



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

TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA

AUTOR: Gabriela Elizabeth Manobanda Tonato

TUTOR: Ing. Germánico López. Mg.

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del proyecto técnico , previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico , con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”, Elaborado por la señorita Gabriela Elizabeth Manobanda Tonato ,egresada carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

CERTIFICO:

- El presente trabajo de investigación fue elaborado en su totalidad por el autor.
- He revisado cada uno de los capítulos.
- Ha sido concluida en su totalidad y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Diciembre 2018

.....
Ing. Mg. Germánico López.

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO

Los criterios expresado en el proyecto técnico denominado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”, como también las ideas , análisis y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona , como autor.

Ambato, Diciembre 2018

.....
Gabriela Elizabeth Manobanda Tonato

CI: 180334776-2

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo 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 procesos de investigación, según las normas de la institución.

Con los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Diciembre 2018

.....
Gabriela Elizabeth Manobanda Tonato

CI: 180334776-2

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el proyecto técnico realizado por la estudiante Gabriela Elizabeth Manobanda Tonato de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.

Para su constancia firman:

.....

Ing. Mg. Alex Mayorga

.....

Ing. Mg. Susana Valencia

Ambato, Diciembre 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto técnico le dedico a Dios por brindarme, fuerza, paciencia y salud, para ayudarme a cumplir mis metas propuestas.

A toda mi familia y amigos, en especial a mi madre María Tonato, por su apoyo incondicional, sus consejos, sus valores, con su esfuerzo y sacrificio, es la aparte primordial para alcanzar mis objetivos.

Al Centro de Investigación y Desarrollo por haber auspiciado para el desarrollo del presente proyecto.

A las autoridades, profesores, y personal de la biblioteca, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, por brindar sus conocimientos, son ente principal culminar este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por su apoyo a la culminación del proyecto.

Al Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana especialmente al personal de aerotécnicos, por impartir sus conocimientos y apoyo.

Al Ing. Germánico López, por su apoyo como mi tutor para la ejecución del presente proyecto.

A mi madre por ser mi compañía y aliento en mis momentos difíciles.

A mis compañeros, con quienes e formando grandes amistades durante este viaje lleno de experiencias y momentos enriquecedores de conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE TRABAJO	III
DERECHOS DEL AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1.TEMA	1
1.2.ANTECEDENTES.....	1
1.3JUSTIFICACIÓN	2
1.4OBJETIVOS	4
1.4.1Objetivo General:	4
1.4.2Objetivos Específicos:.....	4
CAPITULO II.	5
2.FUNDAMENTACIÓN	5

2.1 Investigaciones previas	5
2.2 Fundamentación teórica	6
2.2.1 Sistemas aéreos no tripulados	6
2.2.1.1 Clasificación.....	6
2.2.1.2 Aplicaciones.....	7
2.2.2 Cargas eléctricas.....	8
2.2.2.1 Micropiloto automático de UAV de ala fija MP2128 ^{LRC2} (2.4 GHz).....	8
2.2.2.2 Servos Futaba.....	10
2.2.3 Sistema de generación de energía	11
2.2.3.1 Diagrama de bloques del sistema eléctrico	11
2.2.3.2 Motor de combustión interna: 2T.....	11
2.2.3.3 Generador.....	13
2.2.3.4 Selección del generador	13
2.2.3.5 Clasificación de los motores de corriente continua.....	13
2.2.3.6 Motor eléctrico sin escobillas o Brushless	15
2.2.3.7 Tipos de motores brushless	17
2.2.3.8 Kv (Kilo vuelta), característica básica de un motor Brushless	17
2.2.3.9 Criterios de selección	17
2.2.4 Rectificador AC/DC Trifásico	18
2.2.4.1 Tipos de rectificadores	19
2.2.4.2 Batería	19
2.2.4.3 Clasificación de las baterías Plomo –Ácido.....	19
2.2.4.4 Baterías de Gel	20
2.2.4.5 Parámetros para seleccionar la batería	21
2.2.4.6 Cálculos de consumo de energía en la batería	21

2.2.4.7 Tiempo en horas de autonomía - Fórmula y exponente de Peukert.....	21
2.2.4.8 Amperaje necesario para proporcionar energía a un dispositivo.	21
2.2.4.9 Carga eléctrica almacenada.....	21
2.2.5 Tasa de descarga	22
2.2.5.1 Tensión.....	22
2.2.5.2 Convertidor DC/DC	22
2.2.5.3 Receptor de señal Futaba	22
2.2.5.4Peso y balance	23
2.2.5.5 Peso	23
2.2.5.6 Peso vacío básico	23
2.2.5.7 Peso bruto máximo.....	23
2.2.5.8 Limitaciones de peso.....	24
2.2.5.9 Balance.....	24
2.2.6 Centro de gravedad	24
2.2.6.1 Balance lateral.....	25
2.2.6.2 Cálculos de peso y balance	25
2.2.6.3 Sistemas de acoplamiento mecánico.....	25
2.2.6.4 Poleas	25
2.2.6.5 Clasificación.....	25
2.2.6.6 Partes del sistema de transmisión por polea.....	26
2.2.6.7 Transmisión Correa-Polea.....	26
2.2.6.8 Ventajas de la trasmisión correa- polea	26
2.2.6.9 Clasificación.....	26
2.2.7 Cadenas.	27
2.2.7.1 Transmisión por cadenas.....	27

2.2.7.2 Ventajas y desventajas	27
2.2.7.3 Engranaje.....	28
2.2.7.4 Transmisión por engranajes	28
2.2.7.5 Materiales.....	28
2.2.7.6 Eje de acero AISI 4340 (705)	28
2.2.7.7 Aplicaciones.....	28
2.2.7.8 Propiedades mecánicas.....	29
CAPÍTULO III.....	30
3.DISEÑO DEL PROYECTO	30
3.1 Selección de alternativas	30
3.1.2 Método ordinal corregido para criterios ponderados	30
3.1.3 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	32
3.1.3.1 Evaluación del peso específico del criterio: tamaño	33
3.1.3.2 Evaluación del peso específico del criterio: costo	33
3.1.3.3 Evaluación del peso específico del criterio: Innovación tecnológica	33
3.1.3.4 Evaluación del peso específico del criterio: fácil construcción y montaje	34
3.1.3.5 Evaluación del peso específico del criterio: funcionalidad.....	34
3.1.3.6 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad	34
3.1.3.7 Tabla de conclusiones	35
3.2 Cálculos o Modelo Operativo	35
3.2.1 Selección del generador	35
3.2.1.1 Potencia nominal sin presencia de cargas eléctricas	37
3.2.1.2 Consumo de energía de la batería	38
3.2.2 Sistema de transmisión.....	39
3.2.3 Descomposición en componentes de la tensiones generadas por la placa –soporte	46

3.2 Presupuesto	49
3.3.1 Costos Directos	49
3.3.2 Materia Prima.....	49
3.3.3 Manos de obra directa	50
3.3.4 Costos indirectos	51
3.3.5 Costo final del proyecto	51
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
4.1 Conclusiones	52
4.2 Recomendaciones.....	54
MATERIALES DE REFERENCIA	55
1. ANEXOS	58
Anexo A Datos técnicos del motor 3w-85xi.....	58
Anexo B Datos técnicos del Motor - Aerodelismo 3w-85cc	59
Anexo C Datos técnicos del motor Turnigy Aerodrive SK3 – 3548- 700kv sin escobillas del motor Outrunner.....	60
Anexo D Material de la polea motriz.....	61
Anexo E Material de la placa soporte	62
Anexo F Batería Gel YTx9-bs	63
Anexo G Datasheet Conversor DC DC PSD-30.....	64
Anexo H Datasheet del servo Futaba S3305.....	65
Anexo I Datasheet del receptor Futaba R6014 HS	66
Anexo J Montaje del sistema de acoplamiento mediante transmisión por bandas.	67
Anexo K Modelo de la placa soporte y poleas.....	68
Anexo L Hoja técnica del motor Brushless.....	69
Anexo M Medición de pesos.....	70

Anexo N Desarrollo de las pruebas de funcionamiento.....	71
Anexo O Propiedades de las bandas planas	72
Anexo P Factor de corrección del ángulo de contacto.....	73
Anexo Q Factor de corrección de la longitud de la banda	74
Anexo R Potencias nominales de las bandas estándar	75
Anexo S Características del par de torsión normal	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Motor 3w-85cc – Acople sugerido [1].....	4
Figura 2 Micropiloto MP2128 ^{LRC2} [13].....	9
Figura 3 Servo Futaba [13]	10
Figura 4 Diagrama de bloques del sistema eléctrico [Autor].....	11
Figura 5 Motor 3w-85 cc [14].....	13
Figura 6 Diagrama del motor Shunt [16].....	14
Figura 7 Diagrama del motor Compound [16].....	15
Figura 8 Diagrama del motor Brushless [17].....	16
Figura 9 Esquema del motor Brushless [17].....	16
Figura 10 Rectificador trifásico 12V en DC [19].....	19
Figura 11 Batería YTX9-BS IGEL 12V - 9Ah/10 hr [20].....	20
Figura 12 Simbología de un convertidor DC/DC [21].....	22
Figura 13 Receptor Futaba [22]	22
Figura 14 Diagrama de factor de carga, que permite calcular la cantidad de peso ejercido en varios ángulos. [23]	23
Figura 15 Propiedades mecánicas del eje AISI 4349 [26].....	29
Figura 16 Diagrama de cuerpo Libre de la placa soporte	46
Figura 17 Diagrama de fuerzas y momentos [Autor].....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema Foda de los vehículos aéreos no tripulados	7
Tabla 2 Criterios para selección de un motor de corriente continua.....	17
Tabla 3 Propiedades físicas	29
Tabla 4 Propiedades mecánicas	29
Tabla 5 Valores asignados por el método de criterios ponderados.....	31
Tabla 6 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	32
Tabla 7 Evaluación del peso específico del criterio: tamaño.....	33
Tabla 8 Evaluación del peso específico del criterio: costo	33
Tabla 9 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad	33
Tabla 10 Evaluación del peso específico del criterio: fácil construcción y montaje.....	34
Tabla 11 Evaluación del peso específico del criterio: funcionalidad.....	34
Tabla 12 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad	34
Tabla 13 Tabla de conclusiones	35
Tabla 14 Especificación del motor brushless.....	35
Tabla 15 Selección del generador	37
Tabla 16 Cálculo en vacío.....	37
Tabla 17 Tipo de cargas eléctricas	38
Tabla 18 Propiedades mecánicas del acero AISI 4340	48
Tabla 19 Listado y Costos de la materia prima.....	49
Tabla 20 Costo de la mano de obra.....	50
Tabla 21 Detalle de los costos indirectos	51
Tabla 22 Costo total del proyecto	51

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico se basó en el estudio, diseño y construcción de: una placa soporte de acero galvanizado, además de poleas acopladas al eje del motor, las cuales funcionan mediante un sistema de transmisión por correa, todos estos componentes son integrados al motor 3w-85 xi, también se procedió a la selección de los componentes para la alimentación del sistema eléctrico de los vehículos aéreos no tripulados del CIDFAE, utilizando el banco de pruebas debidamente implementado con equipos de aeromodelismo como conversor AC/DC, batería YTX9 – BS IGEL de 12V, conversor DC/DC, enviando la señal a través del receptor Futaba r6014Hs, y alimentación de la carga de los servos Futaba s3305 estos equipos están correctamente instalados y controlados a través de un radio control manejado por el técnico correspondiente de la institución y bajo una orden técnica, con el desarrollo de este proyecto se logró generar energía autónoma con alrededor de 30 amperios y 12 voltios, contribuyendo a la mayor autonomía de vuelo de los prototipos.

ABSTRACT

The present technical project was based on the study, design and construction of: a galvanized steel support plate, in addition to pulleys coupled to the motor shaft, which work by means of a belt transmission system, all these components are integrated to the 3w motor -85 xi, we also proceeded to the selection of the components for the power supply of the unmanned aerial vehicles of the CIDFAE, using the test bench duly implemented with aeromodelling equipment such as AC / DC converter, battery YTX9 - BS IGEL 12V, DC / DC converter, sending the signal through the Futaba r6014Hs receiver, and feeding the Futaba s3305 servos these equipment are correctly installed and controlled through a radio control managed by the corresponding technician of the institution and under a technical order, with the development of this project it was possible to generate autonomous energy with around 30 amps and 12 volts, contributing to the greater flight autonomy of the prototypes.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. TEMA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”.

1.2. ANTECEDENTES

El aeromodelismo moderno ha desarrollado las aeronaves no tripuladas para su vuelo como recreación de forma competitiva, así como para fines militares conocido como UAV por sus siglas denominado vehículo aéreo no tripulado, que se dedican a la vigilancia de territorios enemigos de forma remota, esta tecnología se aplica con fines civiles para vigilancia en zonas de catástrofes, incendios forestales y seguimiento de bancos de peces entre otras.

Shoujuna (2009), propuso sobre los beneficios del sistema eléctrico como tendencia en la industria aeroespacial, ofreciendo mejoramiento en términos de facilidad, fiabilidad, y mantenimiento debido que el sistema central de gravedad (CSG) se integra al núcleo de la turbina del motor de propulsión, reduciendo el eje motor de torre y engranajes, la toma de fuerza del eje, y las cajas de engranajes de transmisión de accesorios, junto con la necesidad de lubricación de engranajes y sistemas de refrigeración asociados, ayudando a la reducción significativa del área frontal de la aeronave y arrastrar el par durante el arranque del motor. [1]

Montero (2015) tuvo como objetivo facilitar a los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica De Cotopaxi, un análisis del funcionamiento y comportamiento de la máquina de

corriente continua analizando el desarrollo de la carga y la obtención de curvas características; apto para reproducir a pequeña escala prácticas demostrativas funcionando a diferentes variaciones de carga, se tomó como variables el voltaje y la velocidad. [2].

Echeverría (2010), desarrolló la búsqueda de nuevas alternativas para generar energía bajo el impacto sobre el medio ambiente, su objetivo estuvo enfocado en la comparación de diferentes tecnologías de generación de energía mediante medios renovables para proponer lo más eficiente desde el punto de vista ambiental y económico intentando ocasionar el menor impacto sobre el medio ambiente, se utilizó el método del análisis de ciclo de vida para evaluar los impactos ambientales [3].

Este trabajo trata de exponer de forma clara los distintos elementos que conforman el sistema eléctrico de una aeronave incluyendo los diferentes sistemas de generación y distribución de energía eléctrica, se cita varios ejemplos pertenecientes a los modelos más destacados de los fabricantes más relevantes del sector aeronáutico como son Airbus y Boeing, a través de estos ejemplos se puede observar la evolución que ha experimentado el sistema eléctrico siendo dependientes de la energía eléctrica. Los artículos citados, corroboran los objetivos propuestos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de proyectos en la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE), en el Centro de Investigación y desarrollo (CIDFAE) y la implementación de los vehículos Aéreos no tripulados (UAV), han sido un vínculo fundamental para desarrollar nuevos sistemas electrónicos, mecánicos, aerodinámicos, aportando con conocimientos de innovación tecnológica al desarrollo del país.

El problema radica que en el Centro de Investigación y Desarrollo FAE dispone de los prototipos UAV, los cuáles funcionan únicamente con alimentación eléctrica de

la batería, el proyecto tiene como finalidad integrar un sistema para alimentar la carga de la batería y sistema de luces, siendo de vital importancia porque aumentaría la autonomía de vuelo, y permitirá realizar misiones de reconocimiento y fotografía de largo alcance.

Todo el sistema de generación de energía se compone de un generador, batería, convertidor, alternador, poleas, banda, correa plana, ajuste de la tensión, módulos de circuito y otros accesorios que serán instalados bajo una orden técnica en el motor 3w-85cc Fig. [1].

Este sistema beneficiará a las tareas de vigilancia y reconocimiento para el control de los recursos estratégicos, gestión de riesgos, patrulla de fronteras y control de narcotráfico en el país, además está diseñado para mejorar significativamente la confiabilidad, resistencia y rendimiento de las aeronaves no tripuladas, así como para expandir las condiciones operacionales, de la misma manera aportará a las futuras investigaciones para implementar el sistema en otros prototipos del CIDFAE.

La factibilidad de este proyecto se basa en investigaciones previas, según el autor J. Mora [4] quien desarrolló estudios en base a motores con similares características determinando parámetros como velocidad, tipo de alimentación eléctrica, conexiones eléctricas. Según K.Shigley [5] para desarrollar el diseño del acoplamiento mecánico, seleccionar la placa soporte, determinar el sistema de transmisión por correa, todo en base a las características del motor, siendo factores esenciales para el desarrollo de este proyecto además de información bibliográfica factible, instalaciones disponibles y materiales accesibles en los mercados nacionales.

De acuerdo al sugerimiento del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, se respetará el tema propuesto, pero el estudio se enfocará más al sistema eléctrico.

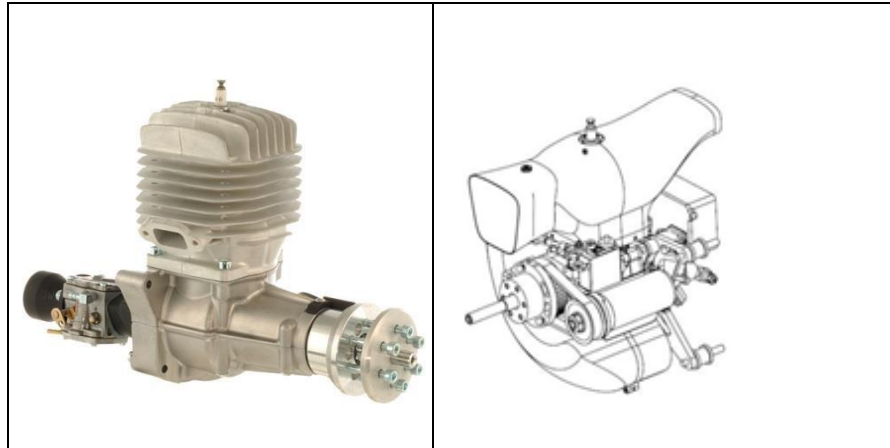


Figura 1 Motor 3w-85cc – Acople sugerido [1]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Diseñar y construir un acoplamiento mecánico del generador integrado al motor 3w-85cc para la alimentación del sistema eléctrico de los prototipos UAV en el Centro de Investigación y Desarrollo De La Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de las cargas eléctricas del prototipo.
- Diseñar un sistema de carga para la batería y sistema de luces.
- Seleccionar el generador adecuado acorde a las necesidades del proyecto.
- Realizar estudio de peso y balance de los prototipos UAV.
- Seleccionar la placa soporte y el acoplamiento mecánico.
- Construir, implementar y realizar las pruebas de funcionamiento del sistema de carga de la batería.

CAPITULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1 Investigaciones previas

Arumugam, y otros (2017), propuso sobre el modelo, la simulación y la implementación de un generador para aplicaciones aeronáuticas con un rango de trabajo de 30 a 60 KVA alimentando a las cargas eléctricas de las aeronaves, fueron tres tipos de generadores los cuáles están acoplados en un solo eje impulsado por la caja de engranajes del motor del avión, la velocidad de rotación oscila entre 7000 rpm y 24000 rpm, produciendo calor en generador principal. [6]

Escobar & Bassante, desarrolló el diseño de un banco de pruebas para el arrancador generador, aquí se detalla los principales sistemas de una aeronave los cuales controlan y distribuyen energía a los sistemas eléctricos y electrónicos. Están equipados con sistemas de arranque semiautomático el cual acciona una fuente de corriente continua a 28V y pone en marcha a la unidad de energía a tierra y el contacto energético. [7]

Khashyar (2015), detalla el desarrollo de un PID (Controlador proporcional Integral – Derivativo), siendo un algoritmo muy complejo, pero fácil de implementar, para levantar esos prototipos es necesario cuatro rotores, para cambiar la velocidad se realiza maniobras ágiles y complejas. En estas plataformas se utilizaron dos tipos de motores brushless seleccionados debido al alto empuje, baja resistencia interna, carga útil elevada, alto torque y tolerancia de corriente continua, además de la selección de fibra de carbono para absorber las vibraciones, presentando características favorables para el ensamblaje. [8]

Štěpán (2017), propuso el desarrollo de un sistema para el control híbrido-eléctrico con unidad de potencia para UAV. Siendo compatible con el sistema de bordo, este sistema se basa en baterías y motores eléctricos presentando ventajas de tiempo de respuesta rápido a la entrada del acelerador, control de empuje preciso además que el sistema de propulsión no produce ruido, el inconveniente es que la densidad de las baterías limita el

tiempo de vuelo, y el tiempo que se necesita para recargar cuando se drenan, pero se obtiene eficiencia en los motores eléctricos, el diseño de acople es a través de un sistema polea-correa. [9]

Araujo (2013), este proyecto desarrolló el estudio de un banco de pruebas para el sistema de comunicación de datos, diseñado para satisfacer las necesidades y demandas de monitoreo del estado de los enlaces que utilizan los prototipos UAV, estudiando el comportamiento en vuelo, y obtener una buena cobertura y eficiencia en los enlaces de comunicación. [10]

Deepak Arumugam (2015), desarrolló la mejora del rendimiento de los sistemas de generador integrado con alternador de polos para aplicaciones aeronáuticas, como un sistema de alimentación, con una fuente de alimentación de respaldo llamada sistema de generador integrado, el cual proporciona energía de suministro para cargas de emergencia tales como iluminación de la cabina, preparación de alimentos etc. [6]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Sistemas aéreos no tripulados

Sistemas compuestos por uno o más vehículos aéreos no tripulados (UAV), son equipos mecánicos con capacidad de transportar un objeto con un grado de autonomía, dependiendo de la aplicación; están compuestos por un segmento aéreo, un segmento terreno y elementos dispensables para su operación como estación de control, comunicación, medios de lanzamiento, recuperación y transporte. [11]

2.2.1.1 Clasificación

Para los Vehículos Aéreos no Tripulados, no existe clasificación universal, sino múltiples taxonomías, se clasifican en base a diferentes misiones, para las cuales se les ha diseñado, existen los siguientes tipos:

- UAV de prueba.- diseñados para simular terceros aviones dentro de un sistema controlado de defensa
- UAV de reconocimiento.- desarrollados para recopilar información concreta,

relacionado a una área geográfica.

- UAV militares.- utilizado en conflictos militares, llevado a cabo misiones peligrosas y confidenciales.
- UAV de rescate.- ayuda, socorre y rescata a personas en zonas de difícil acceso.
- UAV de logística.- transporta las mercancías.
- UAV de uso comercial y civil.- para propósitos civiles, y fines comerciales.
- UAV para la investigación.- empleados para fines de investigación, y pruebas experimentales. [11]

2.2.1.2 Aplicaciones

La aparición de sistemas aéreos no tripulados ha contribuido para el desarrollo de operaciones militares, a continuación se detallan las principales aplicaciones de estos sistemas.

Tabla 1 Sistema Foda de los vehículos aéreos no tripulados

Fortalezas	Debilidades
Ayudan evitar riesgos personales	Vulnerabilidad a ciberataques
Incrementan la disponibilidad operativa	Las normas de derecho a guerra pueden limitar grandes niveles de autonomía
Proporcionan información inmediata si el espacio radioeléctrico no está congestionado.	Necesidad de desarrollo en entornos marítimos.
Aumenta el tiempo de duración de la misión de vuelo	Limitada capacidad de integración de armamento.

Oportunidades	Amenazas
Investigación, desarrollo y adquisición gubernamental pueden potenciar el desarrollo tecnológico e industrial.	Limitados fondos para el desarrollo
Permitir establecer redes de operación	Pérdida de soberanía industrial, si no se potencia el desarrollo de estos sistemas.
Mercado en crecimiento	Grandes exigencias de ancho de banda y gestión de espectro radioeléctrico.

Fuente: [11]

2.2.2 Cargas eléctricas

Los sistemas eléctricos, refleja mayor uso de aviónica sofisticada, la mayoría de operaciones dependen de la electricidad. La energía eléctrica es esencial para el funcionamiento e indispensable para el funcionamiento de los sistemas e instrumentos de la aeronave como:

- Micropiloto (Unidad Remota MP2128^{LRC2})
- Luces
- Servos Futaba S3305
- Cámara
- Entre otros dispositivos

2.2.2.1 Micropiloto automático de UAV de ala fija MP2128^{LRC2} (2.4 GHz)

El piloto automático de largo alcance (LRC) proporciona un enlace de comunicación de datos integrados, y de largo alcance. Con esta característica, los operadores se benefician de una mayor distancia y flexibilidad. La unidad de tierra LRC utiliza módems de radio estándar, disponible en el mercado. [12]

El consumo de corriente depende de algunos factores, puede estar solo el Micropiloto o con un modem secundario, los cuales no dependen en que potencia de salida estén operando los módems. Este dispositivo puede consumir hasta 1 amperio durante la transmisión de grandes cantidades de datos con la potencia de transmisión. [12]

Características

- El módem de radio de datos de 1 vatio del LRC proporciona comunicaciones confiables para telemetría y control originado por el sistema de centro de gravedad (GCS) a un rango superior a 10 km.
- La capacidad de permite pilotar manualmente el UAV a un rango superior a 10 km y es compatible con los transmisores JR y Futaba disponibles en el mercado.
- La carcasa de aluminio pequeña, liviana y resistente del LRC protege los componentes electrónicos sensibles.
- En caso de fallo tanto del piloto automático como de las comunicaciones, un temporizador de vigilancia a prueba de fallos activa el paracaídas.
- Los controladores de alta corriente del LRC simplifican el control de encendido / apagado de dispositivos integrados como luces y cámaras.
- La integración del módem de radio de datos, los convertidores ADC y los controladores de alta corriente en un solo paquete simplifica dramáticamente su arnés de cableado, reduciendo posibles modos de falla. [12]



Figura 2 Micropiloto MP2128^{LRC2} [13]

2.2.2.2 Servos Futaba

El servomotor es una clase especial de motor con la que se controla la posición del eje en un momento particular se usan para posicionar elementos de control como palancas, pequeños ascensores y timones, se usan en radio-control, marionetas y en robots. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición [13]

Está compuesto por un pequeño motor DC, con una caja reductora de velocidad, se clasifican en servos de corriente continua y alterna. El circuito electrónico, contienen de tres cables para su respectivo control. [13]

- Rojo , se determina como positivo o de alimentación (puede ser de 4 V a 6V)
- Negro, para el negativo o masa.
- Blanco, para la señal de Modulación por ancho de pulsos (PWM) de control.

Presentan una caja reductora que multiplica su par conocido como fuerza de torsión, a cambio de la velocidad, mientras están alimentando su respectiva fuerza de retención, se limita a 180° el ángulo de giro. Estos servo tiene un periodo entre 0.9 ms y 2.1 ms. [13]



Figura 3 Servo Futaba [13]

Los servos de alto torque consumen alrededor de 1600 mA, dependiendo directamente de la fuerza que ejercen sobre el dispositivo, con un torque dinámico del 70 – 75%. La característica de los servos S3305 es la potencia que varía entre 9 y 24 kg – fuerza. [13]

2.2.3 Sistema de generación de energía

2.2.3.1 Diagrama de bloques del sistema eléctrico

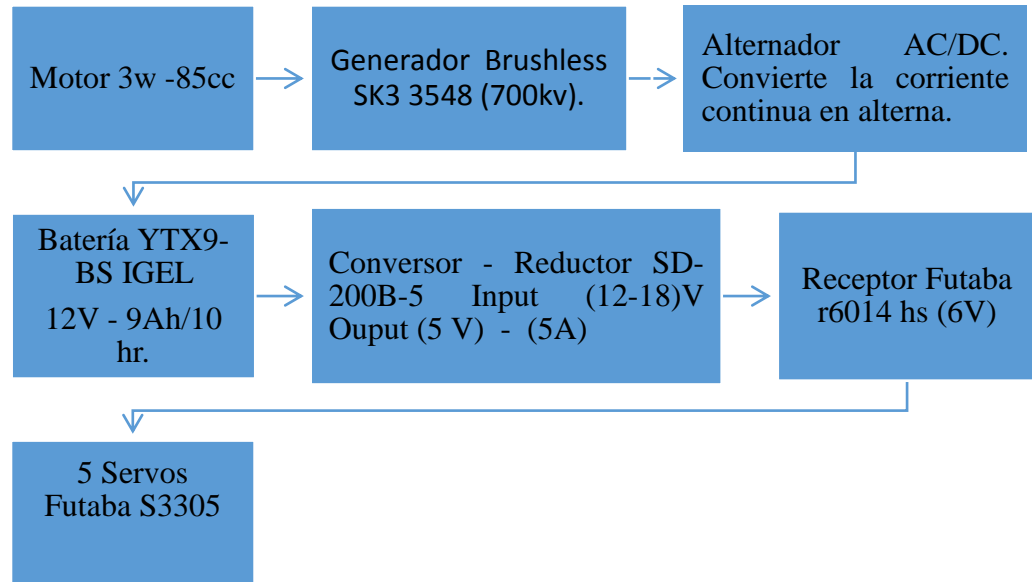


Figura 4 Diagrama de bloques del sistema eléctrico [Autor]

2.2.3.2 Motor de combustión interna: 2T

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión. [14]

El motor de 2 tiempos también conocido como motor de ciclo de Otto, realiza las cuatro fases del ciclo termodinámico (admisión, compresión, combustión y escape) en 2 movimientos lineales del pistón, o una vuelta completa del cigüeñal, diferenciándose del motor de 4 tiempos en que éste lo realiza en 4 movimientos de pistón, o 2 vueltas de cigüeñal. [14]

- **Motor 3w - 85 cc**

El motor 3w -85cc, está diseñado exclusivamente para actividades de aeromodelismo, presentando un alto nivel de precisión, alto par en el rango de bajas revoluciones, excelentes características de alta potencia. [14]

La serie 3w Competition (versión CS) se distingue por su mayor rendimiento, un comportamiento de respuesta más rápido y un alto par motor. El motor logra así un alto nivel de rendimiento. Se modifican los puertos de transferencia en el cilindro y el cárter. [14]

Para el funcionamiento del motor, debe presentar un sistema de refrigeración adecuado, tanto en tierra como en aire. La salida de aire del escape debe ser cuatro veces del tamaño de entrada de aire frío. Debe asegurarse que el aire fluya libremente en los cilindros y silenciadores. [14]

El motor debe ser instalado sobre un banco de pruebas completamente rígido debido a la vibración del mismo, necesita suficiente espacio para proporcionar flujo de aire, y de esta manera poder realizar un enfriamiento adecuado para el escape. [14]

Medidas de seguridad para la instalación del motor

- Equilibre la hélice correctamente.
- Montar correctamente el encendido para evitar el sobrecalentamiento.
- Utilizar la batería y el regulador correctos.
- El tanque de combustible debe ser el apropiado, líneas de plomería e instalación.
- Ajuste el carburador correctamente.
- Asegurarse que la bujía esté en buenas condiciones.
- Asegúrese que los cables de encendido no estén deshilados.
- Manipular el encendido con medidas de seguridad respectivas. [14]



Figura 5 Motor 3w-85 cc [14]

2.2.3.3 Generador

Los generadores son movidos por el giro del motor, proporcionan corriente eléctrica al sistema cargando la batería. Cuando el motor trabaja a bajo régimen los generadores no producen energía suficiente, para lo cual es necesario una batería. Y el alternador aparte de producir corriente es constante a varios regimenes de revoluciones. [15]

El sistema eléctrico está compuesto por dos fuentes de energía: la batería y el generador o el alternador, la batería solo se utiliza en emergencias para el arranque del motor. La diferencia de voltaje mantiene a la batería cargada, su función es regular, controlar y estabilizar la salida del generador hacia la batería. [15]

2.2.3.4 Selección del generador

Los motores de corriente continua son máquinas que convierten la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino con algunas modificaciones por lo general son utilizados. [15]

2.2.3.5 Clasificación de los motores de corriente continua. Según la forma de conexión

- **Motor serie**

En este motor el devanado se conecta en serie con la armadura, está hecho con un alambre grueso porque tiene que soportar la corriente total de la base. Presenta flujo magnético proporcional a la corriente de la armadura, el campo en serie tiene un mayor

campo magnético, además desarrollan un par de arranque elevado para acelerar cargas pesadas [16]

- **Motor Shunt**

También es conocido como motor de excitación paralelo cuyo bobinado inductor está conectado en derivación con el circuito formado por: bobinado inducido e inductor auxiliar. Las bobinas principales están constituidas por espiras y con hilo de poca sección, por lo tanto la resistencia del bobinado inductor es muy grande, en el instante del arranque, el par motor que se desarrollará es menor que el de serie. [16]

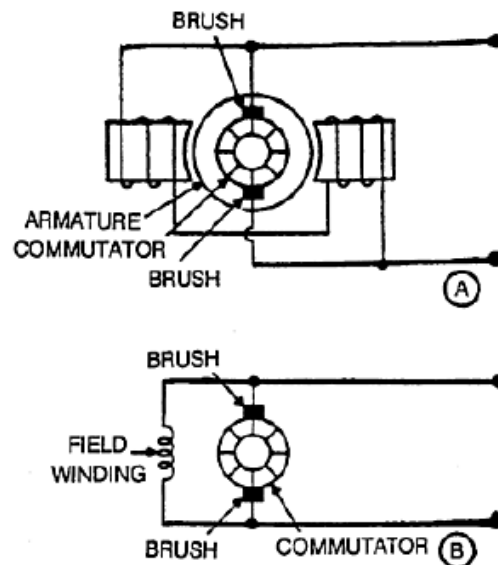


Figura 6 Diagrama del motor Shunt [16]

- **Motor Compound**

La excitación es originada por un par de bobinados inductores independientes, uno está conectado en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con los bobinados inducidos. [16]

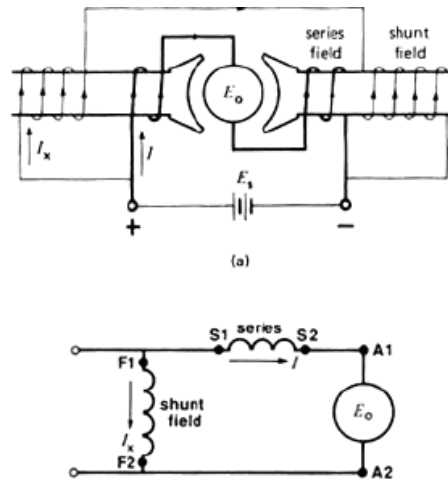


Figura 7 Diagrama del motor Compound [16]

2.2.3.6 Motor eléctrico sin escobillas o Brushless

Son una concepción del clásico motor de corriente continua sin escobillas están constituidos por imanes de alta energía, circuito magnético de hierro con su devanado, captor de fase, velocidad y posición. El inversor convierte la corriente alterna en corriente continua, como también de alterna a continua, las aplicaciones son para coches y aviones con radiocontrol. [17]

Los avances tecnológicos presentan varias ventajas como: baratos de fabricar, livianos, menos mantenimiento, baja pérdida de inercia en el motor, exactitud en el control de la velocidad y regulación, adecuado para ambientes de trabajo en sucio, además respuestas rápidas a señales de arranque, parada y variaciones de marcha. [17]

Es un motor brushless presentan mayores ventajas para realizar el cambio de polaridad en el rotor. Estos motores presentan un colector de delgas, sus ventajas son: mejor relación de la velocidad par – motor, mayor eficiencia, mayor vida útil, menor ruido y mayor rango de velocidad. [17]

Los motores sin escobillas SK3 3548 sin escobillas del motor Outrunner, se caracterizan por ser motores eficientes, fuertes y robustos para el modelador más exigente. En la serie SK3 utiliza cojinetes de doble blindaje de calidad, imanes de neodimio sinterizado

siendo los más fuertes disponibles en el mercado y el estator de cuerda enrollada garantizando un bobinado preciso y constante. [18]

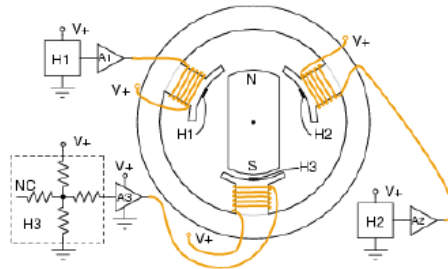


Figura 8 Diagrama del motor Brushless [17]

Componentes

- Parte móvil: corresponde el rotor. Es donde se encuentran los imanes permanentes.
- Parte fija: denominado estator o carcasa sobre el cual va el bobinado del hilo conductor.
- Además está formado por un amplificador, un motor, el sistema reductor formado por ruedas dentadas y el circuito de alimentación.

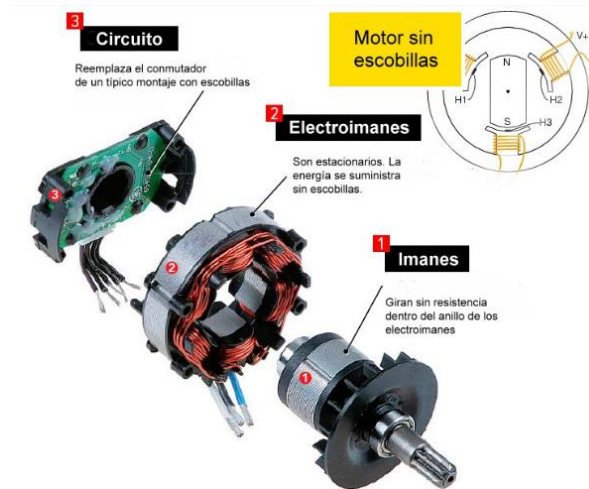


Figura 9 Esquema del motor Brushless [17]

2.2.3.7 Tipos de motores brushless

- Con imanes de tierras raras y f.e.m sinusoidal inducida.- Campo de par entre 0.5-5 N/m
- Con imanes de tierras raras y f.e.m trapezoidal inducida.- Campo de par entre 0.8-30 N/m
- Con imanes cerámicos de alta inercia, y f.e.m sinusoidal inductiva.- Campo de par entre 3.2 hasta 90 N/m. [17]

2.2.3.8 Kv (Kilo vuelta), característica básica de un motor Brushless

Significa la cantidad de revoluciones por minuto (rpm) que da el motor por cada voltio de corriente continua aplicado al control electrónico de velocidad (ESC), a máxima potencia. Es decir si un motor de 1100 Kv, se le aplica 11,1 V funcionará a 12210 rpm. [18]

2.2.3.9 Criterios de selección

Tabla 2 Criterios para selección de un motor de corriente continúa

Características de la maquina a accionar	<ul style="list-style-type: none">• Acoplamiento directo o por transmisión.• Fuerza axial o radial en el eje del motor
Ambiente (Grado de protección IP)	<ul style="list-style-type: none">• Limpio• Sucio• Gas• Humedad
Características del motor	<ul style="list-style-type: none">• Par• A velocidad base, mínima y máxima (Potencia en Kw y velocidad en rpm).
Ciclo de trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Servicio continuo o intermitente.
Carga máxima en % nominal	<ul style="list-style-type: none">• % de carga durante x segundos
Tipo de tensión	<ul style="list-style-type: none">• Inducido o no inducido

Temperatura del ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • En grados °C
Sentido del giro del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Horario o anti horario
Altitud sobre el nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Metros
Características de la red de corriente alterna	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión de la red en Voltios • Frecuencia de la red en Hz • Número de fases

Fuente: [17]

2.2.4 Rectificador AC/DC Trifásico

Este dispositivo toma una señal de entrada tipo alterna (ac) y se convierte en una señal tipo continua (dc) en la salida. La señal alterna (ac) varía su polaridad cada cierto tiempo, por tanto tiene una frecuencia, siendo la rapidez con la que cambia de una polaridad a otra en función del tiempo. [19]

El rectificador trifásico o convertidor, es un dispositivo electrónico diseñado para convertir la corriente alterna del generador a corriente continua de salida que pueda cargar la batería, mediante dispositivos semiconductores, que generan grandes potencias es similar a un rectificador monofásico, pero son alimentados por fuentes trifásicas. Además asegura que la tensión se entregue en un rango determinado para no dañar la batería. [19]

El rectificador realiza dos funciones, la potencia que entrega el generador es de tres fases en corriente alterna, su función es convertir la corriente alterna trifásica en monofásica. La corriente continua, no siempre entrega el voltaje correcto para cargar la batería. El alternador para cierta revolución por minuto, entrega la misma cantidad de potencia. El voltaje se limita a un máximo de 14,5 V y alimenta a la corriente alterna regulada de la batería. Entonces cuando el motor enciende está en ralenti o regulando debe dar un poco más 12,6 voltios al acelerar debe subir hasta el rango de corte del regulador que va de 13.7 a 14.5 voltios. [19]

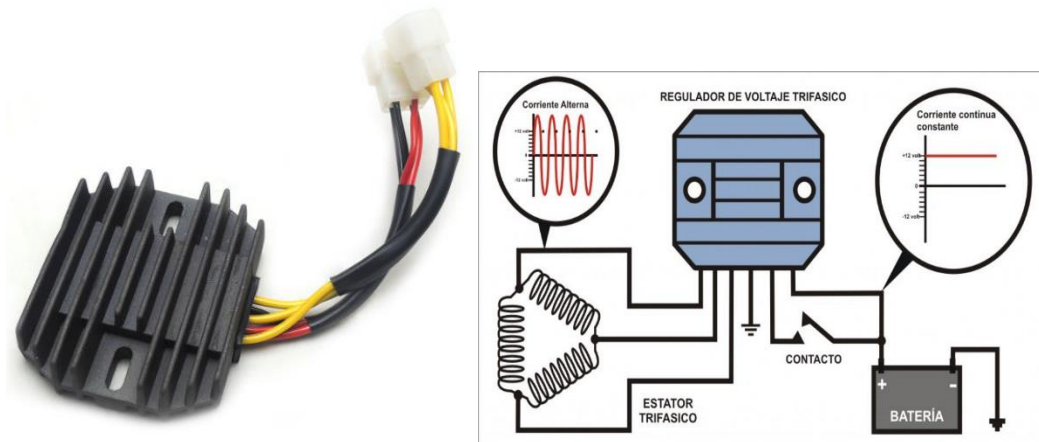


Figura 10 Rectificador trifásico 12V en DC [19]

2.2.4.1 Tipos de rectificadores

- Alternador de rotor de imán permanente (PMR).- Los imanes permanentes giran igual con el motor, con un conjunto de bobinas enrolladas denominado estator para producir energía.
- Tipo de control de campo (FCT).- Presenta un campo, cuando recibe la alimentación del regulador se magnetiza. [19]

2.2.4.2 Batería

La batería también llamado acumulador, transforma y almacena energía eléctrica, de manera química. Esta energía se utiliza para arrancar el motor, como una fuente de reserva limitada, en caso de fallo de un alternador. La capacidad de las baterías es insuficiente para satisfacer la energía de los sistemas e instrumentos de la aeronave. [20]

2.2.4.3 Clasificación de las baterías Plomo –Ácido

- Inundada: plomo – calcio, plomo – antimonio.
- Plomo – ácido regulada por válvula VRLA , VRLA (sellado): plomo – calcio, plomo - antimonio, plomo - antimonio-selenio (AGM , Gel).
- Placa plana y tubular. [20]

2.2.4.4 Baterías de Gel

Son aquellas que el electrolito se inmoviliza en forma de GEL, esta característica hace que las baterías de gel tengan una mayor vida útil, con mayor número de ciclos de carga y descarga, soporta ambientes de vibración, golpes y altas temperaturas, además no requiere mantenimiento. [20]

Características

- La cantidad mínima de evaporación durante la carga se vuelve a redirigir en lo interno de la batería
 - Al no existir escapes de gases se evitan la corrosión de sus postes y las respectivas gasas de batería.
 - Puede existir la posibilidad de variar la posición de la batería según la necesidad pues al ser selladas y estar gelificado el electrolito se limita por completo el derrame de ácido algo común en las baterías convencionales.
 - Al ser gelificado el electrolito se reduce a porcentajes mínimos la evaporación.
- [20]



Figura 11 Batería YTX9-BS IGEL 12V - 9Ah/10 hr [20]

2.2.4.5 Parámetros para seleccionar la batería

- Identificar la cantidad de horas de amperios hora.
- Identificar la cantidad de días de autonomía del sistema.
- Profundidad de descarga de la batería.
- Considerar la temperatura media. [20]

2.2.4.6 Cálculos de consumo de energía en la batería

2.2.4.7 Tiempo en horas de autonomía - Fórmula y exponente de Peukert

$$t = \frac{H}{\left(\frac{IH}{C}\right)^k} \quad (1)$$

- t: Tiempo en horas de autonomía.
- C: Capacidad de batería en Ah (Amperios-hora), durante un tiempo de consumo determinado.
- H: Tiempo en horas indicado por el fabricante, que indica la base de tiempo que está calculada la capacidad nominal.
- I: Intensidad de corriente en Amperes, se mide al conectar la batería con el motor.
- k: Exponente de Peukert, es un valor inherente al tipo de batería, es indicado por el fabricante generalmente está comprendido entre 1.1 para baterías de Gel de buena calidad y 1.3 para las baterías de plomo – ácido. [20]

2.2.4.8 Amperaje necesario para proporcionar energía a un dispositivo.

$$C = x * t \quad (2)$$

- x: Amperaje necesario que necesita la aplicación.
- t: Tiempo en horas que se necesite que funcione el dispositivo.

2.2.4.9 Carga eléctrica almacenada

Es la cantidad de carga eléctrica que es posible almacenar en la batería, es el número de electrones que puede llegar a quedar atrapados en la batería, se mide en Amperios*hora (Ah). [21]

2.2.5 Tasa de descarga

Es la velocidad con la que se puede descargar la batería, es decir la intensidad máxima, se suele medir en Coulomb. [21]

2.2.5.1 Tensión

Es la diferencia de potencial nominal en los bornes de una batería. El voltaje de una celda de acumulador varía en función de la reacción química. [21]

2.2.5.2 Convertidor DC/DC

Los convertidores de corriente continua- continua estabilizan una tensión continua, de las baterías o fuente de alimentación, obteniendo una salida menor, igual o mayor a la de entrada. [21]

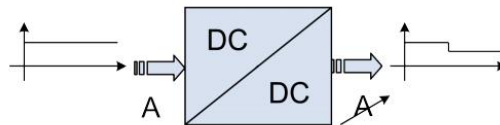


Figura 12 Simbología de un convertidor DC/DC [21]

2.2.5.3 Receptor de señal Futaba

Se trata de un receptor de amplia gama para todos los modelos de aviones, es fácil de instalar, elimina la necesidad de enchufes de unión, la diversidad de antena permite una mejor recepción sin pérdida de señal y arandelas de goma en la salida de la antena. [22]



From the transmitter manual	El manual del transmisor
Elevator	Ascensor
Aileron	Alerón
Throttle	Acelerador
Rudder	Timón
Gyro - Gear	Engranaje
Pitch	Tono

Figura 13 Receptor Futaba [22]

2.2.5.4 Peso y balance

2.2.5.5 Peso

El peso en una aeronave es la fuerza de atracción gravitatoria sobre un cuerpo, presentando dirección perpendicular a la tierra, con intensidad proporcional a la masa del cuerpo, esta fuerza es la que le atrae a la aeronave hacia abajo. Es contrarrestada por la fuerza de sustentación para mantener en el aire la aeronave. El peso máximo admisible puede cambiar durante el vuelo, y el peso efectivo denominado factor de carga varía durante la maniobra de vuelo, a lo que se considera peso cargado en reposo. [23]

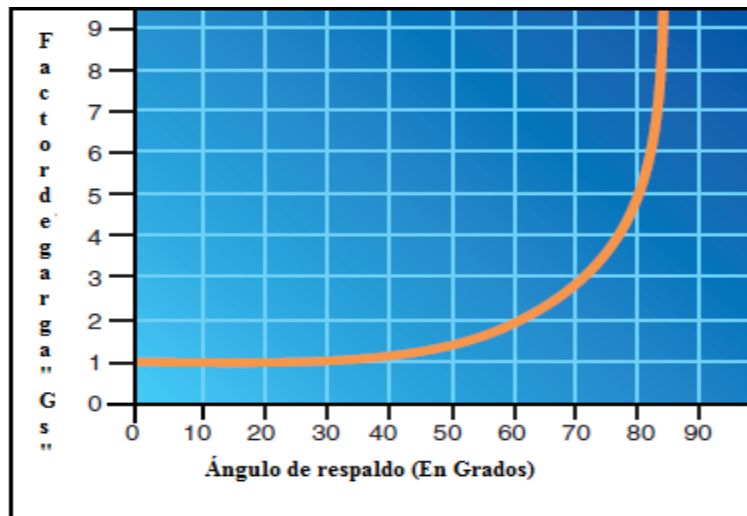


Figura 14 Diagrama de factor de carga, que permite calcular la cantidad de peso ejercido en varios ángulos. [23]

2.2.5.6 Peso vacío básico

El punto de partida para los cálculos es el peso básico en vacío, el cual va integrado al peso del prototipo estándar, también influye el combustible inutilizable, además el motor y el aceite de transmisión y el fluido hidráulico para las aeronaves equipadas. [23]

2.2.5.7 Peso bruto máximo

El peso bruto máximo interno de la aeronave, se refiere al peso de la aeronave con una carga externa, el máximo externo tiende a variar dependiendo de dónde sea integrado al UAV, algunos con carga grande pueden tener varios puntos de fijación para operaciones

de cargas con eslingas o cabrestantes, pueden llevar gran cantidad de peso cuando el punto de conexión está directamente debajo del centro de gravedad. [23]

2.2.5.8 Limitaciones de peso

Las limitaciones de peso son indispensables para garantizar la estructura integral del prototipo, debido que operan por debajo de un peso mínimo puede afectar negativamente a las características de trabajo. [23]

Aunque la aeronave está certificado por un peso bruto máximo, no es confiable despegar con esta carga bajo ciertas condiciones, los factores que principalmente afectan el rendimiento son alta temperatura, mayores condiciones de humedad, dando como resultado altitud y densidad. [23]

2.2.5.9 Balance

Al rendimiento de la aeronave no afecta solo el peso bruto, sino también la posición de peso. Es imprescindible cargar la aeronave dentro del rango permitido del centro de gravedad (CG) especificado en las limitaciones de peso y balance del manual de vuelo. [23]

2.2.6 Centro de gravedad

Se debe considerar en equilibrar el peso del prototipo UAV, concisamente para que el fuselaje permanezca horizontal en vuelo estacionario, sin necesidad de un control cíclico de inclinación, excepto para la corrección del viento. Dado que el fuselaje actúa como un péndulo suspendido del rotor, al cambiar el centro de gravedad cambia el ángulo en el que el avión se cuelga del rotor. [23]

Cuando el CG está directamente debajo del mástil del rotor, la aeronave se cuelga horizontalmente; y cuando está demasiado adelantado al mástil, se cuelga con la nariz inclinada hacia abajo; si el CG está demasiado alejado del mástil, la nariz se inclina hacia arriba. [23]

- **CG. Adelante del límite delantero**

El peso es superior a la parte delantera de la aeronave a partir del centro de gravedad.

- **CG. Popa del límite de popa**

El peso es superior a la parte posterior de la aeronave a partir del centro de gravedad.

2.2.6.1 Balance lateral

Existe un peso superior a un lado de la aeronave, en helicópteros más pequeños, no es necesario determinar el CG lateral.

2.2.6.2 Cálculos de peso y balance

Para determinar el correcto peso de una aeronave se debe considerar dos parámetros: el primero el peso básico de la aeronave, correspondiente a la carga útil (aceite, combustible de carga y equipaje) luego calcular el momento cargado en el centro de gravedad (CG) y comprobar que esté dentro del rango permisible. [23]

2.2.6.3 Sistemas de acoplamiento mecánico

2.2.6.4 Poleas

Una polea es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Consiste en una rueda con un canal en su periferia, por el cual pasa una cuerda y que gira sobre un eje central. Además, sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso. [24]

2.2.6.5 Clasificación

- **Polea simple fija.-** Este sistema no produce una ventaja mecánica, la fuerza que debe aplicarse es la misma que se requiere para levantar el objeto sin la polea. Permite aplicar la fuerza en una dirección más conveniente. [24]
- **Polea móvil.-** Una forma alternativa de utilizar la polea es fijarla a la carga un extremo de la cuerda al soporte, y tirar del otro extremo para levantar a la polea y la carga. [24]
- **Polea compuesta.-** Estos sistemas pretenden obtener una gran ventaja mecánica, pueden elevar grandes pesos con un bajo esfuerzo. Se unen en grupos de poleas fijas

y móviles, también destacan los polipastos. [24]

- **Poleas con correa.**- El sistema consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por el efecto de rozamiento de una correa con ambas poleas. [24]

2.2.6.6 Partes del sistema de transmisión por polea

- Polea motriz
- Polea conducida
- Correa de transmisión

2.2.6.7 Transmisión Correa-Polea.

Es un conjunto de dos poleas acopladas por medio de una correa con el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a una cierta distancia. [24]

2.2.6.8 Ventajas de la transmisión correa- polea

- Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.
- Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.
- Costo inicial de adquisición o producción relativamente bajo.
- Grandes dimensiones exteriores.
- Inconstancia de la relación de transmisión cinemática debido al deslizamiento elástico.
- Grandes cargas sobre los árboles y apoyos, y por consiguiente considerables pérdidas de potencia por fricción. [24]

2.2.6.9 Clasificación

- **Correas planas**

Estas correas son empleadas cuando la distancia entre ejes de poleas es elevada y los diámetros de las poleas son muy pequeños, debido a que las correas son altamente flexibles, además ideales cuando se requiere variar el sentido de rotación de ejes o emplear ejes cruzados. [24]

- **Correas trapezoidales**

También son conocidas como correas en V, permiten transmitir pares de fuerza más elevadas, además una velocidad lineal en la correa más alta, alcanzan hasta los 30 m/s. Según las normas ISO se dividen en dos grupos, las correas de secciones con los perfiles clásicos Z, A, B, C, D y E y las correas estrechas de secciones SPZ, SPA, SPB y SPC. [24]

- **Correas dentadas o síncronas**

Estas correas se aplican en transmisiones compactas y para transmitir alta potencia, se emplean poleas con diámetro pequeño, debido a que presentan mayor flexibilidad y adaptabilidad al dentado de la polea. Se construyen dientes en la cara posterior o interna para generar un efecto de transmisión por empuje, son indispensables cuando se requiere evitar el deslizamiento entre correa y la polea y cuando las cargas son por vibraciones y choques son menores. [24]

2.2.7 Cadenas.

Una cadena es un conjunto de eslabones o anillos enlazados entre sí, que sirven para sujetar, estirar y para la transmisión de movimiento en las máquinas. Es un objeto construido mediante eslabones, generalmente metálicos, que se entrelazan unos a otros. [24]

2.2.7.1 Transmisión por cadenas

Se efectúa también entre árboles paralelos, engarzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena; el acoplamiento entre cadena y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno. Se emplea cuando se tienen que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducidas. [24]

2.2.7.2 Ventajas y desventajas

- Tiene la capacidad de transmitir potencia a una considerable distancia entre ejes, esta condición se logra dado que las cadenas pueden tener longitudes variables.
- Se obtienen rendimientos elevados del 98%, porque se excluyen problemas de deslizamiento entre los componentes del sistema.

- Un elevado costo de sus componentes.
- Se requieren montajes precisos con el objetivo de evitar que alguna de las caras de la cadena se someta a cargas superiores y falle por fatiga. [24]

2.2.7.3 Engranaje

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas. [25]

2.2.7.4 Transmisión por engranajes

Los principales sistemas de transmisión, para las máquinas se lo realiza a través de correas, está compuesto por un juego de poleas, que permiten montajes cruzados y con múltiples poleas para conectar varios componentes y de esta manera transmitir el movimiento generado en la polea conductora a los demás dispositivos de la máquina, modificando las características de velocidad y sentido, se utilizan para transmitir con un movimiento de rotación. [25]

2.2.7.5 Materiales

2.2.7.6 Eje de acero AISI 4340 (705)

Este acero se caracteriza porque es un acero bonificado al cromo, níquel, molibdeno, presenta alta resistencia a la tracción, torsión y a cambios de flexión, es insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a la fragilidad del revenido. [26]

2.2.7.7 Aplicaciones

Partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos, cigüeñales, árboles de leva, ejes de bombas, ejes para aviones, pernos de alto grado de tensión, rodillos de transportadora, etc. [26]

2.2.7.8 Propiedades mecánicas

Propiedades Mecánicas				
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Figura 15 Propiedades mecánicas del eje AISI 4349 [26]

2.2.7.9 AIR 9048.100 /AlCu4Ma1/2024/T42

Es una aleación de resistencia media alta, con una tensión mínima de 57 ksi /390 MPa y resistencia mínima a la tracción de 60 ksi /455 Mpa. Esta aleación se suministra una amplia gama de temperaturas, está diseñado para obtener pocos esfuerzos residuales, pequeña distorsión en el mecanizado y resistencia a la corrosión. [27]

T42.- Es una solución tratada térmicamente y naturalmente envejecida a condición sustancialmente estable.

Tabla 3 Propiedades físicas

Propiedades físicas	Valor
Densidad	2,77 ^g /cm ³
Expansión térmica	22,8 x 10 ⁻⁶ /K
Módulo de elasticidad	73GPa
Conductividad Térmica	120 W/mk

Fuente: [27]

Tabla 4 Propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas	Valor
Prueba de fuerza	350 Mpa
Fuerza de rendimiento	490 Mpa
Resistencia a la cizalladura	285 Mpa
Módulos de elasticidad	73 Gpa

CAPÍTULO III.

3. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Selección de alternativas

3.1.1 Sistema de transmisión velocidad – fuerza.

Después de investigar los diferentes sistemas de transmisión de movimiento, es indispensable seleccionar el sistema que esté acorde al proyecto y proceder al diseño.

De acuerdo a la clasificación los sistemas más comunes son de transmisión de engranes, por poleas y por cadenas.

El proceso de transmisión por engranajes es descartado porque emite demasiado ruido, durante el funcionamiento a grandes velocidades, además presenta desgaste abrasivo en la superficie de los dientes.

La transmisión por cadenas es descartada porque emite demasiado ruido, es pesado, y caro, además la velocidad máxima es inferior a la velocidad de las transmisiones por correa, también el montaje y mantenimiento es más complejo.

Entonces el proceso adecuado, para el desarrollo del proyecto es:

- Alternativa 1 Transmisión por engranajes
- Alternativa 2 Transmisión por poleas
- Alternativa 3 Transmisión por cadena

3.1.2 Método ordinal corregido para criterios ponderados

Para las etapas de proceso de diseño, corresponde hacer una evaluación, para la posterior toma de decisiones. La evaluación no se basa, sobre un determinado elemento sino se debe ponderar distintos aspectos en base a criterios, los cuales implican juicio de valor.

Para seleccionar una alternativa adecuada se debe escoger dos elementos.

- Alternativas.- Como mínimo se debe tener dos alternativas, lo adecuado es entre tres y seis, las cuales son distintas.
- Criterios.- Se debe establecer los criterios en base a cuáles las alternativas van a ser

evaluadas, así como la ponderación entre las variables.

Tabla 5 Valores asignados por el método de criterios ponderados

Valor	Criterio
0	El criterio de filas es menor o inferior ($<$) que el de las columnas
0.5	El criterio de filas es igual o similar ($=$) que el de las columnas
1	El criterio de filas es superior o mayor ($>$) que el de las columnas

Fuente: Autor

En cada criterio posteriormente se suman los valores determinados en relación a los restantes, a la cual se añade la unidad evitando que el menos favorable sea nulo; y en la otra columna se calculan los valores ponderados para cada uno, y finalmente se obtiene la evaluación total siendo la suma de los productos de los pesos especificados en cada uno.

3.1.3 Proceso de selección de alternativas

A continuación se detalla el orden jerárquico de los criterios analizados:

- 1) Tamaño
- 2) Costo
- 3) Innovación tecnológica
- 4) Fácil construcción y montaje
- 5) Funcionalidad
- 6) Fiabilidad

1) Tamaño

Destinado a las dimensiones, volumen y sitio que ocupa el mecanismo de elevación.

2) Costo

Es el factor importante a ser evaluado, tanto los recursos materiales y mano de obra deben ser de excelente calidad, siendo los costos accesibles y fácil implementación

3) Innovación tecnológica

Es la inclusión de nuevos productos y servicios, con nuevos procedimientos, otras fuentes de abastecimiento y organización industrial de manera continua dirigidas tanto al cliente como al consumidor.

4) Fácil construcción y montaje

El mecanismo de acople debe ser valorado en base al número de elementos indispensables para la construcción y montaje, con tecnologías y materiales disponibles en la institución.

5) Funcionalidad

El mecanismo debe ser desarrollado con los parámetros especificados por la institución, cumpliendo satisfactoriamente el objetivo a alcanzar.

6) Fiabilidad

Es la probabilidad, que un sistema o componente desarrolle un adecuado funcionamiento sin ningún tipo de fallas en el tiempo establecido, se pretende garantizar que el componente o mecanismo debe permanecer en buenas condiciones durante un periodo de tiempo.

3.1.3 Evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 6 Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Tamaño	Costo	Innovación tecnológica	Fácil construcción y montaje	Funcionalidad	Fiabilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Tamaño		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,117
Costo	0,5		0,5	1	0,5	1	4,5	0,150
Innovación tecnológica	0,5	1		0,5	1	0,5	5	0,167
Fácil const. y montaje	1	1	0,5		0,5	1	6	0,200
Funcionabilidad	1	0,5	0,5	1		1	5,5	0,183
Fiabilidad	1	0,5	1	0,5	1		5,5	0,183
						Suma	30	1,000

3.1.3.1 Evaluación del peso específico del criterio: tamaño

Tabla 7 Evaluación del peso específico del criterio: tamaño

Tamaño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,385
Alternativa 2	1		1	3	0,462
Alternativa 3	0	0		1	0,154
Suma				6,5	1,000

Fuente: Autor

3.1.3.2 Evaluación del peso específico del criterio: costo

Tabla 8 Evaluación del peso específico del criterio: costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,200
Alternativa 2	1		1	3	0,600
Alternativa 3	0	0		1	0,200
Suma				5	1,000

Fuente: Autor

3.1.3.3 Evaluación del peso específico del criterio: Innovación tecnológica

Tabla 9 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad

Innovación tecnológica	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,250
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
Suma				6	1,000

Fuente: Auto

3.1.3.4 Evaluación del peso específico del criterio: fácil construcción y montaje

Tabla 10 Evaluación del peso específico del criterio: fácil construcción y montaje

Fácil construcción y montaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,286
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,357
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,357
			Suma	7	1,000

Fuente: Autor

3.1.3.5 Evaluación del peso específico del criterio: funcionalidad

Tabla 11 Evaluación del peso específico del criterio: funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,300
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,400
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,300
			Suma	5	1,000

Fuente: Autor

3.1.3.6 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad

Tabla 12 Evaluación del peso específico del criterio: fiabilidad

Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
			Suma	6	1,000

Fuente: Autor

3.1.3.7 Tabla de conclusiones

Tabla 13 Tabla de conclusiones

Conclusión	Tamaño	Costo	Innovación tecnológica	Fácil construcción y montaje	Funcionabilidad	Fiabilidad	Σ	Ponderación
Alternativa 1	0,0233	0,0450	0,0641	0,0571	0,0611	0,0333	0,2840	3
Alternativa 2	0,0700	0,0600	0,0769	0,0714	0,0611	0,0833	0,4228	1
Alternativa 3	0,0233	0,0450	0,0256	0,0714	0,0611	0,0667	0,2932	2

Fuente: Autor

El modelo seleccionado es la alternativa dos, debido que cumple varios requisitos primordiales para el desarrollo de este proyecto, como: el costo, la funcionalidad, tamaño, fácil construcción y montaje, fiabilidad e innovación tecnológica.

3.2 Cálculos o Modelo Operativo

3.2.1 Selección del generador

Tabla 14 Especificación del motor brushless

Especificaciones del motor eléctrico de imán permanente sin escobillas o brushless (BLC motors)		
Tensión nominal	12	V
Velocidad en vacío	7970	rpm
Corriente en vacío	75,6	mA
Velocidad nominal	3240	rpm
Par nominal (máx. par permanente)	7,92	mNm
Corriente nominal (máx. corriente en continuo)	0,609	A
Par de arranque	15,7	mNm
Corriente de arranque	1,19	A
Max. rendimiento	57	%
Potencia máxima	547	W
Resistencia de bornes fase-fase	10,1	Ω
Inductancia en bornes fase-fase	2,04	mh
Constante del par	13,2	mNm/A
Constante de velocidad	724	rpm/V

- **Potencia a vencer del generador**

V : Tensión 6 V
 Margen de seguridad 20 %
 (Factor por carga futura)
 fp: Factor de potencia 0,8
 I: Intensidad

$$P_{req} = \frac{P}{0,8 \cos(\phi)} \quad (6)$$

$$P = V * I \quad (7)$$

Tabla 15 Selección del generador

Cantidad	Tipo de carga (servos)	Consumo (A)	Potencia Eléctrica (W)	Potencia Requerida (Kw)	Potencia Requerida Total (kVA)
1	Tren de nariz	1,6	9,6	0,012	0,014
1	Timón de dirección	1,64	9,84	0,012	0,015
1	Alerón izquierdo	1,58	9,48	0,012	0,014
1	Alerón derecho	1,64	9,84	0,012	0,015
1	Acelerador	1,65	9,9	0,012	0,015
1	Timón de profundidad	1,62	9,72	0,012	0,015
	TOTAL	9,73	0,06	0,073	0,088

Fuente: Autor

Se necesita un generador eléctrico que suministre los 0,088 Kw.

3.2.1.1 Potencia nominal sin presencia de cargas eléctricas

P: Potencia nominal

Tabla 16 Cálculo en vacío

Nº	Revoluciones por minuto (rpm)	Voltaje (V)	Amperaje (Ah)	Potencia nominal (W)
1	2000	10,1	0,1	1,01
2	2100	10,3	0,1	1,03
3	2200	10,5	0,1	1,05

4	2300	10,8	0,2	2,16
5	2400	11	0,2	2,2
6	2500	11,2	0,2	2,24
7	2550	11,8	0,3	3,54
8	3000	12,51	0,3	3,753
9	3025	12,6	0,3	3,78
10	3100	12,7	0,4	5,08

Fuente: Autor

3.2.1.2 Consumo de energía de la batería

- **Tiempo en horas de autonomía.**

C: Capacidad de batería	9Ah
H: Tiempo en horas del fabricante	20 hr
I: Intensidad de corriente	1,6 A
k: Exponente de Peukert	1,1

$$t = \frac{H}{\left(\frac{IH}{C}\right)^k} \quad (1)$$

$$t = \frac{20}{\left(\frac{1,6 * 20}{9}\right)^{1,1}}$$

$$t = 4,95 \text{ hr}$$

- **Amperaje necesario para proporcionar energía al dispositivo.**

Deseamos alimentar 6 cargas eléctricas que consumen 9,73 A.

Tabla 17 Tipo de cargas eléctricas

Tipo de carga (servos)	Consumo (A)
Tren de nariz	1,6
Timón de dirección	1,64
Alerón izquierdo	1,58
Alerón derecho	1,64

Acelerador	1,65
Timón de profundidad	1,62
TOTAL	9,73

Fuente: Autor

x: Amperaje necesario que necesita la aplicación. 9,73 A

t: Tiempo en horas que se necesite que funcione el dispositivo. 1 h

$$C = x * t \quad (2)$$

$$C = 9,73 * 1 h$$

$$C = 9,73 Ah$$

- **Capacidad de la batería sin llegar a descargar por completo**

$$C = \frac{c}{0,5} \quad (3)$$

$$C = \frac{9,73}{0,5}$$

$$C = 19,46 Ah$$

3.2.2 Sistema de transmisión

- **Selección de la Banda para el Sistema de Transmisión**

n1: Velocidad angular polea motriz 3000 rpm

d1: Diámetro polea mayor 52,4 mm

d2: Diámetro de la polea menor 17,4 mm

n2: Velocidad angular polea conducida

Para la velocidad angular de la polea motriz, se trabajó alrededor del 35% del régimen de giro total, del motor de combustión interna debido a que las pruebas se

realizaron en tierra, y para trabajar con mayor velocidad se necesita un equipo de refrigeración adecuado.

- **Relación de transmisión**

$$n1 * d1 = n2 * d2 \quad (8)$$

$$n2 = \frac{n1 * d1}{d2}$$

$$n2 = \frac{3000 * 52,4}{17,4}$$

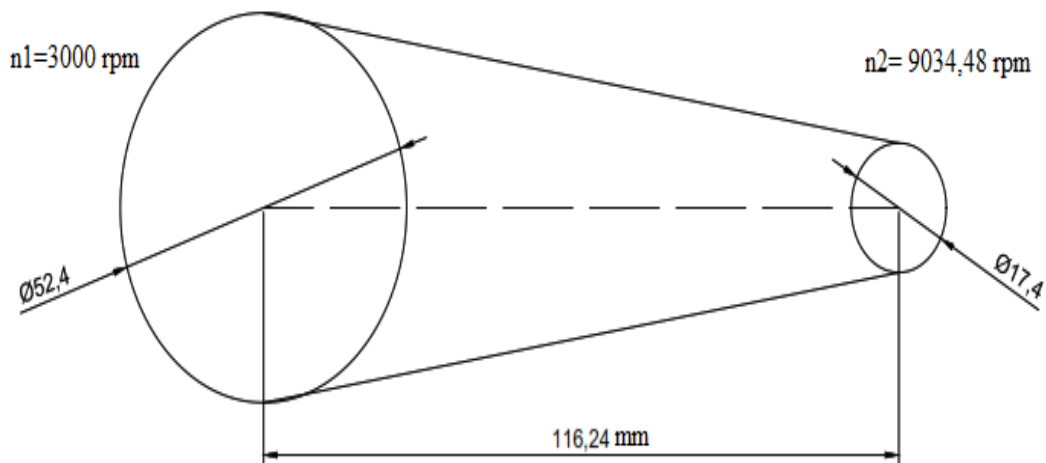
$$n2 = 9034,48 \text{ rpm}$$

$$i = \frac{n2}{n1} \quad (9)$$

$$i = \frac{9034,48}{3000}$$

$$i = 3,0$$

La polea conducida girará 3 vueltas por cada vuelta de la polea motriz.



- **Ángulos de contacto**

d1: Diámetro polea mayor 52,4 mm = 2,063 pulg

d2: Diámetro de la polea menor 17,4 mm = 0,685 pulg

C = distancia entre centros 116,24 mm = 4,58 pulg

Seleccionamos la banda tipo: A-3^c Poliamida

(Anexo O)

- **Ángulo de contacto de la polea motriz**

$$\theta_{d1} = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{d1 - d2}{2C} \quad (10)$$

$$\theta_{d1} = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{2,063 - 0,69}{2(4,58)}$$

$$\theta_{d1} = 2,99 \text{ rad}$$

- **Ángulo de contacto de la polea conducida**

$$\theta_{d2} = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{d1 - d2}{2C} \quad (11)$$

$$\theta_{d2} = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{2,063 - 0,69}{2C}$$

$$\theta_{d2} = 3,29 \text{ rad}$$

- **Longitud de la banda**

$$L = [4C^2 - (d1 - d2)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(d1 * \theta_{d1} + d2 * \theta_{d2}) \quad (12)$$

$$L = [4(4,58)^2 - (2,063 - 0,69)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(2,06 * 2,99 + 0,69 * 3,29)$$

$$L = 12,35 \text{ pulg}$$

$$L = 12 \text{ pulg}$$

$$L = 304 \text{ mm}$$

- **Velocidad rotacional**

n2: Velocidad angular polea 9038,48 rpm

$$V = \frac{\pi * d2 * n2}{12} \quad (13)$$

$$V = \frac{\pi * 0.69 * 9034,48}{12}$$

$$V = 1632 \text{ pies}/\text{min}$$

- **Factor de corrección del ángulo de contacto**

$$\frac{d1-d2}{C} = \frac{2,063-0,68}{4,58} \quad (\text{Anexo P})$$

$$\frac{d1 - d2}{C} = 0,30$$

$$k1: 0,79$$

- **Factor de corrección de la longitud de la banda**

Para una banda de poliamina tipo A -3° : k2= 0,86 (Anexo Q)

- **Potencia permitida por la banda**

$$Ha = K1 * K2 * H_{tab}$$

H_{tab} : Potencia nominal de la banda (Anexo R)

3000 rpm

2,0 X_1

2,6 0,53

3,0 1,12

$$H_{tab} = 0,35$$

$$Ha = 0,79 * 0,86 * 0,35$$

$$Ha = 0,237 \text{ HP}$$

- **Potencia de diseño**

K_S : Impacto uniforme 1,2 (Anexo S)

$$Hd = ks * H_{nom} \quad (14)$$

$$Hd = 1,2 * 0,58$$

$$Hd = 0,70$$

- **Número de bandas**

$$N_b = \frac{Hd}{Ha} \tag{15}$$

$$N_b = \frac{0,70}{0,237}$$

$$N_b = 3,0$$

Para el diseño se utilizará tres correas.

- **Peso de un pie de banda**

ω : Peso de la banda	Lbf/pie
γ : Peso específico	0,042 lbf/ pulg ³ Anexo P
t : espesor de la banda	0.13 pulg = 3,3 mm
b : ancho de la banda	0,39 pulg = 10 mm

$$w = 12 * \gamma * b * t \tag{16}$$

$$w = 12 * 0,042 * 0,39 * 3,3$$

$$w = 0,65 \frac{lbf}{pie}$$

- **Tensión circunferencial de la fuerza centrífuga**

$$F_c = \frac{\omega}{g} \left(\frac{V}{60}\right)^2 \tag{17}$$

$$F_c = \frac{0,65}{32,17} \left(\frac{1632}{60}\right)^2$$

$$F_c = 14,94 \text{ lbf}$$

- **Par torsión**

H_{nom} :	Potencia nominal	9,2 Hp
K_s :	Impacto uniforme	1,1
n_d :	Factor de seguridad	1,1

(18)

$$T = \frac{63025 * H_{nom} * K_s * n_d}{n}$$

$$T = \frac{63025 * 0,70 * 1,1 * 1,1}{3000}$$

$$T = 17,79 \text{ lbf.pulg}$$

- **Tensión del lado tenso (F1) y lado ajustado (F2)**

$$(F_1)_a - F_2 = \frac{2T}{d_1} \quad (19)$$

$$(F_1)_a - F_2 = \frac{2(17,79)}{(2,063)}$$

$$(F_1)_a - F_2 = 8,62 \text{ lbf}$$

- **Máxima tensión permisible**

b: ancho de la banda	0,39 pulg	
Fa: Tensión permisible por ancho unitario.	100 lbf/pulg ³	
Cp: Factor de corrección de la polea	1	(Anexo Q)
Cv: Factor de corrección de la velocidad	En el caso de bandas de poliamida y uretano, utilizar Cv = 1.	

$$(F_1)_a = b * F_a * C_p * C_v \quad (20)$$

$$(F_1)_a = 0,39 * 100 * 1 * 1$$

$$(F_1)_a = 39 \text{ lbf}$$

- **Tensión de lado ajustado**

$$F_2 = (F_1)_a - [(F_1)_a - F_2] \quad (21)$$

$$F_2 = 39 - 8,62$$

$$F_2 = 30,38 \text{ lbf}$$

- **Tensión inicial**

$$F_i = \frac{(F_1)_a + F_2}{2} - F_c \quad (22)$$

$$F_i = \frac{39 + 30,38}{2} - 14,94$$

$$F_i = 19,75 \text{ lbf}$$

- **Fricción de la banda**

$$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{((F_1)_a - F_c)}{F_2 - F_c} \quad (23)$$

$$f' = \frac{1}{2,99} \ln \frac{39 - 14,94}{30,38 - 14,94}$$

$$f' = 0,148$$

Del (Anexo O), $f = 0,8$, por lo tanto $f' < f$, es decir que $0,148 < 0,8$, por ende no existe peligro de deslizamiento.

- **Factor de seguridad**

H: Potencia del sistema

$$H = H_{nom} * K_s * n_d \quad (24)$$

$$H = 9,2 * 1,1 * 1,1$$

$$H = 11,13 \text{ Hp}$$

$$n_{fs} = \frac{H}{H_{nom} * K_s} \quad (25)$$

$$n_{fs} = \frac{11,13}{9,2 * 1,1}$$

$$n_{fs} = 1,099$$

$$n_{fs} = 1,1$$

El factor de seguridad es mayor a la unidad por lo tanto la banda seleccionada es satisfactoria para el diseño.

3.2.3 Descomposición en componentes de las tensiones generadas por la placa – soporte

- Cálculo de reacciones y momentos máximos

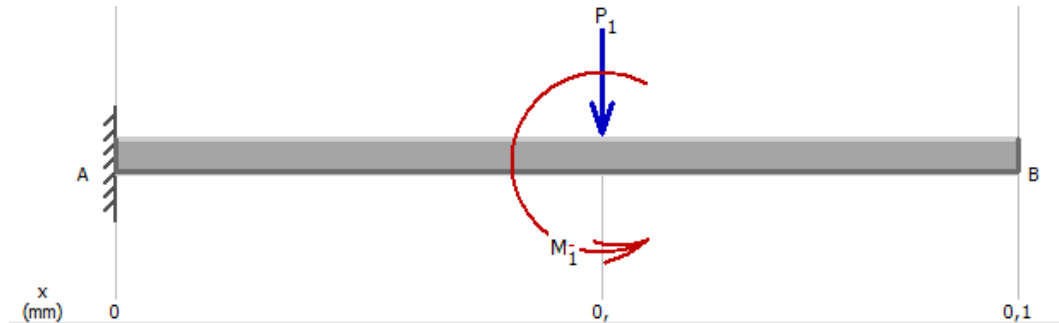


Figura 16 Diagrama de cuerpo Libre de la placa soporte [Autor]

W: Peso	167 gr=0,368 lb
F ₁ : Máxima tensión permisible	39lbf
X ₁ : Longitud de la placa	2,56 in
X ₂ : Distancia entre centros entre la polea y la base	0,31 in

- Diagrama de cuerpo libre

$$\sum F_x = 0$$

$$R_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} - W = 0$$

$$R_{Ay} = 0,36lb$$

- **Cálculo de momentos máximos**

$$\sum MA = 0$$

$$MA * F_1 * x_1 - W(x_3) = 0$$

$$MA * 39 * (0,32) - 0,368(1,28) = 0$$

$$MA = 12 \text{ lb} - \text{in}$$

- **Inercia de la placa soporte**

$$I = \frac{b * h}{12} \tag{26}$$

$$I = \frac{12,46 * 1,18 * 10^{-4}}{12}$$

$$I = 2,42 * 10^{-5} \text{ in}^4$$

- **Esfuerzo permisible**

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{12 * 5,90 * 10^{-5}}{2,42 * 10^{-5}} \tag{27}$$

$$\sigma_x = 29,26 \text{ lbf}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \tag{28}$$

$$n = \frac{35,9}{29,26}$$

$$n = 1,22$$

El factor de seguridad es mayor a la unidad, y resiste a los esfuerzos que está sometido

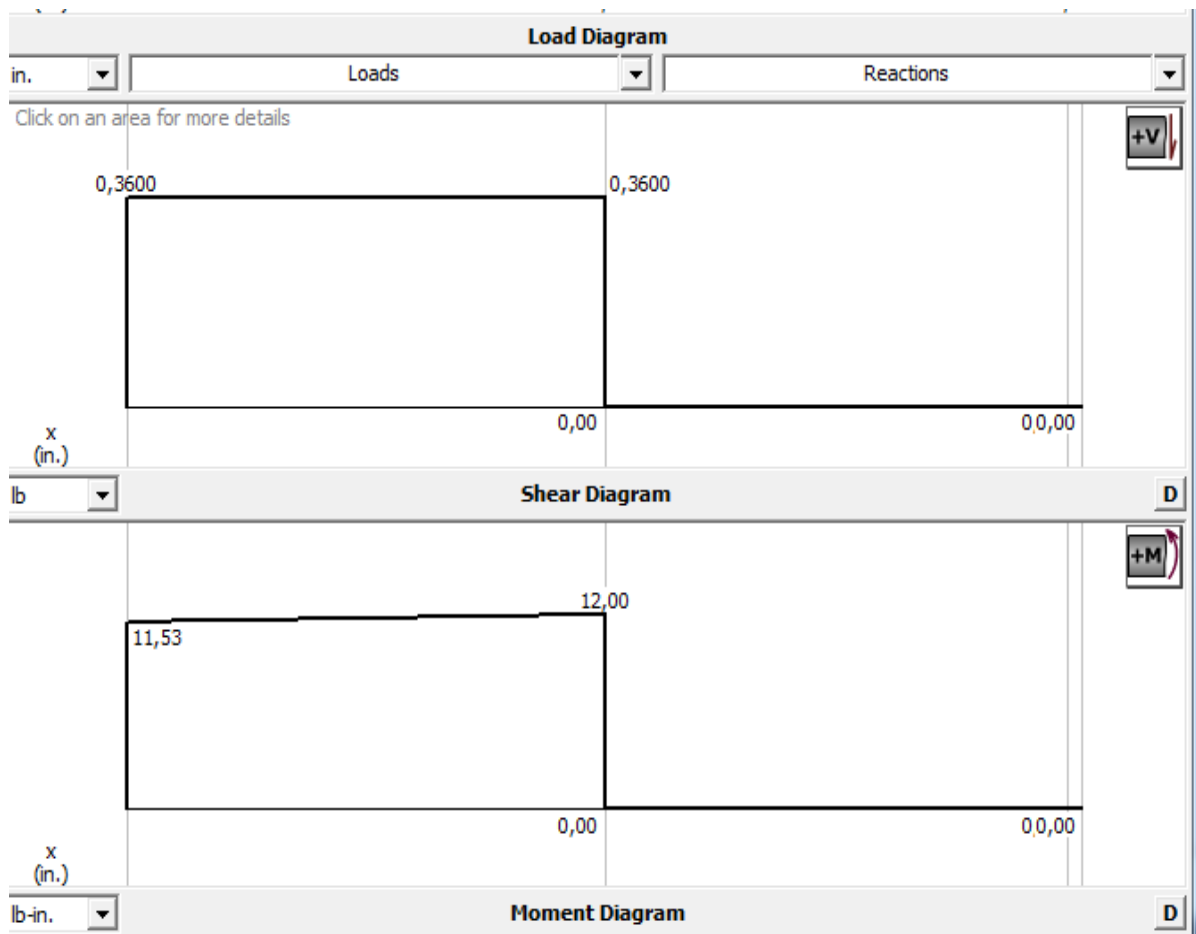


Figura 17 Diagrama de fuerzas y momentos [Autor]

3.2.3 Selección del material de la polea conductora –Acero AISI 4340

Se selecciona este tipo de material, por su resistencia mecánica, por ser liviano, debido al uso eficaz del proyecto.

Tabla 18 Propiedades mecánicas del acero AISI 4340

Propiedades Mecánicas				
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Fuente: [26]

3.2 Presupuesto

Para determinar el costo total del proyecto, se analizó tanto los costos directos como indirectos, para lo cual se detalla a continuación.

3.3.1 Costos Directos

Se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Materia prima.- Son todos los materiales, que han sido transformados mediante un proceso de manufactura.
- Mano de obra directa.-se determinó a los procesos de fabricación, también las horas de trabajo del obrero.

3.3.2 Materia Prima

Tabla 19 Listado y Costos de la materia prima

Listado de materiales					
Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ACOPLAMIENTO MECÁNICO DEL GENERADOR INTEGRADO AL MOTOR 3W-85cc PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LOS PROTOTIPOS UAV EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA					
Acople Mecánico					
N°	Cant.	Descripción	Material	Val. Unit.	Val T. \$
1	1	Polea conductora	AISI 4340 (705)		\$ 50,00
2	1	Polea conducida	Al 2024P-T3-9048-140-CR55		\$ 50,00
3	2	Banda de transmisión	Tipo T1 , 2,1 mm (270x10x2) mm		\$ 55,50
4	1	Placa soporte	Acero galvanizado (2mm)		\$ 5,00
5	2	Platinas	Acero inoxidable 63 x 3 mm		\$ 3,00
6	10	Brocas	(3.16, 5.32 , 1/4) mm	\$ 1,00	\$ 10,00
7	16	Pernos de presión	(3.16, 5.32 , 1/4) mm	\$ 0,50	\$ 8,00
8	16	Rodelas de presión	comunes	\$ 0,15	\$ 2,40
Sistema Eléctrico					
9	1	Generador	Turnigy Aerodrive SK3 3548		\$ 72,80

10	1	Regulador	Yoyo Genuine Parts AC/DC		\$ 12,00
11	2	Batería	YTZ-9- BS IGEL (12V , 9Ah/10Hr)	\$ 45,00	\$ 90,00
12	1	Rectificador DC/DC	SD-200B-5		\$ 100,00
13	2m	Cable	AWG-18	\$ 1,50	\$ 3,00
Varios					
14	1	Disco de corte metálico	Aco/Acero 180*1,6*22,23 mm		\$ 2,00
15	1	Disco de desbaste o pulir	Aco/Acero 180*6,4*22,2 mm		\$ 2,50
16	1	Sierra	Sanflex		\$ 1,50
17	1lb	Electrodos	E 6011		\$ 1,50
18	1lt	Pintura	Esmalte sintético aluminio 452		\$ 3,00
19	1gl	Gasolina Súper			\$ 2,50
TOTAL					\$ 474,70

Fuente: Autor

3.3.3 Manos de obra directa

Tabla 20 Costo de la mano de obra

Proceso	Tiempo (h)	Costo (\$/h)	Costo Total (\$)
Torneado	24	4	\$ 96,00
Pintado	2	3	\$ 6,00
Conexión Eléctrica	24	8	\$ 192,00
Ensamblaje	24	5	\$ 120,00
Acabados	24	2	\$ 48,00
Total			\$ 462,00

Fuente: Autor

3.3.4 Costos indirectos

Se detalla los costos, que se efectuaron durante el desarrollo del proyecto, incluido los imprevistos.

Tabla 21 Detalle de los costos indirectos

Ítem	Tiempo (h)	Costo (\$/h)	Costo Total
Diseño e ingeniería	50	5	\$ 250,00
Movilización	60	4	\$ 240,00
Alimentación	1	10	\$ 10,00
Impresiones	1	25	\$ 25,00
Internet	1	30	\$ 30,00
Total			\$ 555,00

Fuente: Autor

3.3.5 Costo final del proyecto

Tabla 22 Costo total del proyecto

Rubro	Costo Total (\$)
Costo de la materia prima	\$ 474,70
Costo de mano de obra directa	\$ 462,00
Costos indirectos	\$ 555,00
Total	\$ 1.491,70

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El sistema eléctrico está integrado por: el motor de competición 3w-85cc, el generador Brushless, un convertidor AC/DC, la batería y un reductor de voltaje, la energía generada en el sistema es aprovechada, por los equipos instalados, obteniendo un consumo bajo, en relación a la generación del mismo.
- El sistema está diseñado para suministrar carga eléctrica a los servos distribuida en los vehículos aéreos no tripulados, están formados por: 1 tren de nariz, 1 timón de dirección, 1 alerón izquierdo, un derecho y un servo acelerador, con consumo de energía equivalente a 1600 mA cada uno.
- El generador de flujo continuo de carga eléctrica, al pasar por el rectificador se transforma en flujo de corriente variable, alimentando a la batería, para posteriormente suministrar energía al sistema.
- El generador seleccionado para el sistema es el motor modelo Brushless, este dispositivo debe vencer la carga de consumo, el mismo provee una potencia de 547 W, y la carga a vencer es 0,088 kw, obteniendo un sistema sobredimensionado.
- El factor de seguridad es mayor a la unidad por lo tanto la banda tipo A-3^c Poliamida, seleccionada es satisfactoria para el diseño.
- La fricción de la banda resultante es menor que la fricción establecida en referencias, por ende no existe peligro de deslizamiento.
- Para la velocidad angular de la polea motriz, se trabajó con 35% del régimen de giro total del motor de combustión interna debido a que las pruebas se realizaron en tierra, y para trabajar con mayor velocidad se necesita un equipo de refrigeración adecuado.
- La potencia requerida para abastecer el sistema es de 0,88kw, y el generador entrega una potencia de 560 kw, determinando que el sistema está entregando carga suficiente, para posteriormente integrar otros dispositivos.

- Los materiales y dispositivos electrónicos utilizados en el proyecto deben ser livianos
- La correa seleccionada es con núcleo de tracción en poliéster, compuestas por elastómeros y poliamida, aptas para usos de alta velocidad, ahorro energético, alta flexibilidad longitudinal y ausencia de vibraciones.
- No se puede realizar por prolongado tiempo las pruebas de funcionamiento en tierra, debido que el motor 3w-85cc necesita sistema equipo de refrigeración, lo cual se obtiene trabajando en el aire caso contrario puede fundirse el motor.

4.2 Recomendaciones

- Para la construcción de la polea conductora es recomendable utilizar materiales livianos pero de alta resistencia.
- La toma de mediciones con mayor precisión, se debe realizar con un calibrador digital, para poder construir con mayor facilidad.
- En el diseño e implementación se debe seleccionar el material adecuado, debido que el área de aerodelismo se debe alivianar peso.
- El sistema de transmisión debe ser seleccionado en función de los parámetros como: velocidad, funcionalidad, tiempo de trabajo, etc.
- Se debe conectar correctamente todos los circuitos evitando dejar cables sueltos.
- Para el encendido del motor el operador debe utilizar todos los equipos de seguridad correspondientes.
- Para la manipulación de la hélice previo al encendido se debe operar en lado frontal, debido a la alta velocidad del motor.
- Se debe ajustar todas las partes que sean necesarias, debido a que el motor genera altas revoluciones, generando vibración alta en el sistema.
- La conexión de los servomotores debe ser manipulado con precaución, por ser dispositivos frágiles, y tienden a dañarse con facilidad.

MATERIALES DE REFERENCIA

- [1] S. Shoujun, Detailed Design of a High Speed Switched Reluctance Starter/Generator for More/All Electric Aircraft, Germany, 2010.
- [2] V. Moreta, Implementación de un motor generador de corriente continua, en el laboratorio eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar las prácticas demostrativas, Cotopaxi, 2015.
- [3] J. A. Echeverría, Evaluación de alternativas de generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental, para sectores no conectados a redes eléctricas, Cuba, 2010.
- [4] J. Mora, Selección de motores, México, 2009.
- [5] R. Budynas, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 2008.
- [6] D. Arumugam, Mejora del rendimiento de los sistemas de generador integrado con alternador de polos para aplicaciones aeronáuticas., India, 217.
- [7] A. E. V. Bassante., Diseño y construcción de un banco de pruebas mediante un controlador lógico programable, para el generador arrancador de las aeronaves Super Tucano A-29B, en el Ala De Combate N°23 De La Fuerza Aérea Ecuatoriana-Manta., Manta, 2016.
- [8] N. Maleki, Un enfoque de plataforma independiente evolutiva para UAV control optimizado, Tulsa, 2015.
- [9] Š. Riss, Development of a Hybrid Power Unit for Unmanned Aerial Vehicles, 2017.
- [10] A. Benjamín, Sistema de comunicación de datos para los aviones no tripulados UAV durante las misiones de vuelo en el Centro De Investigación Y Desarrollo De La FAE., Ambato, 2013.
- [11] P. C. Aguilar, Perfles IDS de los UAV a los RPAS, España, 2014.

- [12] «Micropilot,» Micropilot blog, [En línea]. Available: <http://store.micropilot.com/product-p/l-2128-remote24g2.htm>. [Último acceso: 28 08 2018].
- [13] «UAV PROPULSIÓN TECH,» MICROPILOT , [En línea]. Available: <http://uavpropulsiontech.com/micropilot/>. [Último acceso: 25 07 2018].
- [14] «Engine Manual,» [En línea]. Available: <http://www.aircraftinternational.com/Home/ProductDetailsMotor/tabid/130/ProdID/134/RtnTab/83/PageIndex/1/CatID/85/Default.aspx>. [Último acceso: 29 05 2018].
- [15] M. A. Muñoz, «Nociones básicas de vuelo,» México.
- [16] R. D. Villarejo, «Curso de motores - Alesur,» México, 2009.
- [17] F. A. C. Herías, Informe .Selección y modelado de motores de corriente continua, España.
- [18] T. A. S. 3.-7. s. e. d. m. Outrunner, «Hobby King, » [En línea]. Available: https://hobbyking.com/es_es/turnigy-aerodrive-sk3-3548-700kv-brushless-outrunner-motor-1.html?__store=es_es. [Último acceso: 13 08 2018].
- [19] «Electrical System,» [En línea]. Available: <http://wbieniec.kis.p.lodz.pl/moto/ntv/manual/9.pdf>. [Último acceso: 26 08 2018].
- [20] «Guía para prueba,» [En línea]. Available: http://csa.megger.com/getmedia/04410f75-1b16-4f72-8614-b2fb4e958d25/BatteryTestingGuide_AG_es_V04.pdf. [Último acceso: 01 08 2018].
- [21] M. Pérez, Electrónica industrial - Convertidores DC-DC, Brasil, 2016.
- [22] «FUTABA,» MODEL IMPORT , 2017. [En línea]. Available: <http://www.modelimport.net/Novedades/R2001%20R3001%20R7014.pdf>. [Último acceso: 01 07 2018].

- [23] Rotorcraft Flying Handbook, Federal Aviation administration, 2000.
- [24] «Transmisión por correas - Elementos de trasmisión,» [En línea]. Available: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000095-1e5b7204f2/TransmisionPorCorreas.pdf>. [Último acceso: 15 08 2018].
- [25] F. R. Álvaro Mendoza, Correas industriales - Cálculo y selección, Bogotá, 2006.
- [26] «DIPAC - PRODUCTOS DE ACERO,» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/aisi-4340>. [Último acceso: 21 08 2018].
- [27] «Referans Metal,» [En línea]. Available: <http://referansmetal.com/alasimli-aluminyum/product/101/air-9048-100-alcu4mg1-2024-t42?lang=es>. [Último acceso: 21 08 2018].
- [29] «Correas de transmisión Industrial,» [En línea]. Available: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf. [Último acceso: 15 08 2018].
- [30] «Servos estándar,» FUTABA , [En línea]. Available: <https://www.futabarc.com/servos/analog.html>. [Último acceso: 25 07 2018].
- [31] «ALIBABA,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/ytx9-bs-sotrage-gel-lead-acid-12v-9ah-10hr-battery-with-good-starting-ability-60333999361.html>. [Último acceso: 01 08 2018].

1. ANEXOS

Anexo A Datos técnicos del motor 3w-85xi

3W-85xi Competition Series - 3W-Item No. 10.001.010

Precio: \$ 1195.00




Cantidad: [Agregar al carrito](#)



Anexo B Datos técnicos del Motor - Aeromodelismo 3w-85cc

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana "CIDFAE"				
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica				
	Carrera de Ingeniería Mecánica				
Fecha :	Máquina	X	Equipo		
		RPM al 40% :	3400 rpm		
		Serie	0810258-E		
Capacidad del cilindro	5.11 cu.in	83.8 ccm	Biela	Rodamientos de agujas en ambos extremos	
Potencia nominal	9.2 HP	6.76 kw	Relación de combustible	1:5 -1:8 Mezcla	
Diámetro del agujero	2.0 in	51 mm	Encendido	6.0 Ni CD / NiMH o 7.2 V Lipo / Li Ion	
Carrera	1.61 in	41 mm	Hélice	2 hojas	3 hojas
Peso	5.28 lbs	4395 g		26 x 10	22 x 12
Rango de velocidad	1100-8500 rpm			26 x 12	23 x 12
Cigüeñal	3 rodamientos de bolas			28 x 10	24 x 10

Anexo C Datos técnicos del motor Turnigy Aerodrive SK3 – 3548- 700kv sin escobillas del motor Outrunner

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Fecha:	23/08/2018	Equipo	X
	CIDFAE		
	Modelo	Turnigy Aerodrive SK3 3548 sin escobillas del motor Outrunner	
	Voltaje	11.1 -16.8 V (3-4S Lipoly)	
	Capacidad	9Ah	
	Corriente sugerida	60 A	
	Peso	167 gr	
Características Técnicas			
RPM/V	700 Kv	Corriente de reposo	0.016 A
Potencia máxima	547 W	Resistencia interna	35 mh
Corriente máxima	50 A	Eje	5 mm

Anexo D Material de la polea motriz



EJES Acero 705

EJES




Especificaciones Generales

Calidad: AISI 4340 (705)

Descripción: Es un acero bonificado al cromo, níquel, molibdeno, altamente resistente a la tracción, torsión y a cambios de flexión. Insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a la fragilidad del revenido.

Aplicaciones: Partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos, brazo de dirección, cigueñales, árboles de leva, barras de torsión, embragues, piñones, bombas de cardán, ejes de bombas, ejes para aviones, muñones, pernos de alto grado de tensión, rodillos de transportadora, etc...

Longitud: 6 m

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0.34	0.1 - 0.35	0.60 - 0.80	0.04 - 0.30	0.002 - 0.03

Propiedades Mecánicas				
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Dimensiones
Diámetro
25 mm
32 mm
38 mm
45 mm
50 mm
60 mm
70 mm
90 mm

www.dipacmanta.com

Anexo E Material de la placa soporte

ACERO SAE 1020

DIN CK - 20
UNI C - 20
AFNOR XC - 20
SAE 1020

CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

Acero al carbono que puede utilizarse en estado cementado, templado y revenido o simplemente en estado calibrado. Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales o de maquinaria de mediana resistencia con una gran tenacidad. Es fácilmente soldable con soplete ó al arco.

COMPOSICION QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.18 0.23	0.3 0.6	0.04	0.05	0.15 0.3

Estado de suministro: Recocido
Dureza de suministro: 150 - 180 HB

PROPIEDADES MECÁNICAS

Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	196	25	45	140 / 180
Normalizado	490 - 588	343	30	55	150
Recocido	441 - 539	294	35	60	130 / 150
Calibrado	539 - 686	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	686 - 833	441	15	45	-----

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1150	Areña seca
Normalizado	880 - 920	Aire
Recocido	690 - 720	Horno
Cementación	900 - 930	Horno/agua
Temple capa cementada	850 - 900	Agua
Revenido capa cementada	180 - 240	Aire

APLICACIONES


Se usa principalmente para partes de maquinaria que no estén sometidas a grandes esfuerzos mecánicos como ejes, eslabones para cadenas, pasadores, bujes cementados, tornillería corriente, bridas, piñones para transmisión de cadena a bajo esfuerzo, clavos para ferrocarril, grapas, etc.



Anexo F Batería Gel YTx9-bs

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana "CIDFAE"			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Ingeniería Mecánica			
Fecha:	23/08/2018		Equipo	X
		CIDFAE		
		Modelo	GEL YTX9-BS	
		Voltaje	12V	
		Capacidad	9Ah	
		Dimensiones	(150 *87*5) mm	
		Capacidad (t)	10 hr	
Características Técnicas				
Placa positiva	Dióxido de plomo	Válvula de seguridad	Si -caucho	
Placa negativa	Dirigir	Terminal	Cobre	
Electrolito	Gel	Separador	Fibra de vidrio	

Anexo G Datasheet Conversor DC DC PSD-30

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Ingeniería Mecánica			
Fecha:	Máquina	Equipo	X	
		CIDFAE		
		Fabricante	MEAN WELL	
		Tipo de transductor	CC/CC	
		Peso	1100 g	
		Montaje	Para incorporar	
		Serie	SD-200B-5	
Características Técnicas				
Potencia	170 W	Rendimiento	79%	
Tensión de entrada	19-36V	Clase de carcasa	912H	
Tensión de salida	5 VCC	Medidas	215 x 150 x 50 mm	
Corriente de salida	34A	Temperatura de trabajo	Desde -20°C hasta 60°C	
Protección contra :	Sobrecarga, sobrecalentamiento, aumento de tensión , cortocircuito			
Función:	Reducir el voltaje de 24V a 6V y 10.8A			

Anexo H Datasheet del servo Futaba S3305

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO			
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Ingeniería Mecánica			
Fecha:	23/08/2018	Máquina	Equipo	X
	CIDFAE			
	Modelo		Futaba	
	Serie		S3305	
Características Técnicas				
Marca	Futaba	Peso	1.64 oz	
Modulación	Análoga	Velocidad	6.0 V: 0,20 seg / 60	
Esfuerzo de torsión	4.8V: 99.00 oz – in (7.13 kg-cm)		6.0 V: 124.00 oz – in (8.93 kg-cm)	
Dimensiones	Largo: 1.57 in (39.9 mm)		Rotación /Soporte	Rodamientos dobles
	Ancho: 0.79 in (20.1 mm)		Rango de rotación	90
	Altura: 1.50 in (38.1 mm)		Tipo de conector	1

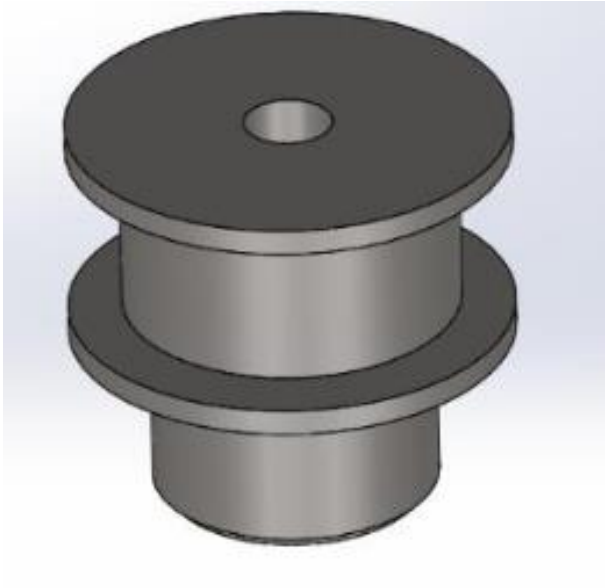
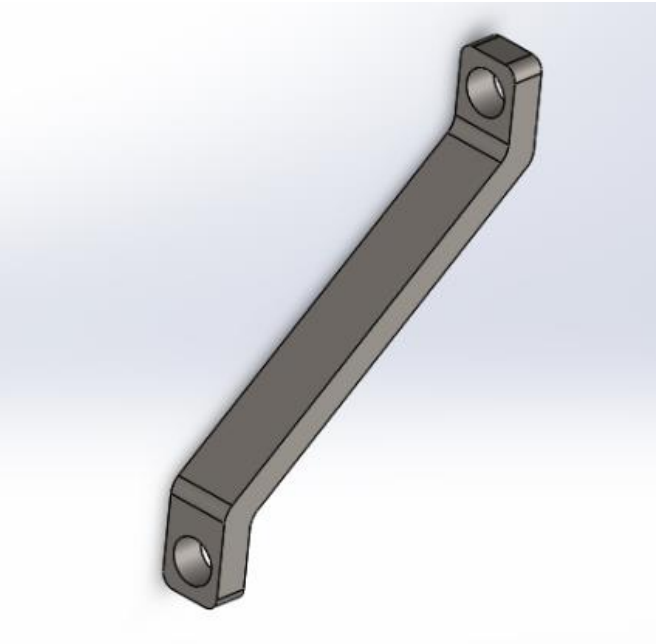
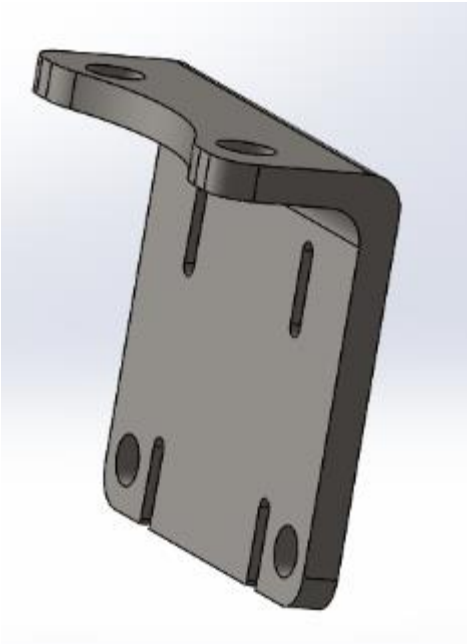
Anexo I Datasheet del receptor Futaba R6014 HS

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Centro de investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana "CIDFAE"		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Fecha:	23/08/2018	Máquina	Equipo X
		CIDFAE	
		Modelo	Futaba
		Serie	R6014 HS
Características Técnicas			
Tasa de imagen	14 ms normales	7 ms alta velocidad	
Requisitos de potencia	4,8 - 6V	Peso	0,76 oz (21,5 g)
Dimensiones	(37,6 x 52 x 15,9)	Incluye	14 canales receptor

Anexo J Montaje del sistema de acoplamiento mediante transmisión por bandas.

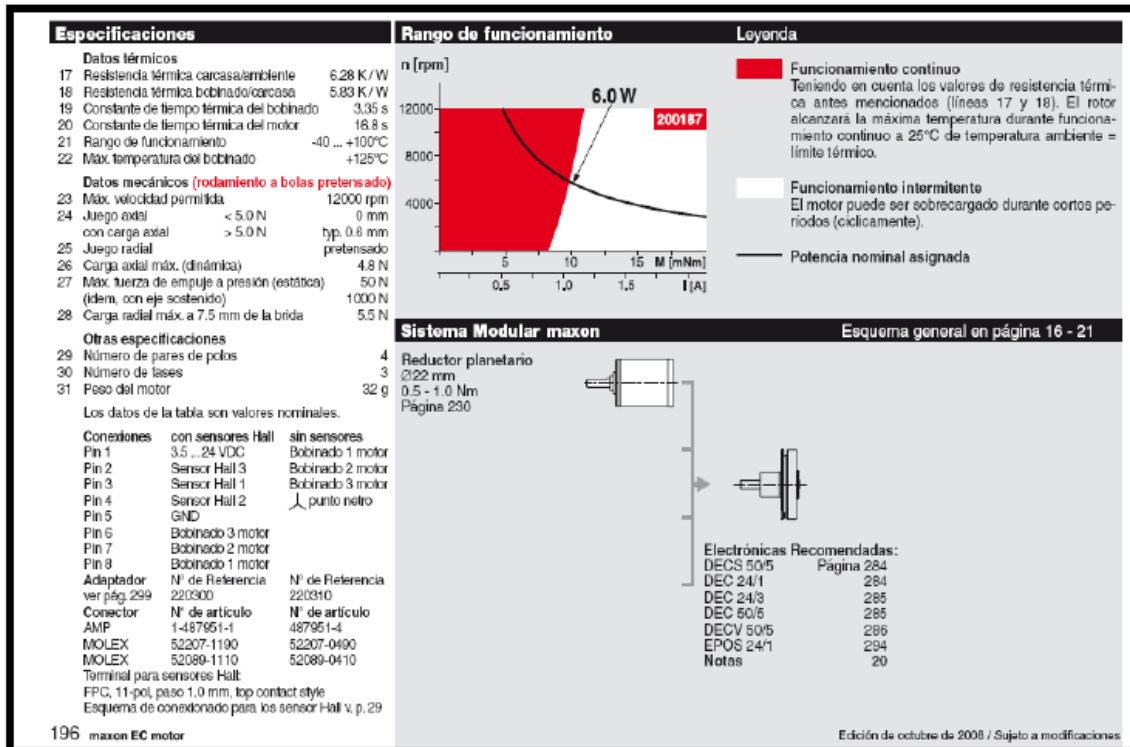


Anexo K Modelo de la placa soporte y poleas



Anexo L Hoja técnica del motor Brushless

		A con sensores Hall	339259	200187	339260	339261
		B sin sensores	339263	200138	339264	339265
Datos del motor						
Valores a tensión nominal						
1	Tensión nominal	V	6.0	9.0	12.0	24.0
2	Velocidad en vacío	rpm	9210	8380	7970	9310
3	Corriente en vacío	mA	186	107	75.6	46.2
4	Velocidad nominal	rpm	4030	3710	3240	4500
5	Par nominal (máx. par permanente)	mNm	7.35	8.74	7.92	9.38
6	Corriente nominal (máx. corriente en continuo)	A	1.33	0.915	0.609	0.399
7	Par de arranque	mNm	15.5	19.0	15.7	22.8
8	Corriente de arranque	A	2.73	2.00	1.19	0.995
9	Máx. rendimiento	%	55	60	57	62
Características						
10	Resistencia en bornes fase-fase	Ω	2.20	4.50	10.1	24.1
11	Inductancia en bornes fase-fase	mH	0.378	1.06	2.04	6.19
12	Constante de par	mNm/A	5.67	9.50	13.2	23.0
13	Constante de velocidad	rpm/V	1680	1010	724	416
14	Relación velocidad / par	rpm / mNm	651	476	551	437
15	Constante de tiempo mecánica	ms	94.8	89.3	80.3	63.6
16	Inercia del rotor	gcm ²	13.9	13.9	13.9	13.9



Anexo M Medición de pesos



Anexo N Desarrollo de las pruebas de funcionamiento



Anexo O Propiedades de las bandas planas

Propiedades de algunos materiales de las bandas planas y redondas. (Diámetro = d , espesor = t , ancho = w)

Material	Especificación	Tamaño, pulg	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tensión permisible por ancho unitario a 600 pies/min, lbf/pulg	Peso específico, lbf/pulg ³	Coefficiente de fricción
Cuero	1 capa	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	$3\frac{1}{2}$	33	0.035-0.045	0.4
	2 capas	$t = \frac{18}{64}$	$4\frac{1}{2}$	41	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6 ^a	50	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{23}{64}$	9 ^a	60	0.035-0.045	0.4
Poliamida ^b	F-0 ^c	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1 ^c	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2 ^c	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2 ^c	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3 ^c	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4 ^c	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
Uretano ^d	w = 0.50	$t = 0.062$	Veá	5.2 ^e	0.038-0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	la tabla	9.8 ^e	0.038-0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$	17-3	18.9 ^e	0.038-0.045	0.7
	Redonda	$d = \frac{1}{4}$	Veá	8.3 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{8}$	la tabla	18.6 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$	17-3	33.6 ^e	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3 ^e	0.038-0.045	0.7

^aAgregue 2 pulg al tamaño de la polea para bandas de 8 pulg de ancho o mayores.

^bFuente: *Habasit Engineering Manual*, Habasit Belting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

^cRevestimiento de fricción de caucho de acilonitrilo-butadieno en ambos lados.

^dFuente: Eagle Belting Co., Des Plaines, Ill.

^eA 6% de elongación; 12% es el máximo valor permisible.

Anexo P Factor de corrección del ángulo de contacto

Tabla 17-13

Factor de corrección
del ángulo de contacto
 K_1 para transmisiones
de banda plana VV* y
en V

$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	VV	K_1 Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de θ es
 $K_1 = 0.143\ 543 + 0.007\ 46\ 8\ \theta - 0.000\ 015\ 052\ \theta^2$
 en el intervalo de $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Anexo Q Factor de corrección de la longitud de la banda

Tabla 17-14

Factor de corrección de longitud de banda K_2 *

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

Anexo R Potencias nominales de las bandas estándar

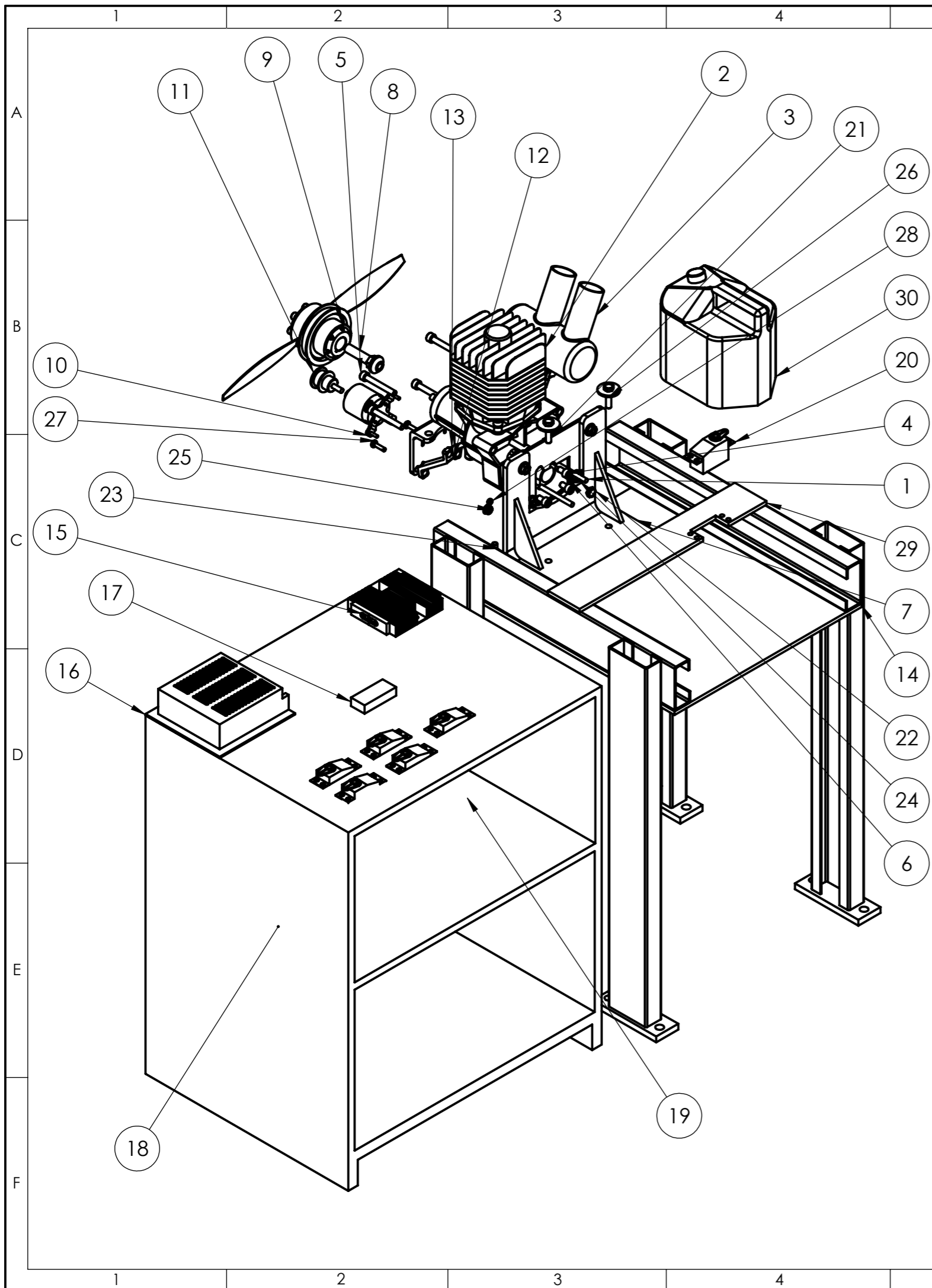
Tabla 17-12

Potencias nominales de bandas en V estándar

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1	
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
	17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1	

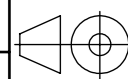
Anexo S Características del par de torsión normal

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Motor 3W-85cc		1
2	Cabezal del motor		1
3	Escape		1
4	Socket head cap screw_am		7
5	B18.3.1M - 6 x 1.0 x 45 Hex SHCS -- 24NHX		4
6	Placa corte		1
7	Acople		1
8	Eje - hélice		1
9	Ensamble - hélice		1
10	Motor generador		1
11	Piñón - conducido		1
12	Guías		2
13	Base del motor Brushless		1
14	Mesa del motor		
15	Rectificador trifásico		1
16	Mesa del banco de pruebas		1
17	Receptor Futaba R6014		1
18	Banco de pruebas		1
19	Bateria (12V)		1
20	Servo S3305		6
21	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M6 x 1.0 x 25 --25WN		2
22	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M6 x 1.0 x 20 --20WN		2
23	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M6 x 1.0 x 10 --10WN		2
24	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M6 x 1 --N		8
25	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M5 x 0.8 - -N		2
26	B18.22M - Plain washer, 6 mm, wide		2
27	PHT 4x16x14.6-type I-D-N		2
28	AM-M3-N		4
29	Acople al motor		1
30	Tanque de combustible		1

Tolerancia:	Peso:	Material:	VARIOS
±1	11749.33 gr		
FECHA	NOMBRE	Título:	PLANO GENERAL DEL SISTEMA
Dibujó: 20/08/2018	GABRIELA MANOBANDA	Escala:	
Revisó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	1:10	
Aprobó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	N.º De Lámina	LÁMINA 1
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:
			INGENIERÍA MECÁNICA
			Sustitución:



1

2

3

4

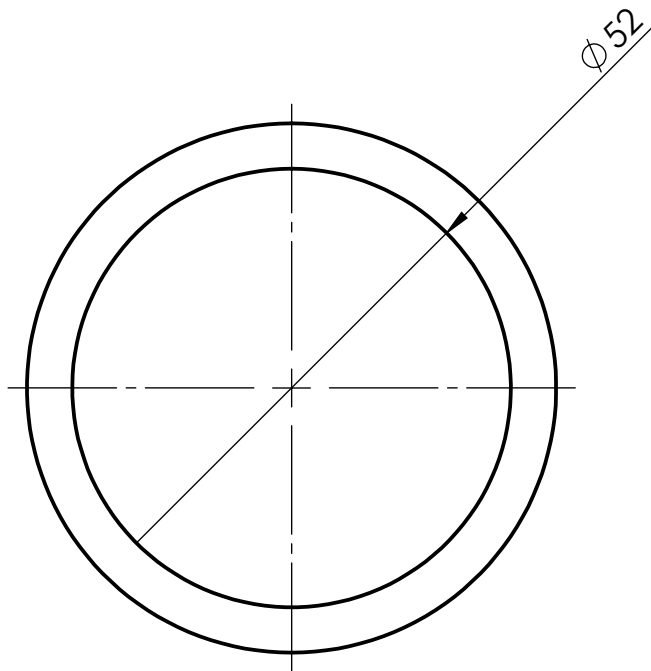
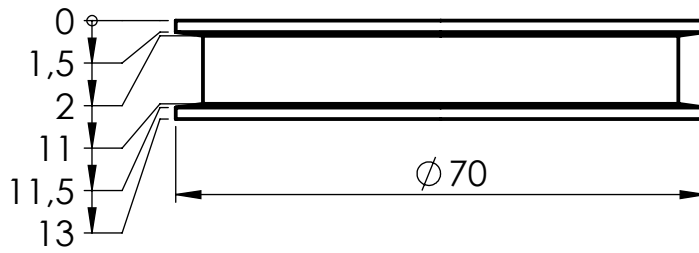
A

B

C

D

E



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±	67.92 gr	ACERO AISI 705	
					FECHA	NOMBRE	Título:
				Dibujó:	10/08/2018	Gabriela Manobanda	Polea motriz
				Revisó:	25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	
				Aprobó:	25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	
				U.T.A.		N.º DE Lámina:	Registro :
				INGENIERÍA MECÁNICA		LÁMINA 2	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:	

1

2

3

4

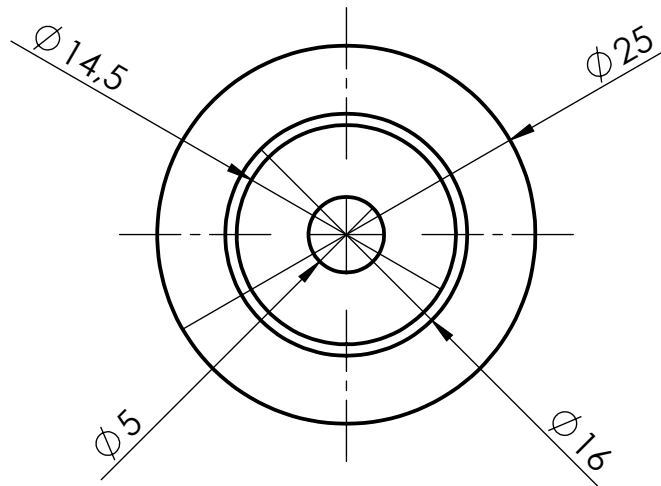
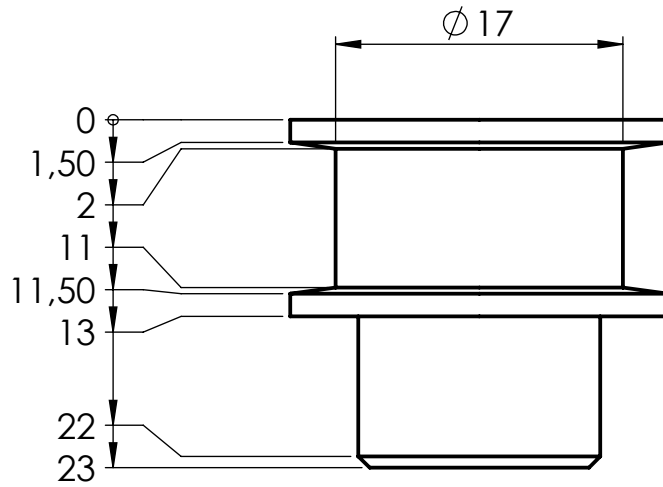
A

B

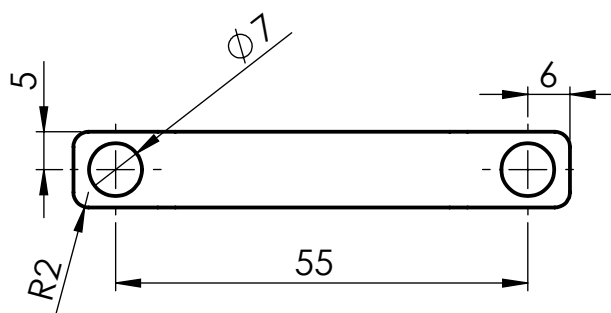
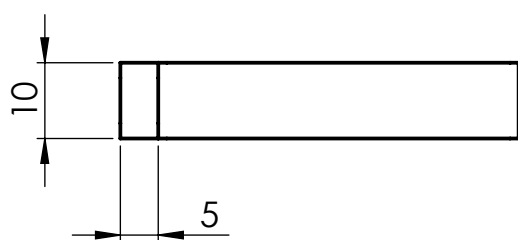
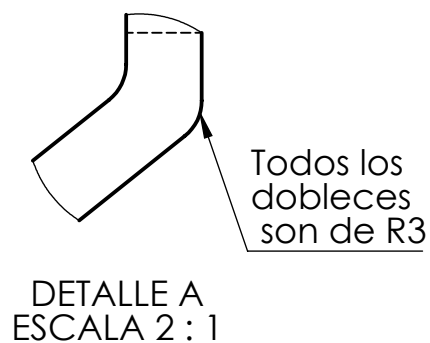
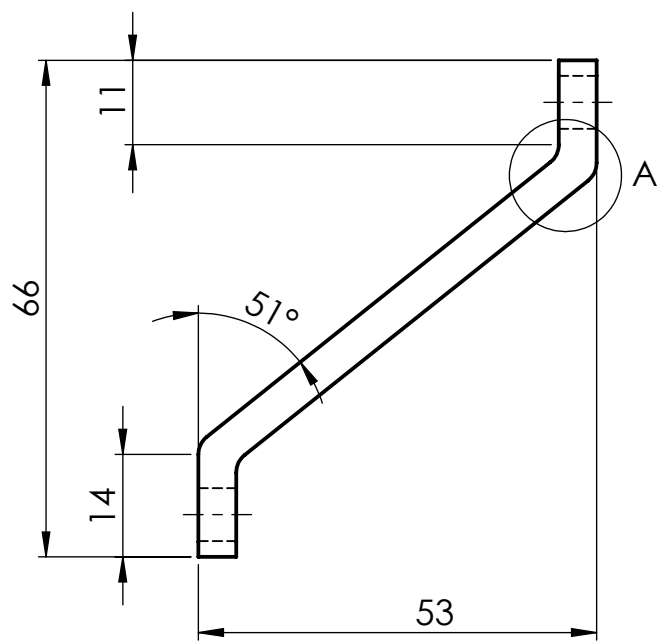
C

D

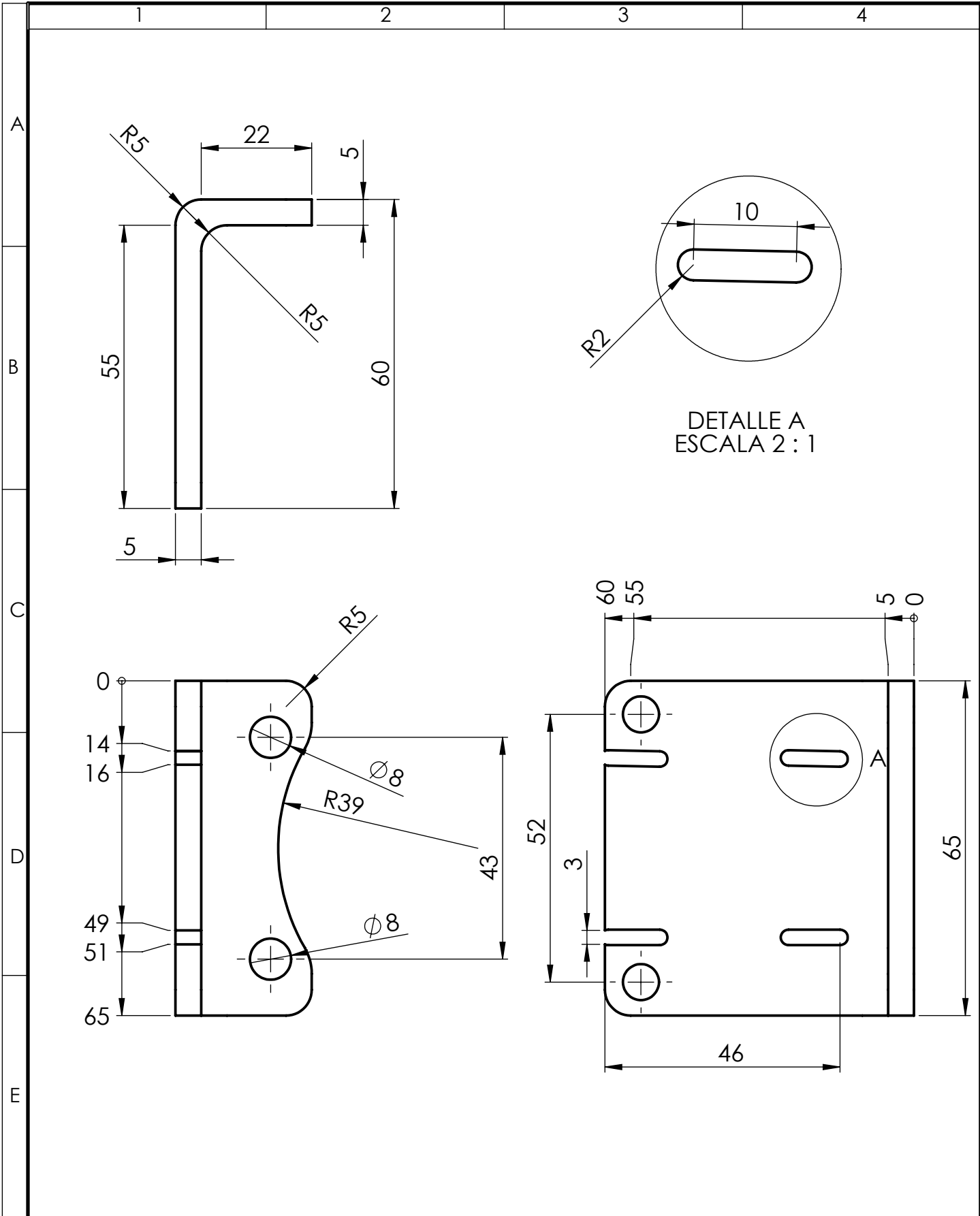
E



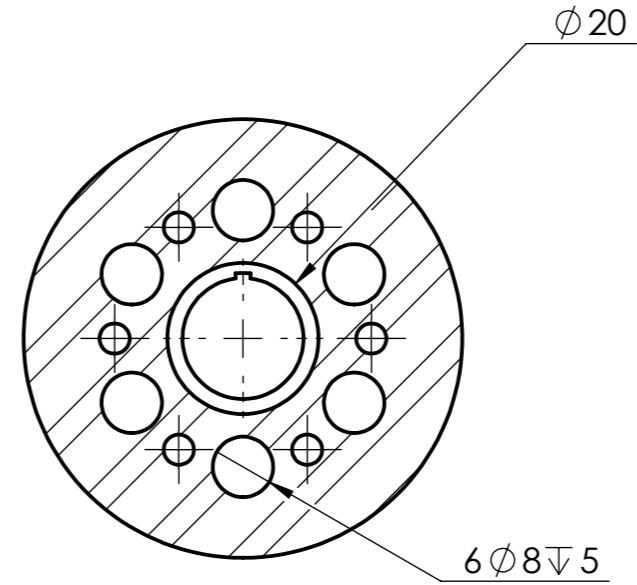
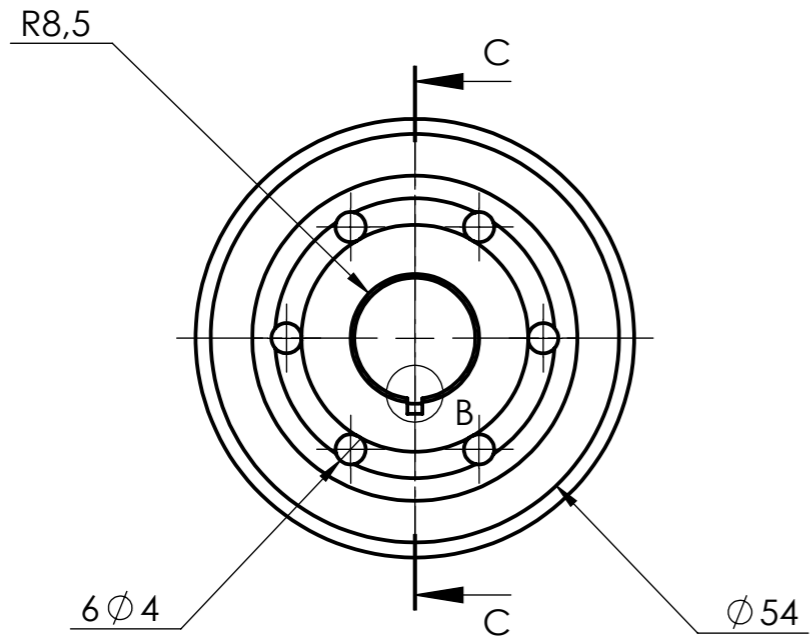
				Tolerancia: \pm	Peso: 46.90 gr	Material: Aluminio 2024P-T3		
						Título: Polea conducida	Escala: 1:1	
				Dibujó:	10/08/2018		Gabriela Manobanda	
				Revisó:	25/08/2018		ING. GERMÁNICO LOPEZ	
				Aprobó:	25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE Lámina: LÁMINA 3	Registro :	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			Sustitución:		



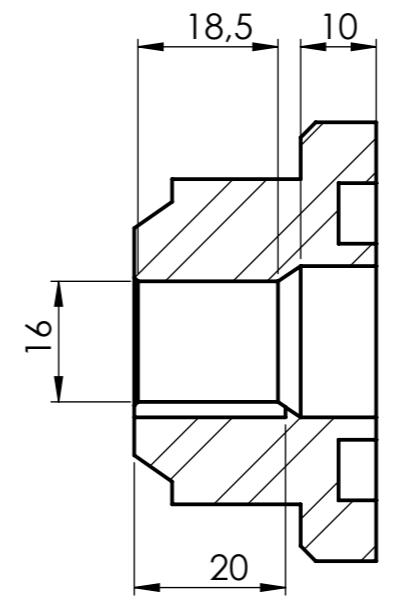
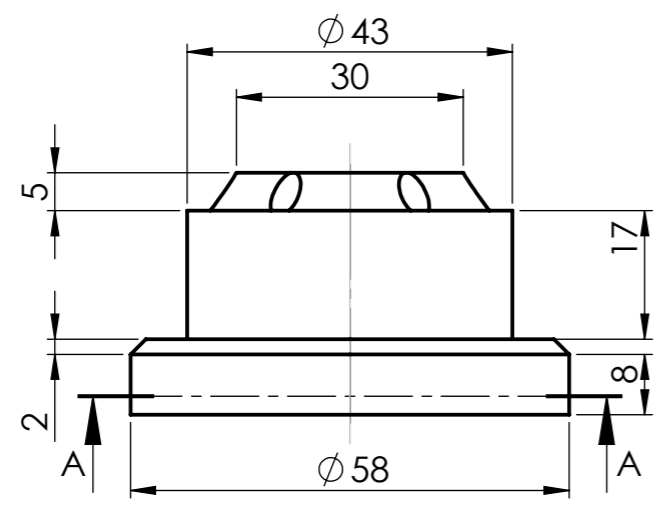
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±	46 gr	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018		
				FECHA	NOMBRE	Título:		
				Dibujó: 20/08/2018	GABRIELA MANOBANDA	SOPORTE-BASE MOTOR		
				Revisó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	Escala:		
				Aprobó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	1:2		
				U.T.A.		N.º DE Lámina:		
				INGENIERÍA MECÁNICA		LÁMINA 3		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Sustitución:				Registro :



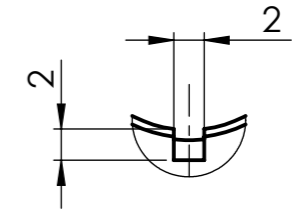
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±	55 gr	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018	
				FECHA	NOMBRE	Título:	
				Dibujó: 20/08/2018	GABRIELA MANOBANDA	PLACA SOPORTE	
				Revisó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	Escala:	
				Aprobó: 25/08/2018	ING. GERMÁNICO LOPEZ	1:1	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE Lámina:	
						LÁMINA 5	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Sustitución:			Registro :



SECCIÓN A-A

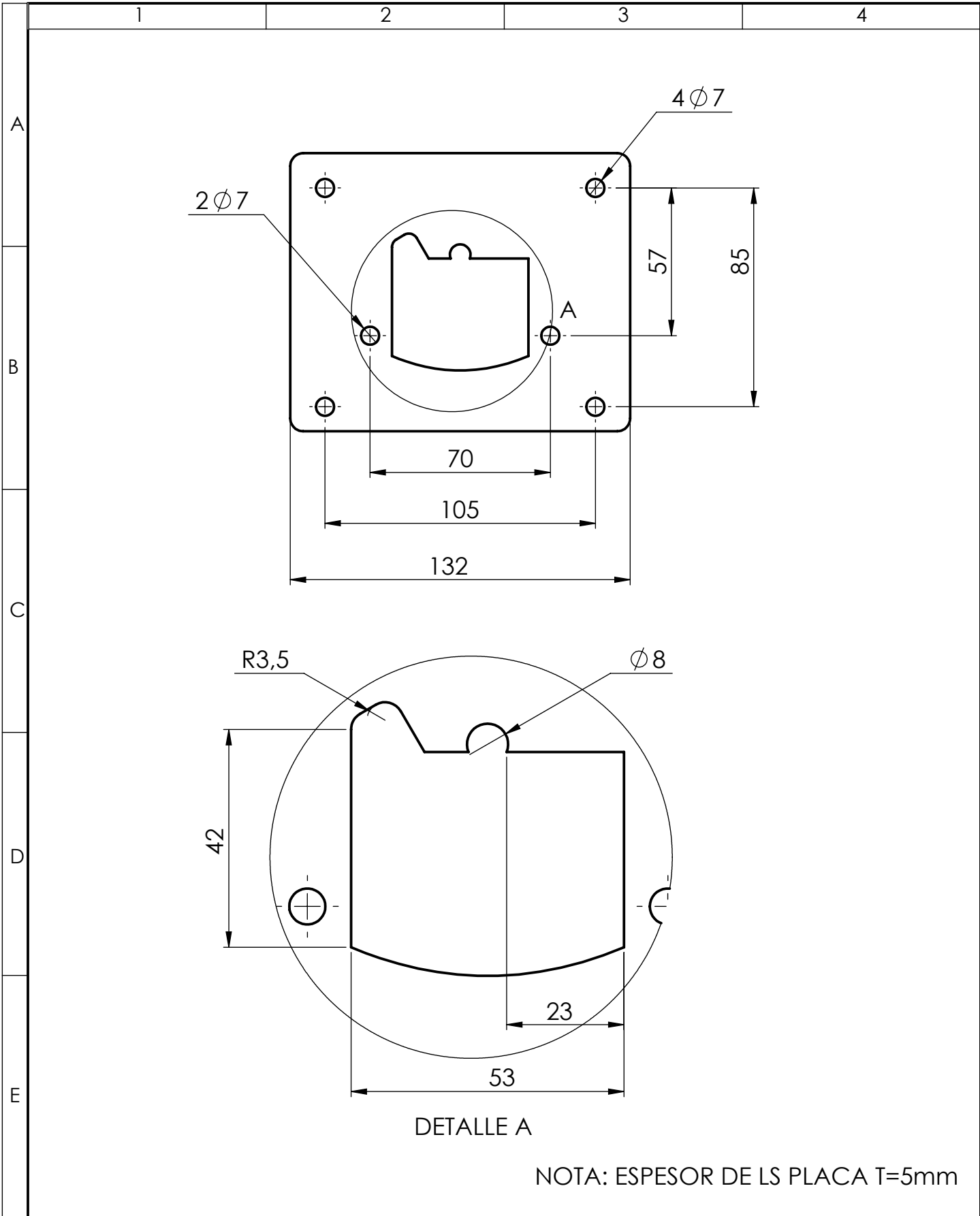


SECCIÓN C-C



DETALLE B
ESCALA 2 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1	344.87 gr	AISI 1020		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 05/06/2018	GABRIELA MANOBANDA	ACOPLE AL MOTOR		1:1
				REVISO: 05/06/2018	Ing. Germánico López			
				APROBO: 05/06/2018	Ing. Germánico López			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		LÁMINA 6		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				



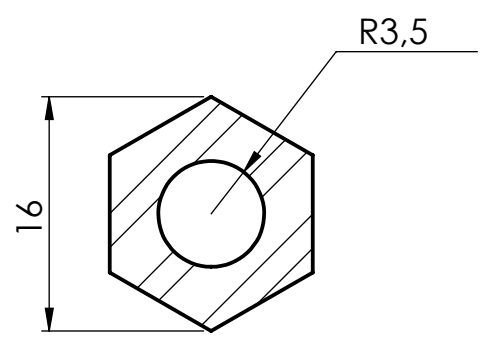
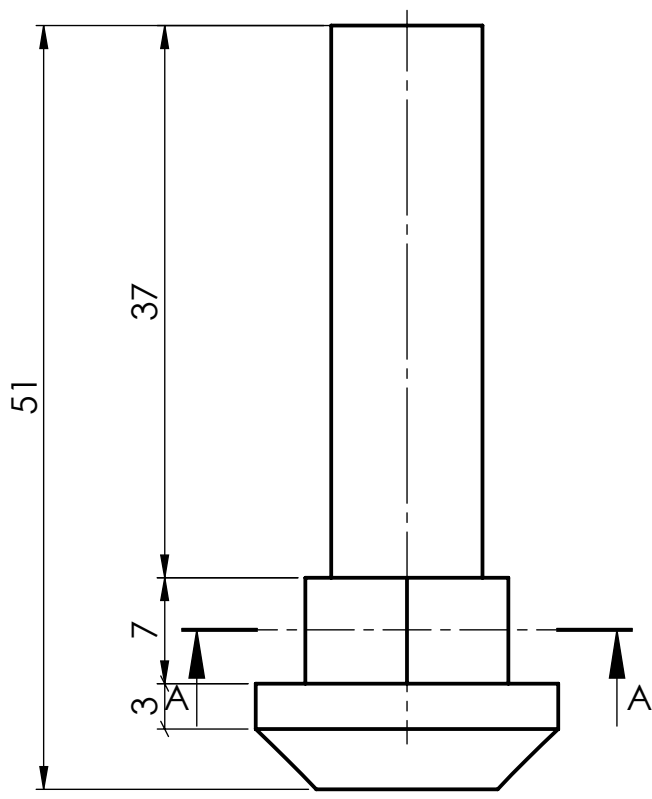
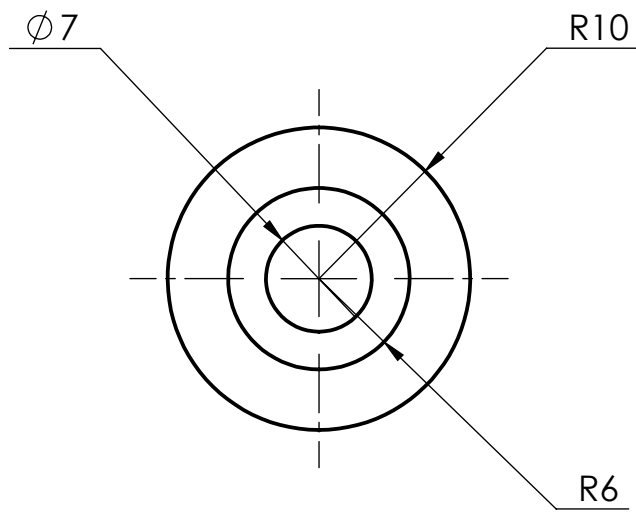
DETALLE A

NOTA: ESPESOR DE LS PLACA T=5mm

				TOLERANCIA: ±1	PESO: 279.83536 gr	MATERIAL: AIS1 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: ACOPLE TIPO BRIDA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/0672018	GABRIELA MANOBANDA		
				REVISO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				APROBO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA LÁMINA 7	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1 2 3 4

A
B
C
D
E



SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	30.18 gr	AISÍ 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 05/0672018	GABRIELA MANOBANDA	EJE HÉLICE	
				REVISO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				APROBO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECANICA		LÁMINA 8	2:1
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	REGISTRO:

1

2

3

4

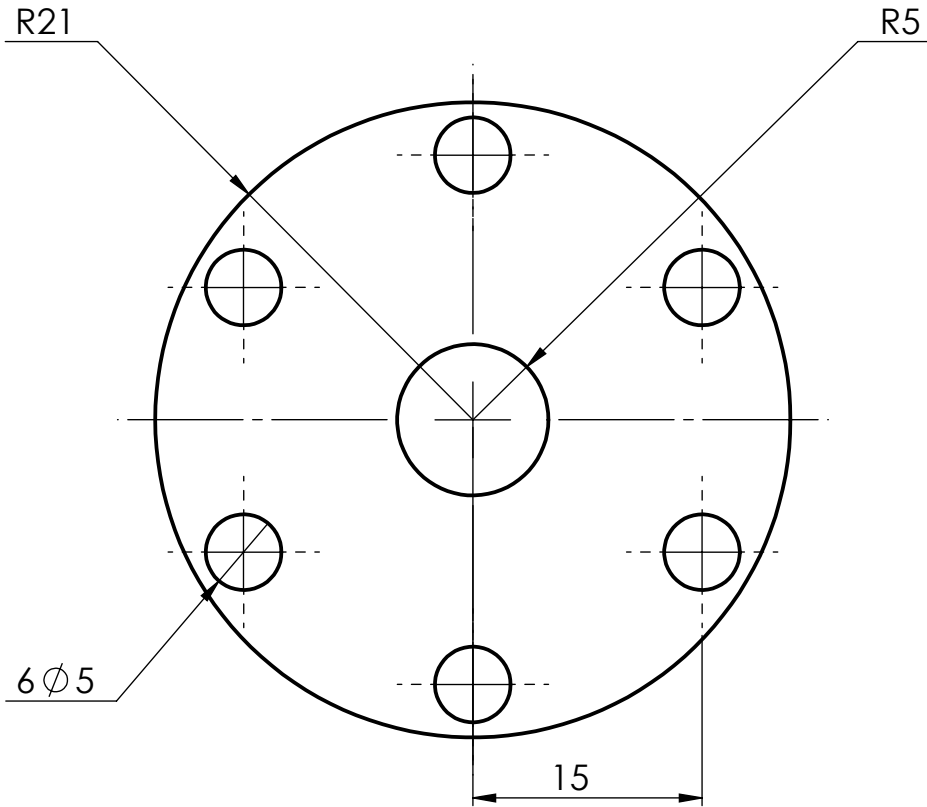
A

B

C

D

E



T=2.5mm

				TOLERANCIA: ±1	PESO: 8.03 gr	MATERIAL: Aleación 1060	
						TÍTULO: PLACA DE LA HÉLICE	ESCALA: 1:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/0672018	GABRIELA MANOBANDA		
				REVISO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				APROBO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA LÁMINA 9	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

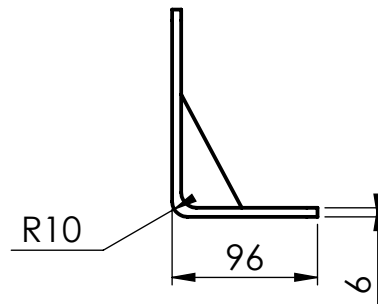
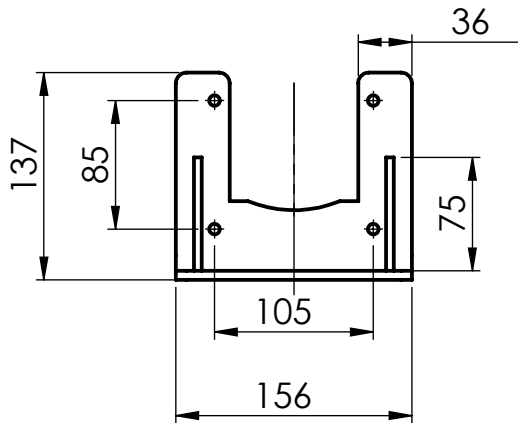
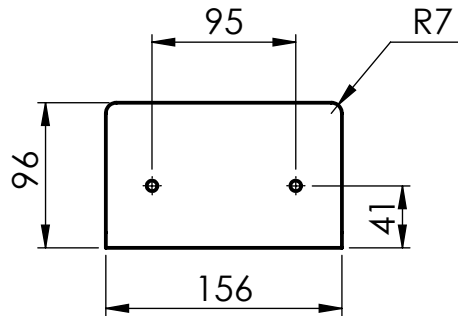
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 1418.33 gr	MATERIAL: Acero ASTM A36	
						TÍTULO: ACOPLE AL MOTOR	ESCALA: 1:5
				DIBUJO: 05/0672018	GABRIELA MANOBANDA		
				REVISO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				APROBO: 05/0672018	Ing. Germánico López		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LAMINA LÁMINA 10	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	