de construcción, automotrices y de fabricación en general [30].

El acero ASTM A653 se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión y durabilidad debido a su recubrimiento de zinc o aleaciones de aluminio y zinc. Además, se clasifica según su resistencia a la tracción y el tipo de recubrimiento [30].

El ASTM A653 establece los requisitos de calidad del acero recubierto, que incluyen la masa de recubrimiento, la adherencia del recubrimiento, el aspecto y la uniformidad del recubrimiento, entre otros. También se establece los requisitos para el espesor y las dimensiones de las bobinas y hojas de acero recubiertas [31].

En la Tabla 5, se puede apreciar las propiedades mecánicas del Acero ASTM A653.

Tabla 5. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A653 [32].

Clasificación	Tipo	Fuerza de Rozamiento (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación en 50 mm %
ASTM A653	SS-Gr-230/Gr A/Gr 33	230	310	20
	SS-Gr-255/Gr B/Gr 37	255	360	18
	SS-Gr-275/Gr C/Gr 40	275	380	16
	SS-Gr-340/Gr C1 D/Gr 50	275	450	12

1.3.7.3. Polímeros

a) Polietileno de alta densidad (HDPE)

Teniendo en cuenta a [32], el polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) es un tipo de polímero termoplástico utilizado en una variedad de aplicaciones industriales. Es conocido por su alta resistencia, rigidez y capacidad para soportar temperaturas extremas, lo que lo hace adecuado para su uso en envases, tuberías, láminas, cables y una variedad de otros productos. Entre sus propiedades eléctricas se encuentra su alta resistividad eléctrica, lo que lo hace útil para aplicaciones aislantes en el campo de la electricidad y la electrónica. Además, el HDPE es un buen aislante térmico, lo que le permite ser utilizado en aplicaciones donde se requiere una baja conductividad térmica [31].

Por otra parte, [33] señala que el HDPE es un polímero de etileno que se produce a través de un proceso de polimerización de radicales libres. Su estructura molecular es altamente ramificada y tiene una alta densidad, lo que le confiere una alta resistencia

y rigidez. Además, tiene una excelente resistencia química y es resistente a la humedad y la mayoría de los productos químicos [33].

En términos de procesamiento, el HDPE es relativamente fácil de fabricar mediante procesos de extrusión, moldeo por inyección y soplado. También se puede soldar con calor, lo que lo hace útil para la fabricación de tuberías y tanques de almacenamiento. Debido a su alta resistencia y durabilidad, el HDPE es una opción popular para aplicaciones de ingeniería, construcción y fabricación [33].

En la Figura 18, se puede apreciar los diferentes tamaños que existen en el mercado de este tipo de tinas de HDPE.



Figura 18. Tamaños de tinas de HDPE.

1.3.8. Sistema transportador aéreo de aves

El sistema de transporte aéreo por medio del uso de ganchos para pollos es una parte crucial del proceso de faenado en las granjas avícolas. Este sistema se utiliza para mover los pollos desde la zona de crianza hasta las áreas de faenado [34].

El sistema funciona mediante el uso de un transportador que cuenta con ganchos especiales diseñados para sujetar de patas a los pollos. Estos ganchos se mueven a lo largo del transportador, impulsados por un motor, y transportan los pollos a través de diferentes etapas del proceso de faenado [34].

El sistema de transporte de ganchos para pollos es importante porque permite un movimiento constante y controlado de los animales, lo que reduce el estrés y el sufrimiento durante el proceso de faenado. Además, este sistema facilita el trabajo del personal encargado del faenado ya que los pollos están suspendidos en los ganchos y son fáciles de manejar y manipular [34].

Es importante que este sistema de transporte se mantenga en buenas condiciones, con los ganchos limpios y desinfectados después de cada uso para prevenir la propagación de enfermedades y mantener la calidad e inocuidad de la carne de pollo [35].

El modelo de un sistema de transporte de ganchos para pollos debe considerar varios aspectos importantes para garantizar la seguridad y bienestar de las aves, así como la eficiencia del proceso de faenado [35]. A continuación, se presenta las principales características de los sistemas de transporte de ganchos para pollos:

- Determinar la capacidad de producción: El primer paso es determinar la capacidad de producción de la granja avícola y cuántos pollos se deben transportar simultáneamente [35].
- Definir el recorrido del sistema de transporte: Es importante definir el recorrido que sigue el sistema de transporte de ganchos para pollos, desde el área de recepción hasta el área de sacrificio [35].
- Seleccionar los materiales adecuados: Los materiales utilizados en la construcción del sistema de transporte deben ser resistentes y duraderos para soportar el peso de los pollos y evitar la contaminación. Los ganchos deben ser de acero inoxidable o aluminio para facilitar la limpieza y desinfección [35].
- Establecer la distancia entre ganchos: La distancia entre los ganchos debe ser suficiente para permitir el flujo de aire y evitar el hacinamiento de las aves [35].
- Determinar la velocidad de transporte: La velocidad de transporte debe ser suficiente para evitar el estrés y la lesión de los pollos, pero también lo suficientemente rápida para mantener la eficiencia del sistema [36].
- Incorporar sistemas de seguridad: Se deben incorporar sistemas de seguridad en el sistema de transporte de ganchos para pollos para evitar lesiones y daños a las aves y al personal encargado del faenado [35].
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo: Es importante establecer un programa de mantenimiento preventivo para garantizar que el sistema de transporte esté en buen estado y funcione adecuadamente [36].
- Verificar la legalidad: Finalmente, se debe verificar que el diseño del sistema de transporte de ganchos para pollos cumpla con las normativas y regulaciones locales y nacionales relacionadas con la seguridad alimentaria y el bienestar animal [36].

1.3.8.1. Alternativas de sistemas transportadores de aves

a) Transportador aéreo de ruedas motorizado

El objetivo de este sistema es trasladar las aves vivas desde el área de descarga hasta el área de sacrificio mediante el uso de un motor para generar movimiento. Este transportador motorizado se conecta a un transportador de ruedas tradicional. Cuenta con dos filas de ruedas fabricados en acero inoxidable o PVC, así como con bujes de polietileno de alta densidad que son extraíbles y se sitúan paralelos a la cadena [37].

En la Figura 19, se puede observar el sistema de transporte por medio de ruedas motorizadas.

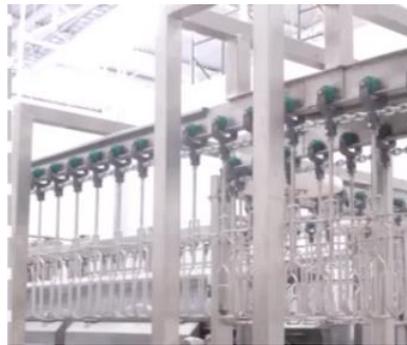


Figura 19. Transportador de ruedas motorizado Tekpro [37].

b) Sistema fijo

El sistema de aturrido fijo está diseñado para procesar un pollo a la vez y puede operar a una capacidad de limitada. Este equipo requiere una fuente de alimentación eléctrica adecuada y un suministro constante de agua para mantener el baño de agua en las condiciones óptimas [38]. En la figura 20, se puede observar este mecanismo.

Es importante que el sistema de aturrido fijo esté diseñado y construido de acuerdo con los estándares y regulaciones aplicables para garantizar que el proceso de aturdimiento sea seguro para los pollos. Además, se requiere un mantenimiento y limpieza regular para asegurar que el equipo esté funcionando de manera óptima y cumpla con las normas sanitarias [38].



Figura 20. Sistema de aturrido fijo de pollos [37].

1.3.8.2. Tipos de materiales de fabricación

Aceros estructurales de bajo y medio carbono, como A36, A572, A500 y A992, son suficientemente dúctiles para aplicaciones de diseño de estructuras. Uso de materiales de alta resistencia. (mayor que nominal 50 Ksi, 350 MPa, rendimiento) debe evitarse en la mayoría de las aplicaciones para prevenir problemas con la disminución de la ductilidad. Una especificación dual es actualmente siendo producido por varios proveedores. Además, la fuerza máxima del acero está siendo evaluado por la industria para proteger los elementos que poseen una mayor resistencia a la calculada. Esto puede producir una situación en la que el apoyo las reacciones pueden ser mayores de lo previsto. Frágiles modos de falla, tales como cortante, deben ser examinados cuidadosamente en estas aplicaciones [39].

a) Acero ASTM A36

El acero es un material metálico compuesto principalmente por hierro y carbono, aunque también puede contener otros elementos en pequeñas proporciones, como níquel, cromo y molibdeno. Se caracteriza por su alta resistencia mecánica, dureza, tenacidad y ductilidad, lo que lo convierte en un material ampliamente utilizado en diferentes industrias [40]. En la Tabla 6, se puede observar las propiedades mecánicas y químicas del acero ASTM A36.

Tabla 6. Propiedades mecánicas y químicas del acero ASTM A36 [41].

Propiedades físicas		
Propiedad	Sistema internacional (SI)	Sistema inglés
Densidad	7,85 g/cm ³	0,284 lb/in ³
Propiedades mecánicas		
Esfuerzo último de tensión	400 – 550 MPa	58 – 79 Ksi
Esfuerzo de fluencia	250 MPa	36,3 Ksi
Alargamiento a la rotura	20 %	20 %
Módulo de elasticidad	200 GPa	29 Msi
Módulo de poisson	0,26	0,26
Módulo cortante	79,3 GPa	11,5 Msi
Propiedades químicas		
Carbón, C	0,29 %	0,29 %
Cobre, Cu	>= 0,20 %	>= 0,20 %
Hierro, Fe	98 %	98 %
Magnesio, Mn	0,8-1,2 %	0,8-1,2 %
Fosforo, P	0,040 %	0,040 %
Silicio, Si	0,15-0,4 %	0,15-0,4 %
Azufre, S	0,050 %	0,050 %

b) Acero ASTM A500

El acero ASTM A500 es un tipo de acero estructural de baja aleación que se utiliza comúnmente en la construcción de estructuras ligeras y edificios de varios pisos. Es conocido por su alta resistencia y durabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de carga pesada. El acero ASTM A500 está disponible en forma de tubos y perfiles huecos, y cumple con las especificaciones de ASTM International, una organización que establece estándares técnicos para diversos materiales y productos. Este acero se produce en dos grados, A y B, y su composición química y propiedades mecánicas varían ligeramente entre los dos grados. Se utiliza comúnmente en aplicaciones de construcción, tales como puentes, edificios, y otros proyectos de infraestructura [42]. En la Tabla 7, se puede visualizar sus propiedades mecánicas.

Tabla 7. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500 grado A [43].

Propiedades físicas		
Propiedad	Sistema internacional (SI)	Sistema inglés
Densidad	7,80 g/cm^3	0,282 lb/in^3
Propiedades mecánicas		
Esfuerzo último de tensión	310 MPa	45 Ksi
Esfuerzo de fluencia	230 MPa	33.4 Ksi
Alargamiento a la rotura	25 %	25 %
Módulo de elasticidad	160 GPa	23,2 Msi
Módulo cortante	80 GPa	11,6 Msi
Propiedades químicas		
Carbón, C	$\leq 0,30 \%$	$\leq 0,30 \%$

Tabla 7. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500 grado A [43] (continuación).

Propiedades químicas		
Cobre, Cu	0,18 %	0,18 %
Hierro, Fe	99 %	99 %
Fosforo, P	$\leq 0,050$ %	$\leq 0,050$ %
Azufre, S	$\leq 0,063$ %	$\leq 0,063$ %

1.3.8.3. Sujetadores

Los ganchos son un componente esencial para el proceso de aturdimiento por baño de agua a los pollos. Este proceso se utiliza en la industria avícola para aturdir a las aves antes de sacrificarlas. Los ganchos se utilizan para inmovilizar a las aves y garantizar que se sumerjan en el baño de agua durante el tiempo adecuado para aturdir las de forma eficaz [44].

Los ganchos suelen estar hechos de acero inoxidable como se observa en la Figura 21, y están diseñados para ser duraderos y resistentes a la corrosión. Están conectados a un sistema transportador aéreo que mueve las aves a través del proceso de aturdimiento. Los ganchos están diseñados para sujetar a las aves de forma segura y evitar que agiten las alas o se muevan durante el proceso de aturdimiento. Esto es importante porque si las aves no están sujetas correctamente, es posible que no se sumerjan en el baño de agua durante el tiempo correcto, lo que podría resultar en un aturdimiento ineficaz [44].



Figura 21. Ganchos de Acero inoxidable [44].

1.3.8.4. Sistema de transmisión

Un sistema de transmisión se refiere a la forma en que se transfiere la potencia o energía mecánica de una fuente de energía a una máquina o dispositivo que realiza un trabajo específico. Los sistemas de transmisión mecánicos se utilizan para transferir la potencia a través de componentes mecánicos como cadenas, correas, poleas y engranajes [45].

a) Cadena

Las cadenas son un sistema de transmisión mecánico utilizado para transmitir potencia y movimiento de un lugar a otro como se puede observar en la Figura 22. Están compuestas por una serie de eslabones conectados entre sí por pasadores, y pueden estar hechas de diferentes materiales, como acero inoxidable, aleaciones especiales, entre otros. Las cadenas se utilizan comúnmente en aplicaciones donde se requiere una transmisión de alta resistencia y velocidad, como en maquinarias pesadas, equipos de construcción, maquinarias agrícolas, sistemas de transporte y elevación, entre otros [46].

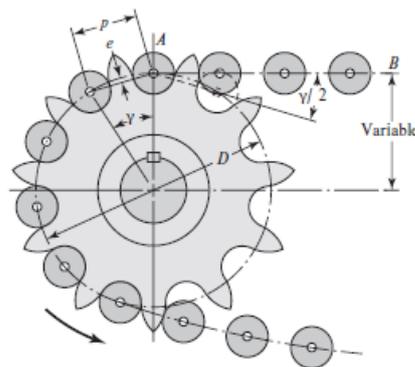


Figura 22. Transmisión de fuerza por medio de cadena [47].

Las cadenas se clasifican según su diseño y tamaño, y su selección depende de las necesidades específicas de la aplicación. En la Tabla 8, se puede observar parámetros para la selección de cadenas. Las cadenas pueden ser de rodillos, de pines, de arrastre, de elevación, entre otras. Además, se puede agregar accesorios a las cadenas para mejorar su rendimiento, como guías de cadena, cubiertas protectoras, acopladores, entre otros [47].

Tabla 8. Capacidad nominal de potencia en cadenas de paso único [47].

Velocidad de Catarina	Numero de ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
rpm						
50	0,05	0,16	0,37	0,20	0,72	1,24
100	0,09	0,26	0,69	0,38	1,34	2,31
150	0,13	0,41	0,99	0,55	1,92	3,32
200	0,16	0,54	1,29	0,71	2,50	4,30
300	0,23	0,78	1,85	1,02	3,61	6,20
400	0,30	1,01	2,40	1,32	4,67	8,03
Tipo A	Tipo B			Tipo C		

Uno de los principales beneficios de las cadenas es su capacidad para transmitir grandes cantidades de potencia en distancias largas y a velocidades elevadas. Sin embargo, también tienen algunas limitaciones, como la necesidad de lubricación y mantenimiento regular para evitar el desgaste y la deformación. Además, las cadenas pueden generar ruido y vibraciones en la operación, y su instalación y ajuste pueden ser complicados y requieren cierta experiencia y habilidad [48].

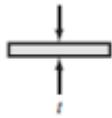
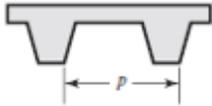
b) Bandas

Citando a [49], dice que las bandas son uno de los sistemas de transmisión más comunes en la industria mecánica y se utiliza para transmitir potencia y movimiento entre dos o más ejes que no están en contacto directo. Están compuestas por una cinta flexible y resistente hecha de diferentes materiales, como goma, poliuretano, PVC o neopreno, que se ajusta y se mantiene en tensión mediante poleas y tensoras. Las bandas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta vehículos, y ofrecen una serie de ventajas en comparación con otros sistemas de

transmisión, como la capacidad de absorber vibraciones y reducir el ruido. Sin embargo, también presenta algunas limitaciones, como la necesidad de mantenimiento periódico para mantener la tensión adecuada y evitar el deslizamiento, así como la limitación en cuanto a la distancia de transmisión y la capacidad de transmitir altas cargas.

En la Tabla 9, se puede observar los tipos y propiedades de las bandas de transmisión.

Tabla 9. Tipos de bandas de transmisión [47].

Tipo de banda	Figura	Unión	Intervalo de tamaños	Distancia entre centros
Plana		Si	$t = \begin{cases} 0,03 \text{ a } 0,20 \text{ in} \\ 0,75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No hay límite superior
Redonda		Si	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ in}$	No hay límite superior
Tipo V		Ninguna	$b = \begin{cases} 0,31 \text{ a } 0,91 \text{ in} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
De sincronización		Ninguna	$p = 2 \text{ mm y mayor}$	Limitada

- Planas

Las modernas transmisiones con banda plana están compuestas por un fuerte núcleo elástico rodeado de un elastómero, y ofrecen importantes beneficios sobre las transmisiones de engranajes y de banda en V. En la Tabla 10, se puede conocer más sobre las propiedades de estas bandas. La eficiencia de una transmisión de banda plana se sitúa en torno al 98%, lo que es comparable a una transmisión de engranajes, mientras que la eficiencia de una transmisión de banda en V puede variar de 70 a 96%.

Además, las transmisiones de banda plana son silenciosas, y absorben más vibraciones torsionales del sistema que las transmisiones de banda en V o los engranajes [47].

Tabla 10. Propiedades de los materiales de las bandas de transmisión [47].

Material	Especificación	Tamaño (in)	Diámetro mínimo (in)	Tensión permisible (lbf/in)	Peso específico (lbf/in ³)	Coefficiente de fricción
Cuero	1 capa	$t = \frac{11}{66}$	3	30	0,003	0,4
	2 capas	$t = \frac{13}{64}$	3 ½	33	0,0035	0,4
Poliamida	F-0	$t = 0,03$	0,60	10	0,003	0,5
	F-1	$t = 0,05$	1	35	0,0035	0,5
Uretano	w-0,50	$t = 0,062$	17,5	5,2	0,0038	0,7
	w-1,25	$t = 0,078$	19,2	9,8	0,0038	0,7

- Redonda

Según [47], este tipo de bandas redondas presentan las características similares a las bandas planas.

- Tipo V

Los fabricantes han establecido medidas estandarizadas para la sección transversal de las bandas en V y han asignado una letra del alfabeto para cada tamaño en pulgadas. Los tamaños métricos, por su parte, se identifica con números. La Tabla 11 proporciona las dimensiones, los diámetros mínimos de las poleas y el rango de potencia para cada letra de sección de la banda [47].

Tabla 11. Parámetros para la sección de Bandas tipo V [47].

Sección de la banda	Ancho a, Pulg	Espesor b, Pulg	Diámetro mínimo de polea, Pulg	Intervalo de potencias (hp)
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3,0	$\frac{1}{4} - 10$
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5,4	1 – 25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9,0	15 – 100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13,0	50 – 250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21,6	100 y mayores

Para identificar una banda en V, se debe mencionar la letra asignada a su sección transversal, seguida por la medida de la circunferencia interior en pulgadas. Los valores de estas circunferencias se pueden encontrar en la Tabla 12.

Tabla 12. Parámetros para selección de Bandas tipo B estándar [47].

Sección	Circunferencia, Pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128.
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 58, 60, 62, 64, 64, 65, 66, 68, 71, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300.
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420.
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660.
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660.

- De sincronización

Una banda de sincronización está hecha de tela ahulada recubierta con una capa de nailon que tiene un alambre de acero en su interior para resistir la tensión. Tiene dientes que encajan en ranuras axiales en las poleas como se observa en la Figura 23 [47].

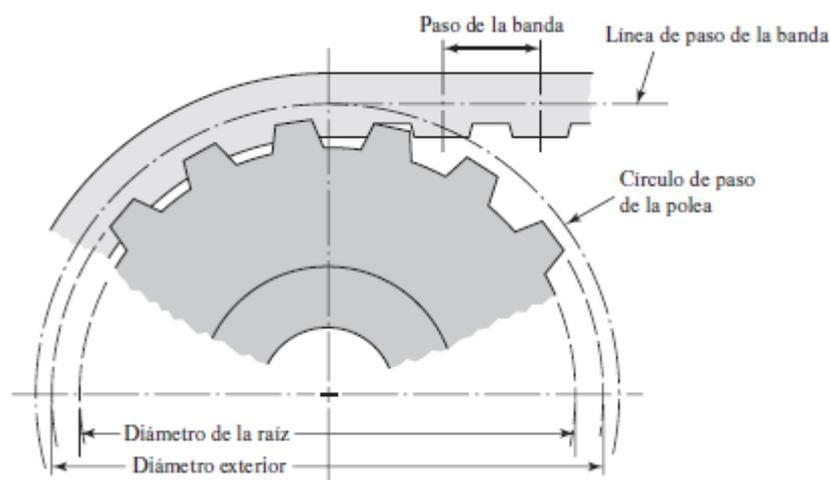


Figura 23. Esquema de contacto entre la banda de sincronización y engrane [47].

Esta banda no se estira ni se desliza, lo que permite una transmisión de potencia a una velocidad angular constante. No necesita tensión inicial y es capaz de operar en un

amplio rango de velocidades. Además, su eficiencia oscila entre el 97% y el 99%, no requiere lubricación y es más silenciosa que las transmisiones de cadena. No hay variación de la velocidad, lo que la convierte en una opción atractiva para las aplicaciones de transmisión de precisión. En la Tabla 13, se puede observar los tipos de bandas de sincronización acorde la función designada [47].

Tabla 13. Pasos estándar para selección de bandas de sincronización [47].

Servicio	Designación	Paso p, Pulg
Extra ligero	XL	$\frac{1}{5}$
Ligero	L	$\frac{3}{8}$
Pesado	H	$\frac{1}{2}$
Extrapesado	XH	$\frac{7}{8}$
Doble extrapesado	XXH	$1\frac{1}{4}$

c) Ruedas de fricción

Como señala [50], las ruedas de fricción son un tipo de sistema de transmisión mecánica que utilizan la fricción entre dos superficies para transmitir el movimiento y la potencia. Consisten en dos ruedas con una superficie de fricción que se presionan una contra la otra para transmitir el movimiento. Por lo general, una de las ruedas está conectada al motor o a la fuente de energía y la otra está conectada al eje de salida. A medida que la rueda de entrada gira, su superficie de fricción se presiona contra la de la rueda de salida, transfiriendo la potencia y el movimiento como se observa en la Figura 24.

Las ruedas de fricción son utilizadas en una variedad de aplicaciones, desde transmisiones de automóviles hasta maquinaria industrial y herramientas manuales. Una ventaja de las ruedas de fricción es que son relativamente simples y económicas de producir y mantener. Sin embargo, su eficiencia puede verse afectada por la fricción

y el desgaste de las superficies de contacto, lo que puede generar calor y reducir la potencia transmitida. Además, la fricción puede generar ruido y vibración en el sistema de transmisión. En general, las ruedas de fricción se utilizan en aplicaciones de baja potencia y velocidad, mientras que en aplicaciones de alta potencia y velocidad se suele utilizar sistemas de transmisión más complejos y eficientes [50].

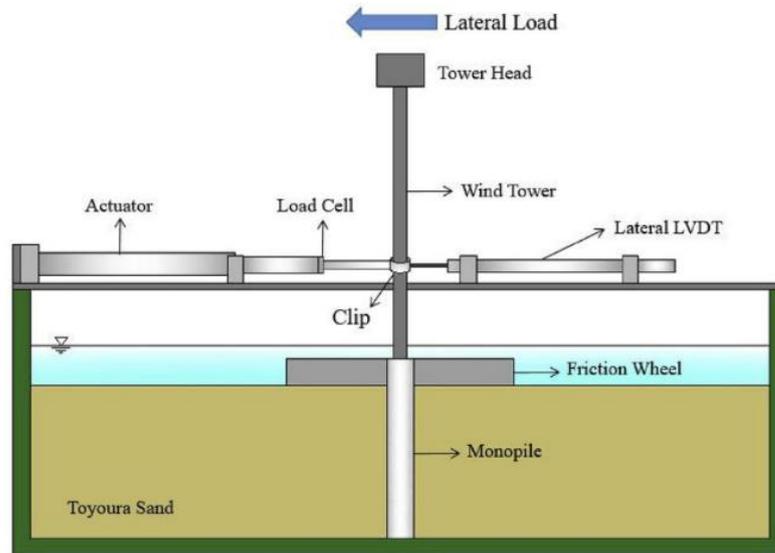


Figura 24. Transmisión por medio de ruedas de fricción [50].

1.3.8.5. Motor

El motor utilizado en sistemas de transporte de ganchos para pollos dependerá de varios factores, como la capacidad del sistema, la velocidad de transporte, el peso de los pollos y la longitud del recorrido. En general, se utiliza motores eléctricos de corriente alterna (AC) o corriente continua (DC), dependiendo de la aplicación específica [13].

Se presenta una introducción al sistema de potencia de corriente alterna (AC), el cual se divide en cuatro secciones principales: generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica [13].

- En la generación, la energía se convierte de alguna forma de energía alterna en energía eléctrica mediante un proceso llamado conversión de energía electromagnética.
- La transmisión implica la transferencia de energía a distancias relativamente grandes mediante líneas de transmisión desde el punto de generación hasta una zona donde se distribuye y se emplea la energía.

- En la distribución, se suministra energía a diversas estaciones de distribución en una zona determinada desde una o más estaciones de transmisión.
- En la utilización, la energía eléctrica se lleva al punto donde se consume y se convierte en otra forma de energía, como calor, luz, energía mecánica o química [51].

En la Tabla 14, se puede observar diferentes clasificaciones de las máquinas eléctricas, que tienen en cuenta el tipo de corriente eléctrica que emplean, el número de fases, entre otros aspectos. La clasificación más importante de las máquinas eléctricas es el tipo de corriente que utilizan, que se divide en máquinas de corriente continua y de corriente alterna. Asimismo, también se puede clasificar según su función en generadores o motores. En este caso, se enfoca principalmente en el motor de corriente alterna, ya que se prevé la implementación en el sistema de insensibilización eléctrica para aves destinadas al consumo humano [51].

Tabla 14. Clasificación de máquinas eléctricas rotativas [13].

Tipo Maquina eléctrica	Corriente continua	Corriente alterna
Generadores	<i>Dinamo con excitacion</i> { Independiente Serie Shunt o derivacion compound	<i>Alternador</i> { Monofasico Trifasico Polos lisos Polos saliente s
Motores	<i>Motor</i> { Independiente Serie Shunt o derivacion compound	<i>Monofasicos</i> { Induccion { Jaula { Fase partida condensador Espira Rotor { Repulsion Aranque Induccion Sincrono { Histéresis Reluctancia Imán permanente
		<i>Polifásicos</i> { Induccion { Jaula de ardilla Rotor devanado Sincronos <i>Universales</i>

a) Variador de frecuencia

Para sistemas de transporte de baja capacidad y velocidad, se pueden utilizar motores de corriente continua con una fuente de alimentación de batería. Para sistemas más

grandes y de mayor velocidad, se pueden utilizar motores de corriente alterna con un variador de frecuencia como se puede observar en la Figura 25, para controlar la velocidad del motor y el sistema de transporte.



Figura 25. Motor trifásico y variador de velocidad [52].

Es importante seleccionar el motor adecuado para asegurar una operación eficiente y confiable del sistema de transporte de ganchos para pollos. Es en ingeniería mecánica o eléctrica para determinar el motor y el sistema de control adecuados para una aplicación específica [13].

Un motor es una máquina que convierte una forma de energía en otra, específicamente de entrada en energía mecánica de salida. El eje es la parte de la máquina que actúa como elemento de salida. Los motores eléctricos son un tipo común de motor que toman la energía eléctrica como entrada y la transforman en energía mecánica [51].

Los motores eléctricos se clasifican comúnmente en motores de corriente continua, motores de corriente alterna, motores síncronos y motores asíncronos o de inducción. Los motores eléctricos tienen una gran importancia en la industria y el comercio, ya que transforman alrededor del 75% de la energía eléctrica consumida en la industria y el comercio en energía mecánica. Más del 60% de la energía eléctrica utilizada en la industria se destina a la energía motriz en los motores eléctricos. Es esencial conseguir una alta eficiencia en estos equipos para obtener ahorros significativos en términos energéticos y económicos. El uso racional de la energía en los motores eléctricos implica el uso de controles para apagar los motores cuando no sean necesarios. Al utilizar correctamente los controles de los motores, se puede reducir el consumo de energía eléctrica de manera significativa. Por ejemplo, se utiliza valores máximos de arranques por hora y un tiempo mínimo para apagar un motor de 1800 RPM, según lo que se presenta en la Tabla 15 [53].

Tabla 15. Número de arranques permitidos y mínimo tiempo entre arranques [53].

Tamaño del motor (HP)	Máximo número de arranques/hora	Mínimo tiempo entre arranques (segundos)
5	16	42
10	12	46
25	8	58
50	6	72
100	5	110

b) Sistema reductor de velocidad por engranes

La caja reductora de engranes es un dispositivo que consiste en un conjunto de engranajes dispuestos en una carcasa. La velocidad de salida se reduce en función de la relación de transmisión entre los engranajes, y la potencia se transmite de un eje de entrada a un eje de salida [54].

De acuerdo con [55], la relación de transmisión se define como la relación entre la velocidad de entrada y la velocidad de salida, y se determina por el número de dientes de los engranajes involucrados. La caja reductora de engranes puede tener diferentes configuraciones de engranajes, como los engranajes rectos, los engranajes helicoidales, los engranajes cónicos y los engranajes planetarios. Cada tipo de engranaje tiene sus propias características y aplicaciones específicas.

Mencionando a [56], afirma que la reducción de velocidad mediante una caja reductora de engranes ofrece varias ventajas, como una mayor eficiencia y durabilidad en comparación con otros métodos de reducción de velocidad, como el uso de correas o poleas. Además, las cajas reductoras de engranes pueden soportar cargas pesadas y pueden ser utilizadas en una variedad de aplicaciones industriales.

1.3.8.6. Fuente de alimentación

El uso de energía eléctrica de red domestica ofrece las tensiones requeridas para el manejo de los diferentes circuitos eléctricos en el sistema, de las cuales pueden ser de corriente directa 24 V o alterna 110/220 V.

1.3.8.7. Fuente de energía controlada

Para el proceso de faenamiento industrial mediante electronarcosis de aves se requiere una fuente de alimentación regulada para ajustar el nivel de voltaje y corriente inducidos en un sistema eléctrico [15]. Esta fuente normalmente consta de cuatro etapas que se describe a continuación.

- En la primera etapa, el transformador reduce el voltaje del primario para obtener un voltaje de secundario deseado.
- En la segunda etapa, se rectifica el voltaje alterno para obtener voltaje continuo, utilizando rectificación de onda completa o media onda según sea necesario.
- La tercera etapa, que es la de filtraje, utiliza un condensador para filtrar la onda y reducir el voltaje de rizado que se produce en la salida del rectificador.
- La cuarta etapa de regulación mantiene el voltaje constante, y aunque en el pasado se utilizan diodos Zener, en la actualidad existen circuitos integrados que hacen más fácil el trabajo de diseño [15].

1.3.8.8. Sistema de control

a) Arduino

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto muy popular en la comunidad de electrónica y robótica. Es una plataforma de control que se utiliza para crear sistemas interactivos, desde proyectos pequeños hasta dispositivos más grandes y complejos [57].

En un sistema de movimiento como bandas, el uso de Arduino permite controlar la velocidad y dirección de la banda, así como también detectar la presencia o ausencia de objetos en la cinta transportadora a través de sensores. Además, es posible programar el Arduino para llevar a cabo diferentes acciones en función de la

información proporcionada por los sensores [57]. El kit necesario para el correcto funcionamiento se observa en la Figura 26.

Existen diversos tipos de controladores de motores que pueden ser utilizados con Arduino, como los módulos de puente H, que permiten controlar la velocidad y dirección de un motor DC. También se utiliza controladores de motores paso a paso para lograr un movimiento más preciso y controlado [58].

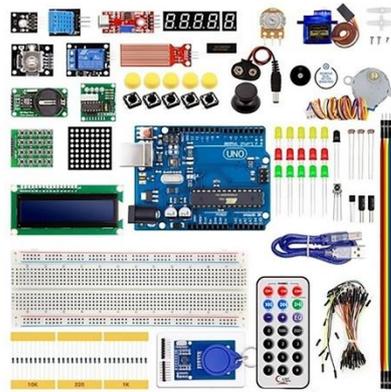


Figura 26. Kit Arduino [59].

b) Control lógico programable (PLC)

PLC (Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar sistemas automatizados en la industria y la producción. Es un controlador programable, diseñado para funcionar en un ambiente industrial y para interactuar con diferentes dispositivos eléctricos y mecánicos, tales como motores, sensores, actuadores, etc [60].

Un sistema de movimiento controlado por un PLC podrá incluir motores eléctricos que operan con cadenas, correas, o cualquier otro tipo de mecanismo para transmitir movimiento. El PLC puede controlar la velocidad, el sentido, y la duración del movimiento, y también puede responder a las condiciones de su entorno utilizando información proporcionada por sensores [61].

El programa del PLC se escribe en un lenguaje específico, como Ladder Logic, que permite a los ingenieros y técnicos controlar el comportamiento del sistema de movimiento. El PLC también puede ser configurado para enviar alarmas y alertas cuando ocurren ciertas condiciones, tales como un motor sobrecalentado o una cadena

rota [62]. En la Figura 27, se observa un PLC ST 70 de una reconocida marca como SIEMENS.



Figura 27. PLC Siemens ST 70 [63].

1.3.9. Coeficiente de fricción

La fricción es una fuerza que se opone al movimiento relativo de dos superficies que están en contacto. Cuando dos objetos se deslizan o intentan deslizarse entre sí, la fricción actúa en sentido contrario al movimiento, lo que dificulta o evita el desplazamiento. En el contexto del sistema de transporte del noqueador electromecánico y las ruedas de los troles, la fricción juega un papel importante en la eficiencia y el rendimiento del transporte [34]. El coeficiente de fricción que interviene entre las ruedas de polipropileno y el acero es de 0,4 como se observa en la tabla 16.

Tabla 16. Propiedades de ruedas de polipropileno [34].

POLIPROPILENO HOMOPOLIMERO				
PP - H				
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	0.91
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	300 / -
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	80 / 120
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	230
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	600
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	11500
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	71 - 74
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		-
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.30 a 0.45
RES. AL DESGASTE POR ROCE				REGULAR

1.3.9.1. Ruedas de los Troles (Sistema de Transporte)

En el contexto de los sistemas de transporte de carne en mataderos, los troles son utilizados para mover los animales sacrificados y cortados en la línea de producción [34]. La fricción en las ruedas de los troles es de vital importancia:

- Desplazamiento de los troles: La fricción entre las ruedas del trole y las guías o rieles del sistema de transporte determinará la facilidad con la que los troles se desplazan a lo largo de la línea de producción. Es esencial mantener niveles adecuados de fricción para asegurar que los troles se muevan de manera eficiente y segura.
- Estabilidad y seguridad: Una fricción adecuada en las ruedas del trole también es importante para mantener la estabilidad del sistema de transporte y prevenir movimientos no deseados que puedan representar riesgos de seguridad para los trabajadores y el equipo.

El coeficiente de fricción es un valor adimensional que representa la relación entre la fuerza de fricción y la fuerza normal que existe entre dos superficies en contacto. Un coeficiente de fricción alto significa que hay una mayor resistencia al deslizamiento, mientras que un coeficiente de fricción bajo indica una menor resistencia al movimiento [1].

1.3.10. Método de ponderación

La ponderación es el proceso de asignar diferentes niveles de importancia o peso a cada una de las alternativas o variables que se están considerando. La ponderación es esencial para poder comparar y evaluar las diferentes opciones de manera objetiva, teniendo en cuenta la relevancia relativa de cada una de ellas en función de los objetivos y criterios establecidos para la investigación, en la Tabla 17, se determina las escalas.

Tabla 17. Escala de ponderación [64].

Cualidad	Descripción	Escala de 4 puntos
Malo	No aporta a la solución	1
Regular	Solución deficiente	2
Bueno	Solución tolerable	3
Muy bueno	Solución aceptable	4
Excelente	Solución ideal	

1.4. Objetivos

Objetivo General:

- Diseñar y construir un noqueador electromecánico de pollos para la granja avícola tía Juanita.

Objetivos Específicos:

- Investigar el método actual de faenamiento de pollos Broiler en la granja.
- Determinar alternativas de las partes y elementos de la máquina.
- Diseñar los elementos que conforman el noqueador.
- Construir el noqueador electromecánico.
- Realizar pruebas de funcionalidad del noqueador.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Actualmente en la cadena alimenticia del ser humano el consumo de pollo es a diario, el procesado del pollo Broiler es común la preparación a la parrilla o asado haciendo referencia a la crianza de este tipo de pollos sea específicamente para la producción de carne. La demanda de este tipo de pollos es elevada, por lo que la industria requiere generar nuevos mecanismos para mejorar la calidad del producto procesado en un menor tiempo. Es necesario establecer el tamaño de la producción del diseño ya que tiene un impacto directo en las dimensiones y gastos de la maquinaria. Para lograr el objetivo de un diseño que sea tanto compacto como económico.

Uno de los principales métodos que destacan entre los modelos analizados es de la electronarcosis para el faenamiento de pollos el cual se toma como punto de partida un mecanismo que funciona mediante el aturdimiento del ave, como resultado de la aplicación de un shock eléctrico cuando se sumerge la cabeza del ave en una solución de agua, el shock bloquea el sistema nervioso que provoca la disminución del ritmo cardíaco, insensibilizando al animal. Para el diseño se basa en etapas; reconocimiento del lugar, determinar parámetros, simulaciones en software CAE, cálculos de esfuerzos y selección de materiales.

2.1. Materiales

2.1.1. Propiedades mecánicas de los materiales

De acuerdo con [65], comprender el comportamiento mecánico de los materiales es fundamental para diseñar máquinas y estructuras que funcionen de manera adecuada. Por lo general, la única manera de determinar cómo se comportan los materiales bajo cargas es realizar experimentos en el laboratorio. El procedimiento comúnmente utilizado es colocar muestras pequeñas del material en máquinas de ensayo, aplicar cargas y medir las deformaciones resultantes, como cambios en la longitud y el diámetro. La mayoría de los laboratorios de pruebas de materiales están equipados con máquinas que pueden cargar las muestras de varias maneras, incluyendo cargas

estáticas y dinámicas en tensión y compresión así obteniendo el diagrama esfuerzo deformación en aceros que se muestra en la Figura 28.

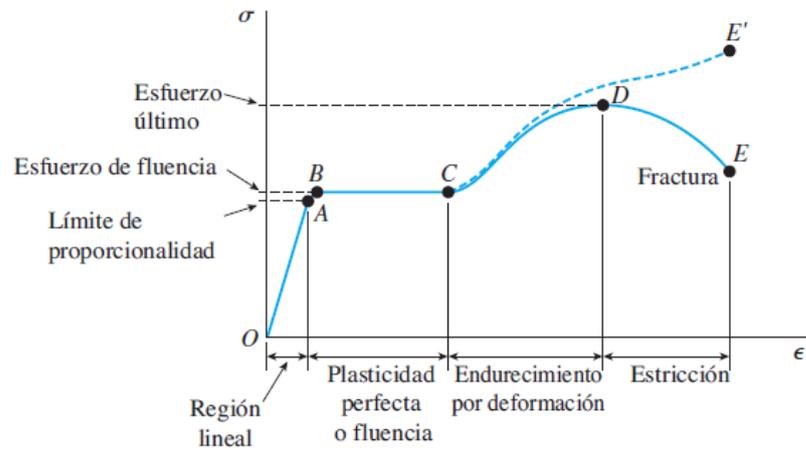


Figura 28. Curva Esfuerzo – Deformación de ingeniería [65].

El esfuerzo en materiales dúctiles se puede obtener de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde se conoce que:

σ = Esfuerzo [MPa]

F = Fuerza [N]

A = Área [mm^2]

La deformación en material dúctiles se puede obtener de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde se conoce que:

ε = Deformación unitaria

l = Longitud [mm]

l_0 = Longitud inicial [mm]

2.1.2. Recurso para modelar y simular la máquina

En la Tabla 18, como parte del diseño se enlista los principales elementos y materiales necesarios para plasmar el modelo requerido.

Tabla 18. Lista de recursos.

Nombre	Descripción	Imagen
Computadora	Dispositivo principal que permite realizar la búsqueda de información bibliográfica, modelado, análisis y simulaciones de la máquina.	
Calculadora	Dispositivo que permite realizar cálculos y comprobaciones analíticas en el diseño de los elementos.	
Libros	Documentación en la cual se encuentra información complementaria con respecto a la máquina.	
Artículos científicos	Documentación que permite direccionar el proyecto mediante investigaciones previas con respecto a la máquina.	

Tabla 18. Lista de recursos (continuación).

Nombre	Descripción	Imagen
Bitácoras	Documentación que permite conocer el proceso actual de crianza de aves en la granja avícola.	

2.1.3. Lista de materiales para la construcción de la máquina noqueadora

En la Tabla 19, como parte del diseño se enlista los principales materiales necesarios para realizar la construcción del modelo requerido.

Tabla 19. Lista de materiales.

Nombre	Propiedades	Imagen
Motorreductor 1 hp	Es un motor eléctrico que incluye un reductor de velocidad integrado. Su potencia es de 1 caballo de fuerza (hp), y es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y maquinaria para proporcionar movimiento con reducción de velocidad.	

Tabla 19. Lista de materiales (continuación).

Nombre	Propiedades	Imagen
<p>Contactor</p>	<p>Es un dispositivo electromagnético utilizado para controlar el flujo de corriente en un circuito eléctrico. Se utiliza para encender y apagar el motorreductor o cualquier otro equipo eléctrico de alta potencia.</p>	
<p>Relé térmico</p>	<p>Es un dispositivo de protección utilizado para detectar el sobrecalentamiento del motor y desconectarlo automáticamente en caso de exceso de temperatura, evitando daños.</p>	
<p>Cadena de Acero inoxidable T-316 de 6 mm</p>	<p>Es una cadena resistente y duradera, fabricada en acero inoxidable de grado T-316, lo que le confiere alta resistencia a la corrosión y es ideal para aplicaciones en ambientes corrosivos o en contacto con productos químicos.</p>	

Tabla 19. Lista de materiales (continuación).

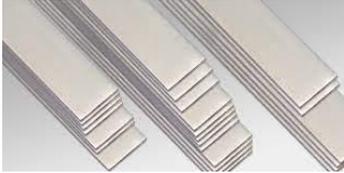
Nombre	Propiedades	Imagen
<p>Eslabón con seguro roscable 6 mm</p>	<p>Es un eslabón utilizado para unir y asegurar la cadena de acero inoxidable. Tiene un sistema de seguro roscable para una conexión segura.</p>	
<p>Varilla de 6 mm de Acero AISI 316</p>	<p>Es una varilla sólida de acero inoxidable del tipo AISI 316, que ofrece excelente resistencia a la corrosión y es comúnmente utilizada en aplicaciones marítimas o ambientes corrosivos.</p>	
<p>Platinas 25 x 4 de Acero AISI 304</p>	<p>Son placas de acero inoxidable del tipo AISI 304, con dimensiones de 25 mm de ancho y 4 mm de espesor. Se utilizan como elementos estructurales o de soporte.</p>	

Tabla 19. Lista de materiales (continuación).

Nombre	Propiedades	Imagen
<p>Tubo circular de 2 ½ in de Acero ASTM A36</p>	<p>Es un tubo circular fabricado en acero ASTM A36, comúnmente utilizado en estructuras y maquinarias debido a su alta resistencia y versatilidad.</p>	
<p>Pernos ¼ in grado 5</p>	<p>Son pernos de ¼ de pulgada de diámetro, clasificados como grado 5, que se utilizan para fijar y unir componentes en sistemas mecánicos.</p>	
<p>Tuercas ¼ in</p>	<p>Son tuercas de ¼ de pulgada de diámetro utilizadas junto con los pernos para asegurar y ajustar las conexiones mecánicas.</p>	
<p>Engranaje motriz 600 x 30 mm</p>	<p>Es un engranaje utilizado para transmitir el movimiento y la potencia en el sistema mecánico.</p>	

Tabla 19. Lista de materiales (continuación).

Nombre	Propiedades	Imagen
<p>Eje de transmisión \varnothing 25x250 de Acero AISI 1018</p>	<p>Es un eje sólido de acero AISI 1018 con una longitud de 250 mm y un diámetro de 25 mm. Se utiliza para transmitir la potencia del motorreductor a otros componentes del sistema.</p>	
<p>Ruedas de polipropileno con rodamiento ABEC-7 de 2 in</p>	<p>Son ruedas fabricadas en polipropileno y con rodamientos de alta calidad ABEC-7, diseñadas para facilitar el movimiento y la carga en el sistema de transporte.</p>	
<p>Cables</p>	<p>Son conductores eléctricos utilizados para la transmisión de la energía eléctrica y señales en el circuito eléctrico del noqueador electromecánico.</p>	

Tabla 19. Lista de materiales (continuación).

Nombre	Propiedades	Imagen
Pulsadores	Son dispositivos utilizados para activar o desactivar funciones específicas del sistema, como el encendido o apagado del motor.	
Interruptores termomagnéticos	Son dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos en el circuito eléctrico. Actúan automáticamente para cortar la corriente y proteger los componentes eléctricos.	
Tablero de control	Es el panel donde se encuentran los elementos de control y monitoreo del sistema de transporte, permitiendo el manejo y supervisión del noqueador.	

2.2. Máquinas y herramientas para el diseño y construcción

En la Tabla 20, como parte de la construcción se enlista los principales equipos, máquinas y herramientas necesarios para los procesos de manufactura.

Tabla 20. Máquinas y herramientas.

Máquinas		
Denominación	Características	Imagen
Dobladora de tubos	Consiste en una estructura con rodillos o matrices ajustables que sujetan el tubo y lo hacen pasar por una serie de puntos de doblado para obtener la forma deseada sin dañar el material.	
Amoladora	Es una herramienta eléctrica o a motor que utiliza discos abrasivos para cortar, pulir y desbastar materiales como metal, piedra o madera. Es ampliamente utilizada en trabajos de construcción, metalurgia, carpintería y otras actividades donde se requiera precisión en el corte y pulido.	
Taladro de pedestal	Es una herramienta eléctrica o manual que se utiliza para perforar agujeros en diferentes materiales, como madera, metal o concreto. Puede tener diferentes tipos de brocas según el material a perforar y la precisión requerida en el agujero.	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Denominación	Características	Imagen
Torno	<p>El torno es una máquina herramienta que permite mecanizar piezas giratorias en un eje, obteniendo formas y acabados precisos. La pieza se sujeta en un mandril y gira sobre su eje, mientras una herramienta de corte se desplaza para darle forma.</p>	
Soldadora MIG	<p>La soldadora MIG (Metal Inert Gas) es un equipo de soldadura que utiliza un electrodo consumible de alambre y un gas protector para unir metales. Es muy común en la industria debido a su facilidad de uso y alta eficiencia. El gas protector protege el arco y el charco de soldadura del aire circundante, evitando contaminación y obteniendo soldaduras de alta calidad.</p>	
Fresadora	<p>Una fresadora es una máquina que permite mecanizar piezas sólidas o superficies planas mediante la rotación de una herramienta de corte. La herramienta de corte se mueve en distintas direcciones.</p>	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Denominación	Características	Imagen
Multímetro	Es una herramienta de medición eléctrica utilizada para medir voltaje, corriente y resistencia en circuitos eléctricos. Puede tener funciones adicionales como medir la capacidad, la frecuencia y comprobar la continuidad de cables o componentes. Es una herramienta esencial para electricistas y técnicos electrónicos.	
Herramientas		
Denominación	Características	Imagen
Flexómetro	Es una cinta métrica flexible y retráctil utilizada para medir longitudes, dimensiones y distancias en diferentes objetos o superficies.	
Calibrador	Es un instrumento de medición utilizado para determinar el tamaño y las dimensiones precisas de un objeto. Puede medir diámetros, espesores y profundidades con alta precisión.	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Denominación	Características	Imagen
Alicate	Es una herramienta manual con dos brazos articulados que se utilizan para sujetar, cortar o doblar materiales como alambre, cables o elementos metálicos.	
Playo de presión	Realiza presión adicional a la que tiene un playo estándar.	
Martillo	Es una herramienta de percusión utilizada para golpear o clavar objetos o materiales. Viene en diferentes formas y tamaños, y se utiliza en diversos trabajos de construcción y carpintería.	
Escuadra 90°	Es una herramienta con forma de triángulo rectángulo que se utiliza para trazar y medir ángulos de 90 grados.	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Denominación	Características	Imagen
Prensas tipo C	Son dispositivos utilizados para sujetar firmemente objetos y materiales durante trabajos de corte, perforación o ensamblaje.	
Grata	Es una herramienta manual con una superficie rugosa, generalmente utilizada para limpiar o desbastar materiales, como metal o madera.	
Broca 5/16 in	Es una herramienta de corte utilizada para perforar agujeros en materiales como madera, metal, plástico, entre otros. La medida 5/16 in indica el diámetro de la broca.	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Insumos		
Denominación	Características	Imagen
Tanque CO_2	Gas que proporciona protección a la soldadura MIG	
Lubricantes	Son sustancias utilizadas para reducir la fricción y el desgaste entre superficies en movimiento, como rodamientos, engranajes y cadenas. Los lubricantes ayudan a mantener el buen funcionamiento de maquinarias y equipos mecánicos, prolongando su vida útil y evitando daños por fricción.	
Lija	Es un material abrasivo utilizado para lijar o pulir superficies, tanto de madera como de metal, plástico u otros materiales. Existen diferentes tipos y granos de lijas para diversos propósitos, desde trabajos de carpintería hasta preparación de superficies antes de pintar o barnizar.	

Tabla 20. Máquinas y herramientas (continuación).

Denominación	Características	Imagen
Disco abrasivo de corte	Es un disco circular utilizado en herramientas como amoladoras o cortadoras, diseñado para cortar materiales duros como metal, acero, piedra o cerámica. Estos discos son abrasivos y pueden cortar con alta precisión, lo que los hace útiles en tareas de construcción y metalurgia.	

2.3. Ecuaciones para el diseño y construcción

Es primordial delimitar las condiciones infraestructurales del área de faenado continuando con la metodología para el diseño de la máquina se parte de los siguientes datos:

Área de faenadero $(8 \times 4)m$

Distancia de recorrido por el sistema transportador $d_{recorrido} = 16 m$, ver Figura 29.

Producción de faenado \rightarrow máximo 100 pollos al día.

2.3.1. Sistema de transporte

2.3.1.1. Motor

a) Velocidad lineal

Para calcular la velocidad lineal necesaria para generar el movimiento lineal [47].

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde se conoce que:

$v =$ Velocidad $[m/s]$

$d =$ Distancia [m]

$t =$ Tiempo [s]

b) Velocidad angular

Para calcular la velocidad angular necesaria [47].

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde se conoce que:

$\omega =$ Velocidad angular [rad/s]

$v =$ Velocidad lineal [m/s]

$r =$ Radio del engrane [m]

c) Peso de cada pollo

Para calcular la fuerza ejercida por en el sistema [47].

$$W_p = m \times g \quad \text{Ec. 5}$$

Donde se conoce que:

$W_p =$ Peso de cada pollo [N]

$m =$ Masa [kg]

$g =$ Aceleración de la gravedad [m/s^2]

d) Peso de accesorios

$$W_a = (m_{rueda} \times n_r + m_{trole} \times n_t + m_{gancho} \times n_g + m_{perno-tuerca} \times n_{pt}) \times g \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$W_a =$ Sumatoria de pesos de accesorios [N]

$m_{rueda} =$ Masa de la rueda [kg]

n_r = Número de ruedas

m_{trole} = Masa del trole [kg]

n_t = Número de troles

m_{gancho} = Masa de los ganchos [kg]

n_g = Número de ganchos

$m_{perno-tuerca}$ = Masa del perno y tuerca [kg]

n_{pt} = Número de perno y tuerca

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2]

e) Peso de la cadena

$$W_c = m_{cadena} \times g$$

Ec. 7

W_c = Pesos de cadena [N]

m_{cadena} = Masa de la cadena [kg]

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2]

f) Peso total

Para calcular la fuerza total ejercida por el peso de n pollos en el sistema se obtiene así:

$$W_{Tp} = W_a + W_c + (W_p \times n)$$

Ec. 8

Donde se conoce que:

W_{Tp} = Peso total [N]

W_a = Peso de accesorios [N]

W_p = Peso de cada pollo [N]

W_c = Pesos de cadena [N]

n = Número de pollos

g) Fuerza de fricción

Fuerza que se opone al libre movimiento de las ruedas en el sistema [47].

$$F_r = W_{Tp} \times \mu_f \quad \text{Ec. 9}$$

Donde se conoce que:

F_r = Fuerza de fricción [N]

W_{Tp} = Peso total [N]

μ_f = Coeficiente de fricción de la rueda

h) Torque

El torque requerido en función de la fuerza de rozamiento y el radio de la rueda motriz [47].

$$T = F_r \times r \quad \text{Ec. 10}$$

Donde se conoce que:

T = Torque [Nm]

F_r = Fuerza de rozamiento [N]

r = Radio [m]

i) Potencia

La potencia requerida en función de la fuerza [47].

$$P = \frac{T \times \omega}{63000} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde se conoce que:

P = Potencia [Hp]

T = Torque [Nm]

ω = Velocidad angular [rpm]

j) Potencia corregida

De acuerdo con [47]:

$$P_c = P \times f d_{cadena} \times f d_{reductor} \quad Ec. 12$$

Donde se conoce que:

P_c = Potencia corregida [Hp]

P = Potencia [Hp]

$f d_{cadena}$ = Factor de diseño de la cadena

$f d_{reductor}$ = Factor de diseño de la caja reductora

$f d_{banda}$ = Factor de diseño de la banda

2.3.1.2. Sistema de transmisión

De acuerdo con [49]:

$$R = \frac{\omega_{conductor}}{\omega_{conducido}} \quad Ec. 13$$

Donde se conoce que:

R = Relación de transmisión

$\omega_{conductor}$ = Velocidad angular inicial del motor [rpm]

$\omega_{conducido}$ = Velocidad angular requerida en la rueda motriz [rpm]

2.3.1.3. Reductor

a) Velocidad de entrada

De acuerdo con [49]:

$$n_e = n_1 * r \quad Ec. 14$$

Donde se conoce que:

n_e = Velocidad angular de entrada al reductor [rpm]

n_1 = Velocidad angular teórica del motor [rpm]

r = Rendimiento del reductor [%]

b) Velocidad de salida del reductor

$$n_s$$

Donde se conoce que:

n_s = Velocidad angular de salida al reductor del catalogo[rpm]

c) Factor de reducción

$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde se conoce que:

i = Factor de reducción

d) Potencia de mando

De acuerdo con [49]:

$$P_m = P_c \times f_s \quad \text{Ec. 16}$$

Donde se conoce que:

P_m = Potencia de mando o trabajo [hp]

P_c = Potencia teórica [hp]

f_s = Factor de servicio del reductor

e) Relación de potencias

$$P_m > P_c$$

f) Diseño del eje

Un eje es el elemento mecánico que se encarga de transferir la potencia proveniente del motorreductor hacia el engranaje del sistema de transmisión del sistema (cadena).

g) Relación entre diámetros

De acuerdo con [47]:

$$\frac{D}{d} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

D =Diámetro externo [in]

d =Diámetro interno [in]

h) Relación entre radios

De acuerdo con [47]:

$$\frac{r}{d} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

r = Radio [in]

i) Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión

De acuerdo con [47]:

$$K_f = 1 + (q \times (K_t - 1)) \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

K_f = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión

q = Sensibilidad a la muesca

K_t = Factor de concentración de tensiones

j) Factor de concentración de esfuerzos por fatiga a torsión

De acuerdo con [47]:

$$K_{fS} = 1 + (q_{cortante} \times (K_{ts} - 1)) \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

K_{fs} = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga a torsión

$q_{cortante}$ = Sensibilidad a la muesca a torsión

K_{ts} = Factor de concentración de torsiones

k) Límite de resistencia a fatiga del material del eje

De acuerdo con [47]:

$$S'_e = 0,5 \times S_{ut\ eje} \quad Ec. 21$$

Donde:

S'_e = Límite de resistencia a fatiga [Ksi]

$S_{ut\ eje}$ = Límite ultimo a la tracción del eje [Ksi]

l) Factor de superficie

De acuerdo con [47]:

$$k_a = a \times S_{ut}^b \quad Ec. 22$$

a = Factor de acabado superficial

b = Factor de tabla

m) Factor de tamaño

De acuerdo con [47]:

$$k_b = \left(\frac{d}{0,3} \right)^{-0,107} \quad Ec. 23$$

n) Factor de carga

De acuerdo con [47]:

$$k_c = 1 \quad Ec. 24$$

o) Factor de temperatura

De acuerdo con [47]:

$$k_d = 1 \quad \text{Ec. 25}$$

p) Factor por efectos diversos

De acuerdo con [47]:

$$k_e = \frac{1}{k_f} \quad \text{Ec. 26}$$

q) Límite a la resistencia modificado

De acuerdo con [47]:

$$S_e = k_a \times k_b \times k_e \times S'_e \quad \text{Ec. 27}$$

r) Teoría de falla por fatiga según Goodman

De acuerdo con [47]:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut \text{ eje}}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

M_a = Momento flexionante alternante [lbf * in]

T_a = Torque alternante [lbf * in]

M_m = Momento flexionante medio [lbf * in]

T_m = Torque medio [lbf * in]

s) Teoría de falla por fatiga según Gerber

De acuerdo con [47]:

$$\frac{1}{n} = \frac{8A}{\pi d^3 S_e} \left\{ 1 + \left[\left(\frac{2BS_e}{AS_{ut\ eje}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

$$A = \sqrt{4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2} \quad \text{Ec. 30}$$

$$B = \sqrt{4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2} \quad \text{Ec. 31}$$

t) Teoría de falla por fatiga según ASME elíptica

De acuerdo con [47]:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 32}$$

u) Teoría de falla por fatiga según Soderberg

De acuerdo con [47]:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{yt}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad \text{Ec. 33}$$

v) Esfuerzo equivalente de von Mises

De acuerdo con [47]:

$$\sigma'_{max} = [(\sigma_m + \sigma_a)^2 + 3(\tau_m + \tau_a)^2]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 34}$$

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{32K_f(M_m + M_a)}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16K_{fs}(T_m + T_a)}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 35$$

w) Factor de seguridad

De acuerdo con [47]:

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma'_{max}} \quad Ec. 36$$

Donde:

n_y = Factor de seguridad

S_y = Esfuerzo de tracción del material del eje

σ'_{max} = Esfuerzo equivalente de von Mises

x) Engranaje

Elemento mecánico de transferir la velocidad angular del motor en velocidad lineal a la cadena del transportador aéreo.

- **Paso diametral**

Se determina entre el número de dientes del engranaje y el diámetro [47]:

$$P = \frac{N}{d} \quad Ec. 37$$

Donde se conoce que:

P = Paso diametral [*dientes/mm*]

N = Número de dientes

d = Diámetro de paso asumido [*mm*]

- **Paso circular**

De acuerdo con [47]:

$$P_c = \frac{\pi \times D}{N} \quad \text{Ec. 38}$$

Donde se conoce que:

P_c = Paso circular [*mm/diente*]

π = Constante

D = Diámetro del engranaje [*mm*]

- **Módulo**

De acuerdo con [47]:

$$m = \frac{d}{N} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde se conoce que:

m = Modulo [*mm*]

d = Diámetro de paso asumido [*diente/mm*]

N = Número de dientes

- **Diámetro exterior**

$$d_e = \frac{N + 2}{P} \quad \text{Ec. 40}$$

Donde se conoce que:

d_e = Diámetro exterior [*mm*]

N = Número de dientes

P = Paso diametral [*diente/mm*]

- **Espesor del diente**

De acuerdo con [47]:

$$e = \frac{\pi \times m}{2} \quad \text{Ec. 41}$$

Donde se conoce que:

e = Espesor del diente [mm]

π = Constante

m = Módulo [mm]

- **Espacio libre en el fondo del diente**

De acuerdo con [47]:

$$c = 0,25 \times m \quad \text{Ec. 42}$$

Donde se conoce que:

c = Espacio libre [mm]

m = Módulo [mm]

- **Adendum**

De acuerdo con [47]:

$$a = 1,1 \times m \quad \text{Ec. 43}$$

Donde se conoce que:

a = Adendum [mm]

m = Módulo [mm]

- **Profundidad de trabajo**

De acuerdo con [47]:

$$h = \frac{2}{P} \quad \text{Ec. 44}$$

Donde se conoce que:

h = Profundidad de trabajo [mm]

P = Paso diametral [$mm/diente$]

2.3.1.4. Troles

a) Distancia requerida para separación entre troles

$$d_{Trole} = d_i + \overline{X_p} + d_d \quad Ec. 45$$

Donde:

d_{Trole} = Distancia entre troles [m]

d_i = Distancia asumida por seguridad del lado izquierdo [m]

$\overline{X_p}$ = Distancia promedio del ancho de pollos [m]

d_d = Distancia asumida por seguridad del lado derecho [m]

2.3.1.5. Estructura

a) Capacidad máxima

$$C_{max} = d_{Recorrido}/d_{Trole} \quad Ec. 46$$

Donde:

C_{max} = Máximo número de pollos

$d_{Recorrido}$ = Distancia total del recorrido del sistema transportador [m]

d_{Trole} = Distancia de separación entre troles [m]

b) Fuerza distribuida

$$F_{distribuida} = \frac{W_{Tp}}{d_{Recorrido}} \quad Ec. 47$$

Donde:

$F_{distribuida}$ = Fuerza ejercida a lo largo del riel [N/m]

W_{Tp} = Peso total [N]

$d_{Recorrido}$ = Distancia total del recorrido del sistema transportador [m]

Para continuar con el cálculo, para determinar $d_{Recorrido}$ se obtiene el perímetro del esquema del riel como se muestra en la Figura 29.

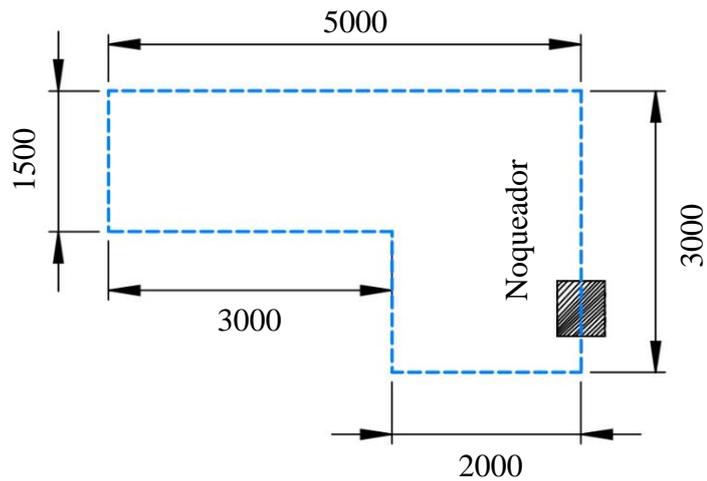


Figura 29. Estructura de la viga

c) Diseño de la viga-riel

- **Método 1**

Los ingenieros usan principalmente la ecuación 48 para diseñar vigas, la cual se enfoca en la fórmula de la flexión. En esta fórmula, el valor de σ (sigma) representa el esfuerzo de la fibra más alejada a una distancia c del eje neutro, mientras que I se refiere al momento de inercia de la sección transversal.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 48}$$

Donde se conoce que:

σ = Esfuerzo de flexión [Pa]

M = Momento flector [Nm]

c = Distancia al centroide [m]

I = Momento de inercia de la sección transversal [m⁴]

Despejando I/c se obtiene:

$$\sigma I = Mc$$

$$\frac{I}{c} = \frac{M}{\sigma}$$

El módulo de sección es una constante que se obtiene dividiendo el momento de inercia de una sección transversal entre la distancia c al eje neutro. Cuando se diseña una viga para soportar un momento flexionante específico M y un esfuerzo permisible σ determinado, el módulo de sección necesario para garantizar la resistencia suficiente de la viga a la flexión se calcula utilizando el siguiente método:

$$\frac{I}{c} = \frac{M}{\sigma} = Z_x \quad \text{Ec. 49}$$

Donde se conoce:

Z_x = Módulo de sección [cm^3]

Para comprender de mejor manera el comportamiento de las cargas en la viga se realiza un diagrama de cuerpo libre.

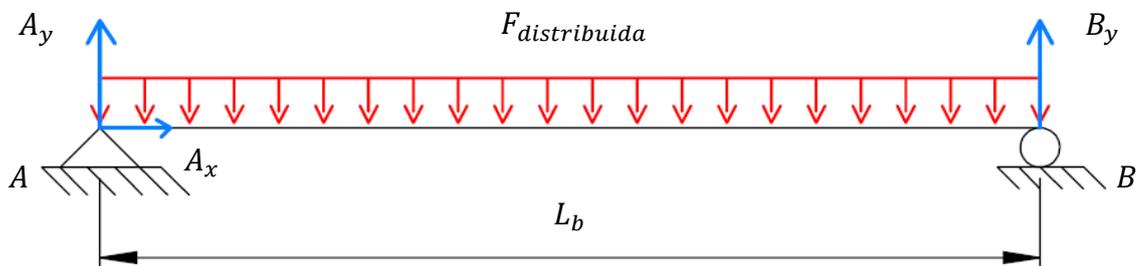


Figura 30. Diagrama de cuerpo libre de la viga-riel

Mediante el diagrama de cuerpo libre que se muestra en la Figura 30, se determina la fuerza puntual P_1 así:

$$P_1 = F_{distribuida} \times L_b \quad \text{Ec. 50}$$

Donde se conoce:

P_1 = Fuerza puntual [N].

$F_{distribuida}$ = Fuerza distribuida [N/m].

L_b = Distancia de la viga más crítica [m].

Para calcular la reacción en el punto B:

$$B_y = \frac{P_1 \times \frac{L_b}{2}}{L_b} \quad \text{Ec. 51}$$

Donde se conoce:

B_y = Reacción en el punto B [N].

P_1 = Fuerza puntual [N].

L_b = Distancia de la viga más crítica [m].

Para calcular la reacción en el punto A:

$$A_y = P_1 - B_y \quad \text{Ec. 52}$$

Donde se conoce:

A_y = Reacción en el punto A [N].

P_1 = Fuerza puntual [N].

B_y = Reacción en el punto B [N].

Además, se calcula el momento máximo M_{max} :

$$M_{max} = \frac{\frac{L_b}{2} \times A_y}{2} \quad \text{Ec. 53}$$

Donde se conoce:

M_{max} = Momento máximo [N m].

L_b = Distancia de la viga más crítica [m].

A_y = Reacción en el punto A [N].

Logrando obtener el módulo de sección Z_x así:

$$Z_x = \frac{M_{max} \times F_s}{F_y} \quad \text{Ec. 54}$$

Donde se conoce:

$Z_x =$ Módulo de sección [cm^3]

$M_{max} =$ Momento máximo [$N\ m$].

$F_s =$ Factor de seguridad del material (2)

$F_y =$ Esfuerzo de fluencia [MPa]

- **Método 2**

Aplicando la teoría de diseño de vigas por momentos [66], se obtiene la carga factorizada W_u :

$$W_u = 1,2 \times F_{distribuida} \quad \text{Ec. 55}$$

Donde se conoce:

$W_u =$ Carga factorizada [N/m].

$F_{distribuida} =$ Fuerza distribuida [N/m].

Además, se calcula el momento efectivo M_u :

$$M_u = \frac{W_u \times (L_b)^2}{8} \quad \text{Ec. 56}$$

Donde se conoce:

$M_u =$ Momento máximo factorizado [$N\ m$].

$L_b =$ Distancia de la viga más crítica [m].

Obteniendo el módulo de sección:

$$S_x = \frac{M_u}{f_b} \quad \text{Ec. 57}$$

Donde se conoce que:

$$f_b = 0,6 \times F_y = \text{Esfuerzo permisible del Acero}$$

Finalmente, el módulo de sección S_x se calcula así:

$$S_x = \frac{M_u}{0,6 \times F_y} \quad \text{Ec. 58}$$

Donde se conoce:

M_u = Momento máximo factorizado [N m].

F_y = Esfuerzo de fluencia [MPa]

d) Pórtico

- **Momento flector en el punto A**

$$M_A = h \times \frac{P_1}{2} \quad \text{Ec. 59}$$

Donde se conoce:

M_A = Momento flector en el punto A [N m]

h = Altura [m]

P_1 = Fuerza puntual [N].

e) Placa

- **Área del cubreplaca**

$$A_{cubreplaca} = b_{cubreplaca} \times e_{cubreplaca} \quad \text{Ec. 60}$$

Donde se conoce:

$A_{cubreplaca}$ = Área de cubreplaca [mm²]

$b_{cubreplaca}$ = Base de cubreplaca [mm]

$e_{cubreplaca}$ = Espesor cubreplaca [mm]

- **Área de la placa**

$$A_{placa} = b_{placa} \times e_{placa} \quad \text{Ec. 61}$$

Donde se conoce:

A_{placa} = Área de la placa [mm^2]

b_{placa} = Base de la placa [mm]

e_{placa} = Espesor de la placa [mm]

- **Área de la placa riel**

$$A_{placa\ riel} = A_{placa} + t_f \times b_f \quad Ec. 62$$

Donde se conoce:

$A_{placa\ riel}$ = Área de la placa riel [mm^2]

A_{placa} = Área de la placa [mm^2]

t_f = Espesor de la placa riel [mm]

b_f = Base de la placa riel [mm]

- **Verificación del área total de la placa riel**

De acuerdo con [66], la especificación F13.3 del AISC recomienda no exceder del 70% del área total de la placa riel.

$$\frac{A_{placa}}{A_{placa\ riel}} < 0,70 \quad Ec. 63$$

- **Inercia de una placa**

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad Ec. 64$$

$$I_x = \frac{e_{placa} b_{placa}^3}{12} \quad Ec. 65$$

Donde se conoce:

I_x = Inercia de la viga respecto al eje x [mm^4]

e_{placa} = Espesor de la placa [mm]

b_{placa} = Base de la placa [mm]

- **Inercia de la placa**

Según [66]:

$$I_g = I_x + 2(A_{cubreplaca}) \left(\frac{h_{alma}}{2} + \frac{e_{cubreplaca}}{2} \right)^2 \quad Ec. 66$$

Donde se conoce:

I_g = Inercia de la placa [mm⁴]

I_x = Inercia de la viga respecto al eje x [mm⁴]

$A_{cubreplaca}$ = Área de cubreplaca [mm²]

h_{alma} = Altura del alma [mm]

$e_{cubreplaca}$ = Espesor cubreplaca [mm] Longitud de pandeo crítica [66]

$$L_c = d_{borde} - \frac{\phi_{perno} + \frac{1}{8}}{2} \quad Ec. 68$$

Donde se conoce:

L_c = Longitud de pandeo crítica [mm]

d_{borde} = Distancia al borde de la placa [mm]

ϕ_{perno} = Diámetro del perno [mm]

- **Resistencia al aplastamiento de 2 pernos**

Según [66]:

$$R_n = 1,2L_c e_{placa} F_u \quad Ec. 69$$

Donde se conoce:

R_n = Resistencia al aplastamiento [N]

L_c = Longitud de pandeo crítica [mm]

e_{placa} = Espesor de la placa [mm]

F_u = Esfuerzo último a la tracción [MPa]

- **Resistencia al cortante de 2 pernos**

Según [66]:

LRFD

$$\phi R_n = 0,75R_n \quad \text{Ec. 70}$$

ASD

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{R_n}{2} \quad \text{Ec. 71}$$

- **Separación máxima según AISC**

Según [66]:

$$S = e_{placa} \left(0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right) \quad \text{Ec. 72}$$

Donde se conoce:

S = Separación máxima según AISC [mm]

e_{placa} = Espesor de la placa [mm]

F_y = Esfuerzo de fluencia de la placa [MPa]

E = Módulo de elasticidad [GPa]

2.3.1.6. Uniones con pernos cargadas en cortante

a) Aplastamiento de los pernos

Según [47]:

$$F = \frac{2tdF_{yp}}{n_d} \quad \text{Ec. 73}$$

Donde:

F = Fuerza [N]

t = Espesor [mm]

d = Diámetro del perno [mm]

F_{yp} = Esfuerzo ultimo a la tracción del perno [MPa]

n_d = Factor de seguridad

b) Aplastamiento de los elementos de sujeción

Según [47]:

$$F = \frac{2tdF_y}{n_d} \quad \text{Ec. 74}$$

Donde:

F = Fuerza [N]

t = Espesor [mm]

d = Diámetro del perno [mm]

F_y = Esfuerzo de fluencia [MPa]

n_d = Factor de seguridad

c) Fuerza cortante del perno

Según [47]:

$$F = 0,577\pi d^2 \frac{F_{yp}}{n_d} \quad \text{Ec. 75}$$

Donde:

F = Fuerza cortante [N].

d = Diámetro del perno [mm].

F_{yp} = Esfuerzo de fluencia del perno [MPa].

n_d = Factor de seguridad.

2.3.1.7. Soldadura a tope y filete

a) Esfuerzo a tensión

Según [47]:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec. 76}$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal a tensión o compresión [Pa].

F = Cargas a tensión o compresión [N].

h = Garganta de soldadura [mm].

l = Longitud de soldadura [mm].

b) Esfuerzo a compresión

Según [47]:

$$\tau = \frac{F}{0,0707h_c l} \quad \text{Ec. 77}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante [Pa].

F = Carga cortante [N].

h = Garganta de soldadura [mm].

l = Longitud de soldadura [mm]

c) Esfuerzo equivalente de Von Mises

Según [47]:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ec. 78}$$

σ' = Esfuerzo equivalente de von Mises [MPa]

σ = Esfuerzo tensión [MPa]

τ = Esfuerzo cortante [MPa]

2.3.2. Noqueador

2.3.2.1. Tanque

Para el diseño del tanque se decide emplear un modelo que contiene una rampa de entrada y salida para los pollos, depósito de agua, válvula de desagüe y rejilla metálica.

a) Capacidad del tanque

$$Volumen = A_{base} \times h \quad Ec. 79$$

Donde se conoce:

$Volumen$ = Capacidad del tanque [m^3]

A_{base} = Área de la base del tanque [m^2]

h = Altura [m]

b) Fuerza al fondo del tanque

$$F_{tanque} = \gamma \times h \times A_{base} \quad Ec. 80$$

Donde se conoce:

F_{tanque} = Fuerza al fondo del tanque [N]

γ = Peso específico del agua [N/m^3]

A_{base} = Área de la base del tanque [m^2]

h = Altura [m]

c) Esfuerzo admisible

$$\tau_{cort} = \frac{F_{tanque}}{A_{trans}} \quad Ec. 81$$

Donde se conoce:

τ_{cort} = Esfuerzo admisible [Pa]

F_{tanque} = Fuerza al fondo del tanque [N]

A_{trans} = Área transversal (Largo de la cara multiplicada por el espesor de la cara)
[m²]

d) Factor de seguridad

$$\eta_{tanque} = \frac{\sigma_f}{\tau_{cort}} \quad Ec. 82$$

Donde se conoce:

η_{tanque} = Factor de seguridad del tanque

σ_f = Límite de fluencia del acero AISI 316 [Pa]

τ_{cort} = Esfuerzo admisible [Pa]

2.3.3. Circuito eléctrico

Uno de los principales factores que rigen a estos sistemas eléctricos son los principios de la ley de Ohm tal como aparece en la ecuación 83, donde establece que “la corriente eléctrica que fluye por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre los extremos del conductor, e inversamente proporcional a la resistencia de este”.

Matemáticamente, la expresión se representa como:

$$V = I \times R \quad Ec. 83$$

En donde se conoce que:

V = Diferencia de potencial [V]

I = Corriente eléctrica [A]

R = Resistencia eléctrica [Ω]

2.3.3.1. Pulsador en modo estable

Elemento principal para generar un onda cuadrada o rectangular continua de salida, donde se puede determinar el ancho de onda T_1 y T_2 respectivamente un determinado

tiempo. Las Ecuaciones 84 y 84 muestran el cálculo del periodo en función de las resistencias [26].

$$T_1 = 0,693(R_1 + R_2)C_1 \quad \text{Ec. 84}$$

$$T_2 = 0,693R_2C_1 \quad \text{Ec. 85}$$

Donde se conoce:

T_1 = Ancho de onda cuadrada 1 [s]

T_2 = Ancho de onda cuadrada 2 [s]

R_1 = Resistencia [Ω]

R_2 = Resistencia [Ω]

C_1 = Capacitor [μF]

2.3.3.2. Frecuencia de corriente de salida

Según [20]:

$$f = \frac{1}{[0,693 C_1(R_1 + 2R_2)]} \quad \text{Ec. 86}$$

Donde se conoce:

f = Frecuencia [Hz]

C_1 = Capacitor [μF]

R_1 = Resistencia [Ω]

R_2 = Resistencia [Ω]

2.3.3.3. Periodo

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Ec. 87}$$

Donde se conoce:

T = Periodo [s]

f = Frecuencia [Hz]

2.4. Niveles de investigación

2.4.1. Bibliográfico

Mediante el nivel bibliográfico, se busca información relevante al aturdimiento de aves que fue previamente desarrollada en proyectos similares utilizando consultas en diversas fuentes como artículos, libros, tesis, revistas, catálogos y documentales. Esta información es de gran ayuda para el desarrollo del proyecto.

2.4.2. Exploratorio

Mediante el nivel exploratorio, se proporciona la datos, información y parámetros necesarios para el diseño del sistema que se implementa según las necesidades actuales de la granja. También se analiza los diferentes procesos de aturdimiento industrial de aves.

2.4.3. Descriptivo

Mediante el nivel descriptivo, se especifica los detalles del proceso que se presenta tiene una gran importancia para determinar los resultados. Por lo tanto, se expone de acuerdo con la realidad del caso.

2.4.4. De campo

Mediante el nivel de campo, durante esta fase se lleva a cabo una investigación en persona con el fin de recopilar información, se revisa las técnicas empleadas para sacrificar los pollos para su posterior procesamiento y sacrificio. Con esta información, se puede evaluar si el proyecto contribuye positivamente a mejorar la eficiencia en el sacrificio de aves en las granjas avícolas.

2.5. Etapas para el desarrollo de la máquina

Cumpliendo el cronograma de actividades, en la Figura 31, se resume las actividades realizadas para la obtención final de la máquina.

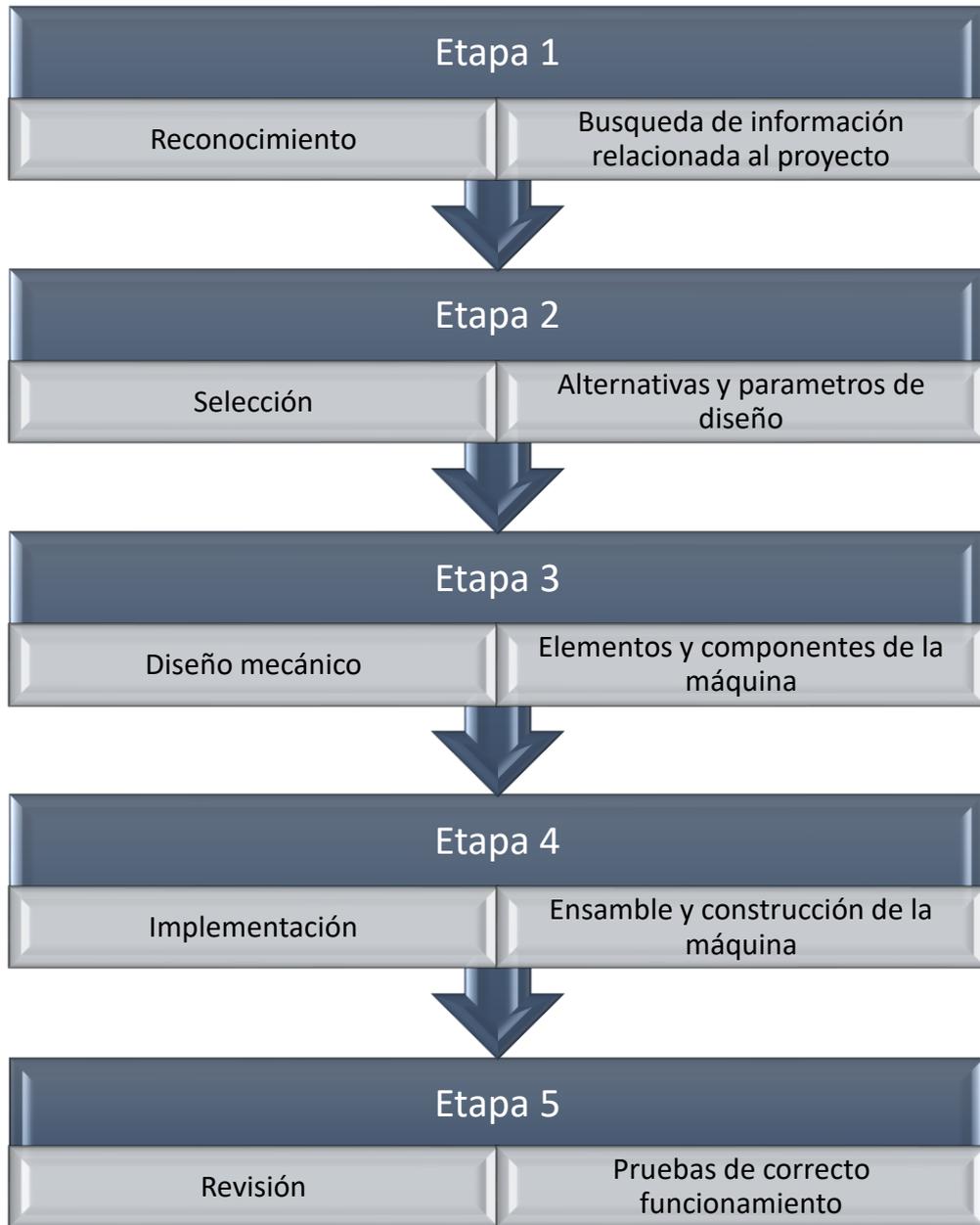


Figura 31. Etapas de desarrollo de la máquina.

2.6. Diagrama de flujo

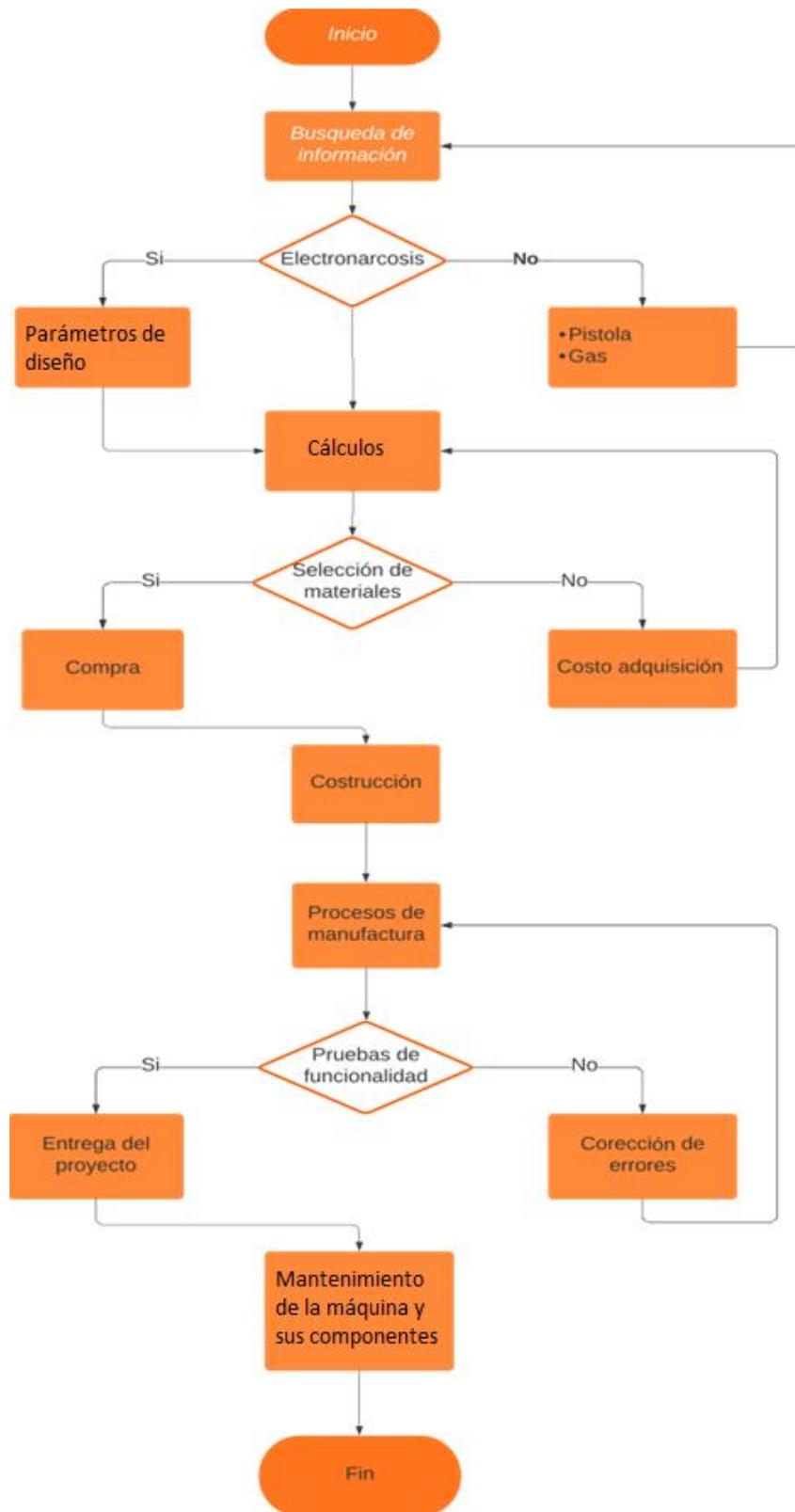


Figura 32. Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la culminación de los anteriores capítulos se procede a seleccionar la opción más adecuada entre las diferentes alternativas planteadas para el diseño de los elementos y componentes que conforma el noqueador electromecánico, de manera que se cumpla las necesidades requeridas para el faenamiento de pollos Broiler. La granja Avícola Tía Juanita de la provincia de Galápagos actualmente procesa las aves de manera artesanal, por lo que en este capítulo se realiza el análisis, evaluación de alternativas, con la finalidad de optimizar el espacio, materiales y procesos dentro del área de faenado implementando equipos y componentes que reducirán tiempos entre etapas ya mencionadas para el faenamiento de pollos Broiler.

3.1. Selección de alternativas

Para asegurar una correcta selección aplica la escala de Likert donde se compara características, propiedades mecánicas, costo, funcionalidad, eficiencia, adaptabilidad y accesibilidad en el mercado de los componentes que garanticen el funcionamiento del noqueador electromecánico para pollos.

3.1.1. Tina

Elemento encargado de contener el fluido (agua), rejilla con la función de electrodo por la cual se produce la electronarcosis al contacto entre la cabeza del pollo y el agua electrificada.

❖ **Alternativa 1:** Tina de polietileno de alta densidad (HDPE)

Su principal característica es su alta resistencia química y a la corrosión. El HDPE es un material duradero y resistente a los impactos, lo que lo hace adecuado para su uso en entornos de trabajo rudos, lo que garantiza una vida útil prolongada del recipiente, puede ser adquirido.

❖ **Alternativa 2:** Estructura de Acero inoxidable AISI 316 con recubrimiento mediante material compuesto

La estructura de acero inoxidable AISI 316 tiene una excelente resistencia a la corrosión y una alta durabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de procesamiento de alimentos donde la higiene y la limpieza son críticas, mediante la implementación del recubrimiento se logra aislar la superficie de contacto con el agua logrando evitar posibles accidentes [28].

❖ **Alternativa 3:** Estructura de Acero galvanizado bajo la norma ASTM A653

Una característica importante de esta estructura de Acero galvanizado bajo la norma ASTM A653 es el recubrimiento de material compuesto que protege la superficie del acero galvanizado y previene la corrosión, lo que permite que la tina tenga una larga vida útil y no se dañe fácilmente en contacto con el agua y otros líquidos utilizados en el proceso de la electronarcosis. Además, el acero galvanizado es resistente a la oxidación y a la abrasión, lo que lo hace adecuado para su uso en aplicaciones industriales [30].

En la Tabla 21, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 21. Alternativas de diseño de la tina.

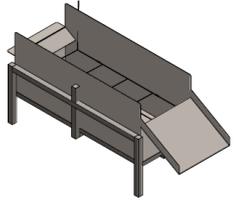
Alternativas de diseño de la tina		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
 <p>Tina de polietileno de alta densidad (HDPE)</p>	 <p>Estructura de acero estructural galvanizado y también inoxidable</p>	 <p>Estructura de Acero galvanizado bajo la norma ASTM A653</p>
Material resistente a grandes impactos, corrosión y no reactivo.	Adecuado para el procesamiento de alimentos en la industria.	Resistente a la corrosión y a la abrasión.

Tabla 21. Alternativas de diseño de la tina (continuación).

Recubrimiento		
Sin recubrimiento	Matriz de Fibra de vidrio (E) y resina polimérica	Sellado en las esquinas de unión con Sika Flex 2-21

3.1.2. Sistema transportador aéreo

Sistema en el cual se cuelga los pollos para efectuar la electronarcosis al ingresar al pollo en la tina.

❖ **Alternativa 1:** Sistema transportador fijo

En el sistema transportador fijo de baño de agua electrificada se encuentra en una posición fija y el pollo es sumergido en él mediante un mecanismo que baja y sube la zona del baño.

❖ **Alternativa 2:** Sistema transportador móvil

El sistema transportador móvil está especialmente diseñado para soportar el peso de los pollos y transportarlos de manera segura y eficiente. Además, el sistema de transporte es controlado por un sistema automatizado que asegura que los pollos sean transportados de manera uniforme y que la velocidad de la banda sea óptima para maximizar la eficiencia del proceso.

En la Tabla 22, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 22. Alternativas de diseño del sistema transportador aéreo

Alternativas de diseño del sistema transportador aéreo	
Alternativa 1	Alternativa 2
 <p style="text-align: center;">Sistema transportador fijo</p>	 <p style="text-align: center;">Sistema de transporte móvil</p>
<p>La característica principal del noqueador fijo es que sumerge al pollo en un baño de agua electrificado para aplicar la electronarcosis</p>	<p>Utiliza un sistema de cadenas transportadoras para mover los pollos hacia y desde el baño de agua electrificada.</p>
Beneficio	
<p>Permite manipular manualmente el sistema, con el uso de una palanca.</p>	<p>Incremento de producción de pollos faenados en un transcurso de tiempo.</p>

3.1.3. Estructura

Elemento mecánico en el cual va a soportar el peso total del sistema transportador de pollos.

❖ **Alternativa 1:** Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es fácilmente soldable y mecanizable, lo que facilita su procesamiento y fabricación en diversas formas y tamaños. También es un acero de bajo costo y ampliamente disponible en el mercado, lo que lo hace una opción popular para diversas aplicaciones estructurales [41].

❖ **Alternativa 2: Acero ASTM A500**

El acero ASTM A500 también se caracteriza por tener una buena tenacidad y ductilidad, lo que le permite deformarse sin romperse cuando se somete a fuerzas extremas [43].

En la Tabla 23, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 23. Alternativas de diseño de la estructura

Alternativas de diseño del material de fabricación de la estructura	
Alternativa 1	Alternativa 2
	
Las estructuras fabricadas con el Acero ASTM A36 se utiliza a menudo en estructuras simples, como vigas y columnas.	Las estructuras fabricadas con el Acero el ASTM A500 es un poco más difícil de cortar y soldar debido a su composición química.
Ventajas	
El acero ASTM A36 se puede cortar y soldar fácilmente.	El Acero ASTM A500 se utiliza en la fabricación de estructuras más complejas, como puentes y edificios de varios pisos.

3.1.4. Sistema de transmisión para los ganchos

Componente mecánico conformado por troles encargado de trasladar los pollos a través de la viga riel.

❖ Alternativa 1: Cadena

Las cadenas son diseñadas para soportar altas tensiones y cargas de choque, lo que las hace ideales para aplicaciones en las que se requiere una transmisión de potencia robusta y duradera. Además, las cadenas tienen una larga vida útil y son capaces de funcionar en ambientes hostiles, como altas temperaturas, humedad y polvo.

❖ Alternativa 2: Banda

Las bandas son diseñadas para ser flexibles y resistentes, lo que les permite adaptarse a las diferentes geometrías de los ejes y poleas en el sistema de transmisión. Además, las bandas son capaces de absorber vibraciones y choques, lo que puede prolongar la vida útil de los componentes del sistema.

❖ Alternativa 3: Ruedas de fricción

La rueda de fricción suele tener una superficie de contacto de goma o caucho, que mejora la tracción y evita el deslizamiento. Este tipo de sistema de transmisión es comúnmente utilizado en aplicaciones de baja potencia, como en maquinaria pequeña y herramientas manuales.

En la Tabla 24, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 24. Alternativas de diseño del sistema de transmisión para los ganchos.

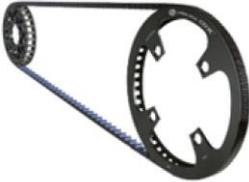
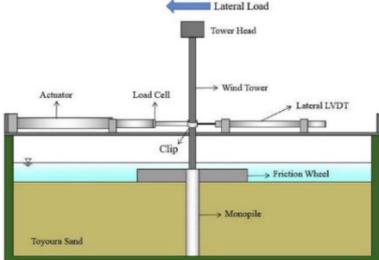
Alternativas de diseño del sistema de transmisión para los ganchos		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
 <p>Cadena</p>	 <p>Banda</p>	 <p>Ruedas de fricción</p>

Tabla 24. Alternativas de diseño del sistema de transmisión para los ganchos(continuación).

Aplicaciones		
Maquinarias pesadas, equipos de construcción, maquinarias agrícolas, sistemas de transporte y elevación, entre otros	Maquinaria industrial hasta vehículos.	Industria de maquinaria pesada de baja potencia y velocidad.
Material de fabricación		
Acero negro, acero inoxidable, aleaciones especiales, entre otros	Goma, poliuretano, PVC o neopreno,	Acero

3.1.5. Motor

Componente mecánico encargado de convertir energía eléctrica en energía mecánica permitiendo el movimiento del sistema transportador aéreo de pollos.

❖ **Alternativa 1:** Variador de frecuencia

La principal característica de un variador de frecuencia es su capacidad para controlar la velocidad de un motor eléctrico ajustando la frecuencia suministrada al motor. El variador de frecuencia puede aumentar o disminuir la frecuencia y, por lo tanto, la velocidad del motor, lo que permite un control preciso y eficiente de la velocidad de un proceso industrial.

❖ **Alternativa 2:** Caja de transmisión

La característica de una caja de transmisión reductora de velocidad es que permite reducir la velocidad del motor y aumentar el torque de salida. Esto se logra mediante la combinación de diferentes engranajes que hacen que la velocidad de salida sea menor que la velocidad de entrada, mientras que el par de salida sea mayor que el par de entrada.

❖ **Alternativa 3:** Motor reductor

Los motores reductores son comúnmente utilizados en aplicaciones que requieren un alto torque de salida, como en sistemas de transporte de carga, maquinaria pesada y sistemas de elevación.

En la Tabla 25, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 25. Alternativas de diseño de motor.

Alternativas de diseño del motor		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
 <p>Variador de frecuencia</p>	 <p>Caja de transmisión</p>	 <p>Motorreductor</p>
<p>El variador de frecuencia puede aumentar o disminuir la frecuencia inducida al motor.</p>	<p>Reducir la velocidad angular del motor mediante un sistema de engranes.</p>	<p>Encargado de controlar la velocidad de salida del motor eléctrico.</p>

3.1.6. Sistema de control

Sistema implementado para controlar los procesos de producción en el faenadero mediante el uso de equipos especializados para controlar parámetros de diseño como velocidad y tiempo del sistema transportador de pollos.

❖ **Alternativa 1:** Arduino

Su principal característica del Arduino es la facilidad de uso y la flexibilidad, ya que se puede crear programas personalizados para controlar dispositivos y sistemas de manera automatizada.

❖ **Alternativa 2: PLC**

Los PLC suelen tener entradas y salidas digitales y analógicas que permiten la comunicación con sensores y actuadores para monitorear y controlar el movimiento del sistema de transporte de manera precisa y eficiente.

En la Tabla 26, se puede visualizar el resumen las alternativas analizadas.

Tabla 26. Alternativas de diseño del sistema de control

Alternativas de diseño del sistema de control		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
 <p style="text-align: center;">Kit Arduino</p>	 <p style="text-align: center;">PLC</p>	 <p style="text-align: center;">Relé</p>
<p>Permite controlar la velocidad y dirección de la banda o cadena, así como también detectar la presencia o ausencia de objetos a través de sensores.</p>	<p>Es un controlador programable, diseñado para funcionar con diferentes dispositivos eléctricos y mecánicos, tales como motores, sensores, actuadores, etc.</p>	<p>Permiten la activación o desactivación de equipos eléctricos y electrónicos, y también facilitan la protección de los componentes de un sistema.</p>

3.2. Evaluación de alternativas

Continuando con el diseño del proyecto, se proyecta reducir costos de los materiales, equipos y recursos mediante un análisis de alternativas desde el punto económico/funcional.

Lo cual se usa la escala de evaluación de Likert con los siguientes valores de ponderación (P):

- Regular =1
- Bueno =2
- Muy bueno =3
- Excelente =4

Además, se considera la importancia de cada aspecto, por lo que se aplica una ponderación adicional (I) para determinarlo.

- Poco importante =1
- Importante =2
- Muy importante =3
- Necesario =4

3.3. Criterios para evaluar alternativas

Se requiere establecer ciertos criterios para evaluar las opciones propuestas. Los siguientes aspectos serán considerados:

- Facilidad de compra

Criterio principal para evaluar las alternativas porque depende si se puede adquirir fácilmente en el Ecuador.

- Costo del material

El costo del material es un factor crítico que debe cumplir con el presupuesto establecido para la fabricación de cada componente del sistema de transporte, tina y sujetadores asegurando que sean durables y rentables en su uso.

- Utilidad

Criterio usado para delimitar la funcionabilidad, capacidad, adaptabilidad y rendimiento del material o equipo.

- Instalación

Evalúa la factibilidad para las instalaciones eléctricas, uniones empennadas y de tuberías. Mediante procesos de manufactura como; corte, soldadura, taladrado, etc.

- Mantenimiento

Criterio que evalúa el costo y accesibilidad a los componentes, repuestos y equipos que formarán parte del noqueador.

En la Tabla 27, se visualiza la matriz de ponderación para la tina sección 3.1.1.

Tabla 27. Matriz de ponderación para la tina.

Criterio por evaluar	Importancia (I)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Facilidad de compra	3	4	2	2
Costo del material	3	3	2	2
Utilidad	4	1	3	4
Instalación	2	2	2	3
Mantenimiento	2	3	2	2
Total $\sum P \times I$		35	32	38

Para el diseño de la tina se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 27, siendo superior la alternativa 3 (Tina de Acero galvanizado) con una puntuación de $P \times I = 38$.

En la Tabla 28, se visualiza la matriz de ponderación para el sistema transportador aéreo sección 3.1.2.

Tabla 28. Matriz de ponderación del transportador aéreo.

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo del material	4	2	3
Utilidad	3	4	1
Instalación	4	2	3
Mantenimiento	3	2	3
Total $\sum P \times I$		34	36

Para el diseño del sistema transportador aéreo se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 28, siendo superior la alternativa 2 (Sistema transportador móvil) con una puntuación de $P \times I = 36$.

En la Tabla 29, se visualiza la matriz de ponderación para la estructura sección 3.1.3.

Tabla 29. Matriz de ponderación para la estructura

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2
Facilidad de compra	4	4	3
Costo del material	4	3	2
Utilidad	3	2	2
Instalación	3	3	2
Mantenimiento	2	2	2
Total $\sum P \times I$		47	36

Para el diseño de la estructura se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 29, siendo superior la alternativa 1 (Acero ASTM A36) con una puntuación de $P \times I = 47$.

En la Tabla 30, se visualiza la matriz de ponderación para el sistema de transmisión para los ganchos sección 3.1.4.

Tabla 30. Matriz de ponderación del sistema de transmisión para ganchos.

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Facilidad de compra	3	4	4	2
Costo del material	2	3	2	1
Utilidad	4	4	1	1
Instalación	4	2	3	1
Mantenimiento	3	2	3	2
Total $\sum P \times I$		48	41	22

Para el diseño del sistema de transmisión por ganchos se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 29, siendo superior la alternativa 1 (Cadena) con una puntuación de $P \times I = 48$.

En la Tabla 31, se visualiza la matriz de ponderación para el motor sección 3.1.5.

Tabla 31. Matriz de ponderación para el motor.

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Facilidad de compra	4	3	1	3
Costo del material	3	1	3	1
Utilidad	4	2	2	2
Instalación	3	3	1	3
Mantenimiento	3	2	2	4
Total $\sum P \times I$		42	30	44

Para la selección del equipo para controlar la velocidad del motor se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 31, siendo superior la alternativa 3 (Motorreductor) con una puntuación de $P \times I = 47$.

En la Tabla 32, se visualiza la matriz de ponderación para el sistema de control sección 3.1.6.

Tabla 32. Matriz de ponderación para el sistema de control.

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Facilidad de compra	4	3	2	4
Costo del material	3	2	1	4

Tabla 32. Matriz de ponderación para el sistema de control (continuación).

Criterio por evaluar	Importancia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Utilidad	4	3	4	3
Instalación	4	2	3	4
Mantenimiento	2	2	2	4
Total $\sum P \times I$		42	46	64

Para la selección del sistema de control se realiza una matriz de ponderación de alternativas como se observa en la Tabla 32, siendo superior la alternativa 3 (Relé) con una puntuación de $P \times I = 64$.

3.4. Cálculos

3.4.1. Motor

3.4.1.1. Velocidad lineal

Para seleccionar la potencia del motor primero se determina la velocidad lineal en la que se traslada los pollos por el transportador aéreo se aplica la ecuación 3.

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{16 \text{ m}}{2 \text{ min}}$$

$$v = 8 \text{ m/min}$$

3.4.1.2. Velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{8 \text{ m/min}}{0,3 \text{ m}}$$

$$\omega = 26,67 \text{ rad/min}$$

La velocidad angular ω se convierte a rpm:

$$\omega = 26,67 \frac{\text{rad}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi}$$

$$\omega = 4,24 \text{ rpm}$$

3.4.1.3. Peso de cada pollo

$$W_p = m \times g$$

$$W_p = 5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_p = 49,05 \text{ N}$$

3.4.1.4. Peso de accesorios

$$W_a = (m_{rueda} \times n_r + m_{trole} \times n_t + m_{gancho} \times n_g + m_{perno-tuerca} \times n_{pt}) \times g$$

$$W_a = (0,025 \text{ kg} \times 80 + 0,050 \text{ kg} \times 40 + 0,01 \text{ kg} \times 40 + 0,001 \text{ kg} \times 60) \\ \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = 43,75 \text{ N}$$

3.4.1.5. Peso de la cadena

$$W_c = m_{cadena} \times g$$

$$W_c = 4,9 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_c = 48,25 \text{ N}$$

3.4.1.6. Peso total

Fuerza total a soportar la viga-riel

$$W_{Tp} = W_a + W_c + (W_p \times n)$$

$$W_{Tp} = 43,75 \text{ N} + 48,25 \text{ N} + (49,05 \text{ N} \times 40)$$

$$W_{Tp} = 2,054 \text{ KN}$$

3.4.1.7. Fuerza de fricción

$$F_r = W_{Tp} \times \mu_f$$

Donde el coeficiente de rozamiento dinámico de la rueda de Polipropileno con la superficie de contacto es de $\mu_f = 0,4$ de la Tabla 16.

$$F_r = 2,261 \text{ KN} \times 0,4$$

$$F_r = 904,33 \text{ N}$$

3.4.1.8. Torque

$$T = F_r \times r$$

$$T = 904,33 \text{ N} \times 0,3 \text{ m}$$

$$T = 271,3 \text{ N m}$$

El torque T se transforma a $lbf \cdot in$:

$$T = 271,3 \text{ N m} \times \frac{0,248092 \text{ lbf}}{1 \text{ N}} \times \frac{39,37 \text{ in}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 2649,87 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

3.4.1.9. Potencia

$$P = \frac{T \times \omega}{63000}$$

$$P = \frac{2649,87 \text{ lbf} \cdot \text{in} \times 4,24 \text{ rpm}}{63000}$$

$$P = 0,179 \text{ hp}$$

3.4.1.10. Potencia corregida

$$P_c = P \times f_{d_{cadena}} \times f_{d_{reductor}}$$

$$P_c = 0,179 \text{ hp} \times 2 \times 2$$

$$P_c = 0,719 \text{ hp}$$

Para seleccionar el motor con una potencia estandarizada se escoge del catálogo un motor W 22-143/5T de $P_c = 1 \text{ hp}$, las características de visualizan en la Tabla 33.

Tabla 33. Catálogo para selección de motor.

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia (kgm ²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)				
HP	kW			Letra	Ia/In				C	C			C	C	C	RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia			
																	50	75		100	50	75	100
N polos																							
1	0,75	143/5T	3,99	L	8,4	3,2	3,5	0,0049	18	40	18,5	51,0	1760	80,0	84,0	85,5	0,55	0,68	0,75	1,47			
1,5	1,1	143/5T	6,00	L	8,4	2,5	3,4	0,0060	14	31	22,0	51,0	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,70	0,79	2,02			
2	1,5	143/5T	8,03	K	8,0	2,7	3,2	0,0066	11	24	23,0	51,0	1750	85,5	86,5	86,5	0,57	0,70	0,79	2,76			
3	2,2	182/4T	12,0	K	8,1	2,3	3,4	0,0143	23	51	41,0	56,0	1760	87,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	3,91			
5	3,7	182/4T	20,0	J	7,5	2,3	3,2	0,0169	15	33	43,0	56,0	1755	88,5	89,5	89,5	0,62	0,74	0,80	6,45			
7,5	5,5	213/5T	29,9	H	7,1	2,2	3,1	0,0566	20	44	70,0	58,0	1765	89,5	91,0	91,7	0,66	0,76	0,82	9,18			
10	7,5	213/5T	39,8	H	6,4	2,0	3,0	0,0637	17	37	78,0	58,0	1765	91,0	91,7	91,7	0,66	0,77	0,83	12,4			
15	11	254/6T	59,7	G	6,4	2,3	2,7	0,1104	17	37	114	64,0	1765	91,0	91,7	92,4	0,68	0,78	0,83	18,0			
20	15	254/6T	79,6	H	6,9	2,3	2,7	0,1305	15	33	132	64,0	1765	91,7	92,4	93,0	0,68	0,79	0,84	24,1			
25	18,5	284/6T	99,5	G	6,2	2,4	2,7	0,2153	24	53	176	64,0	1765	92,4	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	29,5			
30	22	284/6T	119	G	6,1	2,4	2,4	0,2467	20	44	198	64,0	1765	93,0	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	35,1			
40	30	324/6T	158	G	6,1	2,2	2,4	0,3861	20	44	223	66,0	1775	93,6	94,1	94,1	0,72	0,80	0,85	47,1			
50	37	324/6T	198	G	6,2	2,3	2,7	0,3861	15	33	243	66,0	1775	93,0	94,1	94,5	0,66	0,77	0,83	59,2			
60	45	364/5T	237	G	6,6	2,4	2,6	0,9448	15	33	394	67,0	1775	94,1	94,5	95,0	0,75	0,83	0,87	68,3			
75	55	364/5T	297	G	6,4	2,4	2,6	0,9798	14	31	417	67,0	1775	94,5	95,0	95,4	0,73	0,82	0,86	84,1			
100	75	404/5T	396	H	7,3	2,4	2,6	1,26	13	29	517	68,0	1775	95,0	95,0	95,4	0,77	0,84	0,88	111			

3.4.2. Diseño del circuito del motor

3.4.2.1. Circuito de control

El circuito de control se puede observar en la Figura 33, se diseña con la finalidad de garantizar el funcionamiento adecuado del motor en función de los parámetros calculados. En el mismo se establece el sentido de giro del motor, velocidad de giro y parada.

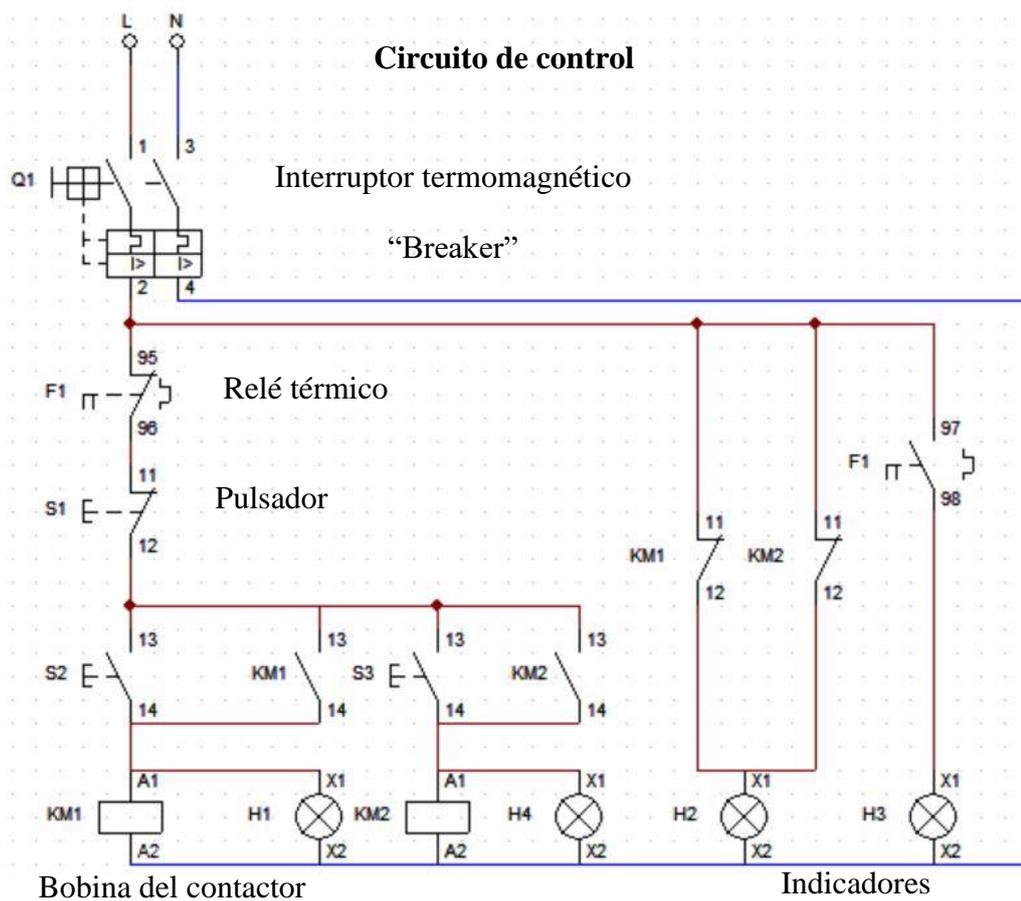


Figura 33. Circuito de control.

3.4.2.2. Circuito de fuerza

El circuito de fuerza se puede observar en la Figura 34, se complementa con el circuito de control y sirve de guía para realizar las conexiones físicas.

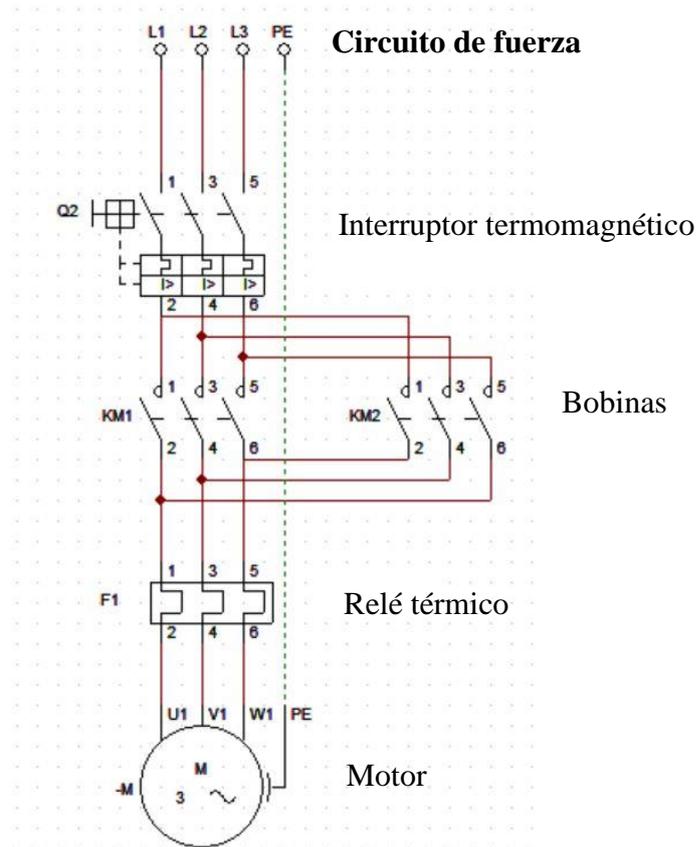


Figura 34. Circuito de fuerza.

3.4.3. Sistema de transmisión

3.4.3.1. Relación de transmisión

$$R = \frac{\omega_{conductor}}{\omega_{conducido}}$$

$$R = \frac{1760 \text{ rpm}}{4,24 \text{ rpm}}$$

$$R = 415,1$$

La relación de transmisión entre la velocidad angular del motor y la velocidad angular de la cadena es $R = 415,1$, siendo un valor muy elevado para continuar con el diseño del proyecto. Mediante la selección de alternativas de diseño de la Tabla 29, se decide implementar una caja reductora de velocidad.

3.4.3.2. Motorreductor

a) Velocidad de entrada

$$n_e = n_1 * r$$

Del catálogo de se selecciona un reductor MCRV 030 que trabaja al 80% del rendimiento.

$$n_e = 1760 \text{ rpm} * 0,8$$

$$n_e = 1400 \text{ rpm}$$

b) Velocidad de salida del reductor

$$n_s = 17,5 \text{ rpm}$$

c) Factor de reducción

$$i = \frac{n_e}{n_s}$$

$$i = \frac{1400 \text{ rpm}}{17,5 \text{ rpm}}$$

$$i = 80$$

El valor del factor de reducción de velocidad es de 1:80, lo cual permite obtener la velocidad de salida de 17,5 rpm para el movimiento del sistema del transportador aéreo de pollos.

d) Potencia de mando

$$P_m = P_c \times f_s$$

Donde el valor del factor de servicio se obtiene de la Tabla 34 del catálogo.

Tabla 34. Propiedades caja reductora CMRV075.

entrada n1 = 1400 rev/min		Motorreducotres				
i	salida n2 = rev/min	Tamaño	P1 (kW)	Caja motor	M2 (Nm)	f.s.
7.5	186.7	CMRV063	1.84	90LL4	83	1.5
10	140.0		1.84	90LL4	109	1.2
15	93.3		1.84	90LL4	156	0.9
20	70.0		1.5	90LL4	166	0.8
25	56.0		1.1	90S4	146	0.9
30	46.7		1.1	90S4	167	1.0
40	35.0		0.92	80C4	176	0.8
50	28.0		0.55	80A4	124	1.1
60	23.3		0.55	80A4	140	0.9
80	17.5			0.37	71B4	115
100	14.0		0.37	71B4	129	0.9

$$P_m = 1 \text{ hp} \times 1,1$$

$$P_m = 1,1 \text{ hp}$$

e) Relación de potencias

$$P_m > P_c$$

$$1,1 \text{ hp} > 1 \text{ hp} \rightarrow \text{Cumple}$$

3.4.3.3. Diseño del eje

a) Relación entre diámetros

$$\frac{D}{d}$$

$$\frac{1 \text{ in}}{0,866 \text{ in}} = 1,15$$

b) Relación entre radio y diámetro

$$\frac{r}{d}$$

$$\frac{0,03}{1 \text{ in}} = 0,045$$

c) Factor de concentración de esfuerzos por fatiga de flexión

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

$$K_f = 1 + (0,2 \times (2,7 - 1))$$

$$K_f = 1,08$$

d) Factor de concentración de esfuerzos por fatiga a torsión

$$K_{fs} = 1 + (q_{cortante} \times (K_{ts} - 1))$$

$$K_{fs} = 1 + (0,3 \times (2,5 - 1))$$

$$K_{fs} = 1,12$$

e) Límite de resistencia a fatiga del material del eje

$$S'_e = 0,5 \times S_{ut \text{ eje}}$$

$$S'_e = 0,5 \times 60,9 \text{ Ksi}$$

$$S'_e = 30,45 \text{ Ksi}$$

f) Factor de superficie

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

Donde:

$a, b = 14,4, -0,718$, Material AISI 1028 laminado en frio

$$k_a = 14,4 \times 60,9^{-0,718}$$

$$k_a = 0,753$$

g) Factor de tamaño

$$k_b = \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107}$$

$$k_b = \left(\frac{1,10}{0,3}\right)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,89$$

h) Límite a la resistencia modificado

$$S_e = k_a \times k_b \times k_e \times S'_e$$

$$S_e = 0,753 \times 0,87 \times 1 \times 30,45 \text{ Ksi}$$

$$S_e = 16,67 \text{ Ksi}$$

i) Teoría de falla por fatiga según Goodman

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut \text{ eje}}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

Donde:

Debido a que no existe torque alternante en el eje $T_a = 0$

Debido a que el eje se encuentra vertical y no soporta cargas flexionantes el momento medio y alterante es $M_m, M_a = 0$ respectivamente.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi (1,10 \text{ in})^3} \left\{ \frac{1}{16,246 \text{ Ksi}} \left[4(1,34 * 0)^2 + 3(1,45 * 0)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{60,9 \text{ Ksi}} \left[4(1,34 * 0)^2 + 3(1,45 * 3010,5 \text{ lbf} * \text{in})^2 \right]^{1/2} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = 0,751$$

$$n = \frac{1}{0,751}$$

$$n = 1,33$$

j) Teoría de falla por fatiga según Gerber

$$\frac{1}{n} = \frac{8A}{\pi d^3 S_e} \left\{ 1 + \left[\left(\frac{2BS_e}{AS_{ut \text{ eje}}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Donde:

$$A = \sqrt{4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2}$$

$$A = \sqrt{4(1,08 * 0)^2 + 3(1,12 * 0)^2}$$

$$A = 0$$

$$B = \sqrt{4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2}$$

$$B = \sqrt{4(1,08 * 0)^2 + 3(1,12 * 3010,5 \text{ lbf} * \text{in})^2}$$

$$B = 5840$$

n = indeterminado debido a que la variable $A = 0$

k) Teoría de falla por fatiga según ASME elíptica

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

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi (1,10 \text{ in})^3} \left[4 \left(\frac{1,08 * 0}{16,246 \text{ Ksi}} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,12 * 0}{16,246 \text{ Ksi}} \right)^2 + 4 \left(\frac{1,08 * 0}{50800 \text{ lbf} * \text{in}} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,12 * 3010,5}{50800 \text{ lbf} * \text{in}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{n} = 0,909$$

$$n = \frac{1}{0,909}$$

$$n = 1,10$$

l) Teoría de falla por fatiga según Soderberg

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

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi (1,10 \text{ in})^3} \left\{ \frac{1}{16,246 \text{ Ksi}} \left[4(1,34 * 0)^2 + 3(1,45 * 0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{50800 \text{ lbf} * \text{in}} \left[4(1,34 * 0)^2 + 3(1,45 * 3010,5 \text{ lbf} * \text{in})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = 0,909$$

$$n = \frac{1}{0,909}$$

$$n = 1,10$$

m) Esfuerzo equivalente de von Mises

$$\sigma'_{max} = [(\sigma_m + \sigma_a)^2 + 3(\tau_m + \tau_a)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{32K_f(M_m + M_a)}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16K_{fs}(T_m + T_a)}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{32 * 1,34(0)}{\pi(1,10 \text{ in})^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16 * 1,45(0 + 3010,5 \text{ lbf} * \text{in})}{\pi(1,10 \text{ in})^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma'_{max} = 28930,73 \text{ lbf} * \text{in}$$

n) Factor de seguridad

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma'_{max}}$$

$$n_y = \frac{50800 \text{ lbf} * \text{in}}{28930,73 \text{ lbf} * \text{in}}$$

$$n_y = 1,76$$

El factor de seguridad n_y del eje es de 1,76 con el esfuerzo máximo de von Mises, mientras que $n = 1,33$ según la teoría de falla por fatiga según Goodman es la más conservadora.

3.4.3.4. Engranaje

a) Paso diametral

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

Por condiciones de diseño se tiene que utilizar los parámetros: $N = 6 \text{ dientes}$, $D = 600 \text{ mm}$

$$P = \frac{6}{600 \text{ mm}}$$

$$P = 0,013 \text{ [diente/mm]}$$

b) Paso circular

$$P_c = \frac{\pi \times D}{N}$$

$$P_c = \frac{\pi \times 600 \text{ mm}}{6}$$

$$P_c = 235,61 \text{ mm}$$

Por condiciones de diseño el paso circular se ajusta al valor de $P_c = 225,78 \text{ mm}$, como se muestra en la Figura 35.

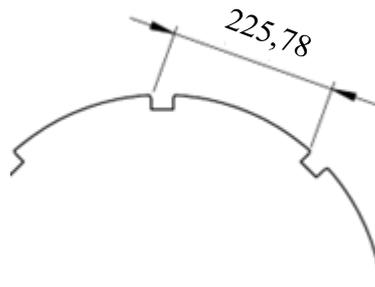


Figura 35. Paso circular.

c) Módulo

$$m = \frac{D}{N}$$

$$m = \frac{600 \text{ mm}}{6}$$

$$m = 75 \text{ mm}$$

d) Diámetro exterior

$$d_e = \frac{N + 2}{P}$$

$$d_e = \frac{6 + 2}{0,013 \text{ mm}^{-1}}$$

$$d_e = 750 \text{ mm}$$

Debido a las condiciones de diseño de la estructura, se asignó un radio de 300 mm de curvatura en las esquinas, por lo que el engranaje debe cumplir la misma medida para que exista la relación de contacto correcta entre el trole y el engranaje. El engranaje tiene $d_e = 600 \text{ mm}$, como se observa en la Figura 36.

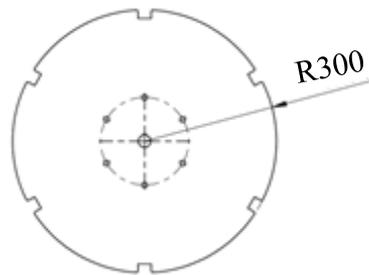


Figura 36. Radio exterior del engranaje

e) Espesor del diente

$$e = \frac{\pi \times m}{2}$$

$$e = \frac{\pi \times 75 \text{ mm}}{2}$$

$$e = 117,81 \text{ mm}$$

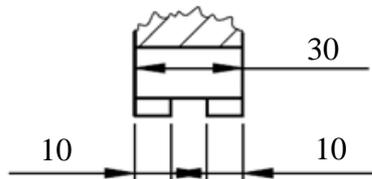


Figura 37. Espesor del engranaje

Por condiciones de diseño del engranaje se asigna el espesor $e = 10 \text{ mm}$, siendo 2 exteriores de 10 mm respectivamente y una hendidura interna de 10 mm como se muestra en la Figura 37.

f) Espacio libre en el fondo del diente

$$c = 0,25 \times m$$

$$c = 0,25 \times 75 \text{ mm}$$

$$c = 18,75 \text{ mm}$$

g) Adendum

$$a = 1,1 \times m$$

$$a = 1,1 \times 75 \text{ mm}$$

$$a = 82,5 \text{ mm}$$

h) Profundidad de trabajo

$$h = \frac{2}{P}$$

$$h = \frac{2}{0,013 \text{ mm}^{-1}}$$

$$h = 153,85 \text{ mm}$$

- **Profundidad total**

$$h_T = \frac{2,157}{P}$$

$$h_T = \frac{2,157}{0,013 \text{ mm}^{-1}}$$

$$h_T = 165,92 \text{ mm}$$

Por condiciones de diseño, la profundidad total de trabajo será de 20 mm debido a que la placa del trole tiene un espesor máximo de 4 mm

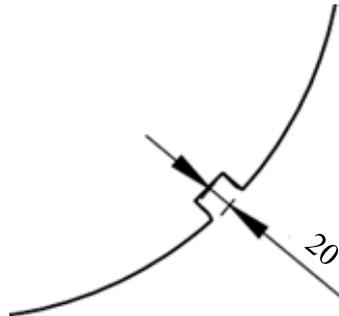


Figura 38. Profundidad de trabajo total

3.4.4. Troles

3.4.4.1. Distancia requerida para separación entre troles

$$d_{Trole} = d_i + \overline{X_p} + d_d$$

$$d_{Trole} = 0,05 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$d_{Trole} = 0,40 \text{ m}$$

3.4.5. Estructura

3.4.5.1. Capacidad máxima

$$C_{max} = d_{Recorrido}/d_{Trole}$$

$$C_{max} = 16 \text{ m}/0,40\text{m}$$

$$C_{max} = 40$$

3.4.5.2. Fuerza distribuida

$$F_{distribuida} = \frac{W_{Tp}}{d_{Recorrido}}$$

$$F_{distribuida} = \frac{2,054 \text{ KN}}{16 \text{ m}}$$

$$F_{distribuida} = 128,42 \text{ N/m}$$

3.4.5.3. Diseño de viga-riel

a) Método 1

Se calcula la fuerza puntual P_1 así:

$$P_1 = F_{distribuida} \times L_b$$

$$P_1 = 128,42 \text{ N/m} \times 5 \text{ m}$$

$$P_1 = 642,13 \text{ N}$$

Reacción en el punto B:

$$B_y = \frac{P_1 \times \frac{L_b}{2}}{L_b}$$

$$B_y = \frac{642,13 \text{ N} \times \frac{5 \text{ m}}{2}}{5 \text{ m}}$$

$$B_y = 321,06 \text{ N}$$

Se calcula la reacción en el punto A:

$$A_y = P_1 - B_y$$

$$A_y = 642,13 \text{ N} - 321,06 \text{ N}$$

$$A_y = 321,06 \text{ N}$$

Se calcula el momento máximo M_{max} así:

$$M_{max} = \frac{\frac{L_b}{2} \times A_y}{2}$$

$$M_{max} = \frac{\frac{5 \text{ m}}{2} \times 321,06 \text{ N}}{2}$$

$$M_{max} = 401,33 \text{ N m}$$

Logrando obtener el módulo de sección Z_x así:

$$Z_x = \frac{M_{max} \times F_s}{F_y}$$

$$Z_x = \frac{401,33 \text{ N m} \times 2}{250 \text{ MPa}}$$

$$Z_x = 3,21 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \rightarrow 3,21 \text{ cm}^3$$

b) Método 2

Aplicando la teoría de diseño por momento se obtiene la carga factorizada W_u así:

$$W_u = 1,2 \times F_{distribuida}$$

$$W_u = 1,2 \times 128,42 \text{ N/m}$$

$$W_u = 154,11 \text{ N/m}$$

Además, se calcula el momento efectivo m_u así:

$$M_u = \frac{W_u \times (L_b)^2}{8}$$

$$M_u = \frac{154,11 \text{ N/m} \times (5 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_u = 481,59 \text{ N m}$$

Obteniendo el módulo de sección así:

$$S_x = \frac{M_u}{f_b}$$

Finalmente, el módulo de sección S_x se calcula así:

$$S_x = \frac{M_u}{0,6 \times F_y}$$

$$S_x = \frac{481,59 \text{ N m}}{0,6 \times 250 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 3,21 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \rightarrow 3,21 \text{ cm}^3$$

3.4.5.4. Pórtico

a) Momento flector en el punto A

$$M_A = h \times \frac{P_1}{2}$$

$$M_A = 2 \text{ m} \times \frac{642,13 \text{ N}}{2}$$

$$M_A = 642,2 \text{ N m}$$

3.4.5.5. Placa de sujeción del riel

a) Área de cubre placa

$$A_{\text{cubreplaca}} = b_{\text{cubreplaca}} \times e_{\text{cubreplaca}}$$

$$A_{\text{cubreplaca}} = 60 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$$

$$A_{\text{cubreplaca}} = 60 \text{ mm}^2$$

b) Área de la placa

$$A_{\text{placa}} = b_{\text{placa}} \times e_{\text{placa}}$$

$$A_{\text{placa}} = 60 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$A_{\text{placa}} = 240 \text{ mm}^2$$

c) Área de la placa riel

$$A_{\text{placa riel}} = A_{\text{placa}} + t_f \times b_f$$

$$A_{\text{placa riel}} = 240 \text{ mm}^2 + 4 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$$

$$A_{\text{placa riel}} = 480 \text{ mm}^2$$

d) Verificación del área total de la placa riel

$$\frac{A_{placa}}{A_{placa\ riel}} < 0,70$$

$$\frac{240}{480} < 0,70$$

$$0,5 < 0,70 \rightarrow \text{Cumple}$$

e) Inercia de una placa

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_x = \frac{e_{placa}b_{placa}^3}{12}$$

$$I_x = \frac{4 \times 60^3}{12}$$

$$I_x = 72000 \text{ mm}^4$$

f) Inercia de la placa

$$I_g = I_x + 2(A_{cubreplaca}) \left(\frac{h}{2} + \frac{e_{cubreplaca}}{2} \right)^2$$

$$I_g = 7,2 \times 10^4 \text{ mm}^4 + 2(60 \text{ mm}^2) \left(\frac{60 \text{ mm}}{2} + \frac{1 \text{ mm}}{2} \right)^2$$

$$I_g = 72011,163 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

g) Longitud de pandeo crítica

$$L_c = d_{borde} - \frac{\phi_{perno} + \frac{1}{8}}{2}$$

$$L_c = 3,15 \text{ in} - \frac{\frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{8}}{2}$$

$$L_c = 3,077 \text{ in} \rightarrow 78,16 \text{ mm}$$

h) Resistencia al aplastamiento en 2 pernos

$$R_n = 1,2L_c e_{placa} F_u$$

$$R_n = 1,2 \times 78,16 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \times 400 \text{ MPa}$$

$$R_n = 150072 \text{ N}$$

i) Resistencia al cortante en 2 pernos

Según el método LRFD

$$\phi R_n = 0,75 R_n$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 150072 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 112554 \text{ N}$$

Mediante el método ASD

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{R_n}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{150072 \text{ N}}{2}$$

$$\frac{R_n}{\Omega} = 75036 \text{ N}$$

j) Separación máxima según el AISI

$$S = e_{placa} \left(0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right)$$

$$S = 4 \text{ mm} \left(0,75 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} \right)$$

$$S = 86,94 \text{ mm}$$

3.4.6. Uniones de pernos cargadas en cortante

3.4.6.1. Aplastamiento de los pernos

Para determinar el diámetro del perno que se recurre a la ecuación 73 así:

Siendo $F = P_2 = 387,85 N \rightarrow 87,19 lbf$

$$d = \sqrt{\frac{P_2 n_d}{0,577 \pi F_{yp}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{2 \times 87,19 lbf \times 3}{0,577 \times \pi \times 31200 Psi}}$$

$$d = 0,0962 in \rightarrow 2,44 mm$$

El diámetro del perno calculado d no se aproxima al diámetro de los pernos estandarizados por lo que se selecciona el perno de $\frac{1}{2}'' \times 1 \frac{1}{4}''$

Recalculo del factor seguridad del perno de acero inoxidable AISI 304:

$$n_d = \frac{d^2 0,577 \pi F_{yp}}{P_2}$$

$$n_d = \frac{\left(\frac{1}{2} in\right)^2 \times 0,577 \times \pi \times 31200 Psi}{2 \times 87,19 lbf}$$

$$n_d = 81$$

Debido a que se selecciona un perno normalizado de diámetro igual a $\frac{1}{2} in$, el factor de seguridad recalculado n_d es de 81, lo cual indica que la vida útil del perno está asegurada.

3.4.6.2. Aplastamiento de los elementos de sujeción

$$F = \frac{2tdF_{yp}}{n_d}$$

$$F = \frac{2 \times 0,157 in \times \left(\frac{1}{2} in\right) \times 31200 Psi}{81}$$

$$F = 60,6 lbf$$

3.4.7. Soldadura

3.4.7.1. Estructura superior

El mayor esfuerzo se produce en la soldadura a filete entre la columna y la placa que va sujeta en el suelo como se señala en la Figura 39. El momento máximo se observa en la Figura 40. Obtenido los siguientes datos:

$$F = 2500 \text{ N}$$

$$M = 343912,27 \text{ N mm}$$

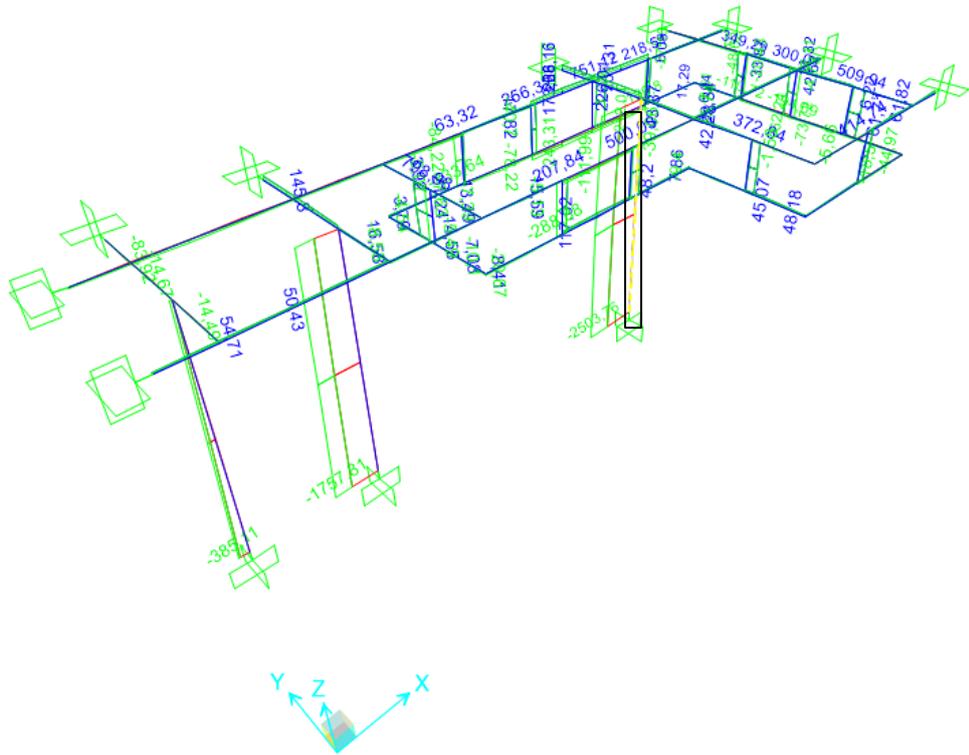


Figura 39. Esfuerzos en la estructura principal.

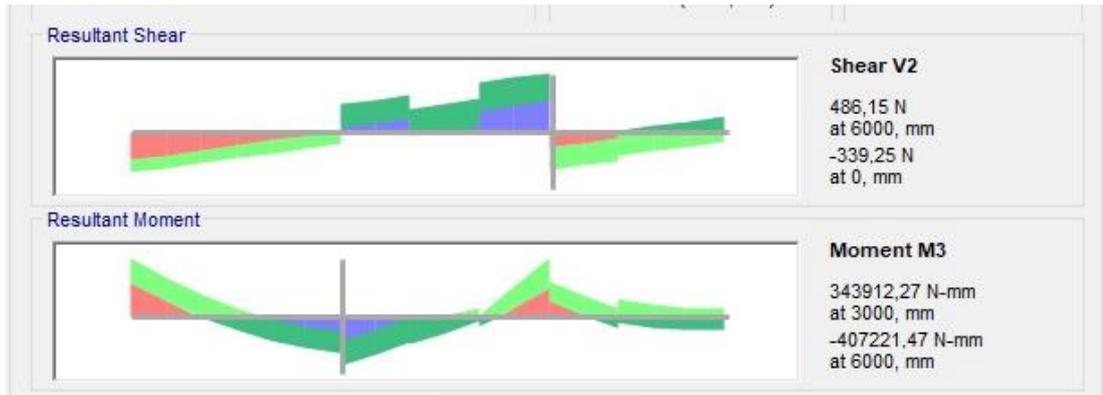


Figura 40. Momento máximo.

a) Esfuerzo a tensión

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

$$\sigma = \frac{2500N}{20mm \times 100mm}$$

$$\sigma = 1,25 MPa$$

b) Esfuerzo a compresión

$$\tau = \frac{F}{0,0707h_c l}$$

$$\tau = \frac{2500 N}{0,707 \times 20mm \times 100mm}$$

$$\tau = 1,77 MPa$$

c) Esfuerzo equivalente de von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{1,25^2 + 3 \times 1,77^2}$$

$$\sigma' = 3,31 MPa$$

d) Factor de seguridad

$$F_s = \frac{F_y}{\sigma'}$$

$$F_s = \frac{250 MPa}{3,31 MPa}$$

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{3,31 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 75,58$$

3.4.8. Noqueador

3.4.8.1. Tanque

a) Distancia de sumergimiento

$$d_{\text{sumergimiento}} = v \times t$$

Donde $t = 10 \text{ s}$ necesario para garantizar un aturdiendo efectivo.

$$d_{\text{sumergimiento}} = 0,133 \text{ m/s} \times 10 \text{ s}$$

$$d_{\text{sumergimiento}} = 1,3 \text{ m}$$

Por condiciones de diseño la longitud de la tina es $d_{\text{sumergimiento}} = 1,5 \text{ m}$, como se muestra en la Figura 41.

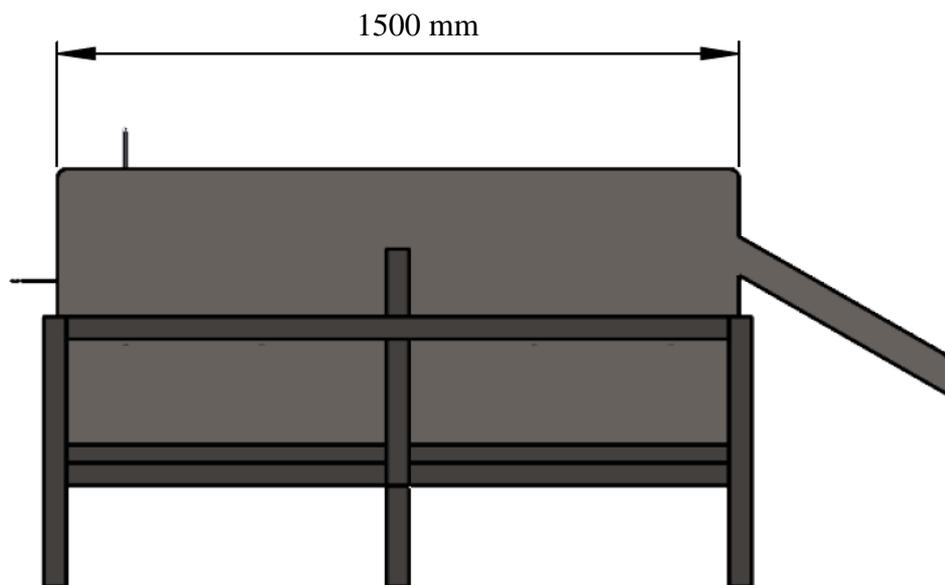


Figura 41. Tina

b) Capacidad del tanque

$$\text{Volumen} = A_{\text{base}} \times h$$

$$\text{Volumen} = 0,9 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m}$$

$$Volumen = 0,36 \text{ m}^3$$

c) Fuerza al fondo del tanque

$$F_{tanque} = \gamma \times h \times A_{base}$$

$$F_{tanque} = 9800 \frac{N}{m^3} \times 0,4m \times 0,9 \text{ m}^2$$

$$F_{tanque} = 3528 \text{ N}$$

d) Esfuerzo admisible

$$\tau_{cort} = \frac{F_{tanque}}{A_{trans}}$$

$$\tau_{cort} = \frac{F_{tanque}}{e \times ancho}$$

$$\tau_{cort} = \frac{3528 \text{ N}}{0,002 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}}$$

$$\tau_{cort} = 2,94 \text{ MPa}$$

e) Factor de seguridad

$$\eta_{tanque} = \frac{\sigma_f}{\tau_{cort}}$$

$$\eta_{tanque} = \frac{290 \text{ MPa}}{2,94 \text{ MPa}}$$

$$\eta_{tanque} = 98,63$$

3.4.8.2. Circuito eléctrico

a) Pulsador en modo estable

$$T_1 = 0,693(R_1 + R_2)C_1$$

$$T_1 = 0,693(1000 \Omega + 10000 \Omega) 0,1 \mu F$$

$$T_1 = 0,000762 \text{ s}$$

$$T_2 = 0,693R_2C_1$$

$$T_2 = 0,693(10000\Omega)(0,1 \mu F)$$

$$T_2 = 0,000693 \text{ s}$$

b) Frecuencia de corriente de salida

$$f = \frac{1}{[0,693 C_1(R_1 + 2R_2)]}$$

$$f = \frac{1}{[0,693 (0,1 \mu F)(1000 \Omega + 2(10000 \Omega))]}$$

$$f = 687,14 \text{ Hz}$$

c) Periodo

$$T = \frac{1}{F}$$

$$T = \frac{1}{687,14 \text{ Hz}}$$

$$T = 0,00146 \text{ s}$$

3.5. Simulación en Software especializado

3.5.1. Estructura

Uno de los factores que más se busca en el diseño y construcción de estructuras rígidas es que el factor de diseño garantice que la estructura debe estar apta para soportar el peso de todos los componentes y cargas aplicadas sobre la estructura. Lo cual se realiza tabla comparativa (Tabla 35), entre 2 proveedores de aceros en Ecuador y posteriormente se seleccionará el que mejor se adapte al diseño.

Tabla 35. Tabla comparativa de materiales de la estructura.

Proveedor	DIPAC		NOVACERO		
Material	TR 100x100x3 Acero ASTM A36		TR 100x100x3 Acero ASTM A572 Gr 50		
Criterio	Denominación	Ponderación	Criterio	Denominación	Ponderación
Disponibilidad	Accesible	3	Disponibilidad	Accesible	3

Peso (kg/m)	9,17	3	Peso (kg/m)	8,75	2
Costo (kg/m)	12,90 \$	3	Costo (kg/m)	13,50 \$	2
Soldabilidad	Buena	3	Soldabilidad	Media	2
Recubrimiento	Sin recubrimiento	2	Recubrimiento	Galvanizado	2
Esfuerzo de fluencia	250 Mpa	2	Esfuerzo de fluencia	345 MPa	3
Resistencia última a la tracción	500 MPa	3	Resistencia última a la tracción	450 MPa	2
Norma constructiva	NTE INEN 2415	3	Norma constructiva	NTE INEN 2415	3
Total		2,75	Total		2,37

Siendo 3 es valor máximo y 1 el valor mínimo, en la Tabla 35, se observa que el TR 100x100x3 de Acero ASTM A36 del proveedor DIPAC Ecuador es la opción que mejor se adapta al diseño propuesto.

3.5.2. Tina

Para el diseño y construcción de la tina se realiza una tabla comparativa (Tabla 36) de los materiales necesarios, analizando entre 2 proveedores de aceros en Ecuador y posteriormente se seleccionará el que mejor se adapte al diseño.

Tabla 36. Tabla comparativa de materiales para la tina.

Proveedor	DIPAC	NOVACERO
Material	TC 50x50x3	TR 50x50x3

	Acero ASTM A500		Acero ASTM A572 Gr 50		
Criterio	Denominación	Ponderación	Criterio	Denominación	Ponderación
Disponibilidad	Accesible	3	Disponibilidad	Accesible	3
Peso (kg/m)	4,48	3	Peso (kg/m)	4,62	2
Costo (kg/m)	6,33 \$	2	Costo (kg/m)	6,04 \$	3
Soldabilidad	Buena	3	Soldabilidad	Media	2
Recubrimiento	Sin recubrimiento	2	Recubrimiento	Galvanizado	2
Esfuerzo de fluencia	250 Mpa	2	Esfuerzo de fluencia	345 MPa	3
Resistencia última a la tracción	500 MPa	3	Resistencia última a la tracción	450 MPa	2
Norma constructiva	NTE INEN 2415	3	Norma constructiva	NTE INEN 2415	3
Total		2,63	Total		2,55

Siendo 3 es valor máximo y 1 el valor mínimo, en la tabla 36 se observa que el TR 50x50x3 de Acero ASTM A500 del proveedor DIPAC Ecuador es la opción que mejor se adapta al diseño propuesto.

3.6. Resultados de los cálculos y simulaciones

3.6.1. Estructura

Para realizar la simulación y verificación de la estructura que se logra observar en la Figura 42, se tomó las dimensiones del área de faenado para distribuir los espacios para el colgado, corte y desplume de las aves.

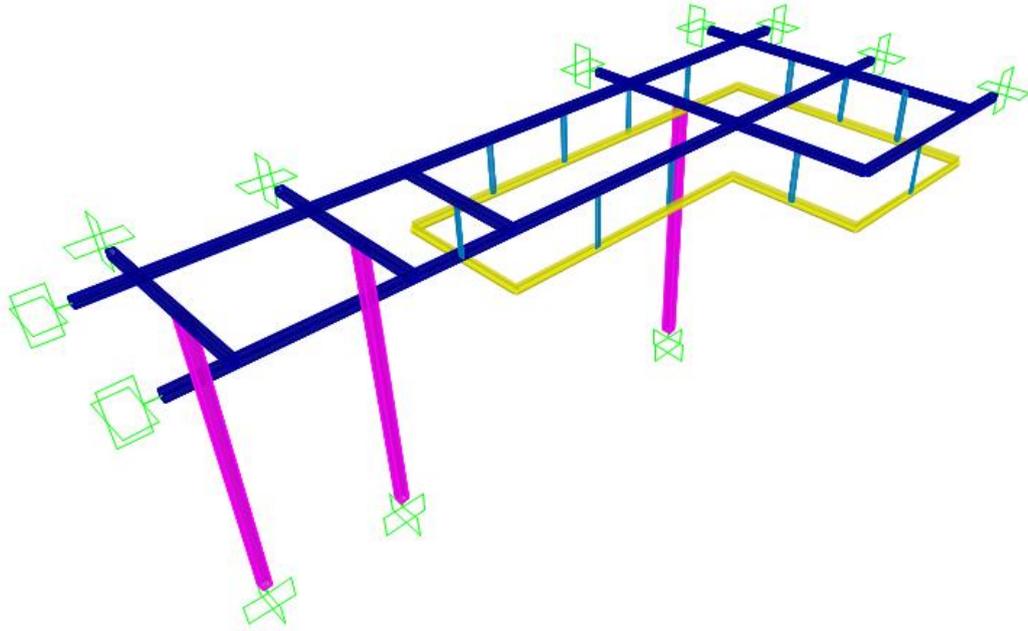


Figura 42. Diseño en software especializado.

Mediante el diseño mecánico realizado se logra seleccionar los materiales aplicados para la simulación de la estructura del noqueador electromecánico.

Se define los patrones o estados de carga, donde se debe parametrizar el tipo vehículo para el desplazamiento de los troles sobre los caminos de izquierda a derecha. Se aplica un factor multiplicador de 0 se debe a que es del tipo vehículo en movimiento. Los casos de carga aplicados por el desplazamiento de los vehículos 1 y vehículos 2 sobre los caminos izquierdo, camino derecho respectivamente y se asigna como cargas móviles sobre la superficie del riel.

Aplicando el método LRFD de diseño de estructura del libro [66] donde se asigna el 1,2 de la carga muerta más el 1,6 de la carga viva sobre la estructura, y se crea una combinación de cargas COMB1. Donde finalmente se asigna la norma de diseño AISC

360-16 y además se selecciona el método de análisis tipo OCBF y se ejecuta el análisis, obteniendo los siguientes resultados:

La gráfica de deformación en la Figura 43, se determina la deformación máxima de 1,82 y mínima de 0,14 mm de la estructura del noqueador electromecánico.

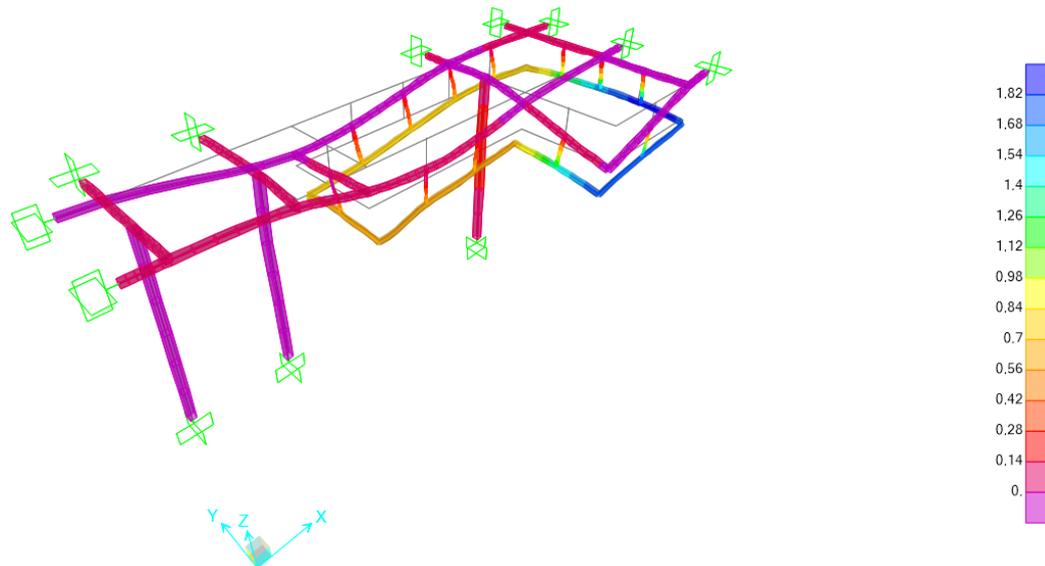


Figura 43. Deformación.

La gráfica de esfuerzos en la Figura 44, se determina la deformación máxima de 28 MPa y mínima de 4 MPa, lo cual indica que la estructura no está sujeta a grandes esfuerzos que superen las propiedades del material de fabricación, evitando fallos en la estructura.

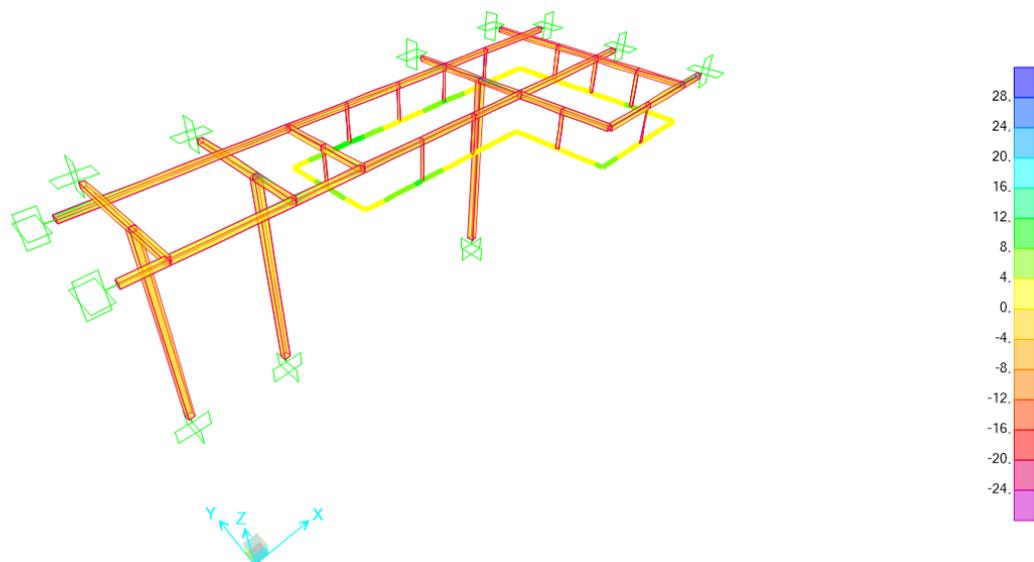


Figura 44. Esfuerzos.

Finalmente, ejecutando el módulo del diseñador de secciones en acero se obtiene la Figura 45, donde indica que el elemento que está sometido al mayor resultado de carga de demanda es de 0,760 con una coloración amarilla, además esta escala indica que la estructura puede desempeñar su funcionamiento sin algún tipo de restricciones ya que no excede el rango máximo de 1 que exige la norma de diseño en los perfiles asignados.

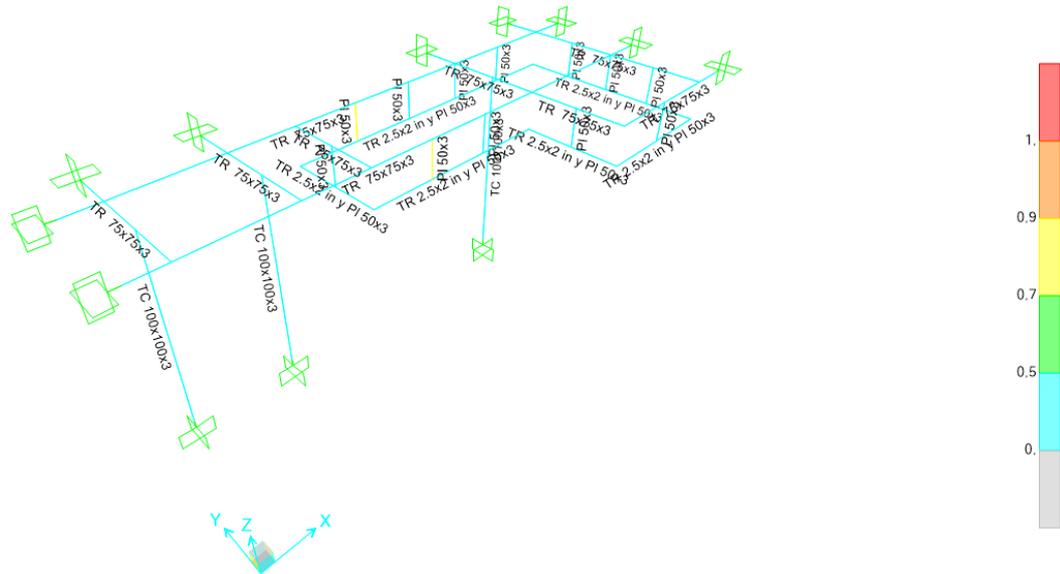


Figura 45. Diseñador de secciones.

3.6.2. Tina

Estructura

Para realizar la simulación y verificación de la tina que se observa en la Figura 46, se tomó la dimensión por donde debe recorrer el pollo colgado y posteriormente que se produzca la electronarcosis en la tina.

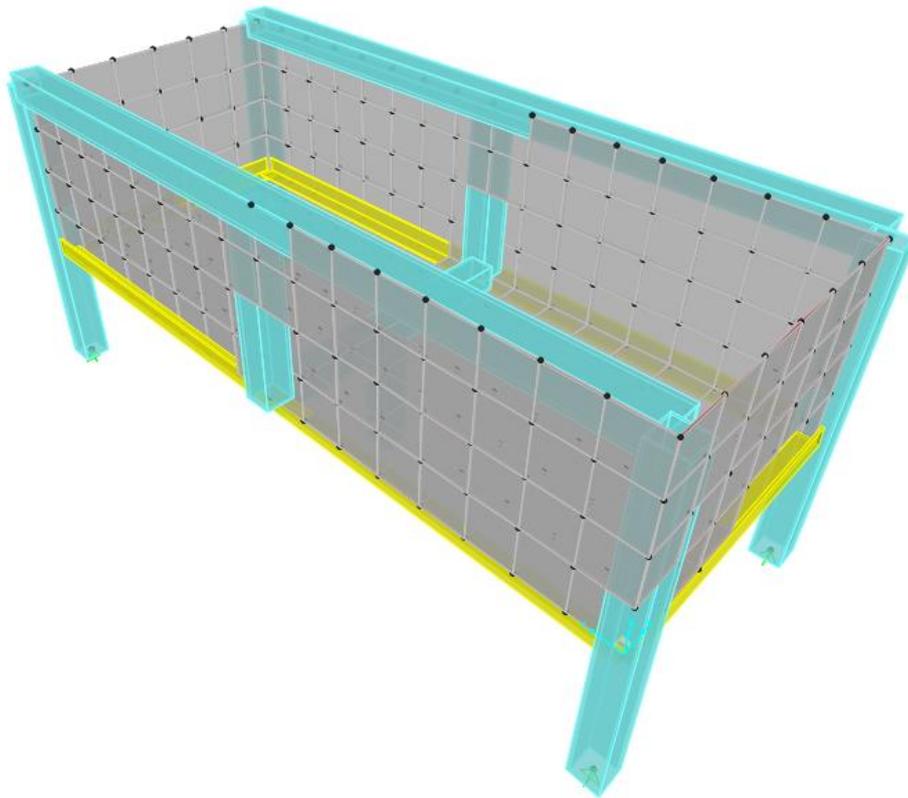


Figura 46. Diseño de la tina.

Mediante el diseño mecánico realizado se logra seleccionar los materiales aplicados, necesarios para la simulación de la tina. Se define el patrón de agua que se asigna a la tina. A continuación, se asigna los puntos de recorridos de las cargas sobre la plancha de acero galvanizado, siendo la constante D la altura del agua en la tina.

Aplicando el método LRFD de diseño de estructura del libro [66], donde se asigna el 1,2 de la carga muerta más el 1,6 de la carga viva sobre la tina se crea una combinación de cargas COMB1. Finalmente, se asigna la norma de diseño AISC 360-16 y además se selecciona el método de análisis tipo OCBF y se ejecuta el análisis, obteniendo los siguientes resultados:

La gráfica de deformación, (Figura 47), deformación máxima de 2,10 y mínima de 0,30 mm.

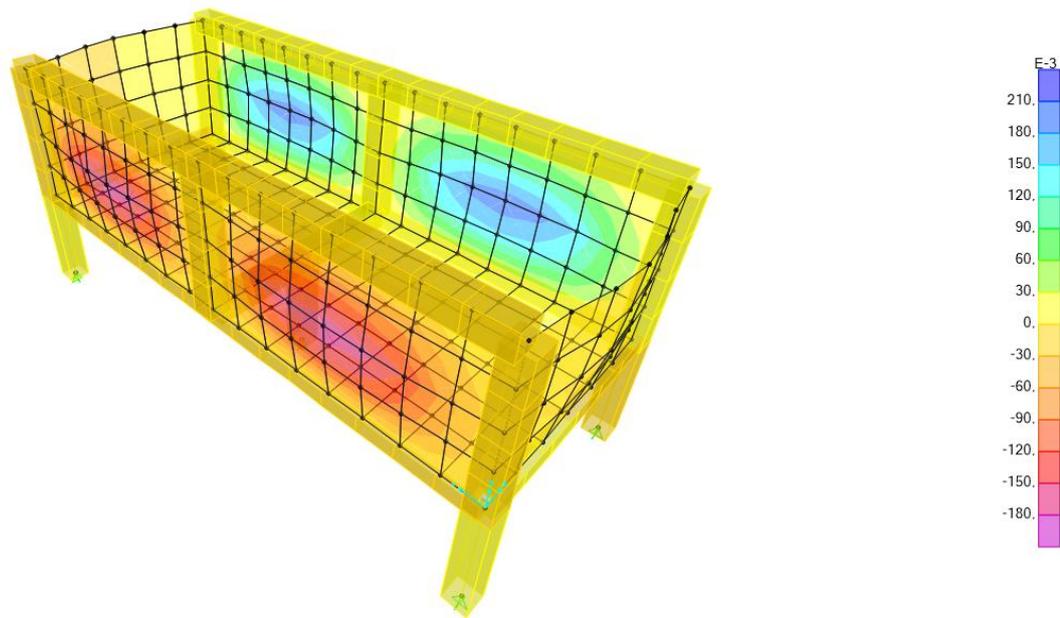


Figura 47. Resultados de la simulación.

La gráfica de esfuerzos, (Figura 48), donde se puede visualizar el esfuerzo máximo de 455 MPa y mínima de 65 MPa, lo cual indica que la estructura no está sujeta a grandes esfuerzos que ocasionen fallos en la estructura.

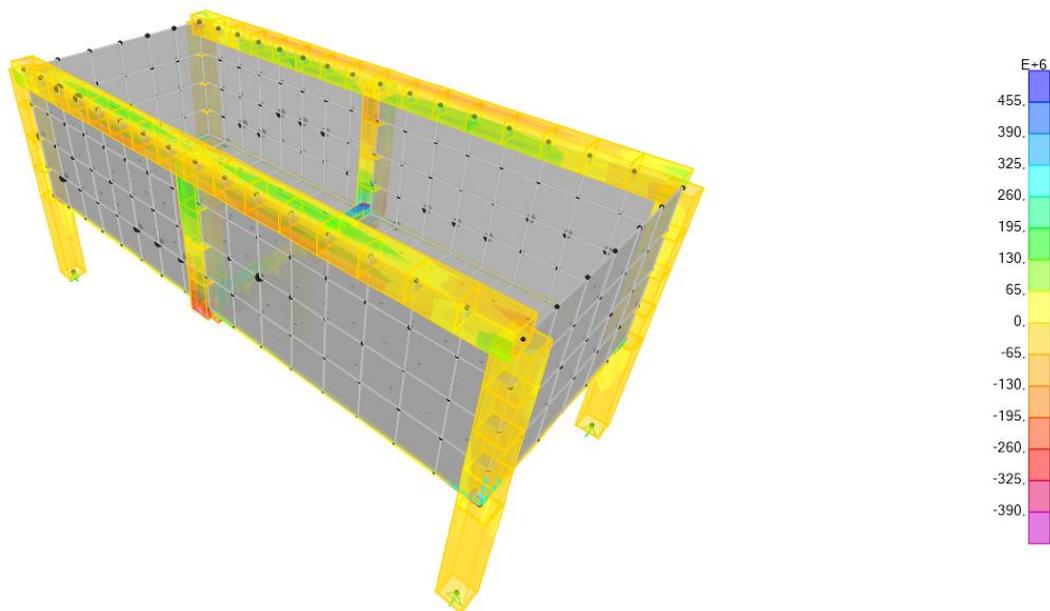


Figura 48. Gráfica de esfuerzos.

Además, se analiza los esfuerzos sometidos por la plancha de acero galvanizado de 2 mm como se muestra en la Figura 49. Siendo el esfuerzo máximo de 77 MPa y mínimo de 11 MPa.

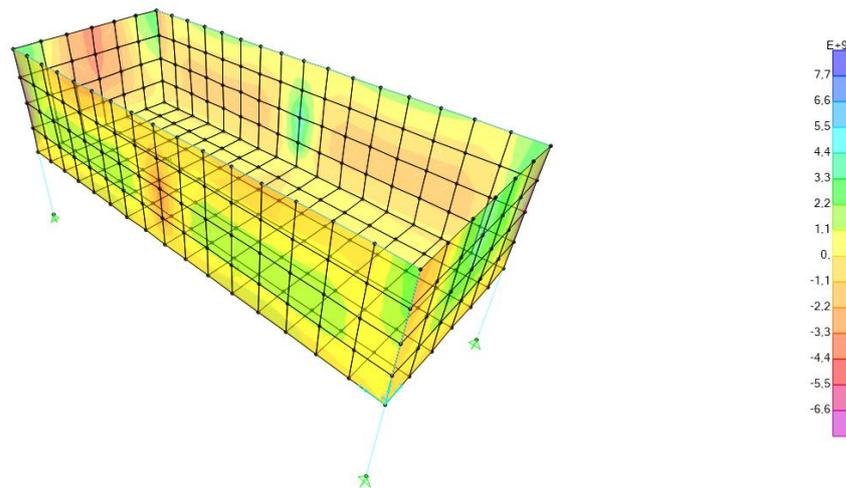


Figura 49. Esfuerzos sometidos por la plancha de acero galvanizado.

Finalmente, ejecutando el módulo del diseñador de secciones en acero se obtiene la Figura 50, donde indica que el elemento que está sometido al mayor resultado de carga /demanda es de 1,2 con una coloración roja, además esta escala indica que la estructura puede desempeñar su funcionamiento sin algún tipo de restricciones ya que no excede el valor de 1 los perfiles asignados. Se recomienda seleccionar un tubo cuadrado de 60x60x2 mm para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura y no exista riesgo de colapso.

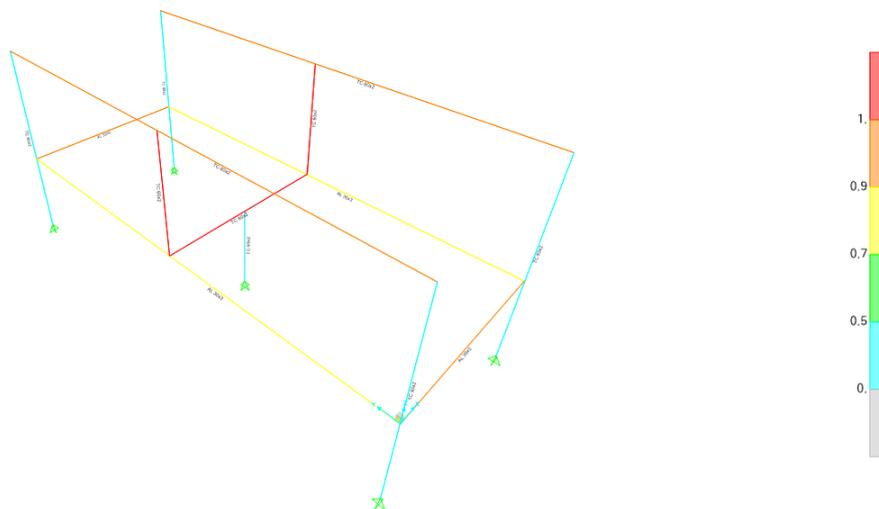


Figura 50. Módulo del diseñador de secciones.

Recálculo de estructura de la tina asignando un perfil de mayor dimensionamiento como es el Tubo cuadrado de 60x3 mm, siendo el factor de carga/demanda máxima de 0,98 lo cual ya se valida el diseño y se procede a la construcción de este diseño de tina.

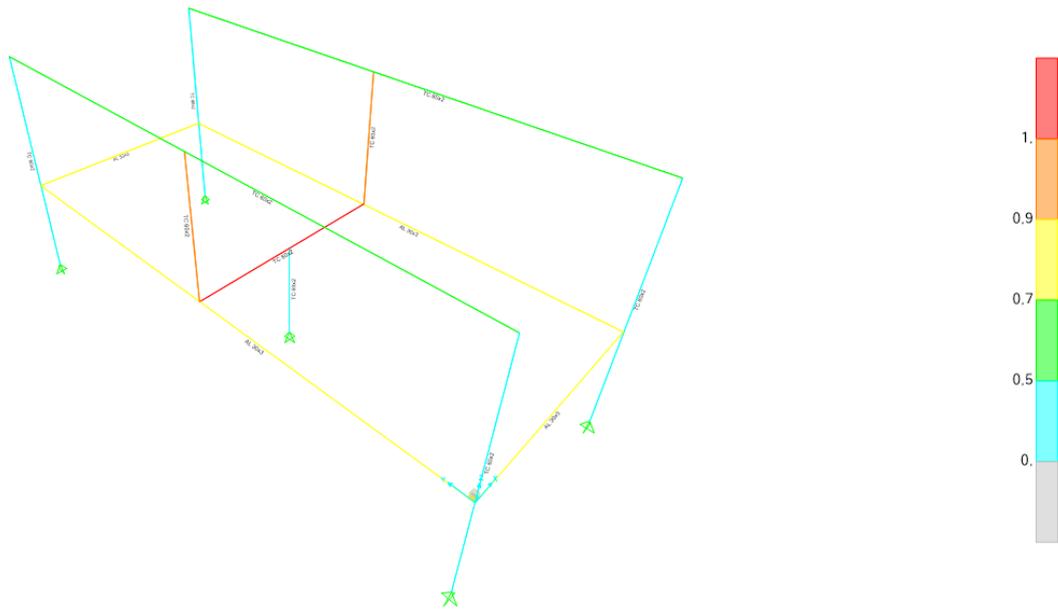


Figura 51. Recálculo de la estructura.

3.6.3. Platina y eje de la rueda

En la Figura 52, se muestra en análisis del giro del eje con respecto a la platina que la sujeta. Puesto que anteriormente existía un pandeo debido a la fuerza del motor se aplicó un soporte de rodamiento el pandeo y la deformación disminuyó. El eje de la Figura 68, se tiene una longitud de 540 mm por lo que para evitar pandeos innecesarios se lo bajó hasta una longitud de 250 mm lo cual no presentó ningún pandeo como se observa en la Figura 53.

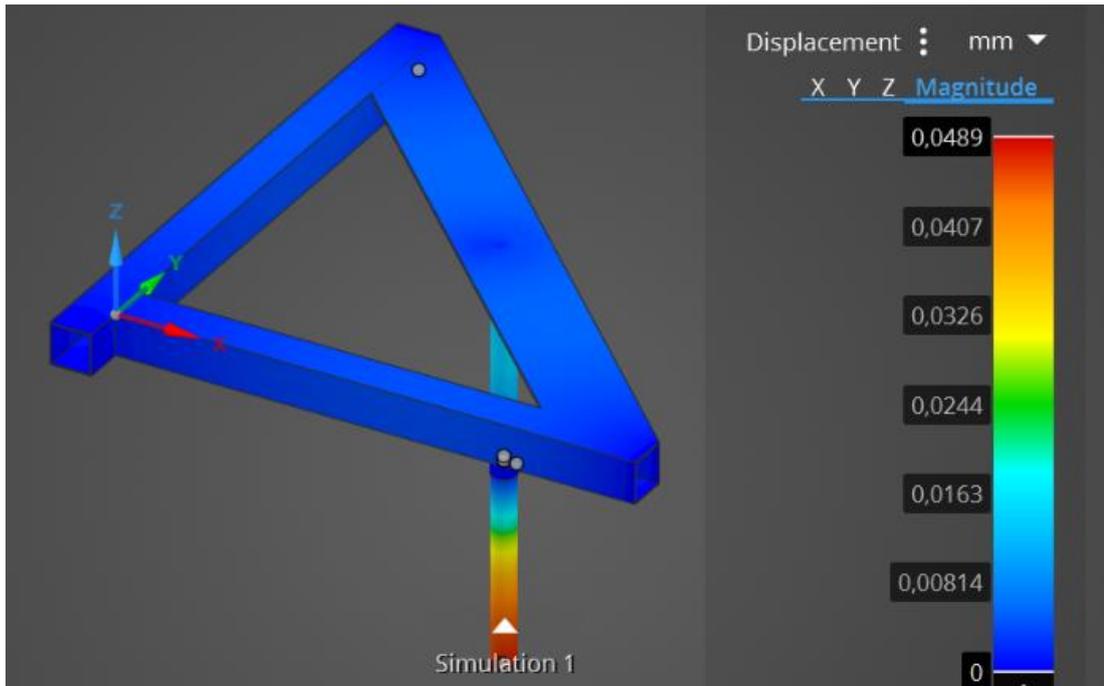


Figura 52. Análisis del eje que sujeta la rueda giratoria.



Figura 53. Diseño final del eje de la rueda motriz.

3.7. Construcción del noqueador electromecánico

Los procedimientos detallados que deben seguirse para construir los componentes y ensamblar el noqueador electromecánico se presentan en la siguiente descripción de construcción y ensamblaje. La Tabla 37, se incluye los procesos utilizados en la construcción de la máquina, los materiales utilizados y el tiempo requerido para cada paso del proceso.

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> 			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA”			FECHA 27-06-23
ELABORADO	VALENCIA TOASA BRYAN ALEXANDER	NÚMERO DE OPERARIOS	3
	VACA ALDÁS WILMAR EDISSON		
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL	73,5

Descripción	Material	Tiempo (h)	Observación
Diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema.	-	16	Conforme a especificación
Elaboración de planos	-	4	Conforme a especificación
Riel			
Trazado y medición del material	Tubo redondo Platina	1	Conforme a especificación
Corte del material	Tubo redondo Platina	3	
Soldadura	Tubo redondo Platina	1	
Lijado	Tubo redondo Platina	1	
Recubrimiento	Tubo redondo Platina	2	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Descripción	Material	Tiempo (h)	Observación
Pintura	Tubo redondo Platina	1	Conforme a especificación
Troles			
Trazado y medición del material	Platina	1	Conforme a especificación
Corte del material	Platina	2	
Conformado	Platina	3	
Perforado	Platina	1	
Lijado	Platina	0,5	
Pintado	Platina	0,5	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Tina			
Trazado y medición del material	Plancha acero galvanizado	0,5	Conforme a especificación
Corte del material	Plancha acero galvanizado	1	
Soldadura	Plancha acero galvanizado	1	
Lijado	Plancha acero galvanizado	0,5	
Pintado	Plancha acero galvanizado	1	
Estructura de la tina			
Trazado y medición del material	<i>Tubo cuadrado</i> Ángulo	0,5	Conforme a especificación
Corte del material	<i>Tubo cuadrado</i> Ángulo	1	
Soldadura	<i>Tubo cuadrado</i>	0,5	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Descripción	Material	Tiempo (h)	
Lijado	<i>Tubo cuadrado</i> Ángulo	0,5	Conforme a especificación
Pintado	<i>Tubo cuadrado</i> Ángulo	1,5	
Soporte del motor			
Trazado y medición del material	Tubo cuadrado Correa	0,5	Conforme a especificación
Corte del material	Tubo cuadrado Correa	1	
Soldadura	Tubo cuadrado Correa	0,5	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Descripción	Material	Tiempo (h)	
Lijado	Tubo cuadrado Correa	0,5	Conforme a especificación
Pintado	Tubo cuadrado Correa	1	
Sujetadores, ganchos, electrodo			
Trazado y medición del material	Barra	1	Conforme a especificación
Corte del material	Barra	1	
Soldadura	Barra	1	
Lijado	Barra	0.5	
Pintado	Barra	0.5	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Estructura principal del transportador aéreo			
Trazado y medición del material	Tubo cuadrado	2	Conforme a especificación
Corte del material	Tubo cuadrado	1	
Soldadura	Tubo cuadrado	4	
Lijado	Tubo cuadrado	2	
Pintado	Tubo cuadrado	3	
Eje de la Rueda			
Trazado y medición del material	Eje de transmisión	1	Conforme a especificación
Corte del material	Eje de transmisión	1	
Soldadura	Eje de transmisión	1	
Lijado	Eje de transmisión	1	
Pintado	Eje de transmisión	1	

Tabla 37. Proceso de construcción del noqueador electromecánico (continuación).

Rueda			
Trazado y medición del material	Plancha nylon	1	Conforme a especificación
Corte del material	Plancha nylon	2	
Soldadura	Plancha nylon	0	
Lijado	Plancha nylon	0	
Pintado	Plancha nylon	1	
Total		73,5	

Tabla 38. Proceso de ensamble del noqueador electromecánico.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 			
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA”			FECHA 15-07-23
ELABORADO	VALENCIA TOASA BRYAN ALEXANDER	NÚMERO DE OPERARIOS	3
	VACA ALDÁS WILMAR EDISSON		
REVISADO	ING. FRANCISCO PEÑA, MSC.	NÚMERO DE HORAS TOTAL	20
Descripción		Tiempo (h)	Observación
Montaje del riel y la platina		2	Conforme a especificación
Montaje de la tina		1	
Montaje de la estructura de soporte de la tina		1	
Montaje del trole con las ruedas		1	
Montaje del trole con el sujetador de cadena		2	

Tabla 38. Proceso de ensamble del noqueador electromecánico (continuación).

Descripción	Tiempo (h)	Conforme a especificación								
Montaje del soporte del motor con la estructura principal	3		Conforme a especificación							
Montaje de los ejes con las ruedas conductoras, rodamientos	3			Conforme a especificación						
Montaje de los ganchos con los sujetadores de pollos	1				Conforme a especificación					
Montaje de los troles en el riel	2					Conforme a especificación				
Montaje de la cadena en el riel	1						Conforme a especificación			
Montaje de los rodamientos en la rueda	1							Conforme a especificación		
Montaje de la rueda con los ejes	1								Conforme a especificación	
Montaje de los ejes con la platina	1									Conforme a especificación
Total	20									

3.7.1. Proceso de construcción

Tabla 39. Construcción del noqueador electromecánico.

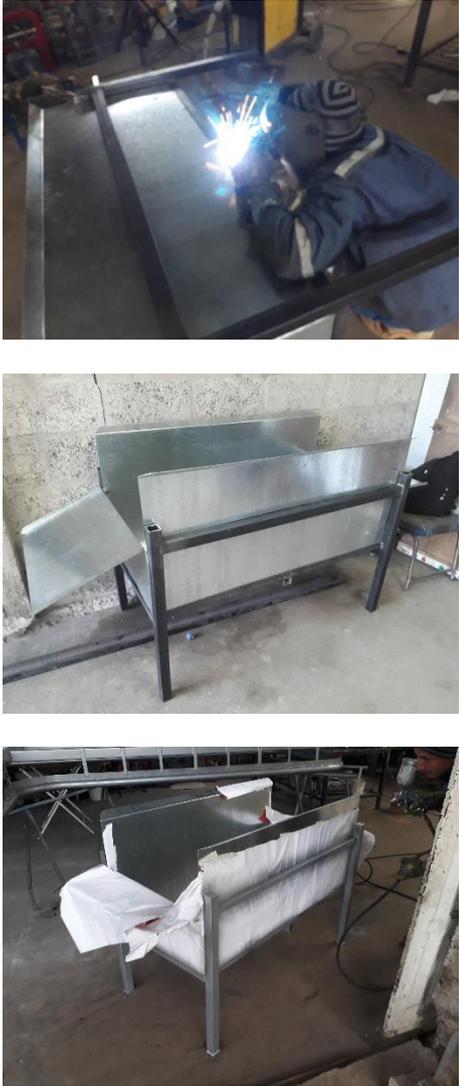
Elemento	Imagen	Descripción
Placa Electrónica	 A person wearing a grey cap and a dark jacket is working on a small electronic circuit board on a wooden desk. A multimeter is connected to the board, and its screen shows a red waveform. Various electronic components and tools are scattered on the desk.	<p>Es un componente clave que se encarga de controlar y supervisar el funcionamiento del sistema. Esta placa, también conocida como placa de control o PCB (Printed Circuit Board), está diseñada para alojar y conectar diversos elementos electrónicos que permiten el control preciso del proceso de aturdimiento.</p>
Sujetador de cadena	 A person wearing a grey cap and a grey jacket is operating a blue lathe machine in a workshop. The machine is processing a metal part, and the person is adjusting it. The background shows various tools and equipment.	<p>La placa de sujeción es una pieza metálica que se coloca debajo de la cadena y se sujeta firmemente a la estructura del sistema de transporte. Proporciona un punto de apoyo para la cadena y evita que se deslice o se salga de su posición durante el movimiento. Su función principal es asegurar y guiar la cadena a medida que se desplaza a lo largo del recorrido designado.</p>

Elemento	Imagen	Descripción
		<p>El sujetador de la cadena está diseñado de tal manera que pueda fijar las partes laterales del trole y que la cadena pase a través de este.</p> <p>Una vez doblado la platina hasta su forma diseñada se procede a realizar los agujeros por los cuales pasará el perno que se sujeta en la cadena, para esto se utilizó el taladro pedestal. Posteriormente se lima los agujeros para que no exista la interferencia de viruta con el mecanismo.</p>
Trole		<p>El trole se desplaza a través del sistema de transporte mediante la acción de un mecanismo de tracción, de una cadena. Este mecanismo se conecta al trole y lo impulsa a lo largo del recorrido establecido.</p> <p>Las platinas de 25 mm fueron cortadas y posteriormente se les dio la forma circular para que pueda fluir fácilmente a través del riel. Para asegurar que se mantengan fijas se</p>

Elemento	Imagen	Descripción
		<p>agregó abrazaderas a cada lado de esta manera existe estabilidad a través del recorrido.</p>
Riel		<p>La estructura principal funciona como circuito del recorrido de los troles los cuales transportarán a los pollos desde el área de colgado, pasando por el noqueador hasta llegar al área de faenamiento.</p> <p>Para las esquinas circulares de radio 300 mm se utilizó el proceso de embarolado de tubos.</p>

Elemento	Imagen	Descripción
Riel con platina		<p>La platina que va soldada a filete con el tubo redondo permite la sujeción con la estructura principal, además de controla que no se descarrilen los troles.</p>
Estructura principal que sostiene el riel	  	<p>Esta estructura está específicamente para soportar el peso del sistema de transporte, los troles, los pollos y otros elementos involucrados en el proceso.</p> <p>Para esto se soldó tubos cuadrados de 100×3, al final de cada tramo consta una placa con la cuál va a ser asegurada a la pared de la granja avícola para mayor seguridad. Por otra parte, las patas de la estructura fueron adecuadas en función de la altura requerida para que el pollo pueda ingresar adecuadamente mediante la rampa a la tina.</p>

Elemento	Imagen	Descripción
Tina	 	<p>Esta tina está diseñada específicamente para garantizar un ambiente adecuado y seguro durante el proceso de aturdimiento.</p> <p>La tina del noqueador está construida con acero galvanizado para asegurar su durabilidad y facilidad de limpieza.</p> <p>La lámina de acero galvanizado fue doblada en 3 caras de manera que las caras laterales fueron soldadas. Para que los pollos tengan una entrada a la tina de forma suave se realizó una rampa de 60 grados para que el ingreso sea más accesible y no se tenga que deformar el riel.</p>
Electrodo		<p>Este elemento es esencial para el proceso de electronarcosis, que es un método para aturdir a los pollos antes del sacrificio. El electrodo proporciona una corriente eléctrica controlada al agua de la tina, lo que permite que la corriente fluya a través del agua y afecte a los</p>

Elemento	Imagen	Descripción
		<p>pollos. Los electrodos suelen tener una forma alargada y plana para maximizar el contacto con el agua en la tina.</p>
<p>Estructura soporte de la tina</p>		<p>La estructura de la tina es un componente fundamental para garantizar la estabilidad y el funcionamiento adecuado del sistema. Esta estructura está diseñada para soportar el peso de la tina, así como resistir las fuerzas y vibraciones generadas durante el proceso de aturdimiento de los pollos.</p> <p>Esta estructura fue diseñada para soportar la acción del peso y presión del agua que ejerce en las paredes de la tina por lo que en las simulaciones se refleja que puede resistir satisfactoriamente aquellas variables sin la necesidad de disminuir la calidad de los tubos cuadrados.</p>

Elemento	Imagen	Descripción
Soporte del motor		<p>Es una estructura importante que sostiene el motor utilizado en el sistema de transporte de pollos. Su tarea principal es garantizar que el motor esté correctamente alineado y fijado en su lugar, lo que permite que el equipo funcione de manera estable y eficiente.</p> <p>La base del motor debe contar con puntos de montaje que se alineen con los orificios de fijación del motor.</p>
Eje de la rueda		<p>Es un componente esencial para transmitir el movimiento del motor hacia el sistema de transporte de pollos. Su función principal es actuar como un elemento de conexión que gira y transmite el par motor desde el motor hasta la rueda conductora, permitiendo que el sistema de transporte se mueva. Se pueden utilizar elementos de aislamiento, como cojinetes o rodamientos, en los puntos de soporte del eje para mejorar el rendimiento y evitar que las</p>

Elemento	Imagen	Descripción
		vibraciones no deseadas se transmitan al resto del equipo.
Rueda	 	<p>Es responsable de proporcionar la tracción y el movimiento necesario para desplazar los troles con los pollos a través del proceso de aturdimiento y sacrificio. Esta rueda está especialmente diseñada para asegurar que los pollos sean guiados de manera segura y precisa a lo largo de la línea de producción.</p>
Sujetadores	 	<p>Son elementos diseñados para mantener a los pollos en su lugar dentro de la tina durante el proceso de electronarcosis. Estos sujetadores son fundamentales para asegurar que los pollos no se muevan ni floten durante la aplicación de la corriente eléctrica, lo que garantiza un correcto aturdimiento y un proceso de sacrificio más efectivo. Los sujetadores están diseñados para acomodar la forma y el</p>

Elemento	Imagen	Descripción
		<p>tamaño de los pollos de manera segura y cómoda, evitando lesiones o daños innecesarios.</p>
Ganchos		<p>Los ganchos facilitan al operador el colgado y descolgado de los pollos en los sujetadores. El doblado se estos se los realizó en tubos soldados cuyos diámetros de 1/4 y 3/8 in son los mismos que requieren los ganchos.</p>

3.8. Costos del proyecto

Para el diseño y construcción del noqueador electromecánico se establece los costos directos e indirectos empleados en la adquisición de materia prima, insumos, mecanizado de elementos mecánicos, mano de obra, equipos, herramientas entre otros.

3.8.1. Costos directos

Valores que afectan directamente a la construcción del proyecto como son:

3.8.1.1. Materia prima

En la Tabla 40, se detalla el valor unitario por cada elemento o componente seleccionado por el diseño previamente realizado. Analizando entre la disponibilidad del mercado y el precio de este.

Tabla 40. Materia prima.

Materia prima				
Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (kg/m)	Precio subtotal (\$)
Tubo cuadrado 100x100x3 mm	4	Acero ASTM A36, 6000 mm	12,90	309,6
Tubo cuadrado 75x75x3 mm	5	Acero ASTM A36, 6000 mm	9,60	288,00
Tubo cuadrado 50x50x3 mm	2	Acero ASTM A36, 6000 mm	7,30	87,60
Tubo circular 63,5x2 mm	4	Acero ASTM A36, 6000 mm	6,33	151,92
Plancha 2440x1220x4 mm	1	Acero ASTM A36	54,90	54,90
Plancha 2440x1220x2 mm	1	ASTM A653 (Norma de recubrimiento)	38,55	38,55
Plancha 1000x2000x25 mm	1	Nylon	950,00	950,00
Platina 25,4x3 mm	10	Acero ASTM A36, 6000 mm	1,25	75,00
Angulo 30x3	3	Acero ASTM A36, 6000 mm	2,65	47,70

Tabla 40. Materia prima (continuación).

Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (kg/m)	Precio subtotal (\$)
Barra 6 mm	10	Acero ASTM A36, 6000 mm	1,38	82,80
Barra 25,4 mm	1	Acero AISI 1018, 3000 mm	8,10	24,30
Rueda de 63,5 mm	80	Polipropileno	2,70	216,00
Cadena	16	¼ galvanizada	2,50	40,00
Total				2366,37 \$

3.8.1.2. Insumos

En la Tabla 41, se detalla el valor unitario por cada elemento o componente empleado para los diferentes procesos de manufactura, ensamble de circuitos eléctricos y de potencia.

Tabla 41. Insumos.

Insumos				
Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Perno 1/2x1 in	6	Galvanizado, SAE J429, grado 5	0,35	2,10

Tabla 41. Insumos (continuación).

Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Perno 1/4x3 in	40	Galvanizado, SAE J429, grado 1	0,12	4,80
Perno 1/4x1 ½ in	80	Galvanizado, SAE J429, grado 1	0,10	8,00
Tuerca 1/2x1 in	6	Galvanizado, SAE J429, grado 5	0,20	1,20
Tuerca 1/4x3 in	40	Galvanizado, SAE J429, grado 1	0,08	3,20
Tuerca 1/4x1 ½ in	120	Galvanizado, SAE J429, grado 1	0,06	7,20
Arandela plana ½ in	6	Galvanizado	0,20	1,20
Arandela plana ¼ in	320	Galvanizado	0,05	16,00
Arandela de presión ½ in	6	Galvanizado	0,23	1,38
Buje recto ¼ x1 ½ in	40	Aluminio 6061	0,05	2,00

Tabla 41. Insumos (continuación).

Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Muela abrasiva de corte N°.14 in	10	Para acero	3,50	17,50
Muela abrasiva de corte N°. 7 in	5	Para acero	5,75	28,75
Muela abrasiva de desbaste N°. 7 in	5	Para acero	4,80	24,00
Muela abrasiva de lija N°. 80	10	Para acero	4,50	45,00
Electrodo tipo Alambre ER70S-3	50	Soldadura GMAW - m	1,20	60,00
Gas CO_2	1	Soldadura GMAW	40	40,00
Cable Calibre N°. 18	2	De hilos 2x18 - 10000 mm	0,75	15,00
Cable Calibre N°. 14	1	De hilos 2x14- 10000 mm	0,58	5,80
Bornera 3/16 in	1	3/16 in	0,50	0,50
Resistencia 120 Ω – 0,5 W	1	Recubrimiento de carbón	1,00	1,00

Tabla 41. Insumos (continuación).

Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Resistencia 12 Ω – 5 W	1	Recubrimiento de carbón	1,00	1,00
Resistencia 56 k Ω – 0,5 W	1	Recubrimiento de carbón	1,00	1,00
Potenciómetro 50kW	1	Precisión	1,00	1,00
Potenciómetro 10kW	1	Precisión	2,00	2,00
Capacitor 47 μF – 350 V	1	Electrolítico	1,00	1,00
Capacitor 47 μF – 350 V	1	Electrolítico	1,00	1,00
Capacitor 10 μF – 450 V	1	Electrolítico	1,00	1,00
Transistor Tip 142	1	3 pines	2,50	2,50
Regulador LM317	1	3 pines	2,50	2,50
Circuito integrado LM555	1	8 pines	2,50	2,50
Interruptor 15A	1	NC y NA	7,80	7,80

Tabla 41. Insumos (continuación).

Denominación	Cantidad	Propiedades	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Relé térmico	1	9-15 A	15,00	15,00
Contactador	1	120-220 V	30,00	30,00
Fuente 40 V	1	Corriente DC	35,00	35,00
Fuente 12 V	1	Corriente DC	25,00	25,00
Thinner laca	2	Galón	6,25	12,50
Guaípe	2	Funda de 1 kg	3,00	6,00
Sika Flex 2-21	1	Salchicha 600 mL	12,00	12,00
Pollos	20	De pie de 4 kg	8,50	170,00
Motorreductor	1	1 hp, 20 rpm, trifásico	700,00	700,00
Energía	-	1 mes	50,00	50,00
Total				1379,13 \$

3.8.1.3. Maquinaria y equipos

En la Tabla 42, se realiza el análisis de costos por hora, según el uso de la maquinaria, equipos y herramientas. Para la obtención de los diferentes elementos por medio de procesos de corte, pulido, mecanizado, perforado, rectificado y pintado.

Tabla 42. Análisis de costos por hora.

Maquinaria y equipos												
Denominación	Cantidad	CNC		Pulido		Torno		Plasma		Compresor		Subtotal
		Horas	Precio	Horas	Precio	Horas	Precio	Horas	Precio	Horas	Precio	
Estructura principal	1	N.A.	40,00	10	5,00	N.A.	15,00	0.3	10,00	0,3	10,00	110,00
Estructura Tina	1	N.A.	40,00	3	5,00	N.A.	15,00	N.A.	10,00	0.10	10,00	16,00
Tanque	1	N.A.	40,00	1	5,00	N.A.	15,00	N.A.	10,00	0.10	10,00	6,00
Riel	1	N.A.	40,00	5	5,00	N.A.	15,00	N.A.	10,00	0.3	10,00	28,00
Engranaje	6	0,5	40,00	N.A.	5,00	N.A.	15,00	N.A.	10,00	N.A.	10,00	120,00
Eje	6	N.A.	40,00	N.A.	5,00	2	15,00	N.A.	10,00	N.A.	10,00	180,00
Total												\$460

3.8.1.4. Terminados

Finalmente, en los costos directos, se realiza un análisis de costos generados por pintura, montaje del proyecto y acabados como se observa en la Tabla 43.

Tabla 43. Tabla de terminados.

Terminados				
Denominación	Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Preparación del elemento	1	Ensamblaje, acoples	1,00	1,00
Pintado	1	Pintado de los elementos	1,00	1,00
Galvanizado	400	De elementos en Acero ASTM A36	1,80	720,00
Total				723,00 \$

3.8.2. Costos indirectos

Se analiza detalladamente los valores que no afecta directamente a la construcción del proyecto y son los siguiente:

3.8.2.1. Diseño e ingeniería

En la Tabla 44, se complementa el análisis de costos indirectos por mano de obra donde logra seleccionar a todo el personal especializado que esté implicado en los procesos de producción. Como referencia se tiene el costo por día de trabajo de cada operario, técnico e ingeniero.

Tabla 44. Tabla de presupuesto de mano de obra.

Diseño e ingeniería					
Denominación	Cantidad	Función	Precio unitario día (\$)	Tiempo (Días)	Precio subtotal (\$)
Ingeniero	1	Supervisión	20,00	5	100,00
Técnico	1	Soldador	30,00	10	300,00
Ayudante	1	Prepara material	20,00	10	200,00
Total					600,00 \$

3.8.2.2. Logística y transporte

Implica valores indirectos al proyecto, pueden variar conforme pase el tiempo y temporada de adquisición como se observa en la Tabla 45.

Tabla 45. Tabla de logística y transporte.

Logística y transporte				
Denominación	Cantidad	Función	Precio unitario (\$)	Precio subtotal (\$)
Logística	1	Cotizar y compra de materiales	100,00	100,000
Transporte local	1	Traslado de materiales e insumos al taller	100,00	100,00
Transporte de exportación	1	Hacia la granja	800,00	800,00
Total				1000,00 \$

3.8.3. Costo total

El costo total de la construcción e implementación del noqueador electromecánico en el área de faenado en la granja avícola tía Juanita se resume en la Tabla 46, donde se visualiza los costos en cada etapa relevante en el proceso de fabricación. Se realiza un presupuesto final en cual se detalla con porcentajes la incidencia económica de cada etapa analizada de los costos directos e indirectos para la realización del proyecto.

Tabla 46. Tabla de presupuesto total.

Presupuesto total		
Denominación de costos	Valor \$	Porcentaje (%)
Costos directos		67,3
Materia prima	2366,37	32,3
Insumos	1379,13	18,8
Maquinaria y equipos	460,00	6,3
Terminados	723,00	9,9
Costos indirectos		32,7
Diseño e ingeniería	600,00	8,2
Logística y transporte	1000,00	13,5
Alquiler taller	300,00	4,1
Contingencias	500,00	6,9
Total	7328,5	100,00

3.9. Pruebas funcionales del sistema

3.9.1. Troles

Las pruebas de funcionalidad para asegurar que los troles rueden efectivamente a través del riel en el sistema de transporte del noqueador electromecánico son esenciales para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del equipo. A continuación, se describen algunas pruebas que pueden realizarse para verificar la funcionalidad del sistema:

- **Inspección visual:** Antes de realizar cualquier prueba, es importante realizar una inspección visual de los troles y el riel. Verificar que los troles estén en buen estado, sin daños o deformaciones que puedan afectar su desplazamiento. Asimismo, hay que asegurarse de que el riel esté limpio y libre de obstrucciones como se observa en la Figura 54.
- **Prueba de deslizamiento:** Colocar los troles en el riel y verifique que puedan deslizarse suavemente a lo largo del mismo. Deben moverse sin esfuerzo y sin puntos de fricción excesiva.
- **Prueba de carga:** Asegurarse de que los troles puedan soportar la carga de los pollos sin deformarse o atascarse. Para esto se coloca una carga representativa de pollos en los troles y se observa su comportamiento mientras se desplazan por el riel.
- **Prueba de alineación:** Verificar que los troles se mantengan alineados correctamente en el riel durante todo el recorrido. Cualquier desalineación podría afectar la estabilidad y seguridad del sistema.
- **Prueba de velocidad:** Realizar una prueba de velocidad para asegurarse de que los troles se muevan a una velocidad adecuada y uniforme a lo largo del riel. Verificar que no haya puntos de frenado o aceleración brusca.
- **Prueba de estabilidad:** Verificar que los troles mantengan una posición estable en el riel y que no haya sacudidas o movimientos bruscos durante el desplazamiento.
- **Prueba de carga máxima:** Si el sistema de transporte tiene una capacidad máxima de carga establecida, asegúrese de realizar una prueba con la carga máxima para verificar que los troles puedan soportarla de manera segura.



Figura 54. Prueba de funcionalidad de los troles.

3.9.2. Motor

Las pruebas de funcionalidad del motor para el sistema de transporte del noqueador son fundamentales para garantizar un movimiento adecuado y seguro de los troles a lo largo del riel mediante la cadena y la rueda motriz como se observa en la Figura 55. A continuación, se describen algunas pruebas que se realizaron para verificar el correcto funcionamiento del motor y su capacidad para engranar adecuadamente los troles:

- Prueba de arranque y parada: Verificar que el motor pueda arrancar y detenerse suavemente y sin problemas. Asegurarse de que el motor no presente vibraciones excesivas ni ruidos anormales durante estas operaciones.
- Prueba de velocidad: Medir la velocidad del motor para asegurarse de que esté dentro de los parámetros de diseño y que pueda mover los troles a la velocidad requerida para el sistema de transporte.
- Prueba de carga máxima: Si el sistema de transporte tiene una capacidad de carga máxima establecida, asegurarse de realizar una prueba con la carga máxima para verificar que el motor pueda mover los troles con seguridad y sin esfuerzo excesivo.
- Prueba de reversa: Verifique que el motor pueda cambiar de dirección y permita el movimiento bidireccional de los troles a lo largo del riel.
- Prueba de sincronización: Asegúrese de que el motor y la rueda motriz estén sincronizados adecuadamente para evitar cualquier deslizamiento involuntario de los troles.
- Prueba de frenado: Verifique que el motor y la rueda motriz puedan frenar adecuadamente y detener el movimiento de los troles de manera suave y controlada.

- Prueba de protección: Verifique que el motor cuente con las protecciones necesarias, como interruptores térmicos o fusibles, para evitar sobrecalentamiento o daños en caso de sobrecarga.



Figura 55. Prueba de funcionalidad del motor.

3.9.3. Electronarcosis

La característica de la electronarcosis es mantener al pollo en un estado de inconsciencia que dure hasta que se complete el desangrado adecuado, evitando que el ave muera debido al aturdimiento.

Se han considerado los siguientes parámetros de investigación para obtener resultados confiables, basándose en información de autores de libros y plantas de faenamiento de aves de la región, con pruebas de aturdimiento en un rango de 10 a 40 voltios:

- El aturdimiento debe ser instantáneo y no debe durar más de 10 a 12 segundos en la tina con agua.
- Para aumentar la conductividad de energía en el agua, se debe utilizar una cantidad adecuada de sal.
- La altura del tanque debe ajustarse para que la cabeza del pollo se sumerja por completo.
- El ave debe recuperarse en uno a dos minutos si se retira del transportador.
- El aturdimiento solo se aplica a la cabeza del ave.
- El voltaje del aturdidor debe ajustarse para pollos de 7 a 10 libras (3,2 a 4,5 kg), y debido a la mayor resistencia, el voltaje debe ajustarse para pollos más pesados.

Prueba Uno

En la Tabla 47, se encuentran los datos registrados de 10 pollos que fueron aturdidos a diferentes valores de voltaje y frecuencia. Se puede observar que, a un voltaje específico, aquellos pollos que presentaron alguna complicación son aquellos que tenían un menor peso. Esto se debe a que, al tener menos peso, estos pollos ofrecen una menor resistencia interna, lo que permite que pase una mayor corriente a través de sus cuerpos durante el proceso de aturdimiento.

El hecho de que los pollos con menor peso ofrezcan menos resistencia interna implica que se alcanza una corriente más alta a través de su cuerpo cuando se aplica el mismo voltaje que a pollos de mayor peso. Como resultado, los pollos más livianos pueden experimentar una mayor intensidad de corriente eléctrica durante el aturdimiento, lo que podría llevar a complicaciones.

Tabla 47. Registro de la primera prueba de aturdimiento.

Prueba Uno						
N°	Voltaje	Frecuencia	Peso	Puntas de ala roja	Quemaduras internas	Contusiones
1	40	500	4	NO	NO	NO
2	40	500	4,1	NO	NO	NO
3	40	500	3,7	NO	SÍ	NO
4	40	500	4,4	NO	NO	SÍ
5	40	500	3,9	NO	NO	NO
6	40	500	4,3	NO	NO	NO
7	40	500	4,4	NO	NO	NO
8	40	500	3,8	NO	SÍ	NO

Prueba Uno						
N°	Voltaje	Frecuencia	Peso	Puntas de ala roja	Quemaduras internas	Contusiones
9	40	500	4,4	NO	NO	NO
10	40	500	4,5	NO	NO	NO

La Figura 56, muestra a los los pollos ingresando a la tina para ser aturridos.



Figura 56. Pruebas de funcionalidad.

En la Figura 57, se puede apreciar un pollo aturdido, preparado para el proceso de faenamiento. Si el pollo no es faenado inmediatamente, se observará que el pollo se recupera en aproximadamente 5 minutos después de haber estado en contacto con el

agua electrificada. Durante ese tiempo, el efecto del aturdimiento comenzará a disiparse, y el pollo recuperará gradualmente su conciencia y movilidad.



Figura 57. Pollo aturdido.

Durante el proceso de faenado de un pollo de la prueba uno se encontró que presentaba una quemadura interna en la zona de la pechuga como se observa en la Figura 58. Este pollo resultó ser uno de los que menos pesaba en el primer grupo. En la Figura 59, se observa que la quemadura traspasaba la piel, a pesar de ser una quemadura no es tan grave a diferencia de otras cuando se maneja elevados valores de voltaje.



Figura 58. Quemadura que sobresale en la piel.



Figura 59. Quemadura interna en la pechuga.

Prueba dos

En la Tabla 48, se puede apreciar que solo un pollo sufrió algún tipo de padecimiento, como contusiones, debido a que su peso es relativamente bajo. Después de obtener este registro de datos, se puede observar que, para un voltaje de 19 V, los pollos se aturden de manera efectiva siempre y cuando su peso sea mayor a 3,6 kg. En la Figura 60, se muestra la lectura del voltaje de la segunda prueba en el multímetro.

Tabla 48. Registro de la segunda prueba de aturdimiento.

Prueba Dos						
N°	Voltaje	Frecuencia	Peso	Puntas de ala roja	Quemaduras	Contusiones
1	19	680	4,6	NO	NO	NO
2	19	680	3,6	NO	NO	LEVE
3	19	680	3,9	NO	NO	NO
4	19	680	4,3	NO	NO	NO
5	19	680	3,9	NO	NO	NO
6	19	680	4,5	NO	NO	NO

Prueba Dos						
N°	Voltaje	Frecuencia	Peso	Puntas de ala roja	Quemaduras	Contusiones
7	19	680	3,7	NO	NO	NO
8	19	680	4,2	NO	NO	NO
9	19	680	4	NO	NO	NO
10	19	680	4,1	NO	NO	NO



Figura 60. Segunda prueba de aturdimiento.

La Figura 61 se muestra la nueva lectura de voltaje después de una calibración para poder evitar efectos secundarios en los pollos.



Figura 61. Medición de voltaje que circula por los electrodos.

Durante la segunda prueba ningún pollo sufrió quemaduras internas ni externas, sólo uno sufrió contusiones, pero al cabo de unos minutos se recuperó totalmente. En la Figura 62, se muestra un pollo escogido al azar del segundo grupo el cuál reflejaba una gran calidad en su cuerpo.



Figura 62. Pollo de la segunda prueba sin quemaduras externas.

La figura 63, se muestra el corte en la pechuga sin indicios de quemaduras internas por lo que para un voltaje de 19 V los pollos tienen un excelente aturdimiento sin afectar la calidad de la carne del pollo.



Figura 63. Pollo de la segunda prueba sin ninguna quemadura o defecto en la calidad de la carne.

3.10. Manual del sistema del noqueador electromecánico

3.10.1. Manual de funcionamiento

El noqueador electromecánico está diseñado para una mejora de procesos del faenamiento, así como mitigar las pérdidas económicas y maximizar su funcionamiento además de un aturdimiento humanitario de pollos mediante la inmersión en agua electrificada. El sistema de transporte y la tina juegan un papel crucial en este proceso.

Sistema de transporte aéreo



Figura 64. Sistema de transporte aéreo.

- Antes de comenzar a usar el sistema de transporte (Figura 64), asegúrese de que todas las conexiones eléctricas estén correctamente conectadas y que el recorrido de los troles no esté obstruido.
- Presiona el botón de encendido para activar el sistema de transporte aéreo. Los troles se moverán por el circuito y llegarán a la tina para el proceso de aturdimiento.

Tina



Figura 65. Tina con electrodo.

- Asegúrese de que la tina esté correctamente colocada y nivelada antes de usarla.
- Verificar que el nivel de agua en la tina (Figura 65) esté dentro de los límites recomendados.
- Antes de comenzar el proceso de aturdimiento, asegúrese de que todos los componentes eléctricos y electrónicos estén funcionando correctamente.
- Asegúrese de que las aves estén bien colocadas en los sujetadores antes de sumergirlas en el agua electrificada.
- Para activar el sistema de aturdimiento, seleccione el panel de control apropiado. Asegúrese de cumplir con las especificaciones de voltaje y duración sugeridas.

Consideraciones de seguridad



Figura 66. Botón de apagado de la máquina.

- Durante la manipulación de agua electrificada y aves, use siempre equipo de protección personal, como guantes y gafas.
- Durante el proceso de aturdimiento, asegúrese de que no haya objetos metálicos o conductores eléctricos cerca de la tina.
- Mantenga a las personas que no formen parte del personal fuera del área de operación del noqueador electromecánico.
- Pulsa el botón de apagado para detener el sistema de transporte (Figura 66).

3.10.2. Manual de mantenimiento

El mantenimiento regular garantizará el funcionamiento seguro y eficiente del equipo y su vida útil. Para evitar averías y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad e higiene, es fundamental realizar inspecciones y tareas de mantenimiento preventivo de forma regular.

Inspecciones diarias

- Examine los electrodos para asegurarse de que estén limpios y en buen estado.
- Asegúrese de que las conexiones eléctricas estén bien conectadas.
- Examinar la tina para encontrar grietas o daños potenciales. Se debe detener la operación y comunicar el problema al personal de mantenimiento.
- Asegúrese de que el motor no sufra daños físicos, como grietas, roturas o signos de humedad.

Mantenimiento semanal

- Limpiar el sistema de transporte y la tina con agua caliente (30 °C) y detergente suave. Asegúrese de deshacerse de cualquier basura o suciedad acumulada.
- Lubrique las partes móviles del sistema de transporte, como las ruedas y los troles, para garantizar un movimiento suave y sin fricciones.
- Aplicar mantenimiento preventivo al sistema de control, controlar los pulsadores, relé térmico y contactores.

Mantenimiento mensual

- Revise y ajuste la tensión de la cadena del sistema de transporte. Asegúrese de que esté bien ajustado, pero no muy apretado.
- Examine el sistema eléctrico para encontrar cables dañados o desgastados. Reemplace los cables que no funcionan.
- Lubrique los rodamientos del motor con la grasa adecuada para que funcionen suavemente y se reduzca la fricción.

Mantenimiento anual

- Realiza una inspección detallada de los sistemas electrónicos y eléctricos. Verifique la funcionalidad de componentes importantes como reguladores de tensión y circuitos integrados.
- Lubrica todos los componentes del sistema de transporte.
- Realice una revisión exhaustiva del motor para determinar si hay daños o desgaste en las piezas internas. Consulta a un técnico especializado para realizar reparaciones o ajustes si es necesario.
- Revise y limpie el sistema de enfriamiento del motor para asegurarse de que disipe adecuadamente el calor.
- Verifica si el motor está alineado con el sistema de transporte y ajústalo si es necesario.

Notas finales

- Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, siempre desconectar el noqueador electromecánico de la fuente de alimentación.
- Siempre seguir las instrucciones de mantenimiento del fabricante.

- Contacte al personal de mantenimiento calificado si encuentra algún problema o necesita realizar una reparación importante.
- Mantenga un registro de las actividades de mantenimiento realizadas, incluidas las fechas y los detalles de las tareas.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La investigación del método actual de faenamiento de pollos permitió obtener un panorama detallado de las prácticas existentes en la granja. Se identificaron las debilidades del proceso actual. Entre las debilidades se encontró que gran parte del producto se desechaba producto de los golpes que se encontraban en las alas. Asimismo, se detectó que la producción de la granja avícola no era lo más eficiente, puesto que los procesos que se llevaban a cabo eran artesanales aumentando tiempos de producción.
- El uso de la electronarcosis como el principal método de aturdimiento de pollos Broiler ha arrojado buenos resultados, con una efectividad por encima del 95% en el noqueo adecuado de los pollos. En contraste con el método de faenamiento artesanal, el aturdimiento mediante tina electrificada permite maximizar los procesos de producción permitiendo más de 100 pollos broiler al día.
- Mediante un análisis exhaustivo, se evaluaron diferentes opciones para las partes y elementos del noqueador electromecánico. Se seleccionaron materiales resistentes y seguros, y se consideraron alternativas tecnológicas que optimizan el funcionamiento del sistema de transporte y la tina de aturdimiento. La incorporación de acero inoxidable en el proyecto facilita la obtención de permisos ambientales para continuar con la producción de pollos en la granja avícola Tía Juanita.
- Mediante la simulación en el software especializado de análisis estructural, se ha observado que la estructura presenta una deformación máxima de 1,12 mm y mínima 0,7 mm. Esto permite al diseñador continuar con la fabricación de las partes y elementos del noqueador electromecánico.
- Para el diseño de la tina del aturdidor eléctrico se seleccionó la alternativa 3, material de acero galvanizado obteniendo en las simulaciones mediante un software especializado de análisis estructural los valores de deformación

máxima de 2,10 mm y mínima de 0,3 mm, esfuerzo máximo 455 MPa y mínima de 65 MPa, y un valor máximo de carga/demanda de 0,98.

- La aplicación de la teoría de falla por fatiga según Goodman ha demostrado que el factor de seguridad del eje $n = 1,33$, con la teoría de falla por fatiga según Gerber el factor de seguridad del eje $n = 1,10$, con la teoría de falla por fatiga según ASME elíptica el factor de seguridad del eje $n = 1,10$ y finalmente aplicando los criterios de esfuerzo equivalente de von Mises se obtiene un factor de seguridad del eje de $n = 1,76$, lo que indica que el elemento puede funcionar de manera normal y segura.
- Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar la efectividad del aturdimiento. Se verificó la correcta sincronización de los movimientos, la efectividad del sistema de aturdimiento y la seguridad operativa del equipo. El voltaje con el que se efectuó una adecuada electronarcosis está en el rango de 19 y 30 V. Para valores mayores se presentan algunos efectos secundarios en la calidad de la carne como alas de puntas rojas, contusiones.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable llevar a cabo un diagnóstico exhaustivo del proceso actual en el área de faenado de pollos, tomando muestras de tiempo entre los procesos de producción y generando informes trimestrales.
- Se sugiere realizar una investigación más detallada del mercado de producción de aves, donde CONAVE podría ser una asociación potencialmente interesada en el proyecto debido a los resultados obtenidos en la granja avícola.
- Para la adquisición de la materia prima, insumos y herramienta realizar de 2 a 3 cotizaciones entre diferentes proveedores y así economizar el costo total del proyecto.
- Al momento de trabajar con electricidad se sugiere trabajar incrementando en ciertos intervalos el voltaje para que de esta manera sea mucho más fácil poder encontrar el rango adecuado para poder efectuar la electronarcosis en los pollos.
- Se propone generar un análisis estadístico de la producción en la granja avícola "Tía Juanita" para determinar el estado actual de la producción y los

porcentajes de pollos rezagados entre lotes, enfermos o con algún tipo de discapacidad, así como los pollos listos para faenar y los que han fallecido antes de los 3 meses de crianza.

- En el diseño de los elementos mecánicos del noqueador, se recomienda tomar las medidas precisas del área real del faenadero y distribuir adecuadamente las áreas entre procesos para optimizar el espacio junto al recorrido del transportador aéreo. Es esencial considerar el promedio del tamaño del pollo y la gallina al diseñar los ganchos sujetadores, ya que son elementos cruciales para la sujeción del pollo y su interacción con el circuito eléctrico.
- Para la fabricación del proyecto los técnicos, soldador, pintor deben usar los equipos de protección personal EPP, debido a los diferentes procesos de manufactura y contacto con materiales e insumos de riesgo.
- Se sugiere seleccionar materiales disponibles en el mercado y de fácil acceso de catálogos técnicos de distribuidores nacionales, para asegurar una rápida adquisición de la materia prima.
- Para el diseño de la estructura, se recomienda crear un recorrido en direcciones contrarias para garantizar el correcto sentido de movimiento de los troles y prevenir descarrilamientos en las curvas sobre el riel.
- Es aconsejable utilizar ruedas de polipropileno de 2 pulgadas, ya que tienen un factor de fricción de 0,4 contra la superficie de contacto (riel), lo que permite un desplazamiento fluido sobre el sistema.
- Se sugiere implementar pernos de $\frac{1}{2} in$ a $\frac{5}{8} in$ en los elementos de sujeción del noqueador para evitar el movimiento constante sobre la estructura debido al peso propio, el motor y los componentes.
- Se recomienda que el ángulo de inclinación de la rampa de la tina con respecto a la pared horizontal contigua sea de 60° , puesto que si es menor a 60° el pollo puede sufrir golpes en la cabeza al chocar con la rampa debido a su alta pendiente. Por otra parte, si el ángulo se encuentra en el intervalo $60^\circ - 90^\circ$ se deberá ajustar la altura de la estructura para que el pollo pueda ingresar sin dificultad.

- Para el análisis estadístico de los costos directos e indirectos que influyen en el proyecto se sugiere tabular todos los ingresos y egresos con fechas y valores reales.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Business, “Guía para el faenamiento de aves,” *Eco business*, 8 2021.
- [2] Z. Canet y N. Almada, “Guía de buenas prácticas para el uso y construcción del faenador de aves,” *Ministerio de Agroindustria*, 2018.
- [3] D. Beaver, “Las mejores prácticas en el sacrificio de los pollos, clave de los beneficios,” 28 10 2015. [En línea]. Available: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2016/09/las-mejores-practicas-en-el-sacrificio-de-los-pollos-clave-de-los-beneficios-y-ii>. [Último acceso: 7 12 2022].
- [4] X. Galarza, “Diseño de un plan de implementación de buenas prácticas de manufactura para una planta faenadora de aves,” 01 2011.
- [5] G. Yauris, “Principales factores que determinan la calidad visual de las carcasas de pollo en plantas de beneficio,” *Repositorio de Tesis - UNMSM*, 2021.
- [6] D. C. Martínez, “Guía de la buena práctica de la bioseguridad para la producción avícola en la provincia de Galápagos,” 2015. [En línea]. Available: <https://bioseguridadgalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/Buenas-Pra%CC%81cticas-para-manejo-de-Avi%CC%81colas.pdf>. [Último acceso: 7 12 2022].
- [7] INAMHI, “Pronóstico del clima,” [En línea]. Available: <http://pronostico.inamhi.gob.ec/InamhiPronostico/>. [Último acceso: 7 12 2022].
- [8] M. Galindo, “Plan piloto para la creación de una empresa gestora de desechos orgánicos, provenientes del faenamiento artesanal avícola, a partir del diagnóstico realizado a 10 faenadoras artesanales del sector Quitumbe del Distrito Metropolitano de Quito,” *Universidad de Guayaquil*, p. 116, 2015.

- [9] P. García, “Bienestar animal faenamiento de animales de producción,” *Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario*, 2020.
- [10] A. M. Saitta, F. Saija y P. V. Giaquinta, “Ab Initio Molecular Dynamics Study of Dissociation of Water under an Electric Field,” *Physical Review Letters*, vol. 108, n° 20, p. 207801, 2012.
- [11] J. M. Sparrey, M. E. R. Paice y P. J. Kettlewell, “Model of current pathways in electrical water bath stunners used for poultry,” *British Poultry Science*, vol. 33, n° 5, pp. 907-916, 1992.
- [12] V. Gonzáles y V. Vargas, “Determinación de la correlación entre el aturdido eléctrico y la aparición de lesiones en la canal de carne de pollo,” *Universidad Tecnológica de Pereira*, 2020.
- [13] F. Rosales, Á. Dávalos y L. Hernández, “Propuesta de diseño de un insensibilizador eléctrico de aves para consumo humano,” *Instituto Politécnico Nacional*, 2018.
- [14] O. Cabrera, “Aturdido eléctrico en pollos ¿Cómo encontrar el equilibrio?,” *aviNews*, la revista global de avicultura, 6 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://avinews.com/aturdido-electrico-en-pollos-como-encontrar-el-equilibrio/#:~:text=El%20aturdido%20el%C3%A9ctrico%20busca%20inducir,cuerpo%20y%20cuello%20ligeramente%20arqueado.>
- [15] S. Cárdenas y J. Alcívar, “Diseño y construcción de un nuevo sistema de insensibilización eléctrica para pollos en la empresa "Grupo la familia",” *Universidad Tecnológica Equinoccial*, 2012.
- [16] J. Fonseca, “Enseñando electricidad básica con Crocodile clips,” *Innovacion y experiencias educativas, Revista Digital*, pp. 1-13, 2007.
- [17] S. Prinz, G. Van Oijen, F. Ehinger, W. Bessei y A. Coenen, “Electrical waterbath stunning: Influence of different waveform and voltage settings on the

- induction of unconsciousness and death in male and female broiler chickens1,” *Poultry Science*, vol. 91, n° 4, pp. 998-1008, 2012.
- [18] M. Novoa, L. Vázquez, A. Lage, I. González, L. Pérez, N. Cobas y J. Lorenzo, “Water-bath stunning process in broiler chickens: Effects of voltage and intensity,” *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 17, n° 2, pp. e0502-e0502, 2019.
- [19] M. Girasole, R. Marrone, A. Anastasio, A. Chianese, R. Mercogliano y M. L. Cortesi, “Effect of electrical water bath stunning on physical reflexes of broilers: evaluation of stunning efficacy under field conditions,” *Poultry Science*, vol. 95, n° 5, pp. 1205-1210, 2016.
- [20] G. F. Guarderas Burbano, “Modelizado en caja negra de convertidores electrónicos de potencia para aplicaciones en microrredes de corriente alterna,” *Doctoral dissertation, Industriales*, 2019.
- [21] N. C. Braga, “El Circuito Integrado 555 Mágico,” *Editora Newton C. Braga*, p. 165, 2019.
- [22] H. Salceda, “Electrónica Analógica,” *TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO*, 2018.
- [23] M. Sola García, “Diseño y construcción de un controlador electrónico para motores BLDC,” *Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya*, 2022.
- [24] B. D. Herrería Romero, “Estudio comparativo de las tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica,” *Universidad Técnica del Norte*, 2022.
- [25] G. Viteri, A. López y J. Gallo, “Aplicación de fusibles e interruptores termo magnéticos,” *ESPOL*, 2011.
- [26] J. A. De Alba Moreno, “Electrónica básica: doble intermitente,” 2009.

- [27] D. Thakur, V. Shyam, V. Singh, M. Thakur y V. K. Modi, “Quality Issues in Meat and Poultry Processing Sector,” de *Emerging Technologies in Food Science: Focus on the Developing World*, Singapore, Springer, 2020, pp. 47-58.
- [28] MatWeb, “Acero AISI 316,” [En línea]. Available: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=50f320bd1daf4fa7965448c30d3114ad>. [Último acceso: 4 Abril 2023].
- [29] P.-J. Cunat, “Alloying Elements in Stainless Steel and Other Chromium-Containing Alloys,” *Euro Inox*, pp. 1-24, 2004.
- [30] S. Paswan, J. K. Singh y D. D. N. Singh, “Effect of lead alloying on corrosion characteristics of galvanized coatings exposed in atmosphere, simulated laboratory and a service environment,” *Surfaces and Interfaces*, vol. XXI, 2020.
- [31] G. W. Dallin y G. C. Director, “Galvanizing-2012,” *Continuous hot-dip galvanizing-process and products*, 2012.
- [32] K. S. Shah, R. C. Jain, V. Shrinet, A. K. Singh y D. P. Bharambe, “High Density Polyethylene (HDPE) Clay Nanocomposite for Dielectric Applications,” *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. XVI, nº 3, pp. 853-861, 2009.
- [33] M. Dvorak, “Applicability of recycled HDPE for rotational molding,” *Yrkeshögskolan Arcada*, 2016.
- [34] C. E. Sánchez Holguín, “Diseño de un sistema electromecánico de limpieza para una línea de sacrificio de una empresa avícola,” *Universidad Antonio Nariño*, 2021.
- [35] J. S. Jácome Chávez, “Diseño de mejora en el proceso de producción en la empresa faenadora San Roque para reducir costos de producción,” *Universidad Técnica del Norte*, 2022.

- [36] I. S. Correa Chávez, “Diseño y Evaluación de un Sistema de Control y Aseguramiento de la Calidad para una Planta Procesadora de Pollos Broiler.,” *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 2013.
- [37] Tekpro, “Transportador de rodillos motorizado,” [En línea]. Available: <https://tekpro.com.co/portfolio/transportador-de-rodillos-motorizado/>. [Último acceso: 8 Abril 2023].
- [38] E. Wigham, A. Grist, S. Mullan, S. Wotton y A. Butterworth, “The influence of welfare training on bird welfare and carcass quality in two commercial poultry primary processing plants,” *Animals*, vol. IX, n° 8, p. 584, 2019.
- [39] ASCE, “5.4.5 Open Web Steel Joists,” de *Design of Blast-Resistant Buildings in Petrochemical Facilities*, American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010, pp. 51-52.
- [40] J. R. Montes, L. C. Martínez y J. C. d. R. Romero, *Procesos industriales para materiales metálicos*, Vision Libros, 2006.
- [41] MatWeb, “Acero ASTM A36,” [En línea]. Available: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d1844977c5c8440cb9a3a967f8909c3a>. [Último acceso: 4 Abril 2023].
- [42] C. Ciampa, D. G. Kawalya y E. E. Forbes, “Design of an Intermediate Scale Fire Test Rig for Exterior Wall Assemblies,” *Doctoral dissertation, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE*, pp. 15-16, 2014.
- [43] MatWeb, “Acero ASTM A500,” [En línea]. Available: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=cc4067d556d246eb80b9daf6c28ebef8>. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [44] F. Boyd, “Humane slaughter of poultry: the case against the use of electrical stunning devices,” *Journal of agricultural and environmental ethics*, vol. 7, n° 2, pp. 221-236, 1994.

- [45] N. Srivastava y I. Haque, "A review on belt and chain continuously variable transmissions (CVT): Dynamics and control," *Mechanism and Machine Theory*, vol. XLIV, n° 1, pp. 30-31, 2019.
- [46] H. P. Smith, Read Books Ltd., Read Books Ltd., 2020.
- [47] R. Budynas y K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mc Graw Hill, 2019.
- [48] R. Angeles, "Rfid Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues," *Information Systems Management*, vol. XXII, n° 1, pp. 51-65, 2005.
- [49] D. C. Ávila y M. R. Galvis, "Banco de Pruebas de Sistemas de Transmisión de Potencia," *Universidad Pontificia Bolivariana*, 2010.
- [50] X. Wang, X. Zeng, J. Li y X. Yang, "Lateral bearing capacity of hybrid monopile-friction wheel foundation for offshore wind turbines by centrifuge modelling," *Ocean Engineering*, vol. CXLVIII, pp. 182-192, 2018.
- [51] I. Kosow, "Sistema típico de potencia AC," de *Máquinas eléctricas y transformadores*, 91, pp. 22-25.
- [52] FCM, "FCM Solutions E.I.R.L.," 2021. [En línea]. Available: <https://www.fcmsolutionsperu.com/blogs/noticias/que-es-el-variador-de-velocidad> . [Último acceso: 29 Marzo 2023].
- [53] M. Á. Cáceres Rodas, "Motores Eléctricos," *Revista El Salvador*, 2018.
- [54] I. García Amador y A. Mariscal William, "Diseño conceptual para la caja reductora de un rotor de cola de un helicóptero biplaza," *Doctoral dissertation*, p. 102, 2011.
- [55] L. G. Hurtado, J. Velasco, N. Severian, L. López y E. Sánchez, "Diseño de una herramienta didáctica computacional para evaluar el comportamiento

- cinemático de un tren de engranajes cilíndricos rectos,” *Revista INGENIERÍA UC*, vol. XXI, nº 2, pp. 73-83, 2014.
- [56] R. Saidur, S. Mekhilef, M. B. Ali, A. Safari y H. A. Mohammed, “Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. XVI, nº 1, p. 550, 2012.
- [57] M. Banzi, D. Cuartielles, T. Igoe, Martino, G. y D. Mellis, “Arduino,” *The official Arduino web page at <http://arduino.cc>*, 2014.
- [58] H. M. Park, A. Van Messem y W. De Neve, “Item Measurement for Logistics-Oriented Belt Conveyor Systems Using a Scenario-Driven Approach and Automata-Based Control Design,” de *IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2020.
- [59] Megatronica, “Kit Completo Modulos Sensores Para Arduino Learning Kit,” [En línea]. Available: <https://megatronica.cc/producto/kit-arduino-learning/>. [Último acceso: 18 Abril 2023].
- [60] E. R. Alphonsus y M. O. Abdullah, “A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs),” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. LX, pp. 1185-1205, 2016.
- [61] N. Shaukat, “PLC based automatic liquid filling process,” de *In IEEE Multi Topic Conference*, 2002.
- [62] B. R. Mehta y Y. J. Reddy, *Industrial process automation systems: design and implementation*, Butterworth-Heinemann, 2014.
- [63] SIEMENS, “Productos para Totally Integrated Automation,” *SIEMENS*, pp. 12-14, 2022.
- [64] M. Gil Torrijos, “La selección de proveedores, elemento clave en la gestión de aprovisionamientos,” *Universidad de Oviedo*, 2018.

- [65] J. Gere y B. Goodno, *Mecánica de materiales*, Mexico: Cengage learning , 2016.
- [66] J. C. McCormac y S. F. Csernak, *Diseño de estructuras de acero*, New Jersey: Pearson Education, 2013.
- [67] INGEMECANICA, “Ajuste y tolerancias en los procesos de mecanizado,” 2015.
- [68] SANDVIK, “Herramientas de mandrinado en desbaste,” 10 Febrero 2022. [En línea]. [Último acceso: 1 Junio 2023].
- [69] W. Smith y J. Hashemi, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, The McGraw-Hill, 2006.
- [70] K. K. Chawla, *Composite Materials: Science and Engineering*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [71] A. Todoroki, H. Shiomi, Y. Mizutani y Y. Suzuki, “Electrical Shorting between the Carbon-Fiber Cloth Electrodes of Structural Capacitors with a Glass-Fiber Cloth Separator,” *Open Journal of Composite Materials*, 2014.
- [72] R. E. Newnham, “Composite electroceramics,” *Ferroelectrics*, vol. LXVIII, n° 1, pp. 1-32, 1986.
- [73] R. Selzer y K. Friedrich, “Mechanical properties and failure behaviour of carbon fibre-reinforced polymer composites under the influence of moisture,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. XXVIII, n° 6, pp. 595-604, 1997.
- [74] H. Li y Y.-J. Zhu, “Nanowires: Synthesis and Energy/Environmental Applications,” *ENERGY & ENVIRONMENTAL MATERIALS*, vol. IV, n° 4, pp. 544-561, 2021.

- [75] COSASTEEL, “ASTM A653,” COSASTEEL, 24 Noviembre 2020. [En línea]. Available: https://es.cosasteel.com/astm-a653/#ASTM_A653_free_download . [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [76] J. Troitzsch y E. Antonatus, “3.2.3.1 Epoxy Resins,” de *Plastics Flammability Handbook - Principles, Regulations, Testing, and Approval*, Hanser Publishers, 2021, pp. 115-116.
- [77] M. A. Masuelli, *Introduction of Fibre-Reinforced Polymers – Polymers and Composites: Concepts, Properties and Processes*, IntechOpen, 2013.
- [78] AWWA, “2.3.2.2 Epoxy Resins,” de *Fiberglass Pipe Design - Manual of Water Supply Practices, M45 (3rd Edition)*, American Water Works Association (AWWA), 2014, pp. 11-12.

6. ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de tolerancias

El cálculo se elaborará en función del diámetro del eje de 25 mm como se indica en la Figura 67.

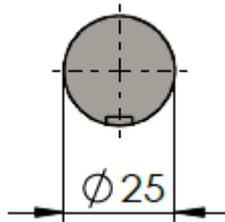


Figura 67. Diámetro crítico del elemento.

La primera asunción es considerar al sistema como un ajuste holgado debido a que se presenta un espacio en el momento del ensamblaje. La segunda asunción es considerar como un ajuste indeterminado debido a que el eje es menor al agujero como se muestra en la Figura 68.

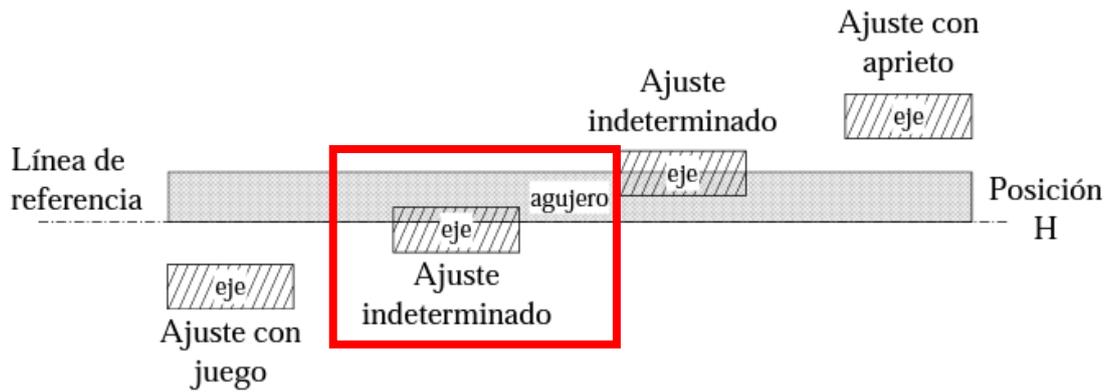


Figura 68. Tipo de juego

Tabla 49. Ajustes preferentes [67].

Tipo	Agujero base		Eje base		Clase	Características	Aplicaciones
	Agujero	Eje	Eje	Agujero			
		s6/r6		S7/R7	Prensado	Montaje en prensa No seguro de giro para pares grandes Gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce Acoplamientos de piñones y engranajes en ejes no desmontables No utilizar sobre piezas de paredes finas
		n6		N7	Forzado duro	Montaje a martillo Posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, collares calados sobre ejes
		k6		K7	Forzado medio	Montaje a martillo Posicionado de precisión con compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos, discos de levas, poleas volantes y manivelas
		j6		J7	Forzado ligero	Montaje a mano	Piezas de máquina herramienta y otras desmontables con frecuencia
		h6		H7	Deslizante con lubricación	Acoplamiento ajustado para piezas con montaje y desmontaje libre Juego pequeño	Engranajes, piezas importantes de máquina herramienta
		g6		G7	Giratorio	No giros con alta velocidad Giros libres y deslizamientos con posicionado preciso	Émbolos, bridas, anillos de rodamientos
		f7		F8	Holgado	Juego mediano Giro con alta velocidad en máquinas de precisión	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio
Medio	H8	h9	h9	H9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamientos deslizantes sobre el eje
		e8		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas, ventiladores
		d9		D10	Holgado	Juego amplio No adecuado cuando se requiere precisión Adecuado para grandes variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro	Soportes de ejes, poleas locas
Basto	H11	h11	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola
		d9		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas y manivelas desmontables
		e11		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes
		a11		A11	Muy holgado		Piezas de locomotoras, cojinetes, ejes de freno

Al tratarse de un sistema de agujero base y clase deslizante seleccionamos las posiciones de tolerancia j6 para el eje y J7 para el agujero; de igual manera se estima que el grado de calidad superficial del proceso de torneado sea de N5 A N6 como se muestra en la Tabla 49.

Tabla 50. Tolerancias fundamentales para las calidades del ajuste.

Grupos de dimensiones nominales (mm)	GRADOS DE TOLERANCIAS NORMALIZADAS																			
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
Hasta 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
>3 a 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
>6 a 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
>10 a 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
>18 a 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
>30 a 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
>50 a 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
>80 a 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
>120 a 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
>180 a 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
>250 a 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
>315 a 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
>400 a 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700
>500 a 630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000
>630 a 800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500
>800 a 1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000	14000
>1000 a 1250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500	16500
>1250 a 1600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500	19500
>1600 a 2000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000
>2000 a 2500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000
>2500 a 3150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000	33000

De la Tabla 50, se determina la Tolerancias ISO Normalizadas, obtenemos las calidades en función de IT para el agujero:

$$IT = 0,013mm$$

Obtener las desviaciones fundamentales del eje:

Tabla 51. Desviaciones fundamentales de los ejes.

Grupos de dimensiones nominales (mm)	POSICIONES DE LAS TOLERANCIAS NORMALIZADAS																																	
	Todos los grados de tolerancia													Todos los grados de tolerancia																				
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	h	js	IT5 e	IT7	IT8	≥IT4 y ≤IT7	≤IT3 y >IT7	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
Hasta 3	-270	-140	-90	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14												
>3 a 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	0	-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19				+20			+26	+32	+40	+60		
>6 a 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-16	-13	-8	-5	0	0	-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23				+26			+34	+42	+52	+67	+97	
>10 a 14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0	0	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28				+33			+40	+50	+64	+90	+130	
>14 a 24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0	0	-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+29	+35				+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
>24 a 30	-310	-170	-120		-70	-50		-25		-9	0	0	-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43				+48	+56	+64	+75	+88	+116	+160	+214	
>30 a 40	-320	-180	-130		-75	-55		-30		-10	0	0	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53				+54	+61	+69	+81	+94	+124	+170	+224	
>40 a 50	-340	-190	-140		-80	-60		-30		-10	0	0	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53				+54	+61	+69	+81	+94	+124	+170	+224	
>50 a 65	-360	-200	-150		-85	-65		-30		-10	0	0	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53				+54	+61	+69	+81	+94	+124	+170	+224	
>65 a 80	-360	-200	-150		-85	-65		-30		-10	0	0	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53				+54	+61	+69	+81	+94	+124	+170	+224	
>80 a 100	-380	-220	-170		-90	-72		-36		-12	0	0	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+45	+59				+57	+65	+75	+87	+100	+130	+180	+240	
>100 a 120	-410	-240	-180		-95	-78		-36		-12	0	0	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+45	+59				+57	+65	+75	+87	+100	+130	+180	+240	
>120 a 140	-460	-260	-200		-100	-85		-43		-14	0	0	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+51	+67				+59	+68	+79	+92	+106	+140	+190	+260	
>140 a 160	-520	-280	-210		-105	-90		-43		-14	0	0	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+51	+67				+59	+68	+79	+92	+106	+140	+190	+260	
>160 a 180	-580	-310	-230		-110	-95		-43		-14	0	0	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+51	+67				+59	+68	+79	+92	+106	+140	+190	+260	
>180 a 200	-660	-340	-240		-115	-100		-43		-14	0	0	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+51	+67				+59	+68	+79	+92	+106	+140	+190	+260	
>200 a 225	-740	-380	-260		-120	-110		-50		-15	0	0	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+58	+75				+61	+70	+81	+95	+110	+140	+190	+260	
>225 a 250	-820	-420	-280		-125	-115		-50		-15	0	0	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+58	+75				+61	+70	+81	+95	+110	+140	+190	+260	
>250 a 280	-920	-480	-300		-130	-120		-56		-17	0	0	-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+64	+81				+64	+73	+85	+100	+115	+140	+190	+260	
>280 a 315	-1050	-540	-330		-135	-125		-56		-17	0	0	-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+64	+81				+64	+73	+85	+100	+115	+140	+190	+260	
>315 a 355	-1200	-600	-360		-140	-130		-62		-18	0	0	-18	-28		+4	0	+21	+37	+62	+70	+87				+67	+76	+88	+105	+120	+140	+190	+260	
>355 a 400	-1350	-680	-400		-145	-135		-62		-18	0	0	-18	-28		+4	0	+21	+37	+62	+70	+87				+67	+76	+88	+105	+120	+140	+190	+260	
>400 a 450	-1500	-760	-440		-150	-140		-68		-20	0	0	-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+76	+93				+70	+79	+92	+110	+125	+140	+190	+260	
>450 a 500	-1650	-840	-480		-155	-145		-68		-20	0	0	-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+76	+93				+70	+79	+92	+110	+125	+140	+190	+260	
>500 a 550					-160	-145		-76		-22	0	0			0	0	+26	+44	+78	+86	+103	+120				+73	+82	+95	+115	+130	+140	+190	+260	
>550 a 630					-160	-145		-76		-22	0	0			0	0	+26	+44	+78	+86	+103	+120				+73	+82	+95	+115	+130	+140	+190	+260	
>630 a 710					-160	-145		-76		-22	0	0			0	0	+26	+44	+78	+86	+103	+120				+73	+82	+95	+115	+130	+140	+190	+260	
>710 a 800					-160	-145		-76		-22	0	0			0	0	+26	+44	+78	+86	+103	+120				+73	+82	+95	+115	+130	+140	+190	+260	
>800 a 900					-170	-150		-86		-26	0	0			0	0	+34	+56	+100	+108	+125	+142				+77	+86	+99	+119	+130	+140	+190	+260	
>900 a 1000					-170	-150		-86		-26	0	0			0	0	+34	+56	+100	+108	+125	+142				+77	+86	+99	+119	+130	+140	+190	+260	
>1000 a 1120					-195	-165		-98		-28	0	0			0	0	+40	+66	+120	+128	+145	+162				+80	+89	+102	+122	+130	+140	+190	+260	
>1120 a 1250					-195	-165		-98		-28	0	0			0	0	+40	+66	+120	+128	+145	+162				+80	+89	+102	+122	+130	+140	+190	+260	
>1250 a 1400					-220	-180		-110		-30	0	0			0	0	+48	+78	+140	+148	+165	+182				+83	+92	+105	+125	+130	+140	+190	+260	
>1400 a 1600					-220	-180		-110		-30	0	0			0	0	+48	+78	+140	+148	+165	+182				+83	+92	+105	+125	+130	+140	+190	+260	
>1600 a 1800					-240	-200		-120		-32	0	0			0	0	+58	+92	+170	+178	+195	+212				+86	+95	+108	+128	+130	+140	+190	+260	
>1800 a 2000					-240	-200		-120		-32	0	0			0	0	+58	+92	+170	+178	+195	+212				+86	+95	+108	+128	+130	+140	+190	+260	
>2000 a 2240					-260	-220		-130		-34	0	0			0	0	+68	+110	+195	+203	+220	+237				+89	+98	+111	+131	+130	+140	+190	+260	
>2240 a 2500					-260	-220		-130		-34	0	0			0	0	+68	+110	+195	+203	+220	+237				+89	+98	+111	+131	+130	+140	+190	+260	
>2500 a 2800					-280	-240		-145		-38	0	0			0	0	+76	+135	+240	+248	+265	+282				+92	+101	+114	+134	+130	+140	+190	+260	
>2800 a 3150					-280	-240		-145		-38	0	0			0	0	+76	+135	+240	+248	+265	+282				+92	+101	+114	+134	+130	+140	+190	+260	

De la Tabla 51, se obtiene una desviación inferior para el eje correspondiente a $-0,008 mm$.

Tabla 52. Desviaciones fundamentales de los agujeros.

Grupos de dimensiones nominales (mm)	POSICIONES DE LAS TOLERANCIAS NORMALIZADAS																																
	Todos los grados de tolerancia													Todos los grados de tolerancia																			
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	IT6	IT7	IT8	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	≥IT9	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	≥IT9				
Hasta 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	0	+2	+4	+6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	
>3 a 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	0	+5	+6	+10	0	+0.5	0	+2	+3	+5						-3	-2.5	-3	-1	0	+2	-4
>6 a 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	0	+5	+8	+12	0	+0.5	+1	+2	+5	+6						-5	-4.5	-4	-3	0	+1	-6
>10 a 14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	0	+6	+10	+15	0	+1	+2	+2	+6	+8						-6	-5	-4	-4	0	+2	-7
>14 a 18	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	0	+6	+10	+15	0	+1	+2	+2	+6	+8						-6	-5	-4	-4	0	+2	-7
>18 a 24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	0	+8	+12	+20	-0.5	0	+1	+2	+6	+10						-6.5	-6	-5	-4	0	+4	-8
>24 a 30	+310	+170	+120		+70	+50		+25		+9	0	0	+10	+14	+24	-0.5	+1	+2	+3	+7	+12						-7.5	-6	-5	-4	0	+5	-9
>30 a 40	+320	+180	+130		+75	+55		+30		+10	0	0	+13	+18	+28	0	+1	+3	+4	+9	+14						-9	-8	-6	-5	0	+5	-11
>40 a 50	+340	+190	+140		+80	+60		+30		+10	0	0	+13	+18	+28	0	+1	+3	+4	+9	+14						-9	-8	-6	-5	0	+5	-11
>50 a 65	+360	+200	+150		+85	+65		+30		+10	0	0	+16	+22	+34	-1	+1	0	+1	+10													

Tabla 53. Desviaciones fundamentales de los ejes.

Grupos de dimensiones nominales (mm)	POSITIVE											
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Je
	Todos los grados de tolerancia											
Desviación inferior EI												
Hasta 3	+270	+140	+80	+34	+20	+14	+10	+6	4+	+2	0	
>3 a 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
>6 a 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
>10 a 14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	
>14 a 18												
>18 a 24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	
>24 a 30												
>30 a 40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0	
>40 a 50	+320	+180	+130									
>50 a 65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0	
>65 a 80	+360	+200	+150									
>80 a 100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0	
>100 a 120	+410	+240	+180									
>120 a 140	+460	+260	+200									
>140 a 160	+520	+280	+210		+145	+85		+43		+14	0	
>160 a 180	+580	+310	+230									
>180 a 200	+660	+340	+240									
>200 a 225	+740	+380	+260		+170	+100		+50		+15	0	
>225 a 250	+820	+420	+280									
>250 a 280	+920	+480	+300		+190	+110		+56		+17	0	
>280 a 315	+1050	+540	330									
>315 a 355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0	
>355 a 400	+1350	+680	+400									
>400 a 450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0	
>450 a 500	+1650	+840	+480									
>500 a 560					+260	+145		+76		+22	0	
>560 a 630												
>630 a 710					+290	+160		+80		+24	0	
>710 a 800												
>800 a 900					+320	+170		+88		+26	0	
>900 a 1000												
>1000 a 1120					+350	+195		+98		+28	0	
>1120 a 1250												
>1250 a 1400					+390	+220		+110		+30	0	
>1400 a 1600												
>1600 a 1800					+430	+240		+120		+32	0	
>1800 a 2000												
>2000 a 2240					+480	+260		+130		+34	0	
>2240 a 2500												
>2500 a 2800					+520	+290		+145		+38	0	
>2800 a 3150												

Desviación = ±ITn/2

De la Tabla 53, se concluye que la desviación inferior para el agujero es de +0,00 mm

Obteniendo unas tolerancias geométricas de:

$$Eje = 25 \text{ mm}_{-0,008}^{+0,013}$$

$$Agujero = 25 \text{ mm}_{-0,000}^{+0,008}$$

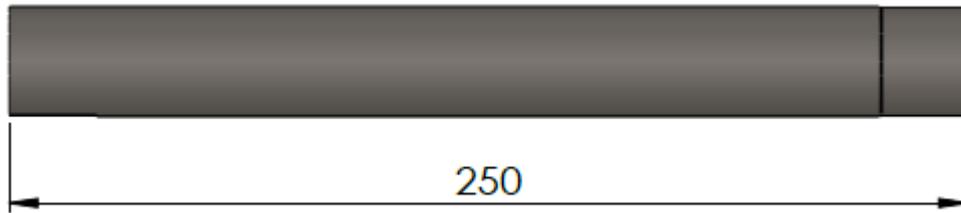


Figura 69. Longitud del elemento.

Para la tolerancia general del plano se toma en cuenta la longitud total del elemento, en este caso corresponde a **250 mm**, como se observa en la Figura 69, con este valor se selecciona la tolerancia general en la Tabla 54, de las cuales se obtiene el valor de $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Tabla 54. Tolerancias generales.

Tolerancias Generales									
	Descripción	$0,5 < d \leq 3$	$3 < d \leq 6$	$6 < d \leq 30$	$30 < d \leq 120$	$120 < d \leq 400$	$400 < d \leq 1000$	$1000 < d \leq 2000$	$2000 < d \leq 4000$
f	fina	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	-
m	media	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
c	grosera	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4
v	muy grosera	-	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8

Determinación de acabado superficial N6 para en mecanizado muy fino como se puede observar en la Tabla 55.

Tabla 55. Tipo de acabado superficial [67].

	Clase de Ra	Estado superficial	Procedimiento de fabricación	Aplicaciones
Sin sobremedida para mecanizado y sin arranque de viruta		Basto, sin eliminación de rebabas	Forja Fundición Corte con soplete	Bastidores de máquinas agrícolas (cultivadores, gradas, etc.)
	N12 N11	Basto, aunque sin rebabas	Forja, fundición y oxicorte de calidad	Maquinaria agrícola en general
Con sobremedida para mecanizado y arranque de viruta	N10 N9	Desbastado Marcas apreciables al tacto y visibles	Lima Torno Fresadora	Agujeros, avellanados, superficies no funcionales, ajustes fijos
	N8 N7	Marcas ligeramente perceptibles al tacto, aunque visibles	Lima, torno o fresadora con mayor precisión	Ajustes duros Caras de piezas para referencia o apoyo
	N6 N5	Acabado muy fino Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Preparación previa en torno o fresadora para acabar con rasqueteado, escañado, etc.	Ajustes deslizantes Correderas Aparataje de medida y control
	N4 N3 N2 N1	Acabado finísimo, especular Marcas totalmente invisibles	Acabado final mediante lapeado (acabado con abrasivo), bruñido o rectificación de calidad	Calibres y piezas especiales de precisión

Se determina una rugosidad, $R_a(\mu m) = 0,8$ de clase de rugosidad con un N6 de acabado superficial como se puede observar en la Tabla 56.

Tabla 56. Clase de rugosidad [67].

Rugosidad, R_a (μm)	Clase de rugosidad
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1

desbastes: N10 a N12; acabados: N9 a N6; acabados (abrasión): N5 a N1

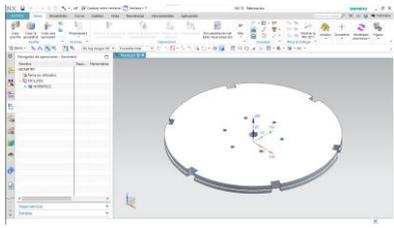
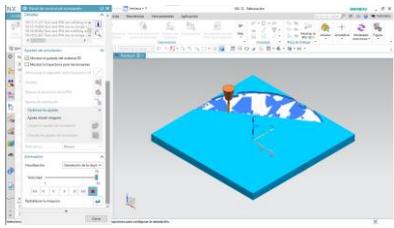
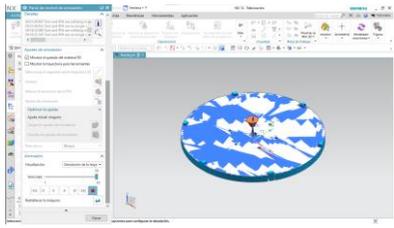
Determinación de tolerancias generales de rectitud o planitud de 0,8 mm para el mecanizado N6 como se puede ver en la Tabla 57.

Tabla 57. Tolerancia planicidad.

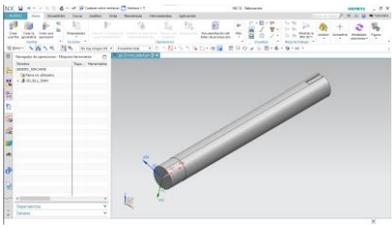
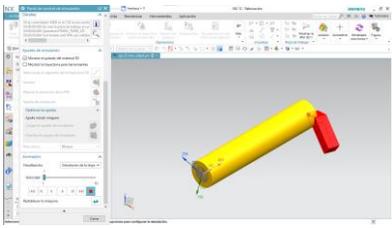
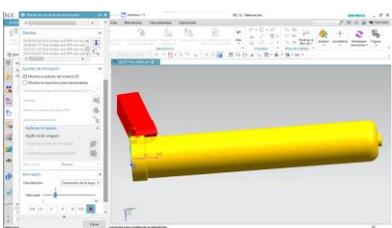
Clase de tolerancia	TOLERANCIAS DE RECTITUD Y PLANITUD					
	Se toma la longitud más significativa (más larga o \emptyset) (mm)					
a	$L \leq 10$	$10 > L \leq 30$	$30 > L \leq 100$	$100 > L \leq 300$	$300 > L \leq 1000$	$1000 > L \leq 3000$
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Anexo 2: Calendarización

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA												
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)													
Realizado por: Alexander, Wilmar					Fecha de elaboración: 23 de mayo del 2023								
Material: Nylon		Dimensiones en bruto: 600x600x32 mm		Conjunto: Engranaje		No. De pieza: 1 de 2	No. De Hoja: 1 de 2						
Ease	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud mm	Tiempo	
							V_c m/min	S rpm	F mm/min	P mm		Preparación (min)	Trabajo (min)

1	Diseño		Modelado del engranaje	Lapto p	NX12	Manual	0	0	0	0	0	30 min	45 min
2	Desbaste		Operación de desbaste con profundidad de pasada de 2 mm.	TRAVIS M-5	(1P222-1000-XB) Fresa Plana 10 mm	FAGOR	200 m/min	6366 rpm	814 mm/min	2 mm	600	10 min	45 min
3	Acabado		Operación de acabado fino con profundidad de corte de 0.5 mm	TRAVIS M-5	(1P222-1000-XB) Fresa esférica 5 mm.	FAGOR	170 m/min	10822 rpm	1774 mm/min	0,5 mm	600	5 min	20 min
TOTAL												150 min	

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA												
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)													
Realizado por: Alexander, Wilmar					Fecha de elaboración: 23 de mayo del 2023								
Material: Acero AISI 1018		Dimensiones en bruto: Ø 30x30 mm		Conjunto: Eje		No. De pieza: 2 de 2	No. De Hoja: 2 de 2						
Ease	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud mm	Tiempo	
							V_c m/min	S rpm	F mm/min	P mm		Preparación (min)	Trabajo (min)

1	Diseño		Modelado de la pieza	Lapto p	NX12	Manual	0	0	0	0	0	10 min	15 min
2	Refrentado		Operación de refrentado de 10 mm.	TRAVIS M-5	Inserto (OD_80 L)	FANUC	170 m/min	3183 rpm	509,28 mm/min	2 mm	250	10 min	5 min
3	Cilindrado		Operación de desbaste exterior de 2 mm.	TRAVIS M-5	(Inserto (OD_80 L)	FANUC	170 m/min	3183 rpm	509,28 mm/min	2 mm	250	10 min	5 min
TOTAL												55 min	

Anexo 3: Cálculo de velocidades para mecanizado

Tabla 58. Descripción de la fresadora CNC Travis M-5.

Ubicación:	
Área de producción	
Modelo:	
M-5	
Fabricante:	
Travis	
Voltaje:	
220-380 V	
Potencia:	
5/7,5 hp	
Revoluciones:	
0-8000 rpm	
Superficie de mesa:	
1270x655 mm	

Lista de componentes principales		
N°	Descripción del componente	Características
1	Porta herramientas	3 herramientas
2	CPU	Fagor 8055 Plus
3	Cambio de herramienta	Automático
4	Unidad de mantenimiento	VERTEX

Para el cálculo de velocidades para el mecanizado en el software NX12, se considera los parámetros de descritos en las siguientes Tablas 59 y 60 para un material de Nylon.

Tabla 59. Selección de la fresa enteriza para desbaste en el catálogo Sandvik [68].

DC	CZC _{MS}	APMX	CHW	KCH	LU	ZEPF	Código de pedido	Dimensiones, mm					
								1000	1000	1000	1000		
2.0	6	4.5			4.5	4	1P222-0200-XB	*	*	*	*	DCON _{MS}	LF
	6	4.5			4.5	4	1P222-0200-XA	*	*	*	*	6.0	50.0
3.0	6	5.5	0.08	45°	5.0	4	1P222-0300-XB	*	*	*	*	6.0	50.0
	6	5.5	0.08	45°	5.5	4	1P222-0300-XA	*	*	*	*	6.0	50.0
4.0	6	8.5	0.13	45°	8.5	4	1P222-0400-XB	*	*	*	*	6.0	54.0
	6	8.5	0.13	45°	8.5	4	1P222-0400-XA	*	*	*	*	6.0	54.0
5.0	6	9.5	0.13	45°	9.5	4	1P222-0500-XB	*	*	*	*	6.0	54.0
	6	9.5	0.13	45°	9.5	4	1P222-0500-XA	*	*	*	*	6.0	54.0
6.0	6	10.5	0.13	45°	10.5	4	1P222-0600-XB	*	*	*	*	6.0	54.0
	6	10.5	0.13	45°	10.5	4	1P222-0600-XA	*	*	*	*	6.0	54.0
7.0	8	11.5	0.13	45°	11.5	4	1P222-0700-XB	*	*	*	*	8.0	58.0
	8	12.5	0.13	45°	12.5	4	1P222-0800-XA	*	*	*	*	8.0	58.0
8.0	8	12.5	0.13	45°	12.5	4	1P222-0800-XB	*	*	*	*	8.0	58.0
	8	12.5	0.13	45°	12.5	4	1P222-0800-XA	*	*	*	*	8.0	58.0
10.0	10	14.5	0.20	45°	14.5	4	1P222-1000-XB	*	*	*	*	10.0	66.0
	10	14.5	0.20	45°	14.5	4	1P222-1000-XA	*	*	*	*	10.0	66.0
12.0	12	16.5	0.20	45°	16.5	4	1P222-1200-XB	*	*	*	*	12.0	73.0
	12	16.5	0.20	45°	16.5	4	1P222-1200-XA	*	*	*	*	12.0	73.0
16.0	16	22.5	0.20	45°	22.5	4	1P222-1600-XB	*	*	*	*	16.0	82.0
	16	22.5	0.20	45°	22.5	4	1P222-1600-XA	*	*	*	*	16.0	82.0
20.0	20	26.5	0.30	45°	26.5	4	1P222-2000-XB	*	*	*	*	20.0	92.0
	20	26.5	0.30	45°	26.5	4	1P222-2000-XA	*	*	*	*	20.0	92.0
25.0	25	32.5	0.30	45°	32.5	4	1P222-2500-XA	*	*	*	*	25.0	121.0

Tabla 60. Selección de velocidades, ancho y profundidad de pasada [68].







ISO	Núm. MC	CMC	Material	HB	ℓ	$a_p = 1.0 \times DC$ $a_p = 0.5 \times DC$			$a_p = 0.5 \times DC$ $a_p = 1.0 \times DC$			$a_p = 0.1 \times DC$ $a_p = 1.5 \times DC$		
						v_c , m/min	v_c , pie/min	f_z	v_c , m/min	v_c , pie/min	f_z	v_c , m/min	v_c , pie/min	f_z
	P1.2.Z.AN	01.2	Acero no aleado	190	A04	145	476	A02	175	574	A06	290	951	
P	P2.2.Z.AN	02.2	Acero de baja aleación	240	A04	110	361	A02	135	443	A06	200	656	
	P3.0.Z.H1	03.21	Acero de alta aleación	380	A04	80	262	A02	100	328	A06	170	558	
M	P5.0.Z.AN	05.11	Acero inoxidable ferrítico/martensítico	200	A04	65	213	A02	80	262	A06	150	492	
	M1.0.Z.AQ	05.21	Acero inoxidable austenítico	200	A03	65	213	A01	80	262	A05	120	394	
	M3.2.Z.AQ	05.51	Acero inoxidable dúplex (austenítico/ferrítico)	260	A03	55	180	A01	70	230	A05	90	295	
K	K1.1.C.NS	07.2	Fundición maleable	200	A04	140	459	A02	165	541	A06	150	492	
	K2.1.C.UT	08.2	Fundición gris	180	A04	130	427	A02	150	492	A06	200	656	
	K3.2.C.UT	09.2	Fundición nodular	215	A04	125	410	A02	145	476	A06	155	509	
S	S1.0.U.AG	20.12	Superaleaciones con base de hierro	280	A03	30	98	A01	40	131	A05	50	164	
	S2.0.Z.AG	20.22	Superaleaciones con base de níquel	350	A03	30	98	A01	40	131	A05	60	197	
	S4.2.Z.AN	23.22	Aleaciones con base de titanio	320	A03	40	131	A01	50	164	A05	100	328	

Tabla 61. Selección de avance por diente a partir del catálogo de Sandvik [68].

D_2	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000	6.350	8.000	9.525	10.000	12.000	12.700	14.000	15.875	16.000	18.000	19.050	20.000	25.000	25.400
f_z	0.039	0.079	0.118	0.157	0.236	0.250	0.315	0.375	0.394	0.472	0.500	0.551	0.625	0.630	0.709	0.750	0.787	0.984	1.000
A01	0.001 .0001	0.003 .0001	0.005 .0002	0.008 .0003	0.013 .0005	0.013 .0005	0.020 .0008	0.021 .0011	0.021 .0011	0.035 .0014	0.035 .0014	0.040 .0016	0.050 .0020	0.050 .0020	0.060 .0022	0.060 .0022	0.080 .0024	0.080 .0024	0.080 .0031
A02	0.002 .0002	0.004 .0002	0.008 .0004	0.012 .0005	0.020 .0008	0.020 .0008	0.030 .0009	0.040 .0014	0.040 .0014	0.050 .0016	0.060 .0016	0.070 .0020	0.080 .0022	0.080 .0022	0.090 .0024	0.090 .0028	0.100 .0028	0.110 .0031	0.110 .0031
A03	0.002 .0002	0.005 .0002	0.009 .0004	0.013 .0005	0.020 .0008	0.020 .0008	0.023 .0009	0.035 .0014	0.035 .0014	0.040 .0016	0.040 .0016	0.050 .0020	0.055 .0022	0.055 .0022	0.060 .0024	0.060 .0028	0.070 .0028	0.080 .0031	0.080 .0031
A04	0.003 .0001	0.007 .0003	0.013 .0005	0.020 .0008	0.030 .0012	0.030 .0012	0.040 .0016	0.050 .0020	0.050 .0020	0.060 .0024	0.060 .0024	0.070 .0028	0.080 .0031	0.080 .0031	0.090 .0035	0.100 .0039	0.100 .0039	0.110 .0043	0.110 .0043
A05	0.002 .0002	0.006 .0002	0.010 .0004	0.016 .0006	0.027 .0010	0.027 .0010	0.041 .0016	0.055 .0022	0.055 .0022	0.072 .0028	0.072 .0028	0.082 .0032	0.103 .0040	0.103 .0040	0.113 .0044	0.123 .0048	0.123 .0048	0.164 .0065	0.164 .0065
A06	0.004 .0002	0.008 .0003	0.016 .0006	0.025 .0010	0.041 .0016	0.041 .0016	0.062 .0024	0.082 .0032	0.082 .0032	0.103 .0040	0.103 .0040	0.123 .0048	0.144 .0056	0.144 .0056	0.164 .0065	0.185 .0073	0.185 .0073	0.236 .0093	0.236 .0093

Tabla 62. Selección de k_{c1} [68].

ISO P	N.º CMC	Acero	Fuerza de corte específica k_{c1}	Dureza Brinell
Núm. MC	CMC	Material	N/mm²	HB
Acero no aleado				
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1–0.25%	1500	125
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170
Acero de baja aleación (elementos de aleación ≤5%)				
P2.1.Z.AN	02.1	No templado	1700	180
P2.1.Z.AN	02.12	Acero para rodamientos de bola	1800	210
P2.5.Z.HT	02.2	Endurecido y templado	1850	275
P2.5.Z.HT	02.2	Endurecido y templado	2050	350
Acero de alta aleación (elementos de aleación >5%)				
P3.0.Z.AN	03.11	Recocido	1950	200
P3.0.Z.HT	03.21	Acero de herra. templado	3000	325

Tabla 63. Selección de fresas esféricas [68].

DC	CZC _{MS}	APMX	RE _i	LU	ZEPF	Código de pedido	Dimensiones, mm					
							P	M	K	S		
1.0	3	3.0	0.50	3.0	2	1B230-0100-XA	1630	1630	1630	1630	3.0	38.0
1.5	3	3.0	0.75	3.0	2	1B230-0150-XA	1630	1630	1630	1630	3.0	38.0
2.0	3	6.0	1.00	6.0	2	1B230-0200-XA	1630	1630	1630	1630	3.0	38.0
2.5	3	7.0	1.25	7.0	2	1B230-0250-XA	1630	1630	1630	1630	3.0	38.0
3.0	3	7.0	1.50	7.0	2	1B230-0300-XA	1630	1630	1630	1630	3.0	38.0
4.0	6	8.0	2.00	8.0	2	1B230-0400-XA	1630	1630	1630	1630	6.0	57.0
5.0	6	10.0	2.50	10.0	2	1B230-0500-XA	1630	1630	1630	1630	6.0	57.0
6.0	6	10.0	3.00	10.0	2	1B230-0600-XA	1630	1630	1630	1630	6.0	57.0
7.0	8	13.0	3.50	13.0	2	1B230-0700-XA	1630	1630	1630	1630	8.0	63.0
8.0	8	16.0	4.00	16.0	2	1B230-0800-XA	1630	1630	1630	1630	8.0	63.0
9.0	10	16.0	4.50	16.0	2	1B230-0900-XA	1630	1630	1630	1630	10.0	72.0
10.0	10	19.0	5.00	19.0	2	1B230-1000-XA	1630	1630	1630	1630	10.0	72.0
12.0	12	22.0	6.00	22.0	2	1B230-1200-XA	1630	1630	1630	1630	12.0	83.0
14.0	14	22.0	7.00	22.0	2	1B230-1400-XA	1630	1630	1630	1630	14.0	83.0
16.0	16	26.0	8.00	26.0	2	1B230-1600-XA	1630	1630	1630	1630	16.0	92.0
18.0	18	26.0	9.00	26.0	2	1B230-1800-XA	1630	1630	1630	1630	18.0	92.0
20.0	20	32.0	10.00	32.0	2	1B230-2000-XA	1630	1630	1630	1630	20.0	104.0

Tabla 64. Valores representativos de n y C en la ecuación de la vida de las herramientas de Taylor.

Material de herramienta	n	C			
		Corte sin acero		Corte con acero	
		m/min	ft/min	m/min	ft/min
Acero para herramienta simple al carbono	0.1	70	(200)	20	60
Acero de alta velocidad	0.125	120	(350)	70	200
Carburo cementado	0.25	900	(2 700)	500	1 500
Cermet	0.25			600	2 000
Carburo recubierto	0.25			700	2 200
Cerámico	0.6			3 000	10 000

En la Tabla 65, se detalla los parámetros y propiedades de la fresa, inserto y herramientas necesarias para el mecanizado de los diferentes elementos mecánicos.

Tabla 65. Velocidades de corte y otros parámetros para operaciones de fresado.

Datos para el cálculo del mecanizado		
Desbaste	Acabado	General
<p>Tipo de fresa → enteriza plana</p> <p>Diámetro fresa (DC) = 10 mm</p> <p>Número de dientes (Z) = 4</p> <p>Radio de punta (Re) = 0,2 mm</p> <p>Velocidad de corte (Vc) = 200 m/min</p> <p>Avance por diente (fz) = 0,032 mm</p> <p>Ancho de pasada radial (a_e) = 0,5xD mm</p> <p>Profundidad de pasada axial (ap) = 1xD mm</p>	<p>Tipo de fresa → enteriza bola</p> <p>Diámetro fresa (DC) = 5 mm</p> <p>Número de dientes (Z) = 2</p> <p>Radio de punta (Re) = 0,5 mm</p> <p>Velocidad de corte (Vc) = 170 m/min</p> <p>Avance por diente (fz) = 0,082 mm</p> <p>Ancho de pasada radial (a_e) = 0,1xD mm</p> <p>Profundidad de pasada axial (ap) = 1,5xD mm</p>	<p>Profundidad de corte ($APMAX$) = 30 mm</p> <p>Fuerza de corte específica ($kc1$) = 1500 N/mm²</p> <p>Rendimiento máquina (n) = 90 %</p> <p>Material de herramienta = Carburo cementado</p> <p>Material a maquinar = Nylon</p> <p>Profundidad de corte total (P) = 32 mm</p> <p>Longitud de corte (L) = 600 mm</p> <p>Ángulo de desprendimiento ($KAPP$) = 90 grados</p> <p>$mc = 0,25$</p> <p>Aproximación a corte entrada ($l1$) = 2 mm</p> <p>Aproximación a corte salida ($l2$) = 2 mm</p>

En la Tabla 66, se determina los parámetros necesarios para el mecanizado de los diferentes elementos mecánicos.

Tabla 66. Cálculo de las principales variables que intervienen durante el fresado.

Desbaste	Acabado
Fresa Plana $D_c = 10 \text{ mm}$	Fresa Esférica $D_c = 5 \text{ mm}$
<p>Cálculo de a_p $a_p = 1 * D_c$ $a_p = 1 * 10$ $a_p = 10 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de a_e $a_e = 0,5 * D_c$ $a_e = 0,5 * 10$ $a_e = 5 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de velocidad del husillo S: $S = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_c}$ $S = \frac{200 * 1000}{\pi * 10}$ $S = 6366 \text{ rpm}$</p> <p>Valor de f_z: $f_z = 0,032 \text{ mm/diente}$</p> <p>Cálculo del espesor medio de viruta h_m: $h_m = f_z * \sqrt{\frac{a_p}{D_c}}$ $h_m = 0,032 * \sqrt{\frac{10}{10}}$ $h_m = 0,032 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de velocidad de avance $F = S * f_z * Z$ $F = 6366 * 0,032 * 4$ $F = 814,848 \text{ mm/min}$</p> <p>Cálculo de la cantidad de remoción de material Q: $Q = \frac{V_c * a_p * F}{1000}$ $Q = \frac{200 * 10 * 814,848}{1000}$ $Q = 0,27 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$</p> <p>Cálculo de k_c:</p>	<p>Cálculo de a_p $a_p = 1,5 * D_c$ $a_p = 1,5 * 5$ $a_p = 5,5 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de a_e $a_e = 0,1 * D_c$ $a_e = 0,1 * 5$ $a_e = 0,5 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de velocidad del husillo S: $S = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_c}$ $S = \frac{170 * 1000}{\pi * 5}$ $S = 10822 \text{ rpm}$</p> <p>Valor de f_z: $f_z = 0,082 \text{ mm/diente}$</p> <p>Cálculo del espesor medio de viruta h_m: $h_m = f_z * \sqrt{\frac{a_p}{D_c}}$ $h_m = 0,082 * \sqrt{\frac{5,5}{5}}$ $h_m = 0,086 \text{ mm}$</p> <p>Cálculo de velocidad de avance $F = S * f_z * Z$ $F = 10822 * 0,082 * 2$ $F = 1774,808 \text{ mm/min}$</p> <p>Cálculo de la cantidad de remoción de material Q: $Q = \frac{V_c * a_p * F}{1000}$ $Q = \frac{170 * 5,5 * 1774,808}{1000}$ $Q = 0,166 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$</p> <p>Cálculo de k_c:</p>

$$K_c = K_{c1} * h_m^{-mc} \left(1 - \frac{V}{100}\right)$$

$$K_c = 1500 * 0,032^{-0,25} \left(1 - \frac{90}{100}\right)$$

$$K_c = 199,5 \text{ N/mm}^2$$

Cálculo de la potencia de corte P_c :

$$P_c = \frac{ap * a_e * F * k_c}{60 * 10^3}$$

$$P_c = \frac{10 * 5 * 199,5 * 1500}{60 * 10^3}$$

$$P_c = 0,249 \text{ kW}$$

Cálculo de la potencia del motor de la fresadora del taller Balladares

$$P_m = 18,64 \text{ kW}$$

$$P_e = P_m * 0,9$$

$$P_e = 18,64 * 0,9$$

$$P_e = 16,776 \text{ kW}$$

$$P_c < P_e \therefore \text{Si cumple}$$

Cálculo del par motor M_c :

$$M_c = \frac{P_c * 30 * 1000}{\pi * S}$$

$$M_c = \frac{0,249 * 30 * 1000}{\pi * 6366}$$

$$M_c = 0,374 \text{ Nm}$$

Cálculo del número de pasadas

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

$$n = \frac{2}{10}$$

$$n = 0,5 \approx 1 \text{ pasada}$$

Como se tiene que bajar una profundidad total de 2 mm, se realiza una pasada de 2 mm.

Cálculo del tiempo de mecanizado:

$$L = e_1 + \frac{\phi}{2} + l + \frac{\phi}{2} + e_2$$

$$L = 2 + \frac{10}{2} + 600 + \frac{10}{2} + 2$$

$$L = 614 \text{ mm}$$

Tf para $n = 1$ pasada

$$Tf = n * \frac{L}{F}$$

$$Tf = 1 * \frac{614}{199,5}$$

$$Tf = 3,007 \text{ min}$$

Cálculo de la vida útil de la herramienta:

Para una herramienta de **Carburo cementado con CORTE SINACERO**

$$n = 0,25, C = 900 \text{ m/min}$$

$$T = \left(\frac{C}{V_c}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$K_c = K_{c1} * h_m^{-mc} \left(1 - \frac{V}{100}\right)$$

$$K_c = 1950 * 0,007^{-0,25} \left(1 - \frac{90}{100}\right)$$

$$K_c = 505,61 \text{ N/mm}^2$$

Cálculo de la potencia de corte P_c :

$$P_c = \frac{ap * a_e * F * k_c}{60 * 10^3}$$

$$P_c = \frac{5,5 * 0,5 * 1774 * 1500}{60 * 10^3}$$

$$P_c = 0,121 \text{ kW}$$

Cálculo de la potencia del motor de la fresadora del laboratorio de la Facultad

$$P_m = 18,64 \text{ kW}$$

$$P_e = P_m * 0,9$$

$$P_e = 18,64 * 0,9$$

$$P_e = 16,776 \text{ kW}$$

$$P_c < P_e \therefore \text{Si cumple}$$

Cálculo del par motor M_c :

$$M_c = \frac{P_c * 30 * 1000}{\pi * S}$$

$$M_c = \frac{0,121 * 30 * 1000}{\pi * 10822}$$

$$M_c = 0,10 \text{ Nm}$$

Cálculo del número de pasadas

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

$$n = \frac{1}{5,5}$$

$$n = 0,55 \approx 1 \text{ pasada}$$

Cálculo del tiempo de mecanizado:

$$L = e_1 + \frac{\phi}{2} + l + \frac{\phi}{2} + e_2$$

$$L = 2 + \frac{5}{2} + 600 + \frac{5}{2} + 2$$

$$L = 609 \text{ mm}$$

Tf para $n = 1$ pasada

$$Tf = n * \frac{L}{F}$$

$$Tf = 1 * \frac{609}{1774}$$

$$Tf = 0,34 \text{ min}$$

Cálculo de la vida útil de la herramienta:

Para una herramienta de **Carburo cementado con CORTE SINACERO**

$$n = 0,25, C = 900 \text{ m/min}$$

$$T = \left(\frac{C}{V_c}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$T = \left(\frac{900}{1770}\right)^{\frac{1}{0,25}}$$

$$T = 785,6 \text{ min}$$

$T = \left(\frac{900}{200}\right)^{\frac{1}{0,25}}$ $T = 410 \text{ min}$ <p>Cálculo del número de insertos: <i>vida útil de la herramienta / tiempo total</i></p> $\frac{410}{3,007} \approx 136,36$ <p>Un inserto podrá maquinar 137 ruedas de Nylon.</p> <p>Cálculo de rugosidad máxima:</p> $R_{a1} = \frac{f_z^2}{8 * R_e}$ $R_{a1} = \frac{(0,032)^2}{8 * (0,8)}$ $R_{a1} = 0,16 \mu m$ <p>Cálculo de rugosidad en concordancia:</p> $R_i = \frac{0,125 * f_z^2}{\frac{D_c}{2} + \frac{f_z * z}{\pi}} * 1000$ $R_i = \frac{0,125 * (0,032)^2}{\frac{10}{2} + \frac{(0,032) * 4}{\pi}} * 1000$ $R_i = 0,0283 \mu m$ <p>Cálculo de rugosidad en contraposición:</p> $R_i = \frac{0,125 * f_z^2}{\frac{D_c}{2} - \frac{f_z * z}{\pi}} * 1000$ $R_i = \frac{0,125 * (0,032)^2}{\frac{10}{2} - \frac{(0,032) * 4}{\pi}} * 1000$ $R_i = 0,0333 \mu m$	<p>Cálculo del número de insertos: <i>vida útil de la herramienta / tiempo total</i></p> $\frac{785,6}{0,34} \approx 2310,6$ <p>Un inserto podrá maquinar 2310,6 ruedas de Nylon.</p> <p>Cálculo de rugosidad máxima:</p> $R_{a1} = \frac{f_z^2}{8 * R_e}$ $R_{a1} = \frac{(0,082)^2}{8 * (1)}$ $R_{a1} = 0,5 \mu m$ <p>Cálculo de rugosidad en concordancia:</p> $R_i = \frac{0,125 * f_z^2}{\frac{D_c}{2} + \frac{f_z * z}{\pi}} * 1000$ $R_i = \frac{0,125 * (0,082)^2}{\frac{5}{2} + \frac{(0,082) * 2}{\pi}} * 1000$ $R_i = 0,0198 \mu m$ <p>Cálculo de rugosidad en contraposición:</p> $R_i = \frac{0,125 * f_z^2}{\frac{D_c}{2} - \frac{f_z * z}{\pi}} * 1000$ $R_i = \frac{0,125 * (0,082)^2}{\frac{5}{2} - \frac{(0,082) * 2}{\pi}} * 1000$ $R_i = 0,0201 \mu m$
--	---

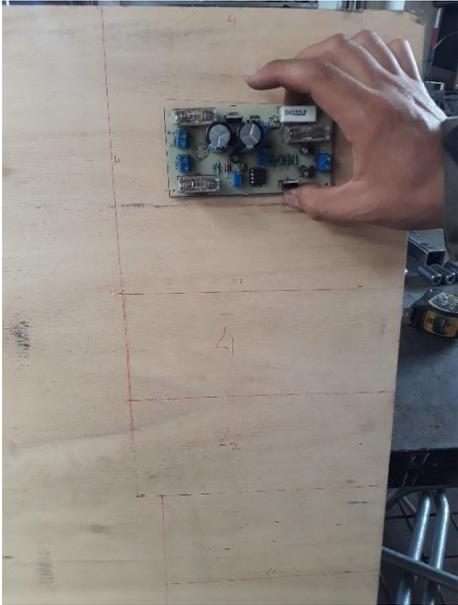
Anexo 4: Fotografías de la construcción











Anexo 5: Bitácoras de producción de la granja avícola

21) ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y SANITIZACIÓN
(DESINFECCIÓN)

PAG. 1 DE 1

FECHA	ÁREA	QUÍMICO	DOSES	DURACION	METODO	RESPONSABLE	PARAMETROS LIMPIEZA	SUPERVISOR Y OBSERVACIONES
12/3/22	GA 2	Amoxi	50ml	50 Hs	Atomiz	Ayda Tessa	Piso, Paredes, Toldo	Tuición # 2, extracción
01/04/22	GA 2	Am S	20kg	100 Hs	Atomiz	Ayda T.	P. Pared	Antes piso y nueva pared
01/04/22	GA 3	Am	25kg	100 Hs	Atomiz	H. Tavera	Atención q.	Piso y paredes
12/4/22	GA 3	cebo	20ml	50 Hs	Atomiz	H. Tavera	Int y ext	Tuición Toldo (Amoxi)
4-5-22	GA 1	Desfud	-	-	Check	CRISTINA	Piso Toldo	TRABAJOS MANUALES
4-5-22	GA 1	Lavena	150 Hs	-	laboral	Ayda Tessa	Toldo el GAL # 1	LAVAR Toldo GA # 1
5-5-22	GA 1	Amoxi	25ml	50 Hs	Atomiz	Ayda Tessa	NT y EXT	Toldo el GA # 1

GRANJA "LA JUANITA"		10) MANTENCIÓN /mantenimientos de cercas, podas de arbustos, arcos de desinfección, etc.	
UNIDAD	INDICADOR	REGISTRO Nº	CERVENO
PREPARADO POR		APROBADO POR	FECHA APROBACIÓN
Datos (Relacionados con el Sistema) Fecha: 13 / 05 / 2021 Hora de Verificación del Problema: 7:00		Fecha de Inicial de Actividad: 13 / 05 / 2021 Hora de Terminada la Tarea: 9:00	
Código del Mantenimiento	Instalación	Máquina	Equipo
Número	Vía al Acceso	Motocicleta	E.E.P.
Código del Mantenimiento	Preventiva	Correctiva	Reparación
Número	1000		
Descripción de Actividades Ejecutadas: Se procedió a la poda de arboles frutales que obstruyen la vía de ingreso principal a las naves			
Razones Intervenciones / Reparación y Acciones			
Humanos / Técnicos / Obreros		Materiales	Unidades
Nombres y Apellidos	Cargo		
Hector Treviño	Operario	Combustible, Pinturas	
Nombre y Firma Responsable del Registro.		Nombre y Firma responsable de Verificación del Registro.	

GRANJA "LA SIANITA"		20 ACTIVIDADES DE LIMPIEZA Y SANITIZACION (DESINFECTACION)						
FECHA DE EJECUCION	TIPO DE AREA	EXTENSION	CONSUMO	PERSONAS	METODOS	REACTIVOS	PARAMETROS LIMPIEZA	Observaciones / Observaciones
24/01/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	Agua + Trapa		Desinfectación Total
25/01/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
26/01/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
27/01/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
28/01/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
29/01/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
30/01/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
31/01/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
01/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
02/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
03/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
04/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
05/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
06/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
07/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
08/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
09/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
10/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
11/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
12/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
13/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
14/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
15/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
16/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
17/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
18/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
19/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
20/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
21/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
22/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
23/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
24/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
25/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
26/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
27/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
28/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
29/02/21	Gal 1	Arroz	20 m ²	20 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
30/02/21	Gal 2	Arroz	25 m ²	25 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total
31/02/21	Gal 3	Arroz	30 m ²	30 Hs	Fumigación	A. Trapa		Desinfectación Total

Anexo 6: Diseño de la placa electrónica

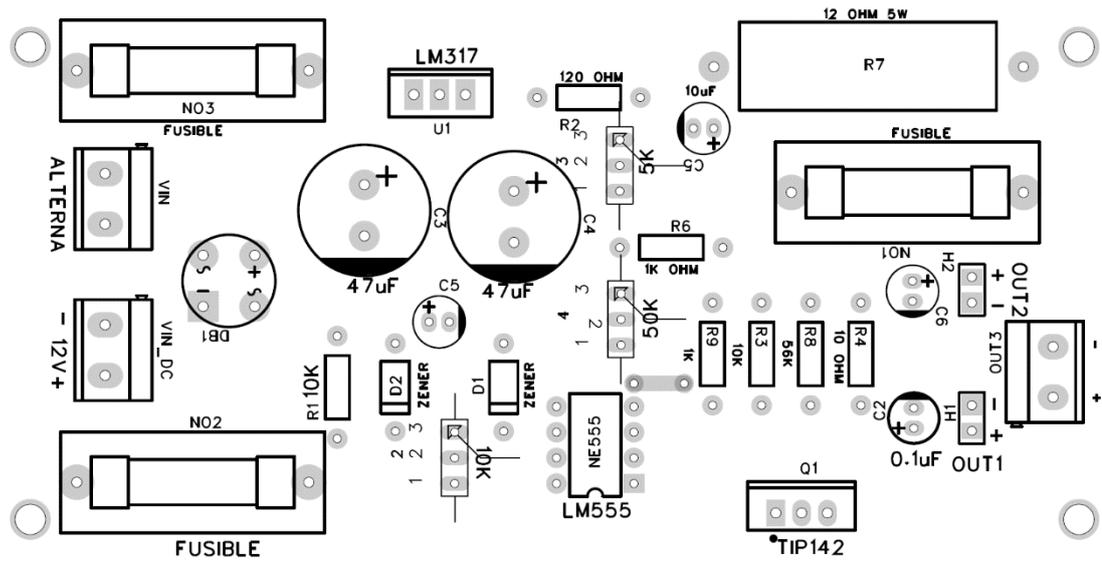


Figura 70. Diseño de la placa electrónica.

Anexo 7: Certificado de culminación



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN.

Ambato, 20 de septiembre de 2023.

José Antonio Toasa Escobar, en mi calidad de Presidente y Representante Legal de CONSGACOM CÍA. LTDA, con RUC No. 0992701161001, me permito poner en su conocimiento **la culminación, entrega y aceptación del desarrollo del Trabajo de Integración Curricular** bajo el Tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO DE POLLOS PARA LA GRANJA AVÍCOLA TÍA JUANITA“, **el mismo que fue desensamblado para ir a instalar en lugar indicado en el tema**, propuesto por los estudiantes: **BRYAN ALEXANDER VALENCIA TOASA** portador de la Cédula de ciudadanía No. 1805131305 y **WILMAR EDISON VACA ALDAS** portador de la Cédula de ciudadanía No. 1804361002 respectivamente, estudiantes de la carrera de MECÁNICA, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente



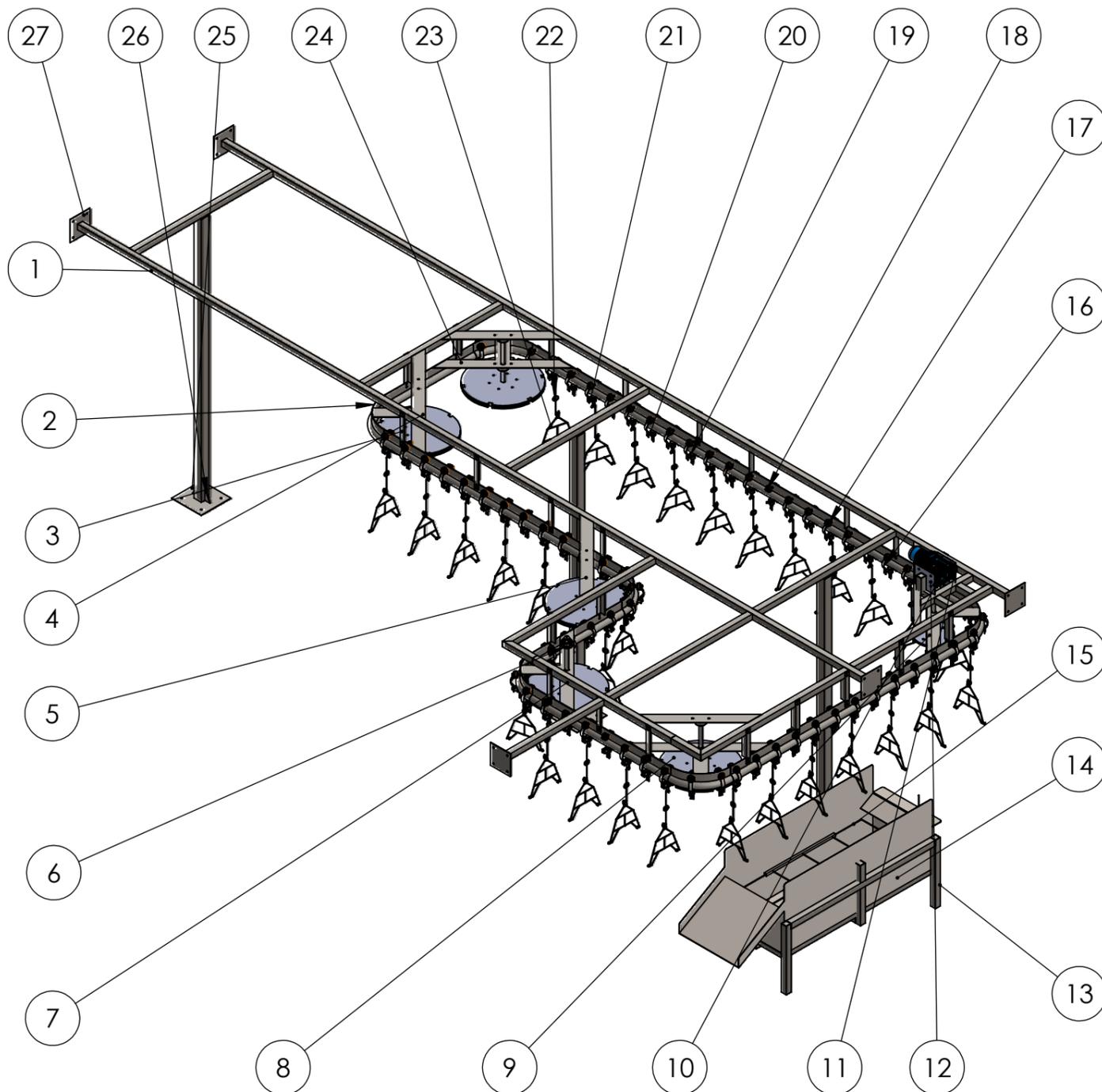
Firmado electrónicamente por:
JOSE ANTONIO TOASA
ESCOBAR

José Antonio Toasa Escobar.
Presidente y Representante Legal de
CONSGACOM CÍA. LTDA
(Cedula No. 1802784189)
(Teléfono: 0994181296)

Anexo 8: Planos

NOQUEADOR ELECTROMECAÁNICO

LISTA DE MATERIALES



N.º de pieza(s)	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	N.º del Modelo/ Semiproducto	Peso kg/pieza	Obsevaciones
5	Zapata superior	PL 200x4 mm	ASTM A36	27	Plancha	0,5	Construcción
6	Aleta inferior	PL 100x4 mm	ASTM A36	26	Plancha	0,1	Construcción
3	Zapata inferior	PL 150x4 mm	ASTM A36	25	Plancha	0,5	Construcción
5	Placa entre eje	PL 50x4 mm	ASTM A36	24	Plancha	0,8	Construcción
32	Gancho inferior	∅ 5 mm	AISI 316	23	Barra circular	0,3	Construcción
32	Gancho sujetador	∅ 5 mm	AISI 316	22	Barra circular	0,2	Construcción
65	Abrasadera	PL 12,5x3 mm	AISI 306	21	Platina	0,01	Compra
70	Pasador	∅ 12,5x50 mm	ASTM A36	20	Tubo circular	0,01	Construcción
70	Sujetador de cadena	PL 12,5x200 mm	ASTM A36	19	Platina	0,15	Construcción
172	Arandela plana	∅ 6,35 mm	ASTM A36	18	Plancha	0,05	Construcción
140	Rueda	∅ 63,5 mm		17	Varios	0,2	Compra
140	Platina trole superior	PL 12,5x170 mm	ASTM A36	16	Platina	0,1	Construcción
1	Electrodo tipo malla	∅ 5 mm	ASTM A36	15	Barra circular	0,5	Construcción
1	Tina	360 litros	AISI 316	14	Plancha	5	Construcción
1	Estructura soporte de tina	TC 50x50x3 mm	ASTM A36	13	Tubo cuadrado	27	Construcción
1	Placa sujeta motorreductor	210x200x4 mm	ASTM A36	12	Plancha	0,25	Construcción
1	Placa sujeta motorreductor derecho	200x200x4 mm	ASTM A36	11	Plancha	0,2	Construcción
1	Motor reductor	MRV 75, 1Hp	Varios	10	Varios	3,8	Compra
6	Brida engranaje	∅ 300x2 mm	ASTM A36	9	Plancha	0,5	Construcción
6	Engranaje	∅ 600x3 mm	Nylón	8	Plancha	1,5	Construcción
5	Eje	∅ 28x250 mm	AISI 1018	7	Barra/Eje	0,4	Construcción
10	Chumacera	SKF_F2B30M_FM	Varios	6	Varios	0,25	Compra
1	Placa sujetadora de chumacera exterior	PL 700x4 mm	ASTM A36	5	Plancha	2,5	Construcción
4	Placa sujetadora de chumacera	PL 600x4 mm	ASTM A36	4	Plancha	2	Construcción
23	Templador	AL 40x4 de 300mm	ASTM A36	3	Angulo	0,6	Construcción
1	Riel noqueador	TR 63,5x 2mm y PL 70x3 mm	ASTM A36	2	Tubo redondo y platina	68	Construcción
1	Estructura superior	TC 100x100x3 mm	ASTM A36	1	Tubo cuadrado	100	Construcción

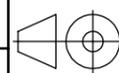
Tolerancia:		Peso:		Material:	
±1		430 kg		VARIOS	
FECHA		NOMBRE		Denominación:	
DIBUJÓ: 23/05/2023		Alexander, Wilmar		Noqueador electromecánico	
REVISÓ: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		Escala: 1:50	
APROBÓ: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		Registro:	
U.T.A.		N.º De Lámina		HOJA 1 DE 25	
INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)			

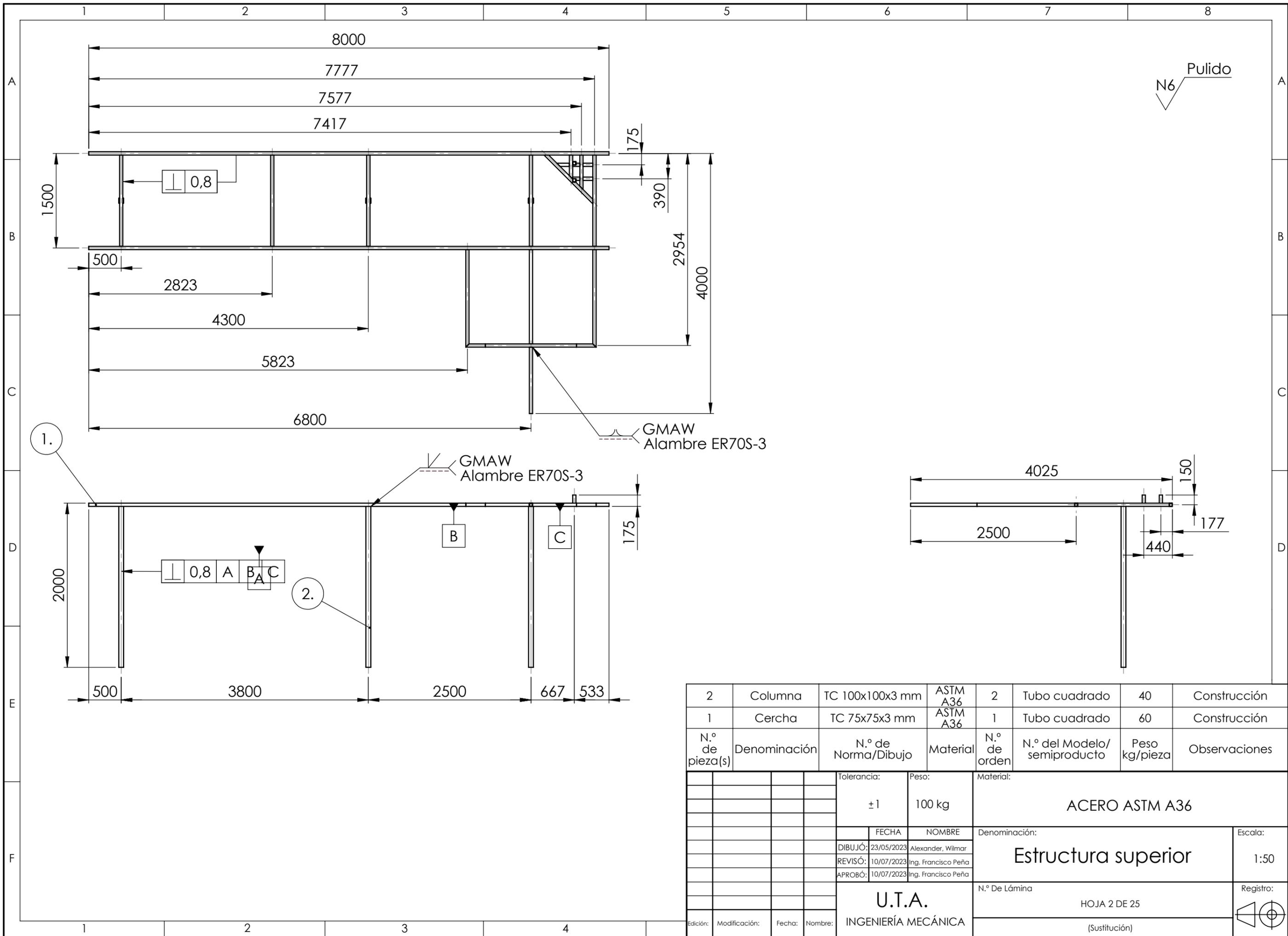
A
B
C
D
E
F

A

1 2 3 4

Edición: Modificación: Fecha: Nombre:

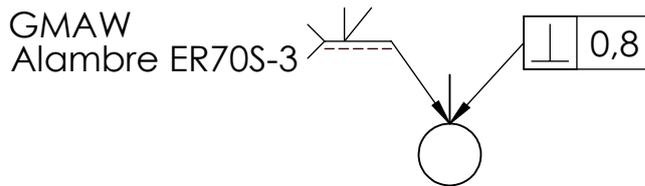
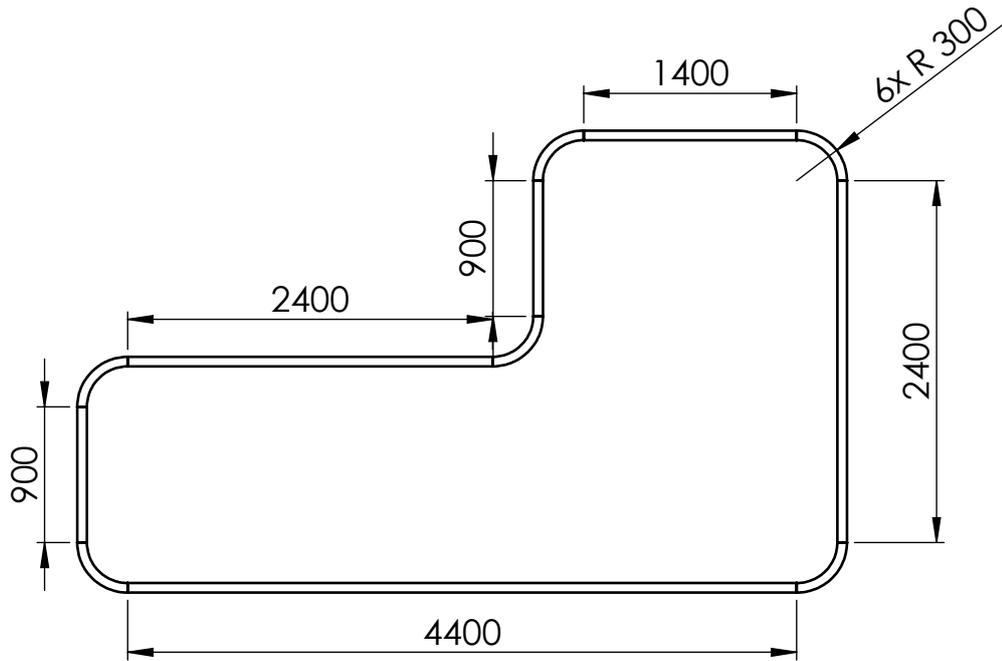
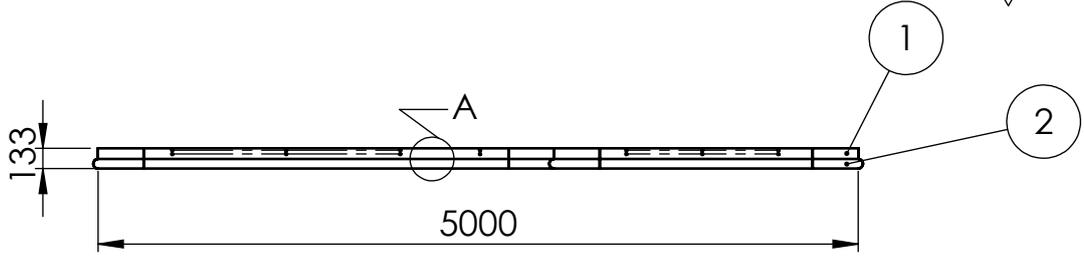




2	Columna	TC 100x100x3 mm	ASTM A36	2	Tubo cuadrado	40	Construcción
1	Cercha	TC 75x75x3 mm	ASTM A36	1	Tubo cuadrado	60	Construcción
N.º de pieza(s)	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	N.º del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
			Tolerancia: ±1			Peso: 100 kg	Material: ACERO ASTM A36
							Denominación: Estructura superior
							Escala: 1:50
							Registro:
							N.º De Lámina: HOJA 2 DE 25
							(Sustitución)
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			

Nota: Realizar el redondeo en todas las esquinas mediante el proceso de embarolado con poleas de 300 mm.

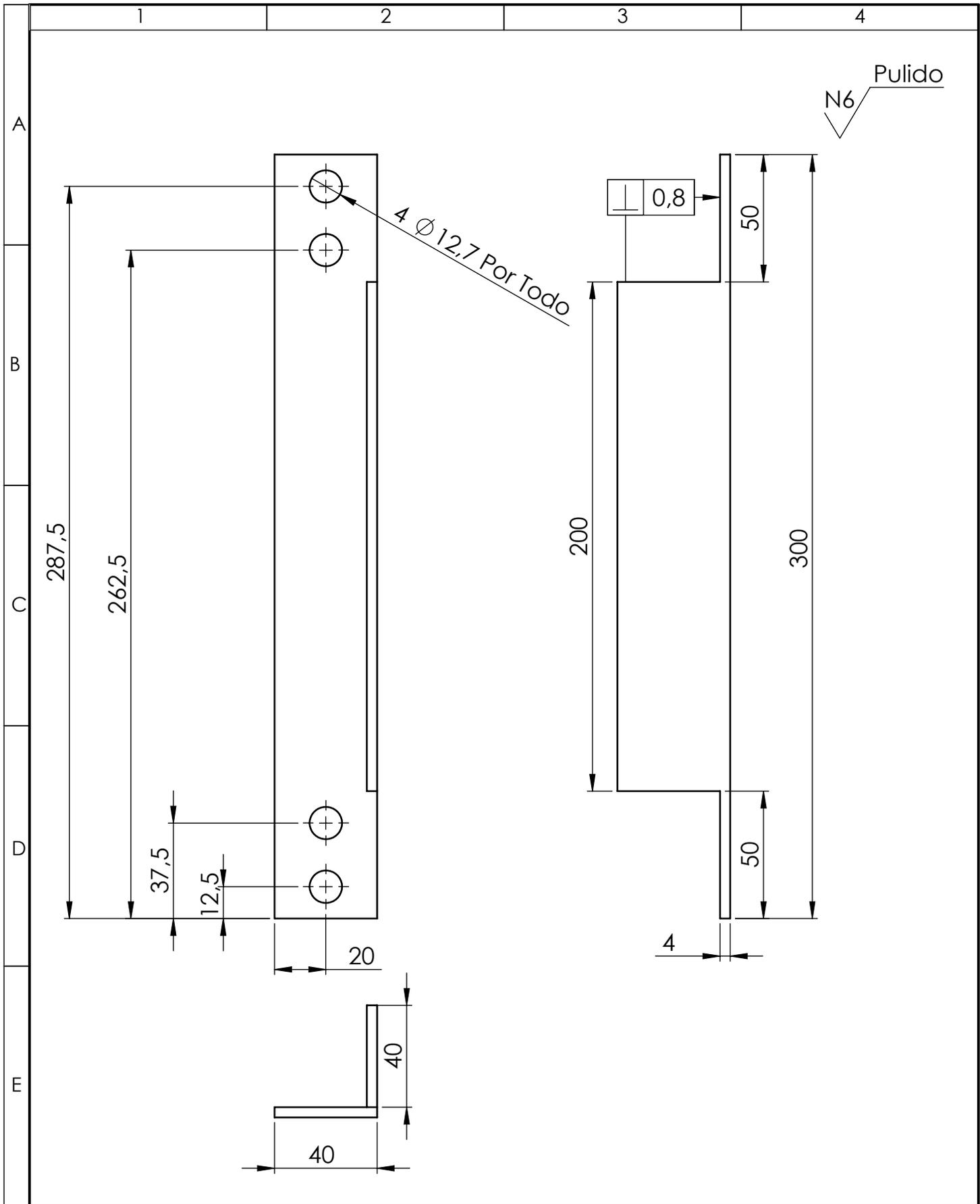
N6 Pulido



DETALLE A
ESCALA 1 : 25

2	Riel	TC \varnothing 63,5x2 mm	ASTM A36	2	Tubo circular	50	Construcción
1	Placa	PL 70x3 mm	ASTM A36	1	Plancha	18	Construcción
N.º de pieza(s)	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	N.º del Modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

Tolerancia:		Peso:		Material:			
± 10		68 kg		ACERO ASTM A36			
FECHA		NOMBRE		Denominación:			Escala:
Dibujó: 23/05/2023		Alexander, Wilmar		Riel noqueador			1:50
Revisó: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		N.º De Lámina:			Registro :
Aprobó: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		HOJA 3 DE 25			
Edición:		Modificación:		(Sustitución)			
Fecha:		Nombre:		U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,6 kg	ACERO ASTM A36	
					FECHA	NOMBRE	Denominación:
				Dibujó:	23/05/2023	Alexander, Wilmar	Templador
				Revisó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.		N.º De Lámina:	Registro :
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 4 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

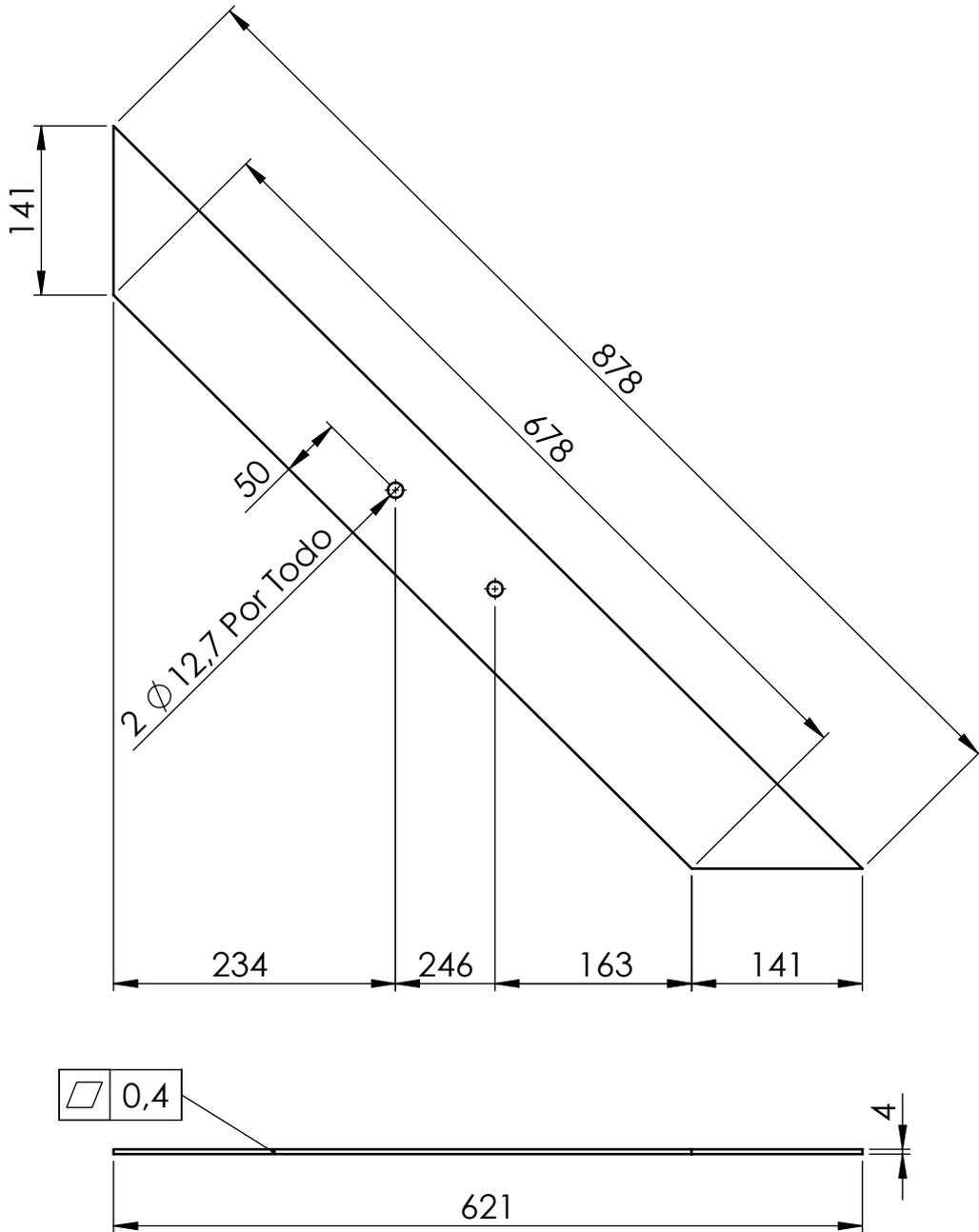
N6 Pulido

B

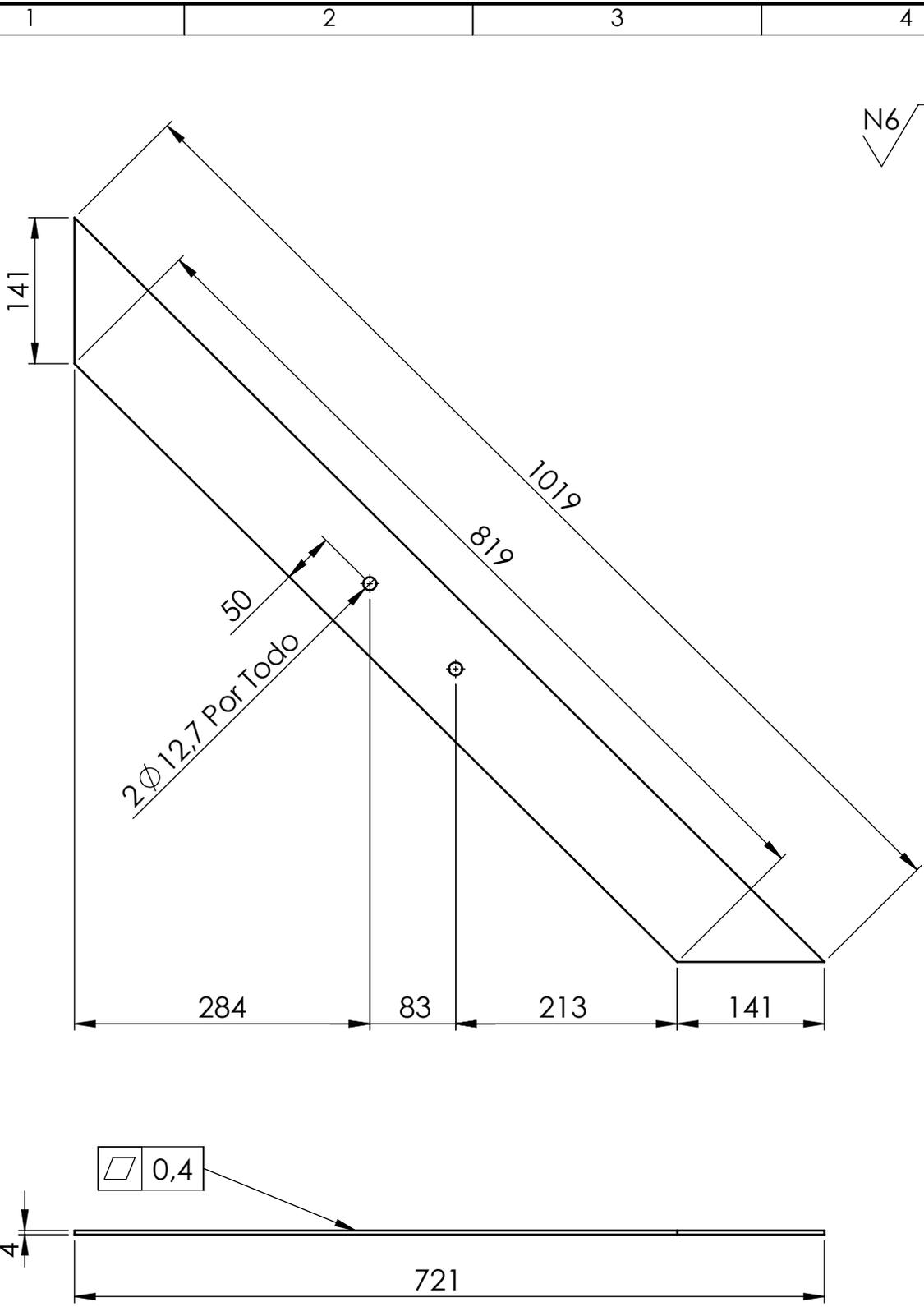
C

D

E

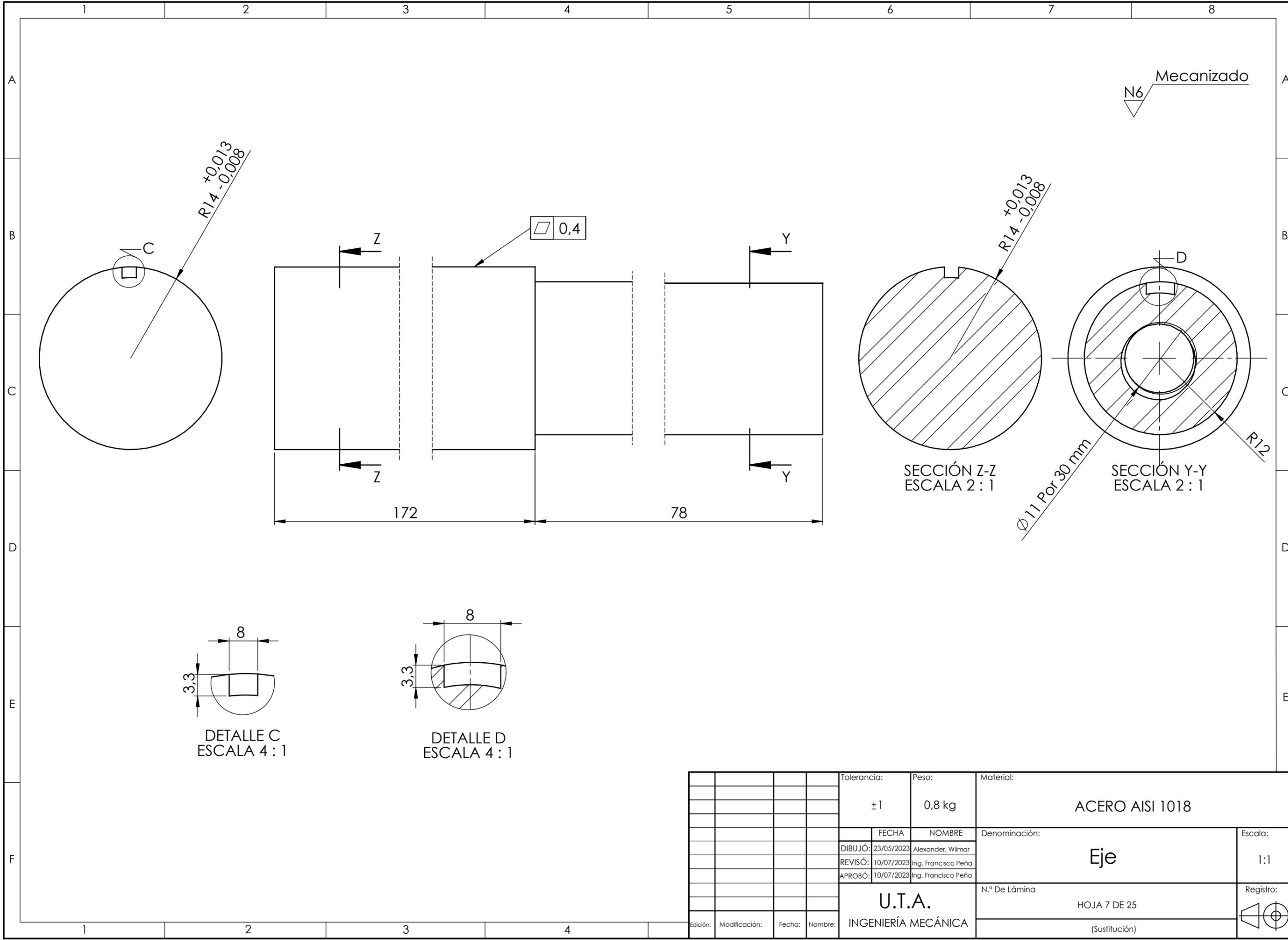


				Tolerancia: ± 1	Peso: 2 kg	Material: ACERO ASTM A36	
						Denominación: Placa sujetadora chumacera	Escala: 1:5
				Dibujó: 23/05/2023 Alexander, Wilmar	NOMBRE		
				Revisó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				Aprobó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 5 DE 25	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



N6 Pulido

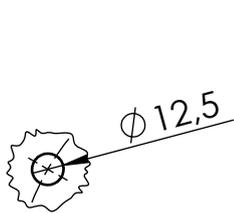
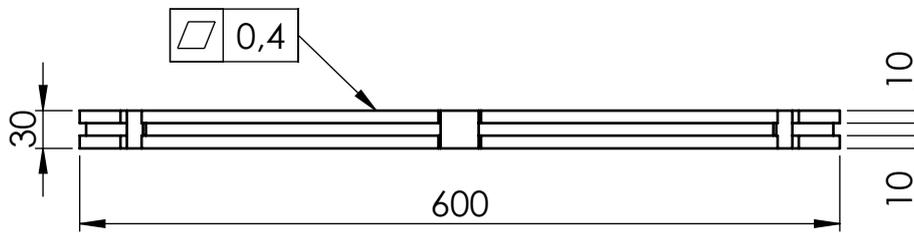
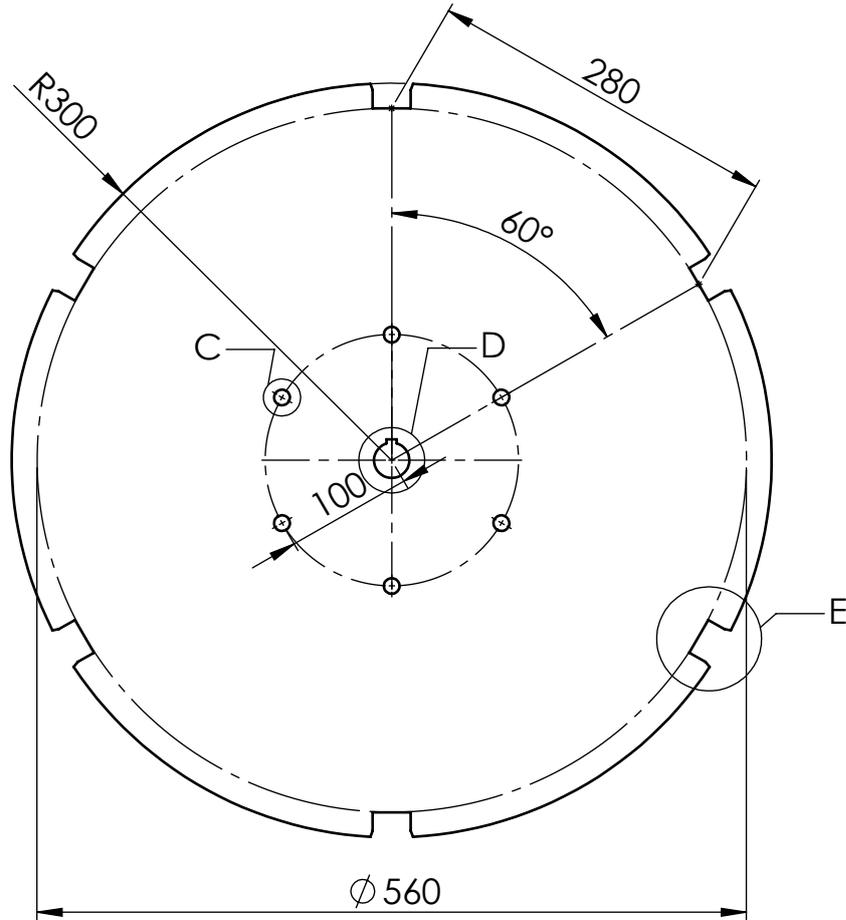
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	2,5 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar	Placa sujetadora chumacera	1:5
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina:	Registro :
						HOJA 6 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



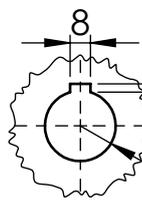
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	0,8 kg	ACERO AISI 1018		
				FECHA	NOMBRE	Denominación:		Escala:
				DIBUJÓ: 23/05/2023	Alexander, Wilmar	Eje		1:1
				REVISÓ: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña			
				APROBÓ: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña			
				U.T.A.		N.º De Lámina		Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 7 DE 25		◀ ⊕
						(Sustitución)		

Nota: Elemento conductor de troles, no esta vinculado al sistema de transmisión de potencia.

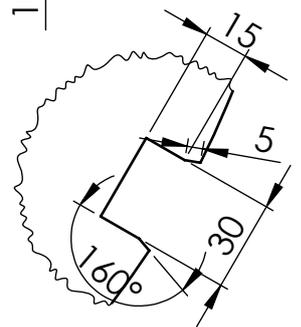
N6 Mecanizado



DETALLE C
ESCALA 1 : 3



DETALLE D
ESCALA 1 : 3



DETALLE E
ESCALA 2 : 5

+0,008
0,000 Por todo

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,8 kg	NYLÓN	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	Engranaje	1:5
				U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 8 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

1

2

3

4

Mecanizado

N6



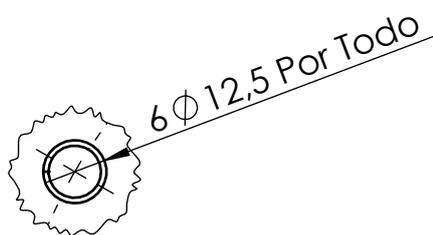
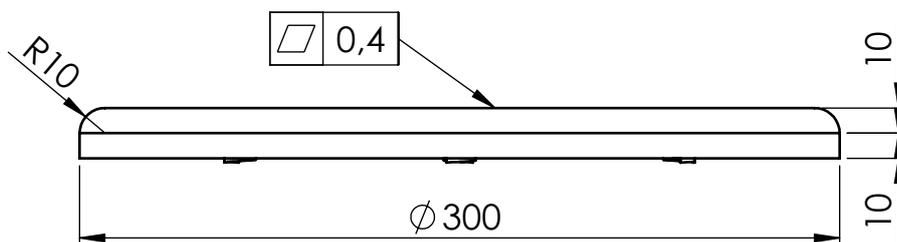
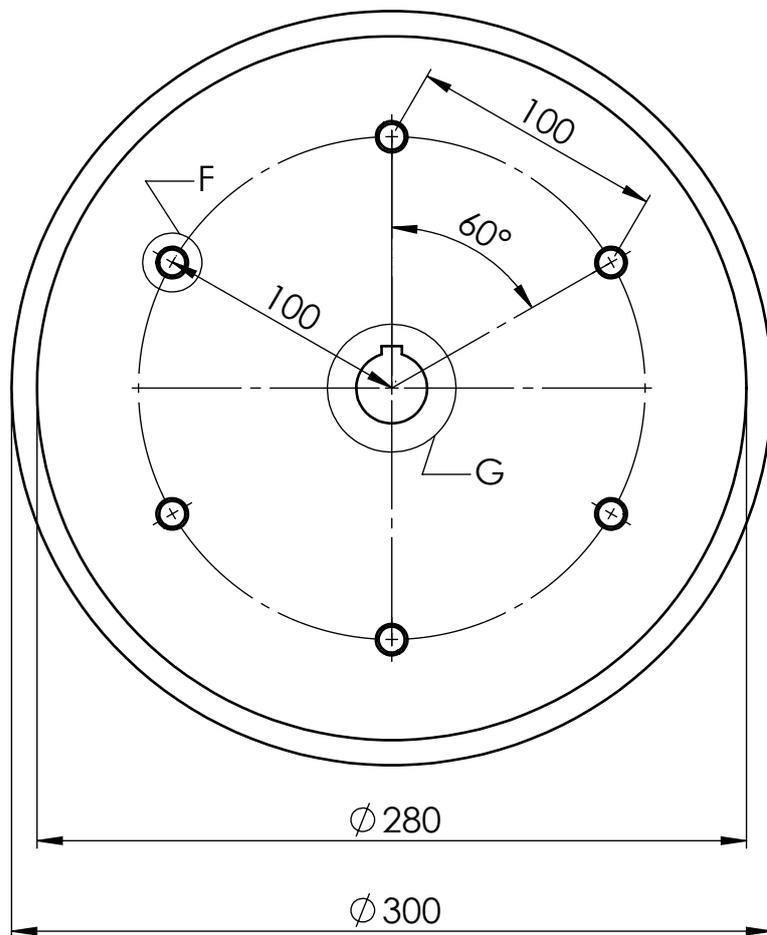
A

B

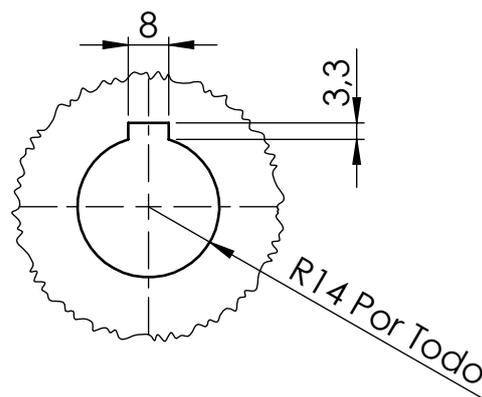
C

D

E



DETALLE F
ESCALA 2 : 3



DETALLE G
ESCALA 2 : 3

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,4 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar	Brida engranaje	1:5
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina:	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			HOJA 9 DE 25	(Sustitución)

1

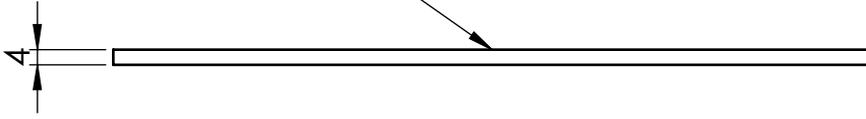
2

3

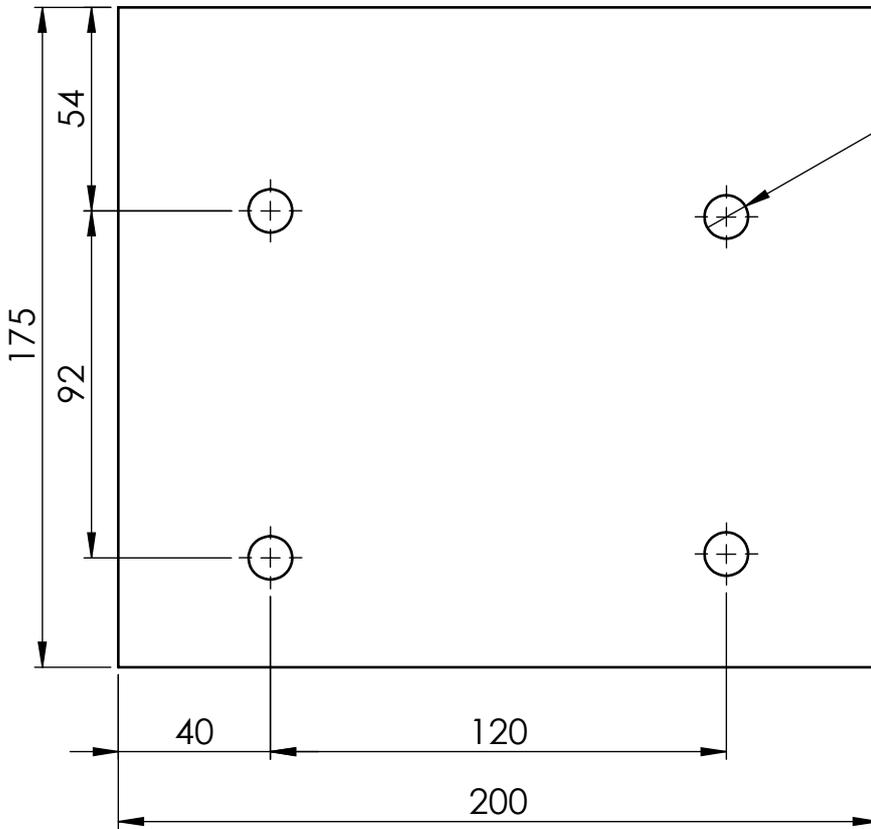
4

N6 Pulido

0,4



4 Ø 11,5 Por Todo



A
B
C
D
E

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,2 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	Placa sujetadora motor	1:2
				U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 10 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

1

2

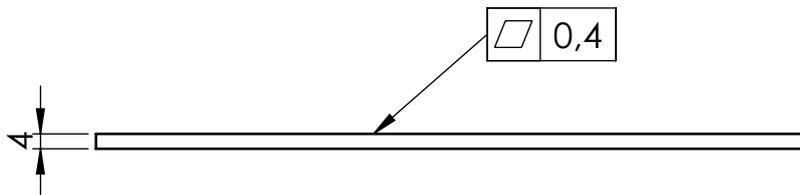
3

4

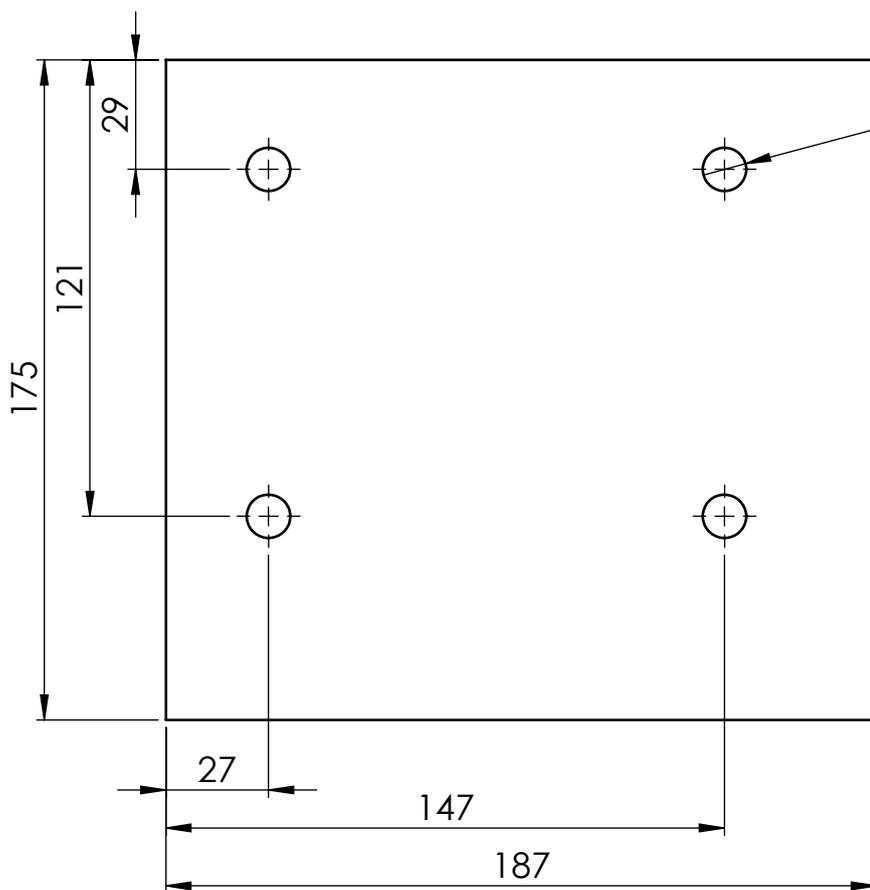
A

N6 Pulido

B



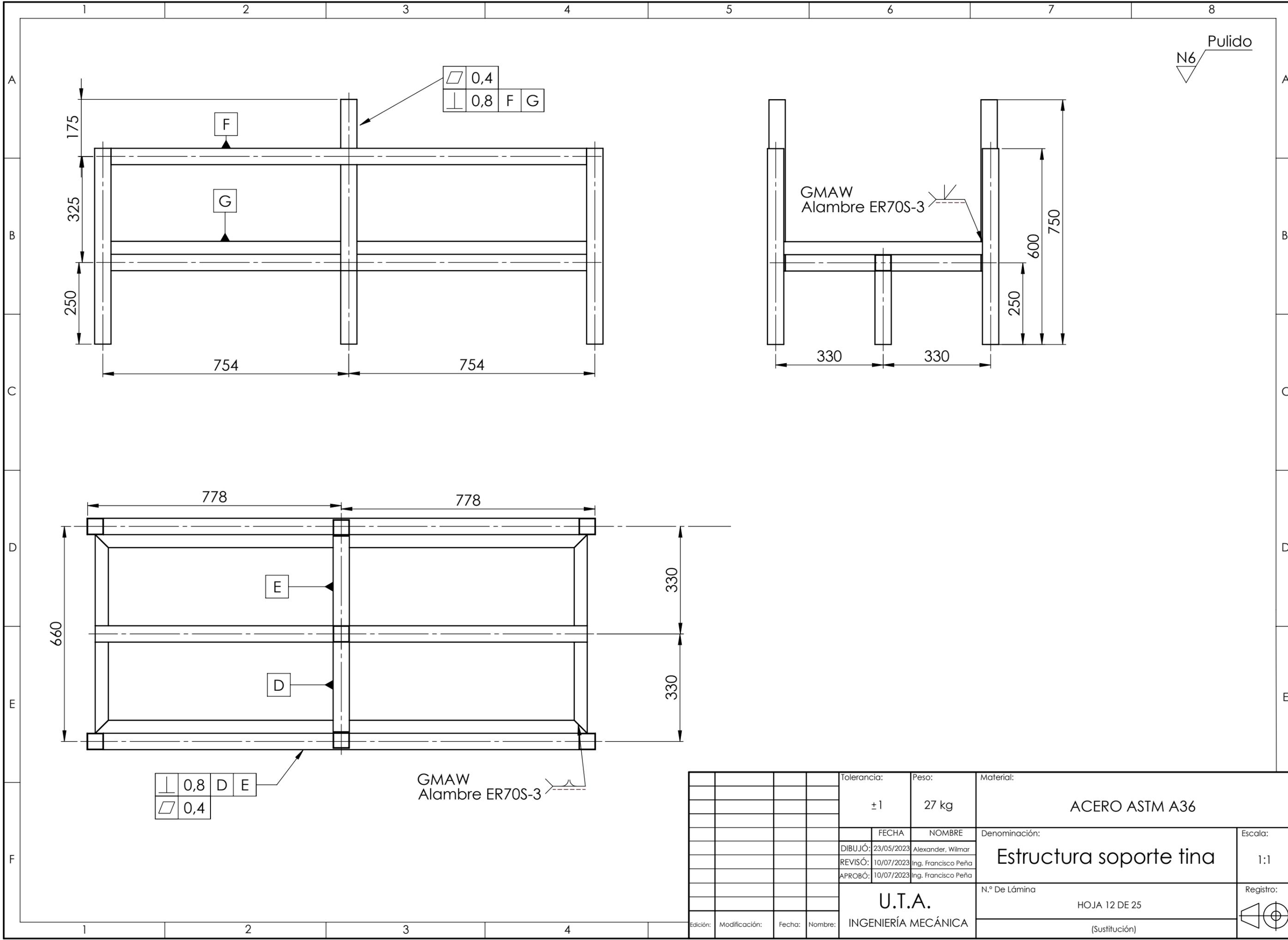
C

4 ϕ 11,5 Por Todo

D

E

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	0,25 kg	ACERO ASTM A36	
					FECHA	NOMBRE	Denominación:
				Dibujó:	23/05/2023	Alexander, Wilmar	Placa sujetadora motor
				Revisó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.		N.º De Lámina:	Registro :
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 11 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



N6 Pulido

	0,4		
	0,8	F	G

GMAW
Alambre ER70S-3

GMAW
Alambre ER70S-3

	0,8	D	E
	0,4		

Tolerancia:		Peso:		Material:	
±1		27 kg		ACERO ASTM A36	
FECHA		NOMBRE		Denominación:	
DIBUJÓ: 23/05/2023		Alexander, Wilmar		Estructura soporte tina	
REVISÓ: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		Escala:	
APROBÓ: 10/07/2023		Ing. Francisco Peña		1:1	
U.T.A.				N.º De Lámina	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 12 DE 25	
				(Sustitución)	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Registro:	

Nota: En todas las esquinas aplicar sellador (Sikaflex 2-21).

N6 Pulido

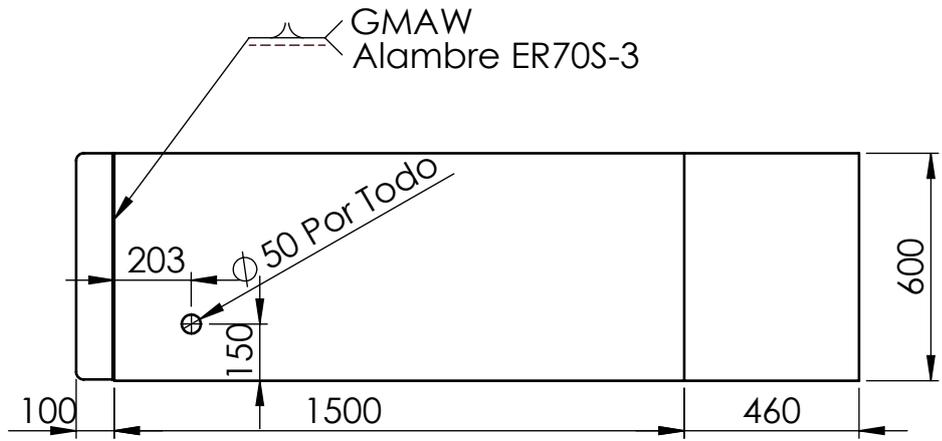
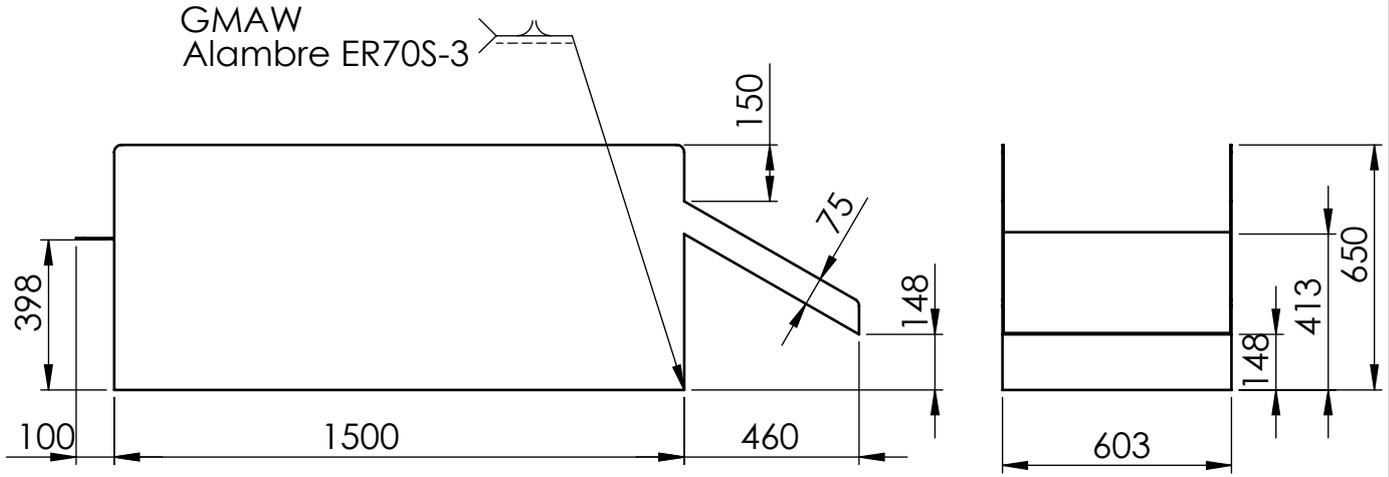
A

B

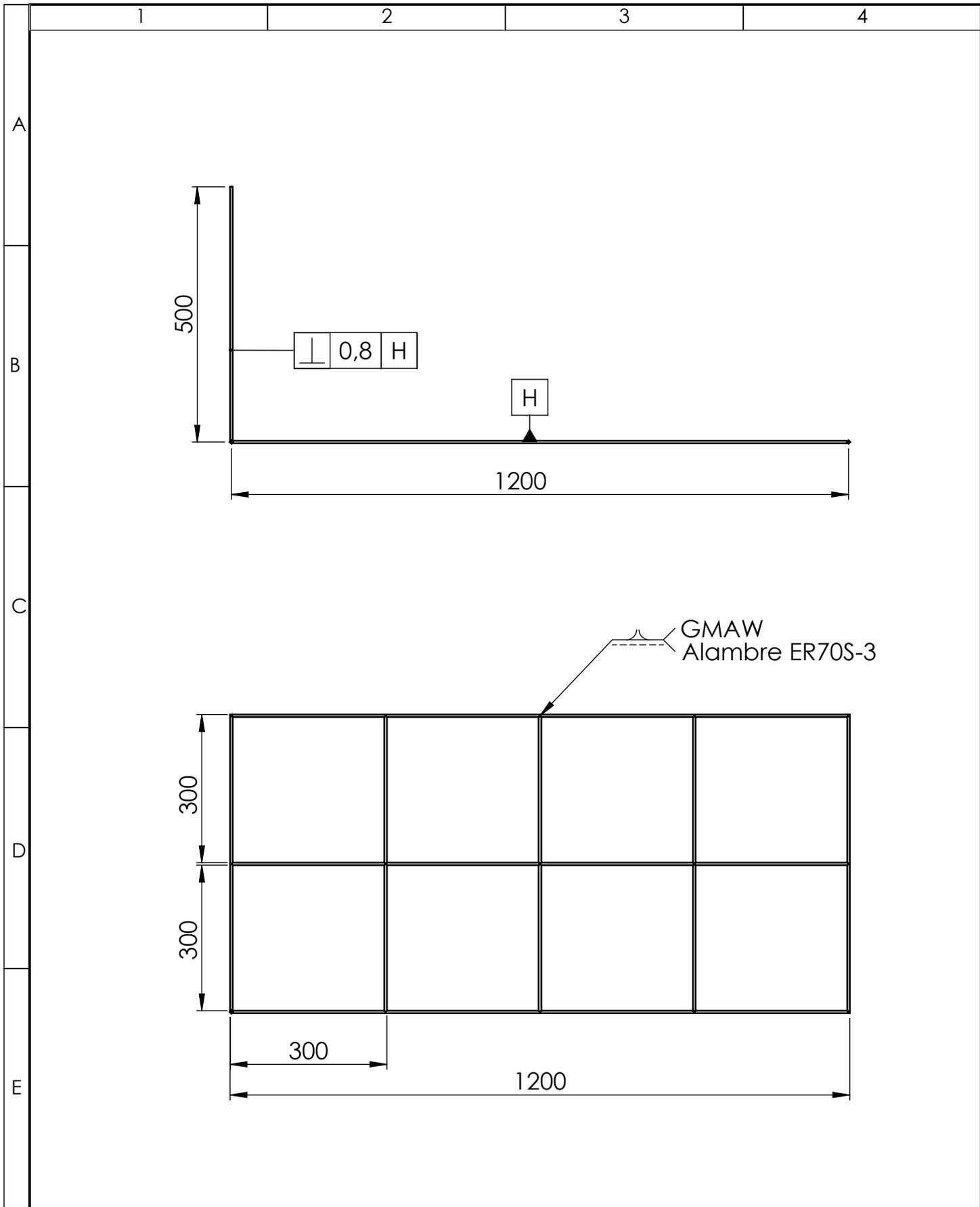
C

D

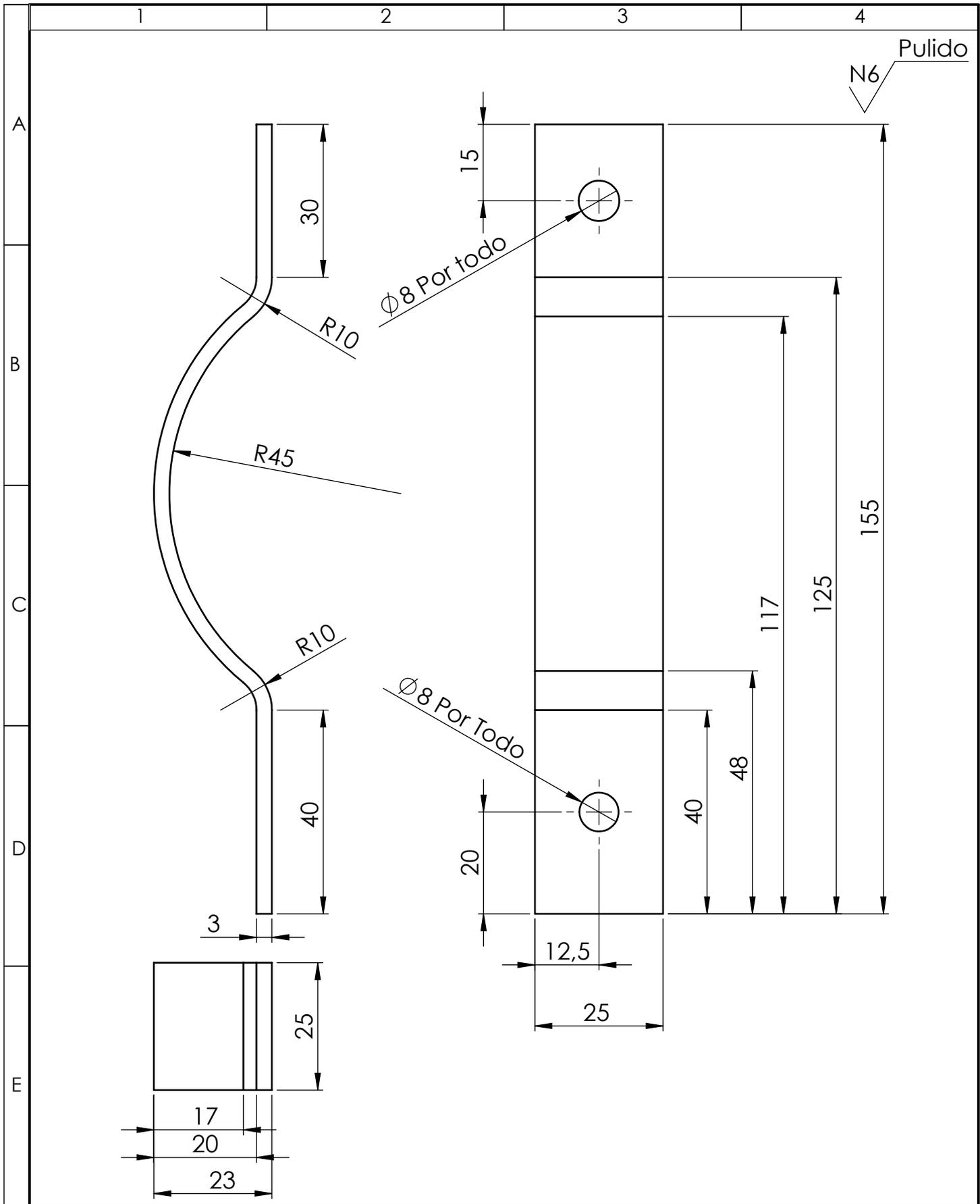
E



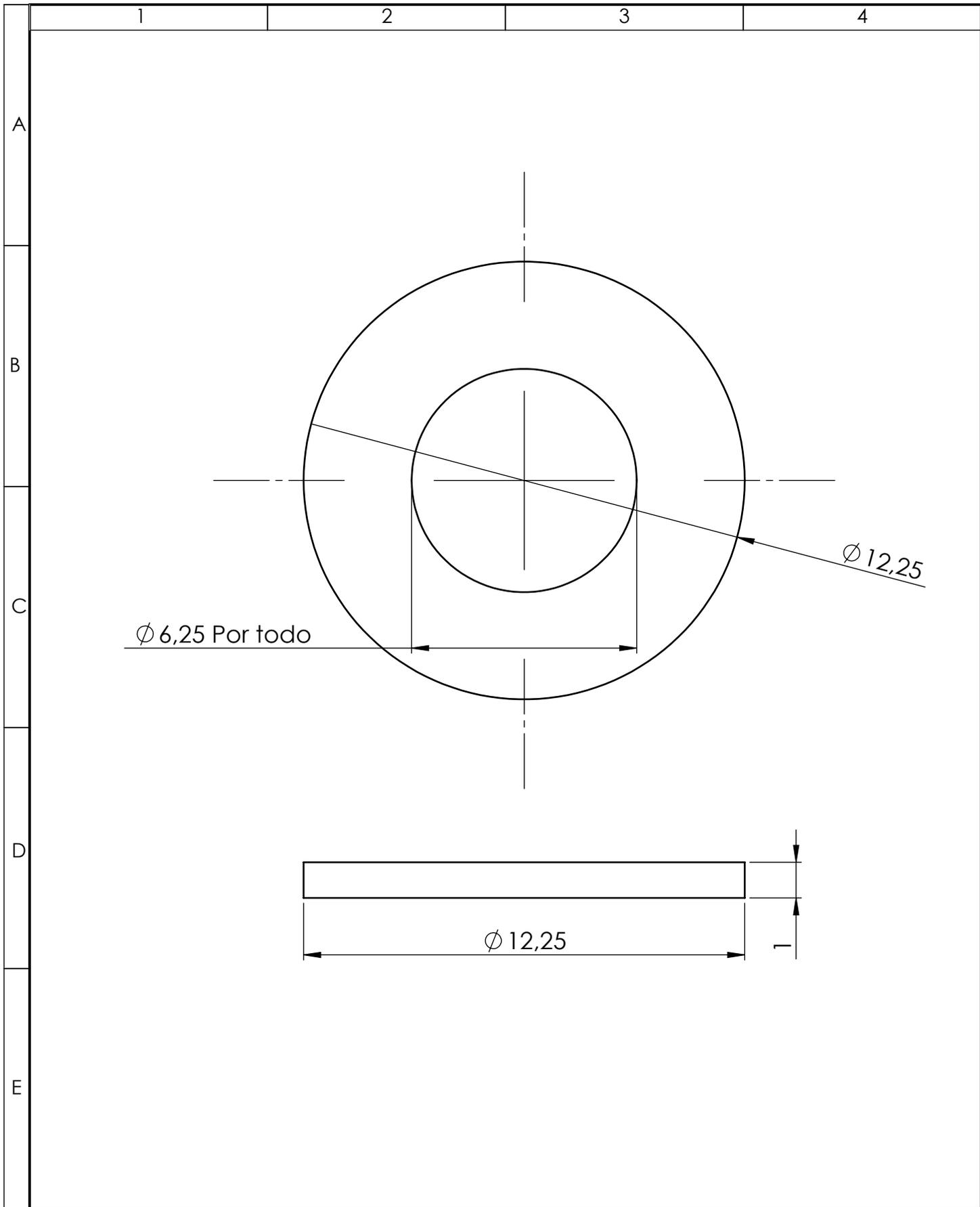
				Tolerancia:	Peso:	Material:			
				±1	5 kg	ACERO AISI 316			
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar			Tina	1:20
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña				
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña				
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina:	Registro :		
						HOJA 13 DE 27			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)			



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,2 kg	ACERO AISI 316	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	Electrodo tipo malla	1:20
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			HOJA 14 DE 25	



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0,1	0,1 kg	ACERO AISI 316	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	Platina trole superior	1:1
				U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 15 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				$\pm 0,1$	0,05 kg	ACERO AISI 316	
					FECHA	NOMBRE	Denominación:
				Dibujó:	23/05/2023	Alexander, Wilmar	Arandela plana
				Revisó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.		N.º De Lámina:	Registro :
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 16 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

1

2

3

4

A

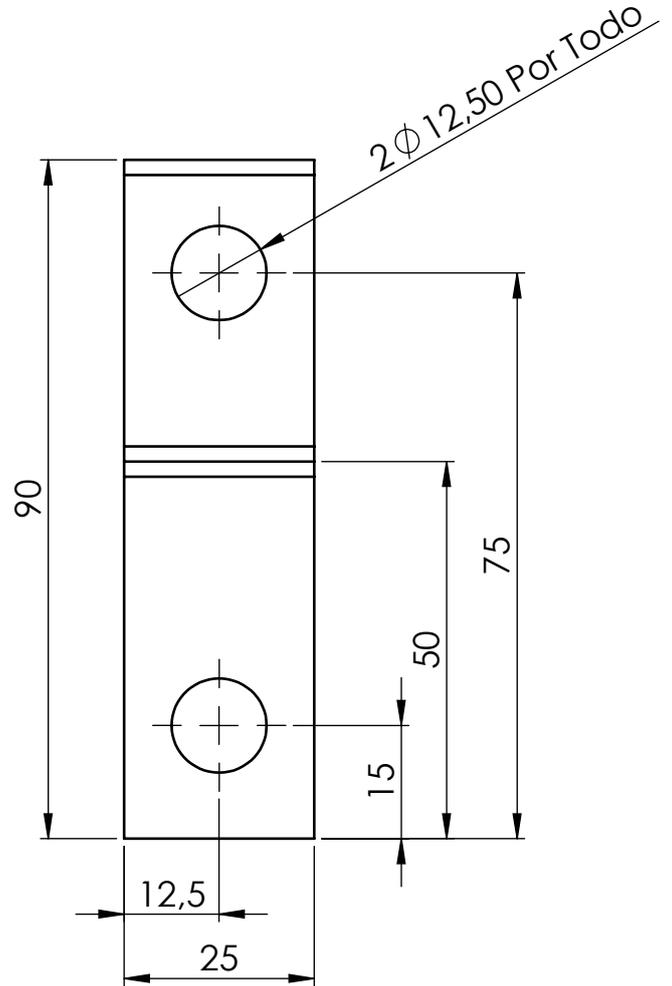
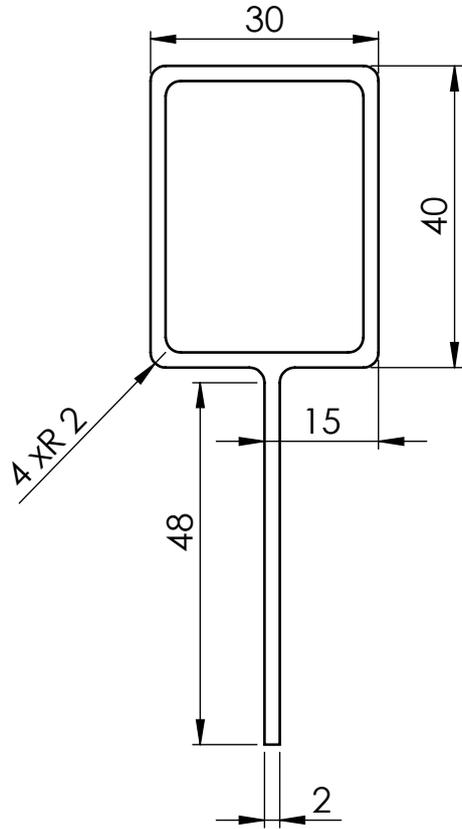
N6 Pulido

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0,1	0,2 kg	ACERO AISI 316	
					FECHA	NOMBRE	Denominación:
				Dibujó:	23/05/2023	Alexander, Wilmar	Sujetador de cadena
				Revisó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				Aprobó:	10/07/2023	Ing. Francisco Peña	
				U.T.A.		N.º De Lámina:	Registro :
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 17 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

Escala:

1:1

Registro :



1

2

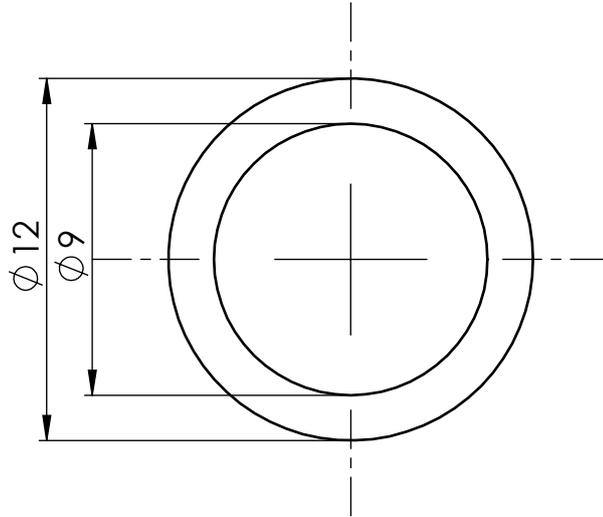
3

4

A

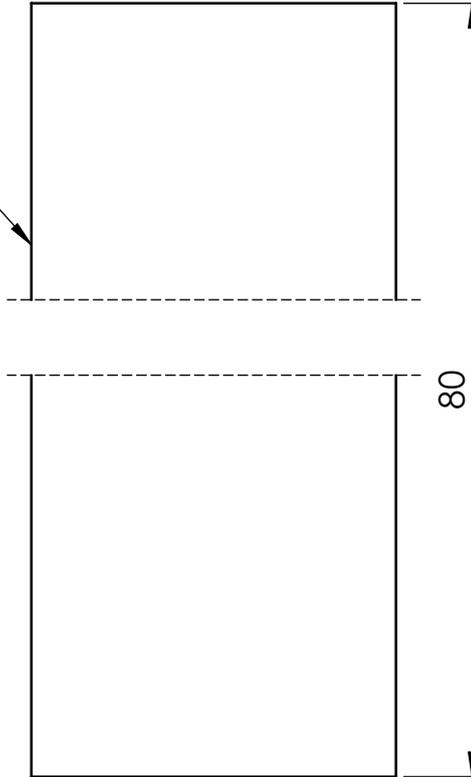
N6 Pulido

B



C

▭ 0,4



D

E

				Tolerancia: ±0,1	Peso: 0,01 kg	Material: Aluminio 6011	
						Denominación: Pasador	Escala: 5:1
				Dibujó:	23/05/2023 Alexander, Wilmar		
				Revisó:	10/07/2023 Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	10/07/2023 Ing. Francisco Peña		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 18 DE 25	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

1

2

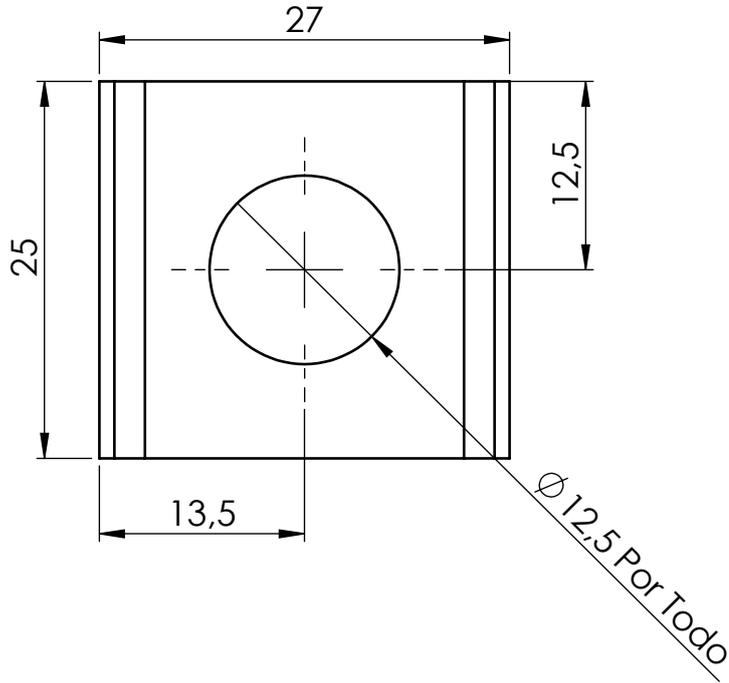
3

4

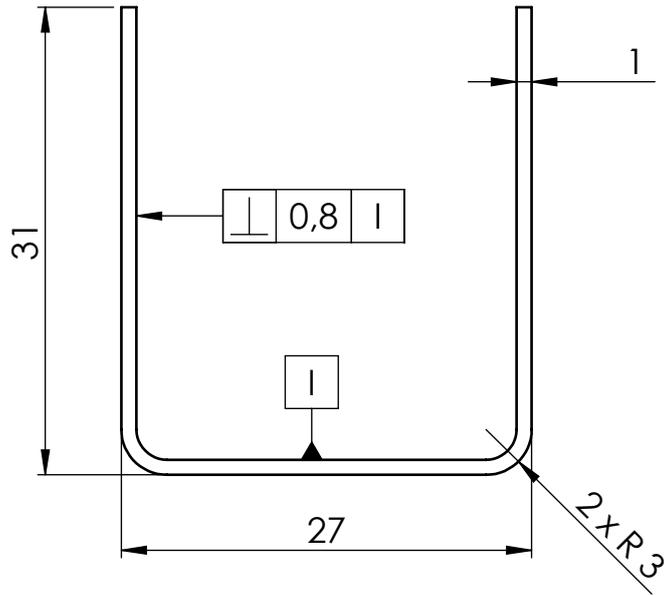
A

N6 Pulido

B



C



D

E

				Tolerancia: ±1	Peso: 0,01 kg	Material: ACERO ASTM A36	
						Denominación: Abrasadera	Escala: 2:1
						N.º De Lámina: HOJA 19 DE 25	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	
				FECHA	NOMBRE		
				Dibujó:	23/05/2023 Alexander, Wilmar		
				Revisó:	10/07/2023 Ing. Francisco Peña		
				Aprobó:	10/07/2023 Ing. Francisco Peña		

1

2

3

4

A

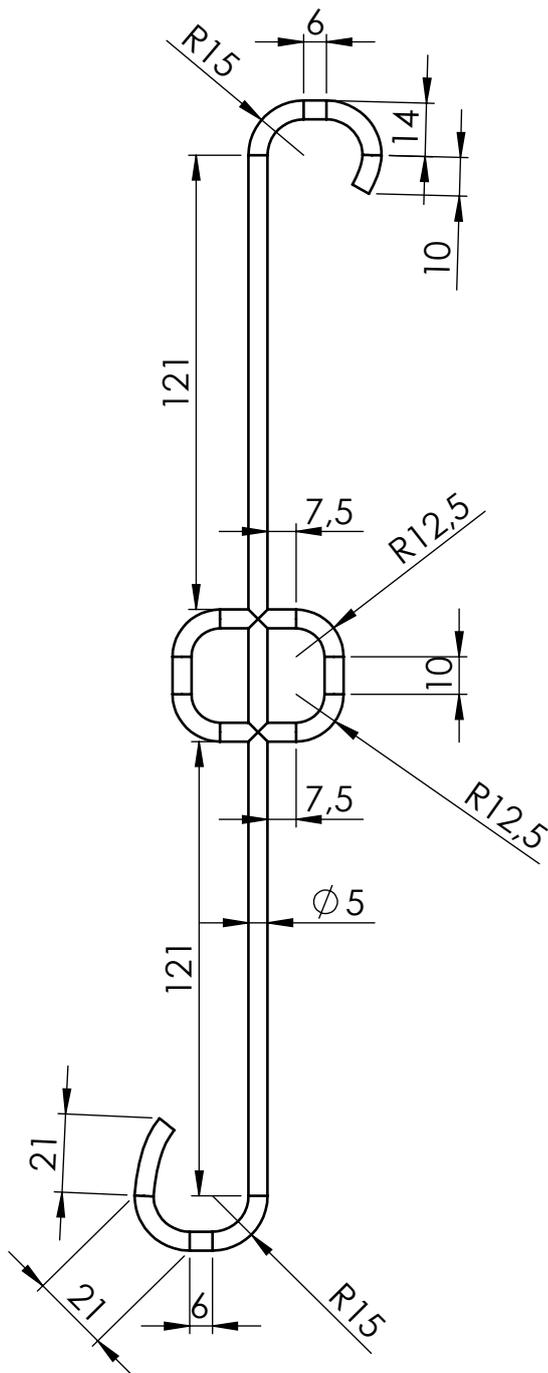
N6 Pulido

B

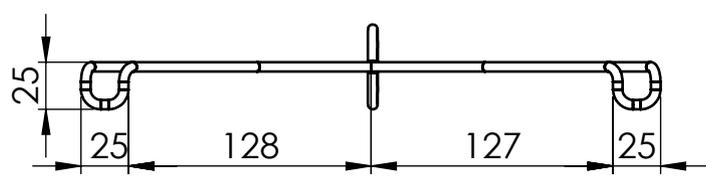
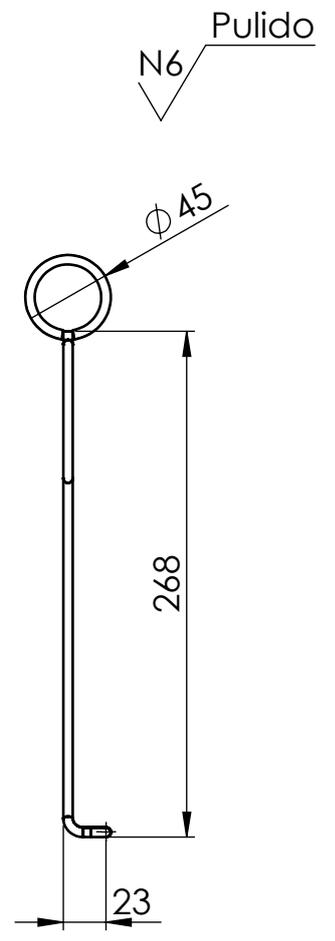
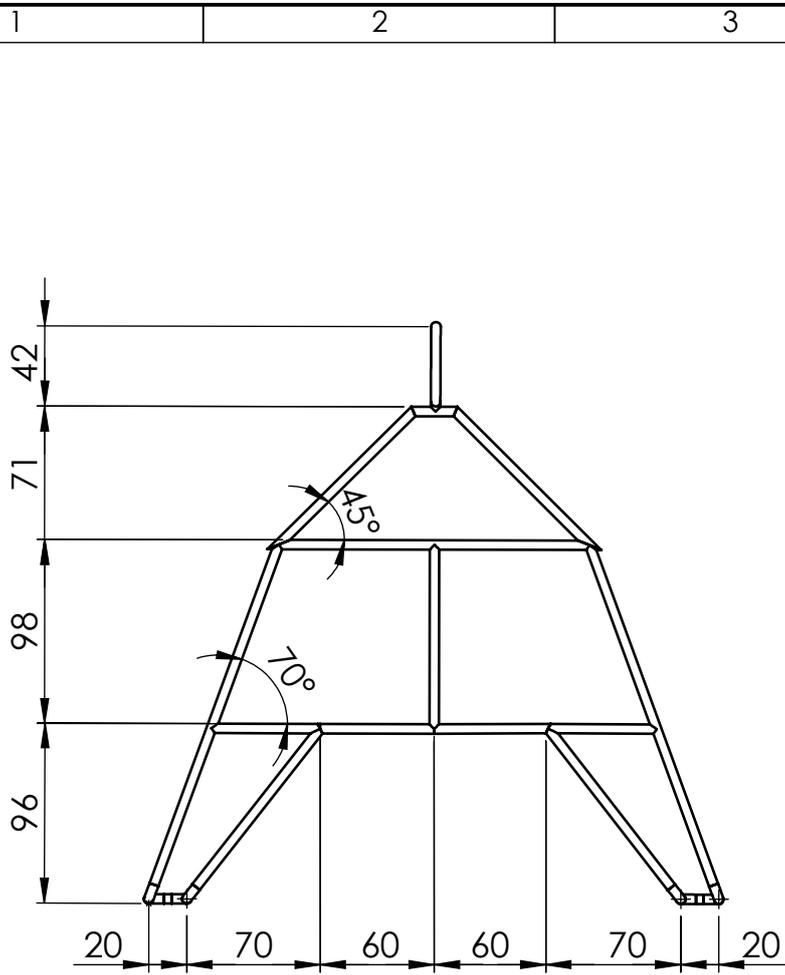
C

D

E



				Tolerancia: ±0,1	Peso: 0,2 kg	Material: ACERO AISI 316	
						Denominación: Gancho sujetador	Escala: 1:2
				Dibujó: 23/05/2023 Alexander, Wilmar	FECHA	NOMBRE	
				Revisó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				Aprobó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 20 DE 25	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	0,2 kg	ACERO AISI 316	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	N.º De Lámina:	Registro :
				U.T.A.			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1

2

3

4

N6 Pulido

A

0,4

4

713

B

110

349

C

276

D

349

50

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

58

Ø 30 Por Todo

2 Ø 12.70 Por Todo

45°

E

100

1008

Tolerancia:

±1

Peso:

2,8 kg

Material:

ACERO ASTM A36

FECHA

NOMBRE

Denominación:

Escala:

Dibujó: 23/05/2023

Alexander, Wilmar

Placa entre eje

1:10

Revisó: 10/07/2023

Ing. Francisco Peña

Aprobó: 10/07/2023

Ing. Francisco Peña

U.T.A.

N.º De Lámina:

HOJA 22 DE 25

Registro :

Edición:

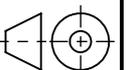
Modificación:

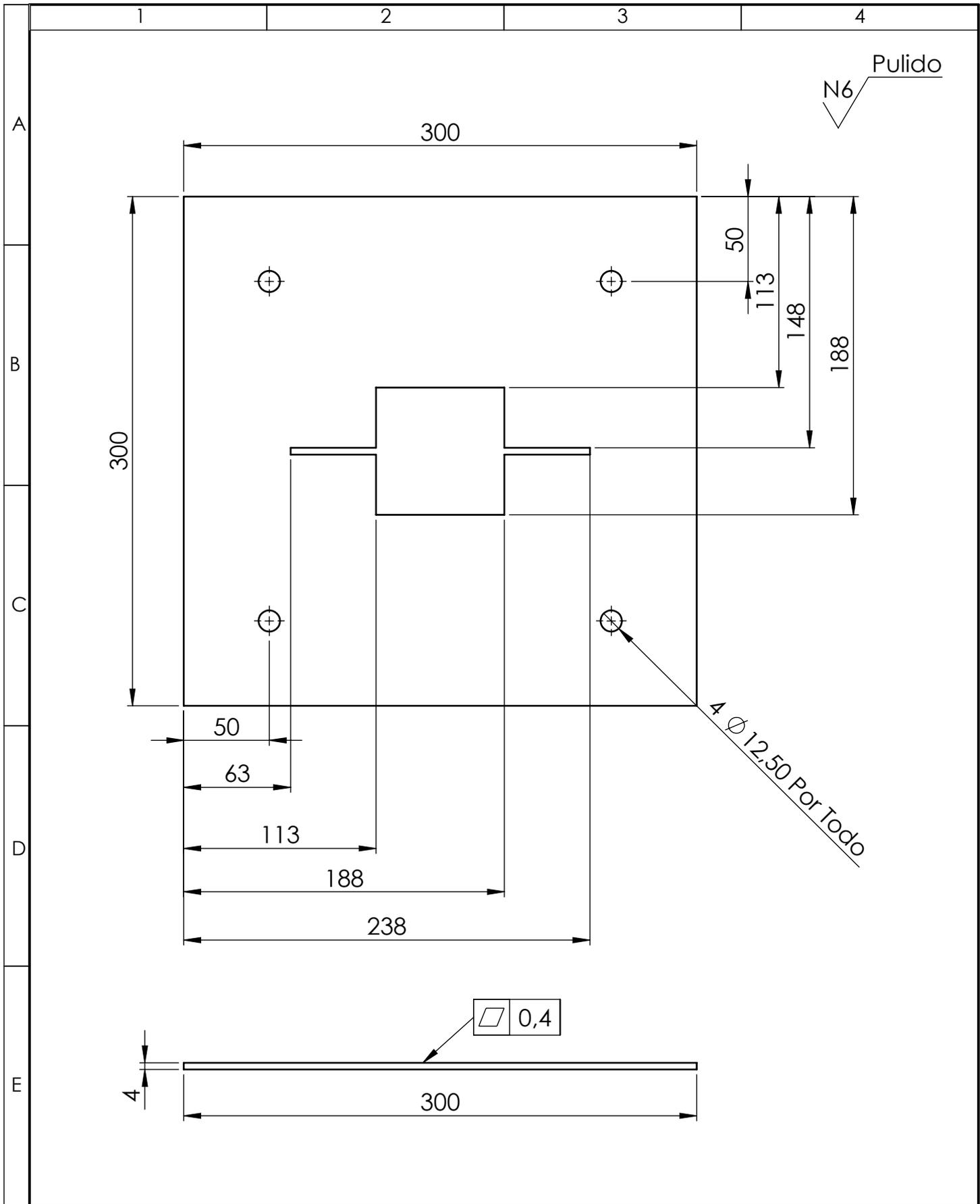
Fecha:

Nombre:

INGENIERÍA MECÁNICA

(Sustitución)





				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	0,5 kg	ACERO ASTM A36		
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:	
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		Zapata inferior	1:2
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña			Registro :
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina:	HOJA 23 DE 25 (Sustitución)	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:					



1

2

3

4

A

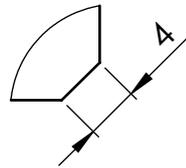
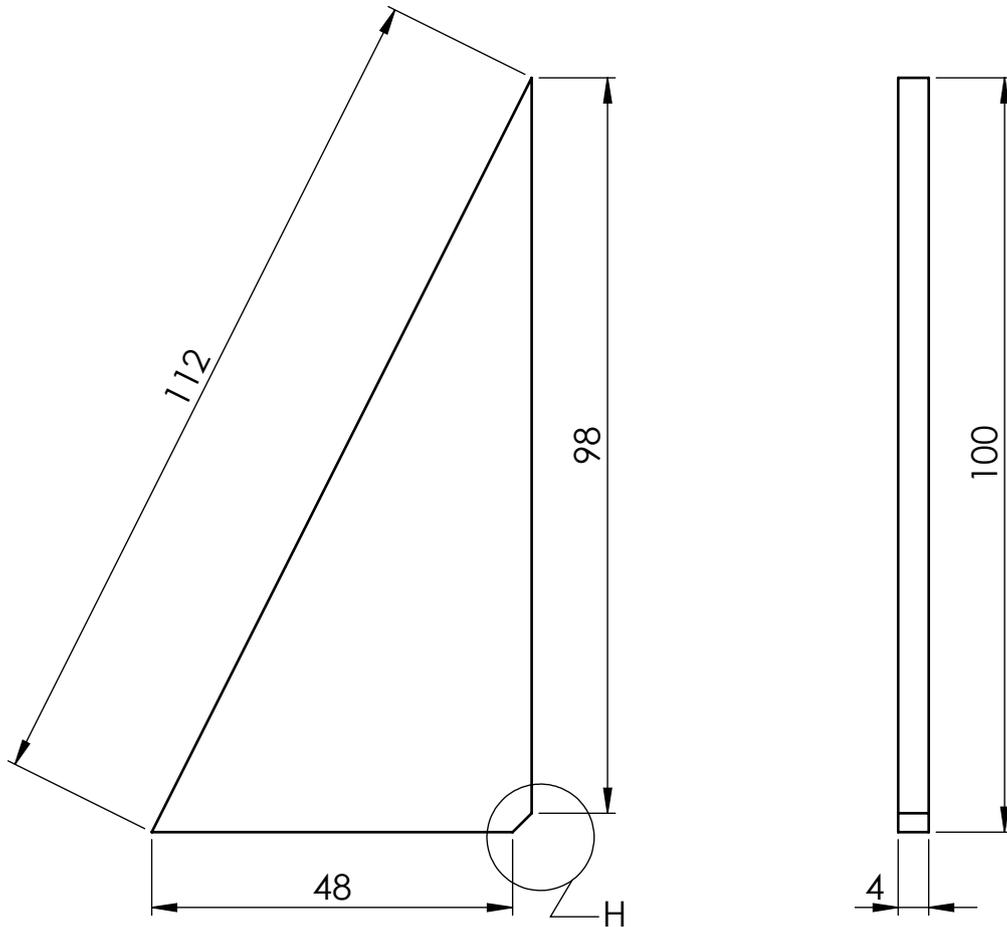
N6 Pulido

B

C

D

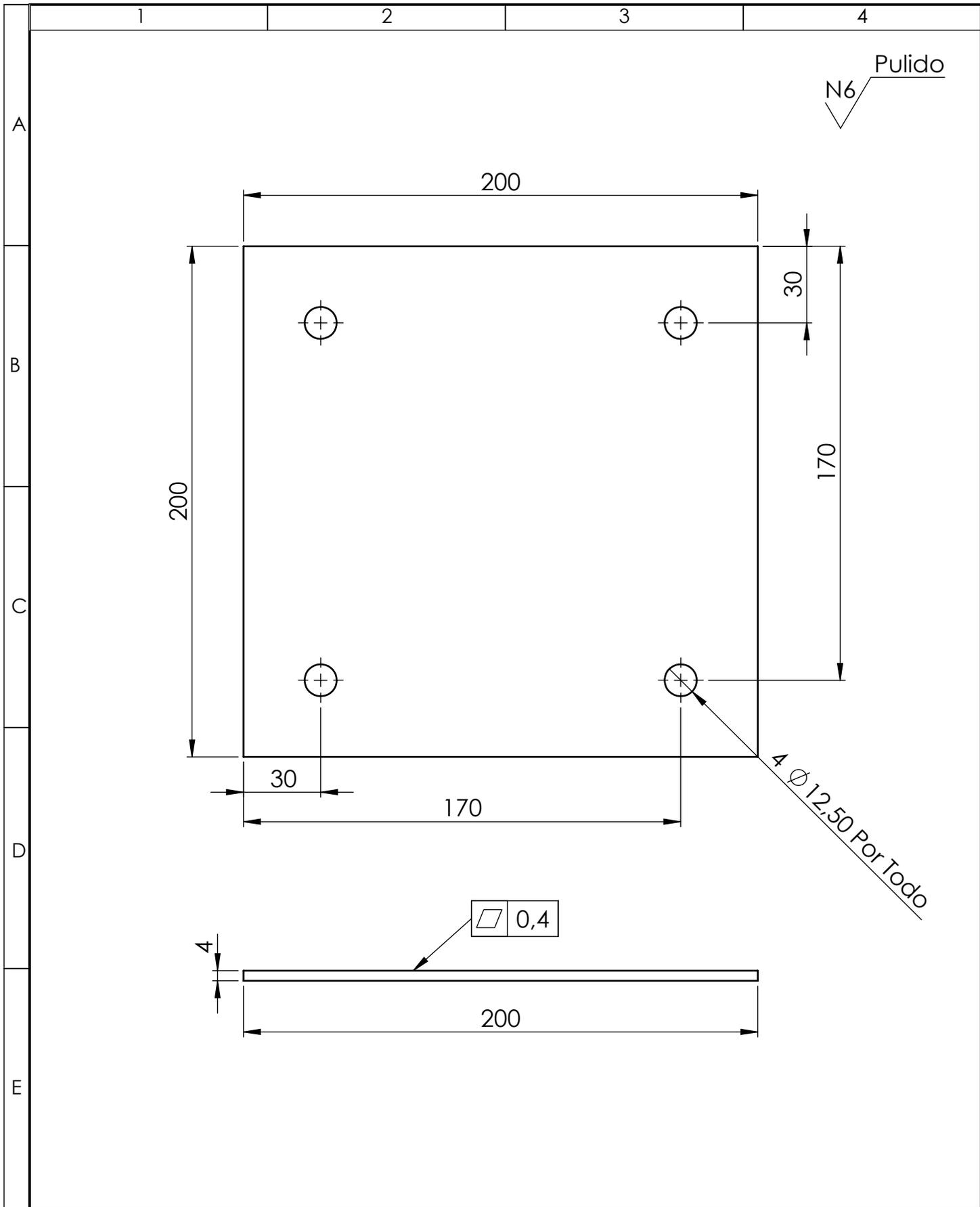
E



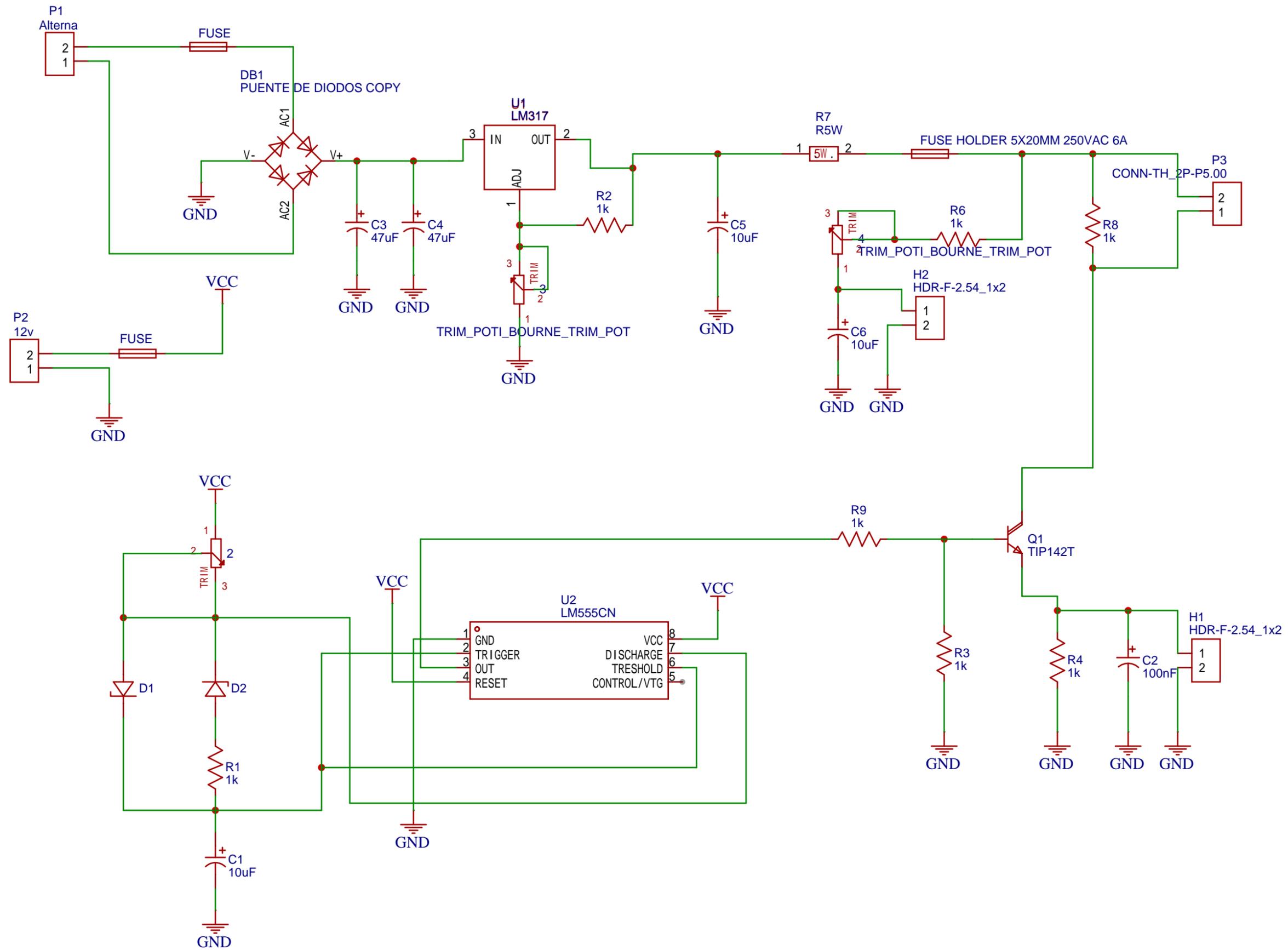
DETALLE H
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia: ± 1	Peso: 0,1 kg	Material: ACERO ASTM A36	
						Denominación: Aleta inferior	Escala: 1:1
				Dibujó: 23/05/2023 Alexander, Wilmar	NOMBRE		
				Revisó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				Aprobó: 10/07/2023 Ing. Francisco Peña			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 24 DE 25	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	0,5 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/05/2023	Alexander, Wilmar		
				Revisó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña		
				Aprobó: 10/07/2023	Ing. Francisco Peña	Zapata superior	1:2
				U.T.A.			
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 25 DE 25	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



TITLE: SCH_ATURDIDOR_2023-06-20		REV: 1.0
	Company: Universidad Técnica de Ambato	Sheet: 1/1
	Date: 2023-06-16	Drawn By: Vaca - Valencia