

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA.

**CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE
ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN
TWIN OTTER**

POR:

RAÚL HERIBERTO ANDRANGO GUAYASAMÍN

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención del
título de:**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

2005

CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Raúl Heriberto Andrango Guayasamín como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Mayo.Tec.Avc.Ing. Edwin Vinueza
Director del Proyecto de Grado

Latacunga, 07 de noviembre del 2005

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con toda mi gratitud y cariño a mis padres, a mi hermana y a la memoria de mi abuelita.

Que confiando íntegramente en mí me dieron su incondicional y constante apoyo, para seguir adelante en mis estudios y alcanzar una de mis metas.

Andrango Guayasamín Raúl Heriberto

AGRADECIMIENTO

Expreso mi amor y gratitud a Dios, por darme la vida, fuerzas y dedicación para mis estudios, por concederme una familia muy unida que con su carisma han inculcado cariñosamente en mi la responsabilidad, el respeto, la obediencia, valores fundamentales para lograr mis metas y sueños exitosamente.

Muy particularmente agradezco a mis padres y a mi hermana por hacer suyas mis necesidades y apoyarme en todos mis propósitos y aspiraciones.

A mis amigos y compañeros de aula por aquellos gratos y solidarios momentos compartidos.

A todos los señores profesores que en su momento coadyuvaron en mi preparación académica.

Particularmente y muy en especial al Sr. Mayo. Ing. Edwin Vinuesa por permitirme recopilar parte de sus valiosos conocimientos que son de gran ayuda para la culminación de mi proyecto.

Andrango Guayasamín Raúl Heriberto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula.....	i
Certificación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de contenidos.....	v
Lista de anexos.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de tablas.....	xii
Nomenclatura.....	xiii
Resumen.....	1

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance.....	3

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Metrología.....	5
2.1.1 Longitudes y ángulos.....	5
2.1.1.1 Unidades de longitud.....	6
2.1.1.2 Unidades angulares.....	6

2.1.2	Temperatura de referencia, precauciones de isotermia.....	6
2.1.3	Utilización de los bloques patrón.....	7
2.2	Patrones de extremos planos o galgas-patrón.....	8
2.2.1	Patrones prismáticos.....	9
2.2.2	Patrones cilíndricos.....	10
2.2.3	Patrones esféricos.....	10
2.2.4	Patrones o galgas angulares.....	11
2.2.4.1	Instrumentos de laboratorio para medir ángulos.....	11
2.2.4.2	Cabezal divisor óptico.....	11
2.2.4.3	Microscopio de utillaje.....	12
2.2.4.4	Regla de senos.....	13
2.3	Tolerancias.....	14
2.3.1	Niveles de burbuja.....	14
2.4	Nonio circular.....	15
2.4.1	Errores en la medición.....	17
2.4.1.1	Error de los elementos de comprobación.....	17
2.4.1.2	Error durante la medición.....	17
2.4.1.3	Error debido a las condiciones ambientales.....	18
2.4.1.4	Error personal.....	18
2.4.1.5	Error por imperfecciones del objeto a medir.....	18
2.5	Características de la hélice del avión twin otter.....	19
2.5.1	Posición de Bandera.....	20
2.5.2	Paso Bajo.....	20
2.5.3	Paso Alto.....	21
2.5.1	Paso de Reversa.....	21
2.6	Flaps del avión twin otter.....	22
2.6.1	Modo de operación de los flaps.....	23
2.7	Tipos de bancos para medir ángulos de hélices y flaps.....	23
2.7.1	Transportador de banco para hálices.....	24
2.7.2	Banco de prueba para evaluar los ángulos de la hélice del avión twin otter.....	24
2.7.3	Transportador universal de ángulos para hélices y flaps.....	25

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Identificación de alternativas.....	27
3.1.1 Estudio Técnico.....	27
3.1.1.1 Primera alternativa.....	27
3.1.1.2 Segunda alternativa.....	28
3.2 Estudio de factibilidad.....	29
3.2.1 Primera alternativa.....	29
3.2.2 Segunda alternativa.....	30
3.3 Parámetros de evaluación.....	30
3.3.1 Factor técnico.....	31
3.3.2 Factor económico.....	32
3.3.3 Factor ergonómico.....	32
3.4 Selección de la mejor alternativa.....	34
3.5 Determinación de requerimientos técnicos.....	34

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN

4.1 Construcción de la rueda dentada.....	37
4.2 Construcción del piñón.....	38
4.3 Construcción del anillo.....	40
4.4 Construcción de la estructura.....	41
4.5 Sujetadores o seguros.....	43
4.5.1 Nivel central.....	44
4.5.2 Nivel perpendicular.....	45
4.5.3 Manija de sujeción.....	45
4.6 Demostración del procedimiento utilizado para conocer el módulo.....	46
4.7 Diagramas de proceso.....	50
4.8 Diagramas de ensamblaje.....	59
4.9 Pruebas de funcionamiento.....	61

CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1 Descripción general.....	64
5.2 Manual de operación.....	65
5.3 Manual de mantenimiento.....	70
5.4 Manual de verificación.....	71
5.5 Formatos de registro.....	73

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Presupuesto.....	78
6.2 Análisis económicos.....	78
6.2.1 Materiales y accesorios.....	78
6.2.2 Máquinas y herramientas.....	79
6.2.3 Mano de obra.....	80
6.2.4 Otros.....	80

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.....	81
7.2 Recomendaciones.....	82

Bibliografía

Certificación

Planos

Anexos

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Certificación.

Anexo B: Planos generales.

Anexo C: Tablas de normas y especificaciones aplicadas a la metrología.

Anexo D: Propiedades mecánicas de los materiales de construcción.

Anexo E: Denominaciones y relaciones del módulo.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Galgas-patrón.....	5
Figura 2.2: Bloque patrón prismático.....	6
Figura 2.3: Bloque cilíndrico.....	10
Figura 2.4: Patrón esférico.....	10
Figura 2.5: Patrones angulares.....	11
Figura 2.6: Cabezal divisor.....	12
Figura 2.7: Microscopio de utillaje.....	12
Figura 2.8: Regla de senos.....	13
Figura 2.9: Nivel.....	15
Figura 2.10: Nonio circular.....	16
Figura 2.11: Hélice Hartzell.....	19
Figura 2.12: Posición de bandera.....	20
Figura 2.13: Paso de 17°.....	20
Figura 2.14: Paso de 27°.....	21
Figura 2.15: Paso de reversa o -15°.....	21
Figura 2.16: Flap interior-anterior-posterior.....	22
Figura 2.17: Flap interior-exterior.....	23
Figura 2.18: Palanca selectora de flaps.....	23
Figura 2.19: Transportador de banco.....	24
Figura 2.20: Banco evaluador de ángulos de la hélice Hartzell.....	25
Figura 2.21: Transportador universal de ángulos.....	26
Figura 3.1: Transportador de banco para ángulos de las hélices.....	28
Figura 3.2: Transportador universal de ángulos.....	29
Figura 4.1: Rueda dentada.....	37
Figura 4.2: Piñón.....	39
Figura 4.3: Anillo.....	40
Figura 4.4: Base de la estructura.....	42
Figura 4.5: Tapa de la estructura.....	42
Figura 4.6: Seguro del anillo.....	43
Figura 4.7: Seguro del disco.....	44

Figura 4.8: Nivel central.....	44
Figura 4.9: Nivel perpendicular.....	45
Figura 4.10: Manija de sujeción.....	46
Figura 4.11: Distancia entre ejes.....	49
Figura 4.12: Transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión twin otter.....	63

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Características de la Hélice Hartzell.....	19
Tabla 3.1: Matriz de evaluación.....	33
Tabla 3.1: Matriz de decisión.....	33
Tabla 4.1: Datos técnicos de las máquinas utilizadas en el proyecto.....	36
Tabla 4.2: Datos técnicos de las herramientas utilizadas en el proyecto.....	36
Tabla 4.3: Especificaciones técnicas de la rueda dentada.....	38
Tabla 4.4: Especificaciones técnicas del piñón.....	39
Tabla 4.5: Especificaciones técnicas de la base.....	41
Tabla 4.6: Especificaciones técnicas de la tapa.....	42
Tabla 4.7: Especificaciones técnicas del seguro de anillo y seguro del disco....	43
Tabla 4.8: Especificaciones técnicas del nivel central.....	44
Tabla 4.9: Especificaciones técnicas del nivel perpendicular.....	45
Tabla 4.10: Especificaciones técnicas de la manija.....	46
Tabla 4.11: Simbología de los diagramas.....	50
Tabla 4.12: Comprobación de los ángulos de la hélice y flaps del avión twin otter realizada en la sección de mantenimiento del COTRAN.....	61
Tabla 4.13: Comprobación de ángulos realizado con el medidor HILGER WATTS con número de parte A/42/42, serie 1315 de la sección de hidráulica.....	62
Tabla 4.14: Error en porcentaje evaluado en el laboratorio de metrología.....	62
Tabla 5.1: Codificación de los manuales.....	64
Tabla 6.1: Lista de materiales del proyecto de grado.....	79
Tabla 6.2: Cuadro de costos de utilización de las máquinas y herramientas.....	79
Tabla 6.3: Costo de mano de obra.....	80
Tabla 6.4: Costo de otros gastos.....	80
Tabla 6.5: Costo total del proyecto.....	80

NOMENCLATURA

ANSI = Instituto Estadounidense de Normas

DIN = Norma industrial alemana

Medida Nominal.-

Es una medida que sirve para expresar el tamaño y a la cual se refieren las diferencias por ejemplo: ± 0.3 , $+ 0.3$, $- 0.3$ etc.

Medida de ajuste.-

Es aquella medida nominal que va provista de las diferencias o de las abreviaturas ISO, por ejemplo: 20 ± 0.3 .

Medida máxima (Max).-

Es la medida límite mayor que la nominal.

Medida mínima (Min).-

Es la medida límite menor que la nominal.

Medidas límites.-

Son las medidas mayor y menor que la nominal toleradas o permitidas.

Módulo.-

El módulo es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo de la rueda expresado en milímetros y su número de dientes.

Tolerancia (T).-

Es la diferencia entre la medida máxima y la medida mínima:

$$T = \text{Max} - \text{Min}$$

Trazabilidad.-

Propiedad del resultado de una medición o de un patrón, tal que esta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas.

A = Apreciación

A = Addendum (cabeza del diente)

b = Dedendum (pie del diente)

De = Diámetro exterior

Di = Diámetro interior
Dp = Diámetro primitivo
E = Distancia entre centros
e = espesor del diente
H = altura total
H1 = Fresa modular
H2 = Entenalla de banco
H3 = Lima plana
M = Módulo
M1 = Torno
M2 = Fresa
M3 = Taladro
M4 = Esmeril
M5 = Pantógrafo
N = Número de divisiones del nonio
n = Número de divisiones tomadas de la regla
P = Paso del diente
r = relación de rotación
v = vacío del diente
v = División de la regla primaria
v' = División de la escala secundaria
Z = Número de dientes

RESUMEN

Este Proyecto de Grado surge, ante la necesidad de contar con una herramienta, para medir ángulos de hélices y flaps, en vista de que los alumnos del ITSA tienen falta de experiencia en lo práctico, en base a la utilización y operación de estas herramientas de medición, los mismos que son primordiales en los talleres de mantenimiento de aeronaves.

Para lo que se estimó necesario construir, luego de hacer un análisis de las posibles alternativas de construcción, fabricar el transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter cuya operación es mecánica y fácil de usar, además permite apreciar el funcionamiento y las posibles fallas que se detecten en los ángulos de la hélice y flaps.

Luego de construida la herramienta, se sometió a pruebas de funcionamiento para un óptimo desempeño y fiabilidad.

Posteriormente se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento para garantizar la vida útil de la herramienta.

Estos manuales de operación junto con el transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter facilitará a los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA, reforzar sus conocimientos teóricos impartidos en clases, y luego llevarlos a la práctica.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica, dentro de su malla curricular, se contempla la asignatura de Hélices. La misma que no cuenta con un laboratorio para la realización de prácticas académicas, sin embargo existen proyectos de grado que se han realizado sobre el tema, siendo uno de ellos la habilitación de la hélice Hartzell HC-B3TN-3D y el Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión twin otter.

En relación a estos trabajos y en función de complementarlos a razón de que el Instituto no cuenta con un transportador universal de ángulos para hélices y flaps, se ha considerado la construcción de dicho instrumento.

El contar con esta herramienta permitirá medir los ángulos de hélices y flaps existentes en el taller de mantenimiento.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico al ser una institución educativa en la cual se forman profesionales en el campo técnico aeronáutico, requiere contar con materiales didácticos que complementen el aprendizaje de sus alumnos, es así que la fabricación de un transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter favorecerá a reforzar todos los conocimientos adquiridos en clase y llevarlos a la práctica en los talleres de mantenimiento del ITSA.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 Objetivo General.

Construir un transportador universal de ángulos didáctico para la hélice y flaps del avión Twin Otter que sea utilizado en las prácticas académicas realizadas por los alumnos de la carrera de mecánica del ITSA.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Recopilar información necesaria para la construcción.
- Realizar un estudio de los instrumentos de medición así como de las características técnicas de la hélice y flaps del avión Twin Otter.
- Analizar las alternativas de construcción para el transportador universal de ángulos.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar los manuales de operación, mantenimiento, verificación y registros de operación.

1.4 ALCANCE.

El presente proyecto esta encaminado a la construcción de un transportador universal de ángulos y al desarrollo de su respectiva documentación para su operación, técnico práctico a cerca de la medición de ángulos de hélices y flaps, de manera que permitirá contribuir con el avance tecnológico en la enseñanza y aprendizaje del alumno de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

Para ello se realizaran actividades tales como:

- Instrucción y reconocimiento de cada una de sus partes necesarias para operar adecuadamente la herramienta.

- Pruebas de funcionamiento.
- Certificación del transportador universal de ángulos por parte del COTRAN, que garantiza el funcionamiento del instrumento construido para la realización de prácticas.

De esta manera se contribuirá a que el ITSA forme profesionales con mejores conocimientos prácticos, que junto con los conocimientos teóricos, sean profesionales integrales al país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 METROLOGÍA.

La metrología es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las medidas y unidades destinadas a obtener dimensiones, define también las exigencias técnicas de los métodos de medida.

Para ello se utiliza una serie de instrumentos o herramientas de medición y una metodología adecuada a las necesidades.

La verificación puede realizarse por medición, por galgado o calibrado, que es lo que se llama verificar con calibre.

Además de la verificación dimensional (medir, calibrar), hay también verificaciones no dimensionales como por ejemplo: la verificación visual de superficies y la verificación funcional en un motor.

Medir: es una comparación numérica de una longitud o de un ángulo, con un instrumento de medición. El resultado de la medición es la medida real que viene dada con un valor numérico y la unidad correspondiente.

Calibrar o calibración: es la determinación del error de un instrumento con respecto a un patrón de referencia, que permite determinar la exactitud de un instrumento para certificar o no la aptitud de uso, la calibración tiene validez oficial.

2.1.1 Longitudes y ángulos.

En la fabricación se comprueba las longitudes y ángulos. Entre las longitudes están por ejemplo: las medidas exteriores, interiores, las cotas de diámetros, etc. Un ángulo puede representarse mediante relaciones entre

longitudes. Los métodos de comprobación se denominan técnicas de comprobación.

2.1.1.1 Unidades de longitud.

La unidad básica de longitud es el metro (m) basada en una longitud de onda luminosa: el metro es igual a 1.650.763,73 longitudes de onda de la radiación electromagnética emitida por átomo de criptón 86, al pasar por estado $2p_{10}$ y $5d_5$ cuando se propaga en el vacío.

2.1.1.2 Unidades angulares.

Se ha adoptado como unidad el ángulo llano en el cual la relación de longitudes tiene el valor numérico 1. Esta unidad se denomina radián (rad) equivalente a $1\text{ rad} = 57.29578^\circ$, el ángulo completo (circunferencia) es igual a $2\pi\text{ rad} = 360^\circ$.

Por lo tanto $1^\circ = \frac{\pi}{180^\circ}\text{ rad} = 60' \text{ (minutos)} = 3600'' \text{ (segundos)}$.

El patrón nacional de ángulo plano consta de dos instrumentos: una mesa a índice de alta exactitud, para ángulos superiores a $15'$ y un generador de ángulos pequeños, para ángulos menores a $15'$. El instrumento empleado para ángulos (menores a $15'$) es la barra de senos, para ángulos mayores se recurre al empleo de una mesa a índice de alta exactitud.

2.1.2 Temperatura de referencia, precauciones de isoterminia.

Todos los instrumentos de medida están calibrados a la temperatura de 20°C , llamada temperatura de referencia, ésta debe mantenerse constante en las salas de metrología. Para las medidas de precisión es preciso alcanzar la igualdad de temperatura entre la pieza a medir y el aparato de medida, o el patrón de referencia. Los instrumentos de control sostenidos con la mano están provistos frecuentemente de mangos aislantes, para evitar los defectos de la dilatación, si

las medidas se hacen a una temperatura distinta de 20°C, se puede evitar un error.

En el anexo C se observa los coeficientes de expansión térmica de varios materiales. Si los metales son diferentes, el cálculo de corrección puede ser necesario, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_t = L_{20}[1 + \alpha(t - 20)] \quad (2.1)$$

L_{20} = longitud del patrón a 20° C.

t = temperatura a la cual se efectúa la medida.

α = coeficiente de dilatación del patrón o de la pieza.

L_t = longitud del patrón o de la pieza a la temperatura t .

2.1.3 Utilización de los bloques patrón.

Los bloques patrón se utilizan para propósitos generales: calibración de otros instrumentos de medida tales como micrómetros, pies de rey, comparadores de carátula entre otros; y medición de piezas mecanizadas, así como ajuste de máquinas herramientas, en cualquiera de los casos mencionados, los bloques patrón se usan para obtener una longitud deseada.

La cohesión y adherencia de los bloques se obtiene sin ejercer presión alguna, no debe ser producida por grasa u otras sustancias, ni por magnetismo.

La adherencia se obtiene por las superficies de medida completamente planas, cuanto más perfecta sea la planitud, tanto mejores serán la cohesión y la adherencia, las superficies de medida que estén rayadas no se acoplan.

El coeficiente de dilatación lineal de los bloques patrón, en el campo de variación de temperaturas de 10°C a 30°C, están comprendidos dentro de los límites $(11.5 \pm 1.0) \cdot 10^{-6}$ por grado Celsius si se emplea otro tipo de material, el fabricante indicará el valor del coeficiente de dilatación lineal.

2.2 PATRONES DE EXTREMOS PLANOS O GALGAS-PATRÓN.

Estos patrones están constituidos por pequeños bloques de acero templados y estabilizados, finamente rectificadas en todas las caras, dos de las cuales, llamadas caras de referencia, están planas y paralelas, las galgas se colocan escalonadamente en cajas especiales y sobreponiéndolas se pueden producir medidas entre 1 y 200 mm. La aplicación de las galgas se efectúa, después de una limpieza previa con una piel de gamuza limpia, por deslizamiento de dos de entre ellas, una sobre la otra, para eliminar la capa de aire adherida a la cara de referencia, así como el polvo, los elementos se sostienen por simple adherencia.

Las galgas-patrón según sus distintas aplicaciones se distinguen en cuatro grados de precisión:

Grado de precisión 0: Para requisitos muy estrictos en cuanto a precisión, como medidas de comparación, medidas de ajustes para máquinas de metrología y para control de calibres de comparación, la discrepancia admisible es $\pm 0.20 \mu\text{m}$ por 50 mm de medida nominal.

Grado de precisión I: Como medida de ajuste para instrumentos de medida, galgas de comprobación, calibres de comprobación, la discrepancia admisible es $\pm 0.45 \mu\text{m}$.

Grado de precisión II: Para comprobar y ajustar los calibres de trabajo y los instrumentos de medida utilizados en los talleres de utillaje, la discrepancia admisible es $\pm 1 \mu\text{m}$.

Grado de precisión III y IV: Para uso en el taller, como galgas de ajuste, galgas de trabajo, la discrepancia admisible es de ± 1 a $\pm 2 \mu\text{m}$.

El grado de precisión está normalizado según DIN 861 de acuerdo a la tabla N° 1 presentada en el anexo C.

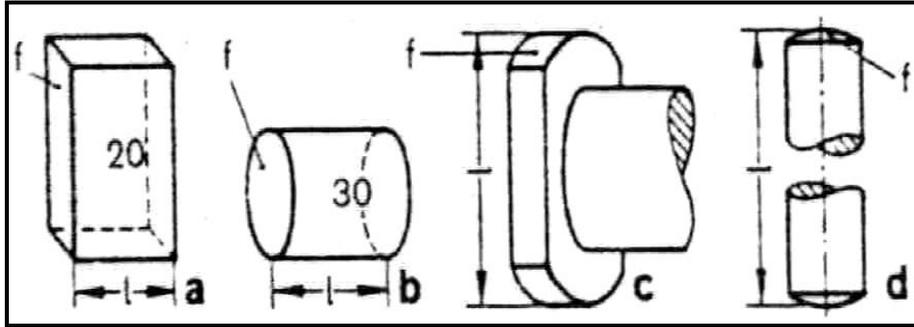


Fig. 2.1: Galgas-patrón

Las galgas de extremos se clasifican en cuatro formas básicas:

2.2.1 Patrones prismáticos.-

El bloque patrón prismático es una materialización de la medida de longitud exacta en la forma de un rectángulo, de material resistente a la abrasión, con dos superficies de medición planas y paralelas entre sí.

Las superficies de medición deben tener tal acabado que puedan ser adheridas a las superficies de medición de otros bloques patrones para formar combinaciones, o a las superficies correspondientes de placas adherentes para efectuar la medición de longitudes fundamentales.

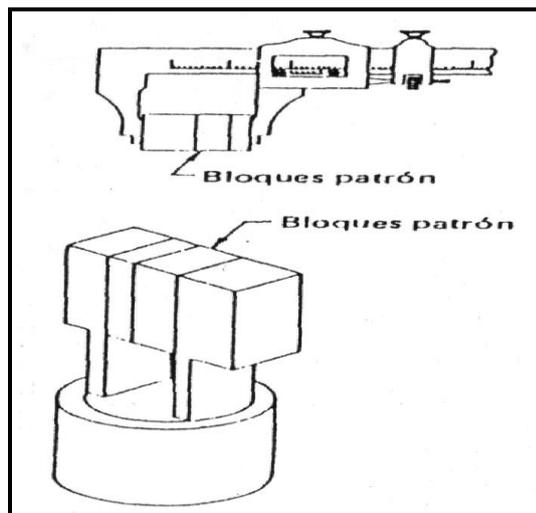


Fig. 2.2: Bloque patrón prismático

2.2.2 Patrones cilíndricos.

Son utilizadas para la medición de exteriores, determinan la distancia entre dos superficies opuestas, estas pueden ser curvas ejemplo: ejes cilíndricos.

Realizando la medición de distintos puntos se comprueba la forma circular o cilíndrica de los ejes

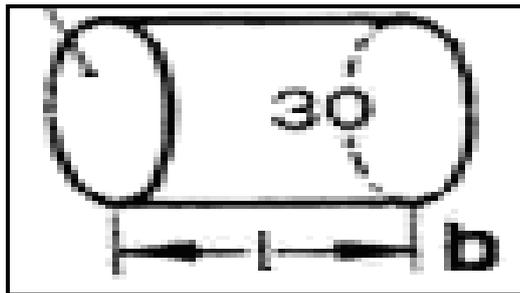


Fig. 2.3: Bloque cilíndrico

2.2.3 Patrones esféricos.

Este tipo de patrón tiene la forma de un cilindro de 12 mm de diámetro, rematado en los dos extremos por dos casquetes que corresponden a una misma esfera que tenga su centro en el eje.

Estos patrones se emplean para longitudes mínimas de 20mm, por debajo de este valor la realización de las esferas se hace delicado y el empleo de un tal patrón entre los palpadores planos de una máquina de medir ocasionaría una deformación, debido a la reducción de los elementos en contacto.

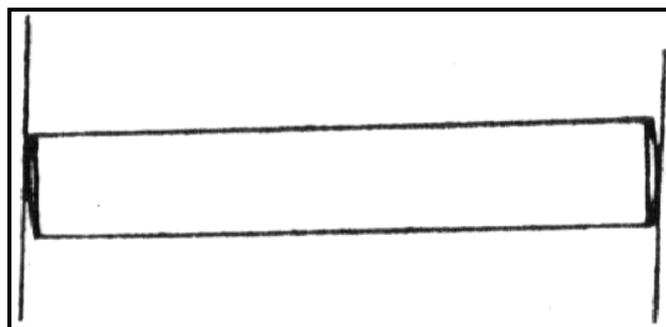


Fig. 2.4: Patrón esférico

2.2.4 Patrones o galgas angulares.

Cuando es necesario posicionar una pieza en un ángulo determinado para inspeccionarla, pueden utilizarse patrones angulares. Los patrones angulares tienen cierta similitud con los bloques patrón prismáticos, ya que pueden adherirse unos con otros para formar, en este caso, el ángulo deseado. Los valores nominales de dos patrones angulares tienen la particularidad de que pueden sumarse o restarse, lo que depende de la posición relativa entre ellos, por tanto un número relativamente pequeño de patrones angulares permite una gran cantidad de combinaciones, pudiéndose formar ángulos entre 0 y 90° con incrementos de 1 grado 1 minuto o 1 segundo, lo que depende del tipo de patrones angulares que conformen un juego.

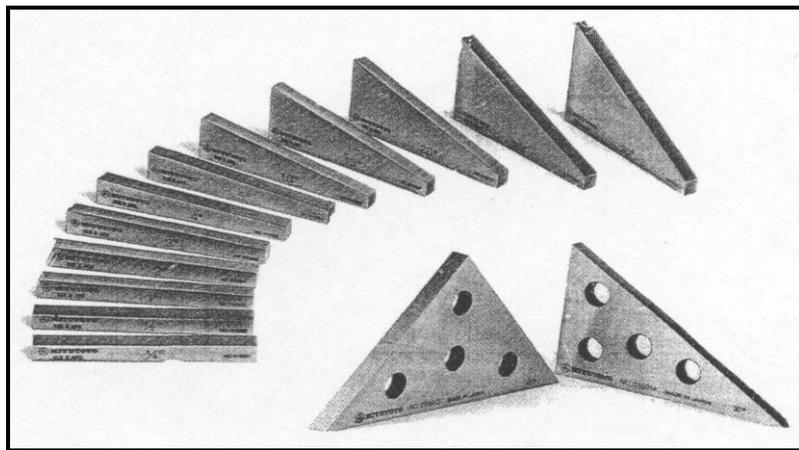


Fig. 2.5: Patrones angulares

2.2.4.1 Instrumentos de laboratorio para medir ángulos.

Existen diferentes herramientas que permiten medir la magnitud numérica de los ángulos, entre los más conocidos se encuentran: el cabezal divisor óptico, el microscopio de utillaje, la regla de senos, etc.

2.2.4.2 Cabezal divisor óptico.

Se utiliza para distintos fines, como por ejemplo, para la medición y el ajuste de ángulos, para el trazado y mecanizado en máquinas herramientas de

engranajes, discos graduados, divisiones circulares, etc. La lectura de la escala varía de 2' hasta 30''.



Fig. 2.6: Cabezal divisor

2.2.4.3 Microscopio de utillaje.

Puede utilizarse para medir ángulos mediante un ocular para la medida de ángulos. El ocular va provisto de una placa de retículo, que puede girar con un botón moleteado, la placa lleva unos trazos en cruz auxiliares a 60° , aparte de una escala graduada en el borde, que puede leerse con el microscopio situado en la parte posterior. La división en grados de la placa de retículo se mueve, mientras que la división en minutos queda fija en el centro del campo visual del microscopio de lectura.



Fig. 2.7: Microscopio de utillaje

2.2.4.4 Regla de senos.

La regla de senos esta constituida por una barra de acero de alta resistencia al desgaste, con agujeros en su cuerpo para hacerla más liviana, la regla posee dos rodillos o cilindros con una distancia entre centros generalmente de (100 a 200 mm), la regla está provista de un sistema de bloques calibradores denominados galgas, calzas, escantillones, etc.

Para realizar mediciones se requiere colocar uno de los rodillos sobre un conjunto de bloques patrón de la medida conveniente, para lograr el ángulo deseado el otro rodillo y los bloques patrón se colocan sobre una superficie plana de referencia, cuando se desea ajustar a un determinado ángulo α , se puede calcular la correspondiente altura H dada por:

$$H = L \cdot \text{sen} \alpha \quad (2.2)$$

Ejemplo: se desea obtener un ángulo $\alpha = 20^\circ$; $L = 200$ mm. Calcular H.

$H = L \cdot \text{sen} \alpha$; el seno de 20° es 0.3420

$H = 200$ mm. $0.3420 = 68.4$ mm.

Es decir que con las galgas se debe lograr una altura de 68.4 mm, las galgas o escantillones están fabricados desde 0,25 mm hasta 100 mm, pueden estar en centímetros, milímetros, pulgadas. En caso de conocerse L y H, se

calcula α con la siguiente ecuación: $\text{sen} \alpha = \frac{H}{L}$

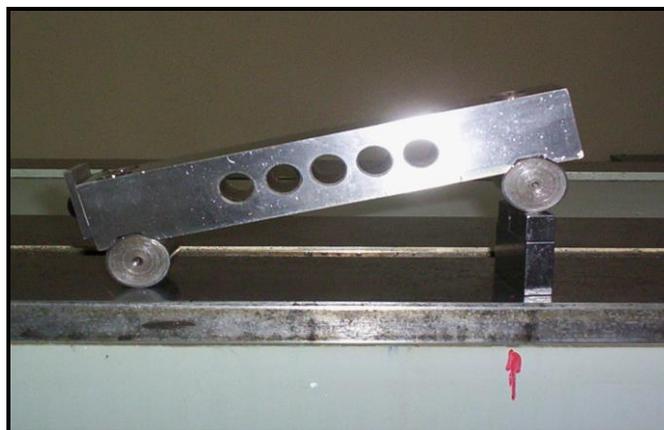


Fig. 2.8: Regla de senos

En el anexo C se observa la tabla de senos, en la que se encuentra el ángulo deseado para obtener la altura necesaria y diferentes tipos de juegos de bloques patrón.

2.3. TOLERANCIAS.

Al mecanizar o fabricar una pieza no se puede conseguir nunca con exactitud absoluta una medida teórica por ejemplo: una longitud de 20 mm, no es práctico físicamente ni tampoco económicamente factible, ya que se requeriría de una máquina rectificadora de máxima perfección, es necesario que se tolere alguna desviación del tamaño teórico exacto, a esta desviación se llama tolerancia de trabajo o de manufactura (fabricación) y se define como la variación permisible en una dimensión. Las razones básicas para especificar dimensiones limitantes precisas para los objetos maquinados es asegurarse de que las partes o componentes de un ensamblaje se ajusten apropiadamente y funcionen bien en ciertas condiciones de operación.

La magnitud de tolerancia para las distintas exigencias en cuanto a precisión, están formados, en grupos de medidas nominales, las series de tolerancias IT 01 a IT 18, el número que sigue a las letras IT indica el distintivo de calidad. El índice de calidad está definido para una determinada magnitud de la tolerancia básica dentro de un determinado grupo de medidas. La tabla de tolerancias básicas y series de tolerancia se observa en el anexo C, tabla N°2.

2.3.1 Niveles de burbuja.

Los niveles de burbuja son instrumentos utilizados para inspeccionar la posición horizontal y vertical de superficies para evaluar la dirección y magnitud de desviaciones menores.

El nivel tubular está casi totalmente lleno con un líquido (generalmente éter), dejando para la burbuja una longitud de 20 a 30 mm, el agua no resulta apropiada para el llenado, porque no posee suficiente facilidad de movimiento, se adhiere al tubo y es propenso a congelamiento. La burbuja de éter se desplaza

desde su posición más alta en el tubo, en cuanto varía su posición del nivel se desvía hacia la izquierda o hacia la derecha. El nivel se monta en unos soportes o monturas fijas, en este caso el nivel no posee ningún medio de regulación, existen monturas inclinables que permiten una regulación eventual del nivel mediante un tornillo elevador.



Fig. 2.9: Nivel

La carcasa en la que está incrustada la burbuja, es metálica para las clases I y II. Para las clases III y IV se admiten, además del metal, otros materiales indeformables. Los niveles normalizados poseen, además de la burbuja longitudinal otra burbuja transversal, según normas (DIN 877) presentan una tabla que se observa en el anexo C, tabla N°3.

El nivel de burbuja con transportador graduado es una combinación de medidor de ángulos y nivel de burbuja, que permite leer los grados de ángulos. La burbuja sirve en este caso como indicador del cero.

2.4 NONIO CIRCULAR.

La construcción del transportador de ángulos es básicamente un nonio circular, que sirve para medir ángulos cuyo fundamento es el mismo del goniómetro y el nonio rectilíneo, tiene un limbo o escala circular (parte inferior) con su nonio (parte superior), para expresar partes de un grado puede utilizarse la forma decimal o la sexagesimal, en este último se utiliza una comilla para indicar minutos y dos comillas para indicar segundos, por ejemplo: $20^{\circ} 10' 15''$.

Los ángulos expresados en forma decimal también pueden expresarse en notación sexagesimal y viceversa, ejemplos.

Para convertir 20.15° a la forma sexagesimal se multiplica la parte decimal por $60'$ obteniéndose $20^\circ 9'$.

Para convertir $20^\circ 9'$ a la forma decimal se dividen los minutos entre 60 y se obtiene la parte decimal: 20.15° .

La ecuación de apreciación del nonio circular es:

$$A = v \left(\frac{N - n}{N} \right) \quad (2.3)$$

En donde:

- v = División de la regla primaria
- A = Apreciación
- n = Número de divisiones tomadas de la regla
- N = Número de divisiones del nonio

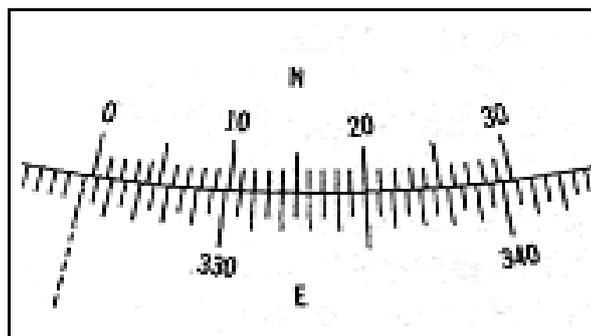


Fig. 2.10: Nonio circular

2.4.1 Errores en la medición.

Cuando se realiza la medida de una magnitud no se asegura que el número o valor que resulta es igual al valor verdadero de la magnitud medida, de modo que entre ellos existe, en general, una diferencia que se denomina error verdadero.

Las causas del error pueden ser diversas, de modo que el error total cometido es el resultado de varios errores parciales debidos a circunstancias diversas.

Los errores se los clasifica en:

2.4.1.1 Error de los elementos de comprobación.

Los instrumentos de medida, los calibres, e incluso los elementos auxiliares no pueden fabricarse con exactitud absoluta y por, consiguiente pueden presentar los siguientes errores: error de división de las escalas, errores de paso en el husillo roscado de los micrómetros, rozamientos, etc. Cuando se ha utilizado durante mucho tiempo, intervienen los errores por desgaste.

2.4.1.2 Error durante la medición.

Son ocasionados sobre todo por la fuerza de medida, para los instrumentos mecánicos de medida, la fuerza de medida es la fuerza que se aplica para que la superficie medidora del instrumento haga asiento sobre la superficie del objeto a medir.

2.4.1.3 Error debido a las condiciones ambientales.

Al efectuar la medición, se pueden producir errores de medida por las variadas condiciones ambientales, tales como la iluminación insuficiente, las fluctuaciones de temperatura, las vibraciones de polvo. La temperatura ejerce una influencia muy importante, casi todos los cuerpos varían de volumen con la temperatura: se dilatan al calentarlos y se contraen al enfriarse, esto sucede en las herramientas de medida y en los objetos a medir.

2.4.1.4 Error personal.

Son los errores que están fuera del control del observador y se deben a circunstancias que no pueden preverse, un error de medida muy frecuente debido al factor humano es, cuando la superficie donde se efectúa la medida y la superficie que contiene las divisiones de la escala se encuentran separadas entre sí una cierta distancia, al dirigir la visual oblicuamente, se lee un valor erróneo. Para evitar este error se debe dirigir la vista perpendicularmente a la escala, en estos errores está incluido el factor personal del observador.

2.4.1.5 Error por imperfecciones del objeto a medir.

Al fabricar una pieza no se consigue jamás la forma geométrica deseada, una pieza torneada presenta algunas diferencias de forma, que pueden representar algunas micras o solo fracciones de ésta por ejemplo: pueden ser cóncavo, cónico, convexo o estar curvado o retorcido, al efectuar la medición es fácil obtener valores erróneos ejemplo si una pieza queda rugosa por las estrías del mecanizado y causa error al ser medida, es necesario determinar las discrepancias antes de proceder a la medición.

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTTER.

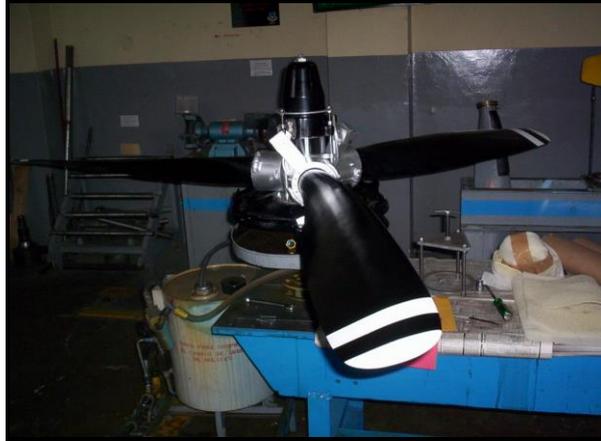


Fig. 2.11: Hélice Hartzell

Tabla 2.1: Características de la Hélice Hartzell

HC	→	Hélice Controlable
B	→	Diseño Básico de la hélice
3	→	Número de Palas
T	→	Tamaño de la espiga
N	→	Tamaño del Eje
3D	→	Modificaciones menores

Las dos hélices son Hartzell su modelo es **HC-B3TN-3D**, de metal conformada de tres palas en posición de embanderamiento total cuando no están en funcionamiento, tiene 4 diferentes posiciones para variar los ángulos y son:

- Bandera 87°
- Paso alto 27°
- Paso bajo 17°
- Reversa -15°

2.5.1 Posición de Bandera (87°).

La hélice Hartzell cuya designación es, HC – B3TN – 3D tiene el ángulo de bandera de 87°, posición en que la hélice se pone automáticamente cuando el motor del avión twin otter ha detectado alguna falla en vuelo y su finalidad es, poner su perfil aerodinámico de tal forma que el aire de impacto no reste el avance de la aeronave dando lugar a que el piloto pueda controlar el avión con un solo motor.



Fig. 2.12: Posición de bandera

2.5.2 Paso Bajo (17°).

Es el ángulo en el cual la hélice genera o proporciona la tracción necesaria el momento en que gira el motor, este ángulo se utiliza para el despegue y para el aterrizaje.



Fig. 2.13: Paso de 17°

2.5.3 Paso Alto (27°).

Su finalidad es al igual que en los automotores de cambiar de marcha y reducir el esfuerzo del motor durante el vuelo, este ángulo se utiliza en vuelo de crucero.

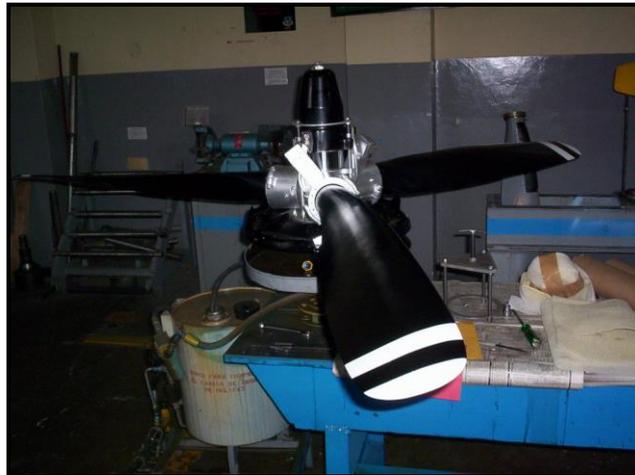


Fig. 2.14: Paso de 27°

2.5.4 Paso De Reversa (-15°).

Este ángulo se utiliza en el avión twin otter para aterrizar en pistas cortas poniéndose en un ángulo negativo, el mismo que en vez de producir tracción sirve para frenar a la nave, a la vez es un freno aerodinámico, la reversa únicamente se utiliza en tierra.



Fig. 2.15: Paso de reversa o -15°

La hélice tiene un gobernador hidráulico acoplado al motor para realizar los cambios del paso, trabaja con una presión de 380 PSI \pm 10.

Cada hélice tiene un diámetro de 8' y 6" y su peso es de 134 libras, cada uno de los pasos tales como el de reversa (-15°), paso fino (17°), paso alto (27°) y bandera (87°) son medidos en la estación 30 de la pala, su relación de rotación es de -15 a 1 es decir 15 revoluciones da la turbina y un giro de la hélice

2.6 FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER.

Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado la aeronave.

El avión twin otter tiene dos tipos de flaps:

- Flap Interior – Anterior – Posterior.
- Flap Interior – Exterior



Fig. 2.16: Flap Interior – Anterior – Posterior



Fig. 2.17: Flap Interior – Exterior

2.6.1 Modo de operación de los flaps.

Los flaps actúan manualmente desde la cabina por medio de una palanca selectora para bajar y subir, operan bajo ángulos de 0 a 40° con una tolerancia de 37.5° abajo como máximo, en un tiempo de 15 a 25 seg para bajar flaps en su totalidad y de 30 a 50 seg para subir.



Fig. 2.18: Palanca selectora de flaps

2.7 TIPOS DE BANCOS PARA MEDIR ÁNGULOS DE HÉLICES Y FLAPS.

- Transportador de banco para hélices.
- Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión twin otter
- Transportador universal de ángulos y flaps.

2.7.1 Transportador de banco para hélices.

El transportador de banco es un instrumento de medición inmediata del ángulo comprendido entre la cara de la pala de la hélice y el plano de rotación.

El transportador debe estar en la estación específica de la pala y directamente sobre el centro del banco de prueba.



Fig. 2.19: Transportador de banco

El brazo ajustable en el transportador es levantado y se mueve el transportador hacia adelante o hacia atrás para encontrar la posición en la cual el brazo de ajuste hace contacto con la cara de la pala. En el transportador de banco la lectura se toma de la escala que está en el punto de ajuste del transportador, la escala está dividida en números mayores de décimos de grado.

2.7.2 Banco de prueba para evaluar los ángulos de la hélice del avión twin otter.

El banco de prueba para evaluar ángulos de la hélice y fugas, del avión twin otter, tiene como función principal la de verificar el giro de los ángulos y la inspección visual de todos los empaques, sellos y demás, para evitar la presencia de fugas de aceite después de una inspección interna o por reparación de daños mayores, este banco se compone de:

- Estructura o soporte
- Bomba hidráulica
- Depósito
- Filtro
- Cañerías
- Llave de paso
- Eje alojador de la hélice



Fig. 2.20: Banco evaluador de ángulos de la hélice Hartzell

Este banco de comprobación de ángulos de la hélice del avión twin otter, funciona hidráulicamente, mediante la presión suministrada al sistema del banco, permite verificar el correcto funcionamiento de los diferentes mecanismos internos que compone la hélice.

2.7.3 Transportador universal de ángulos para hélices y flaps.

Se utiliza el transportador universal de ángulos para inspeccionar, los ángulos de las palas de la hélice o flaps montados en el avión.

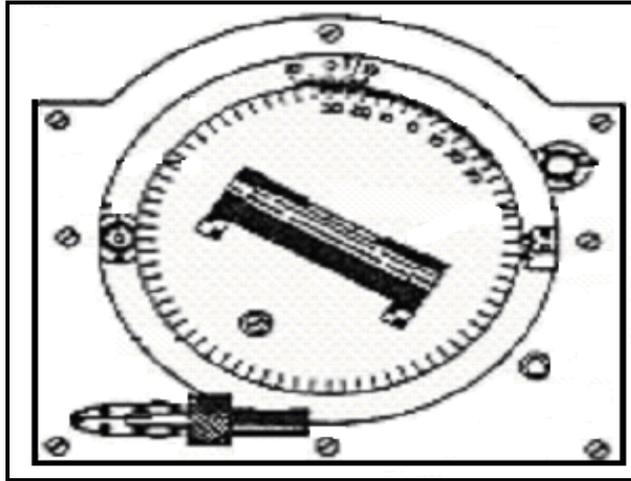


Fig. 2.21: Transportador universal de ángulos

La operación del transportador de ángulos para hélices y flaps es mecánica a través de piñones internos que facilitan el movimiento de la escala en grados y con la observación de las burbujas para verificar el nivel y su posición.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Para este proyecto se han planteado 2 alternativas, las mismas que se enuncian a continuación:

- Transportador de banco para ángulos de la palas de la hélice.
- Transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter.

3.1.1 Estudio técnico.

3.1.1.1 Primera Alternativa.

La primera alternativa esta relacionada sobre la construcción de un transportador de banco para ángulos de la palas de la hélice:

Este instrumento permite medir y verificar que los ángulos de las diferentes palas de una hélice sean los correctos, para una medición exacta el transportador de banco para ángulos de las palas debe estar en la estación específica de la pala a realizarse la verificación y directamente sobre el centro del banco de prueba.

El transportador de banco consta de las siguientes partes:

- Brazo de ajuste.
- Perno sujetador del brazo.
- Escala de lectura en grados.
- Manija de sujeción.
- Mesa nivelada.

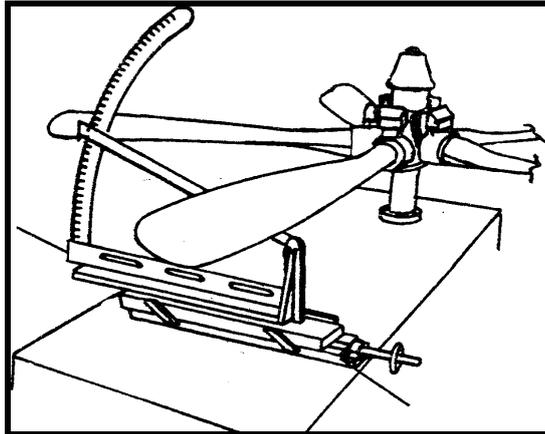


Fig. 3.1 Transportador de banco para ángulos de las hélices

3.1.1.2 Segunda Alternativa.

La segunda alternativa trata sobre la construcción de un transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión twin otter.

El funcionamiento de este instrumento es mecánico, por medio de piñones engranados uno a otro y mediante la verificación visual de la burbuja de nivel.

El transportador universal de ángulos consta de las siguientes partes:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Estructura | 8. Unión del nivel vertical |
| 2. Anillo | 9. Escala vernier |
| 3. Disco | 10. Escala en grados |
| 4. Seguro de anillo a estructura | 11. Piñón de operación |
| 5. Borde lateral | 12. Nivel horizontal |
| 6. Mango de sujeción | 13. Seguro del disco |
| 7. Nivel vertical | 14. Borde de contacto con la pala |

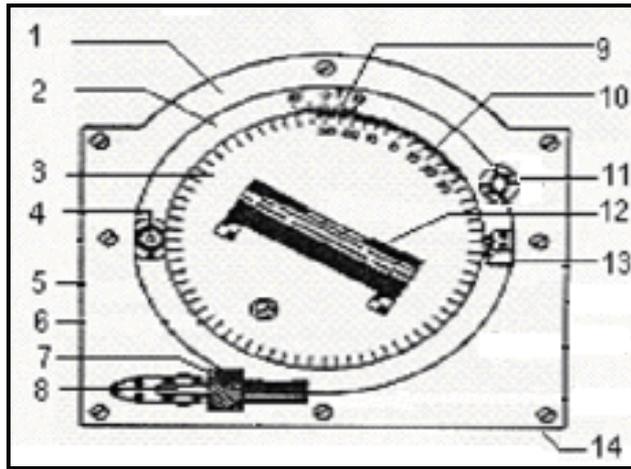


Fig. 3.2 Transportador universal de ángulos

3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

En el estudio de factibilidad se toma en cuenta las ventajas y desventajas de las alternativas a utilizarse, en la construcción de este proyecto, se determina la mejor alternativa bajo los requerimientos técnicos de la misma.

3.2.1 Primera Alternativa.

Construcción de un transportador de banco para ángulos de la palas de las hélices.

Ventajas.

- Su funcionamiento es mecánico.
- Su indicación de ángulos es inmediata.
- Su operación es sencilla.

Desventajas.

- Costo elevado en la fabricación.
- Se requiere de un banco de prueba o mesa y que el transportador de banco se encuentre a nivel sobre la misma.
- Dificultad en el transporte por el tamaño de la mesa.

3.2.2 Segunda Alternativa.

Como segunda alternativa se tiene la construcción de un transportador universal de ángulos para hélice y flaps del avión twin otter.

Ventajas.

- Operación sencilla del transportador.
- Es fácil en su transporte por ser pequeño.
- Verificación de todos los ángulos de la hélice sin desmontarla.
- Sirve para la verificación de ángulos de los flaps.
- Menor costo de construcción.

Desventajas.

- Las burbujas del nivel central y vertical se encuentran en la parte externa del transportador universal, pueden romperse ante golpes.
- Margen de error en la lectura depende de la observación de cada persona.

3.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Para evaluar la mejor alternativa se tomará en cuenta las ventajas y desventajas que presentan y la opción que tenga la mayor calificación será el seleccionado para ser construido posteriormente.

Los parámetros de evaluación tendrán un factor de ponderación (X) y su valor estará comprendido entre 0 y 10, así las alternativas serán evaluadas en función de ciertos parámetros y aquella que obtenga el valor más alto en su calificación será seleccionada para la construcción.

Los factores a considerarse dentro de los parámetros de selección son tres: Técnico, Económico y Ergonómico:

1. Factor Técnico:

- Accesibilidad.
- Seguridad.
- Proceso de Construcción.
- Materiales.
- Facilidad de Operación y Control.
- Fiabilidad.
- Mantenimiento.

2. Factor Económico:

- Costo de implementación y operación.
- Costo de fabricación.

3. Factor Ergonómico:

- Tamaño.
- Forma.

Estos parámetros son definidos de la siguiente manera.

3.3.1 Factor Técnico.

- **Accesibilidad:** Se describe los procesos de montaje y desmontaje, así como la facilidad de acceso a sus partes en el momento de la operación y mantenimiento. Tendrá un valor de 9.
- **Seguridad:** Es necesario para desarrollar el trabajo de mantenimiento en todos los componentes de la hélice incluido las palas y flaps de manera segura y con un ambiente de trabajo excelente. Tiene un valor de 8.
- **Proceso de Construcción:** Contar con un taller bien equipado es importante y tener a la mano una variedad de herramientas, para construir las partes de la máquina y su ensamblaje, además se evalúa la

complejidad de construcción de cada uno de los componentes del transportador universal. Tiene un valor de 7.

- **Materiales:** Analiza las características, el tipo de material más adecuado y que sea de fácil adquisición para la construcción del transportador universal. Tiene un valor de 8.
- **Facilidad de Operación y Control:** Trata de la facilidad de operación y control del equipo. Tiene un valor de 8.
- **Fiabilidad:** Las alternativas a elegir deben tener un funcionamiento satisfactorio por lo que es un factor muy importante. Tiene un valor de 9.
- **Mantenimiento:** La facilidad con la que se puede obtener los repuestos en el mercado local para establecer un óptimo funcionamiento y que el equipo cumpla con su objetivo. Tiene un valor de 6.

3.3.2 Factor Económico.

- **Costo de implementación y operación:** Busca la opción más económica en el consumo de energía durante su operación. Tiene un valor de 6.
- **Costo de fabricación:** Implica el costo de los componentes que involucra a cada alternativa. Tiene un valor de 8.

3.3.3 Factor Ergonómico.

- **Tamaño:** Trata el tamaño, que es el espacio físico que ocupa la herramienta. Tiene un valor de 7.
- **Forma:** Se refiere a la forma física y estética de los componentes del transportador universal de ángulos. Tiene un valor de 7.

Tabla Nº 3.1: Matriz de Evaluación.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN	F.Pond X	ALTERNATIVAS	
		1	2
1. Factor Técnico.			
▪ Accesibilidad	9	6	8
▪ Seguridad	8	4	6
▪ Proceso de Construcción	7	8	7
▪ Materiales	8	8	7
▪ Facilidad de Operación y Control	8	6	8
▪ Fiabilidad	9	6	9
▪ Mantenimiento	6	6	7
2. Factor Económico.			
▪ Costo de implementación	6	4	4
▪ Costo de fabricación	8	8	6
3. Factor Ergonómico.			
▪ Tamaño	7	5	7
▪ Forma	7	4	7

Tabla Nº 3.2: Matriz de Decisión.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN	F.Pond X	ALTERNATIVAS	
		1 x Xi	2 x Xi
1. Factor Técnico.			
▪ Accesibilidad	9	54	72
▪ Seguridad	8	32	48
▪ Proceso de Construcción	7	56	49
▪ Materiales	8	64	56
▪ Facilidad de Operación y Control	8	48	64
▪ Fiabilidad	9	54	81
▪ Mantenimiento	6	36	42
2. Factor Económico.			
▪ Costo de implementación	6	24	24
▪ Costo de fabricación	8	64	48
3. Factor Ergonómico.			
▪ Tamaño	7	35	49
▪ Forma	7	28	49
TOTAL		495	582

3.4 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Concluido el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y evaluación de parámetros, se determina que la segunda alternativa es la más adecuada, para la construcción por sus ventajas de operación, costo y versatilidad.

3.5 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

El requerimiento primordial es que mediante su funcionamiento mecánico y de fácil uso, permite la correcta medición y una verificación fiable de los ángulos de la hélice y flaps, en las respectivas prácticas académicas que se realicen en los talleres del ITSA.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN

Los transportadores universales son herramientas para medir ángulos de las hélices y el recorrido de los flaps en el ala. Este transportador está compuesto por un cuadro, un disco, un anillo, una manija y dos niveles de burbujas. El disco y el anillo tienen movimientos independientes entre si y del cuadro. El seguro se usa para sujetar juntos el disco y el anillo, cuando ambos ceros, el de la escala del nonio y el de la escala de grados del disco, están alineados. La perilla del anillo impide que se mueva cuando se va a mover el disco. El disco tiene dos escalas de 180°. Fíjese que ambas se inician en el mismo punto, pero avanzan en direcciones contrarias. Un nonio de 10 divisiones, doble, está marcado en el anillo. Una palanca que está detrás del transportador permite sujetarlo cuando se toman las mediciones.

La elaboración del proyecto fue desarrollado por partes para facilitar la construcción, empleando materiales que cuenten con propiedades mecánicas como resistencia a la corrosión, auto lubricación y un similar coeficiente de expansión térmica.

Elementos a Construir:

- Rueda dentada.
- Piñón.
- Anillo.
- Estructura principal o cuadro.
- Accesorios: (sujetadores, niveles, manija de sujeción)

Para construir las diferentes partes del transportador universal de ángulos, se utilizaron varias máquinas y herramientas existentes en el taller de mantenimiento del COTRAN que se indican a continuación.

Tabla 4.1: Datos técnicos de las máquinas utilizadas en el proyecto.

Nº	MÁQUINA	MARCA	CARACTERÍSTICAS	CODIFICACIÓN
1	Torno	Tools Machine Chaini	Distancia entre puntos 700 mm	M1
2	Fresa	Tools Machine Chaini	1HP, 110 V, 150 RPM a 1500 RPM	M2
3	Taladro	Delta Manufacturing	1/2 HP, 1725 RPM, 110/220 Volts	M3
4	Esmeril	Blue Pirint	1/2 HP, 3450 RPM, 115/230 Volts	M4
5	Pantógrafo	Hermes	Marcador manual	M5

Tabla 4.2: Datos técnicos de las herramientas utilizadas en el proyecto.

Nº	HERRAMIENTA	MARCA	CARACTERÍSTICA	CODIFICACIÓN
1	Fresa modular	Steel	Módulo 0.6	H1
2	Entenalla	Columbian	Entenalla manual	H2
3	Lima plana	Diamond	Lima fina	H3

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA RUEDA DENTADA.

La rueda dentada consiste en un disco dividido en dos secciones, la parte superior posee una carátula graduada en dos escalas de 180°, en la parte inferior ubicada debajo de la carátula, sobresale una pestaña en donde son construidos los dientes del engranaje, además tiene un agujero en el centro del disco cuyo diámetro es de 12.45 mm, sirve para el montaje en el cuadro y facilita el movimiento de rotación para la marcación de ángulos el material utilizado en la construcción es bronce fosfórico debido a sus características de resistencia al desgaste, a la corrosión, fácil maquinado y auto lubricación, optimo para la elaboración de engranajes.

Sus propiedades mecánicas se observa en el anexo D.



Fig. 4.1 Rueda dentada

Para la construcción se utilizaron las siguientes especificaciones técnicas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 4.3: Especificaciones técnicas de la rueda dentada.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Módulo	0.6
Diámetro exterior	137 mm
Diámetro interior	134.4 mm
Diámetro primitivo	135.8 mm
Altura	1.30 mm
Altura (cabeza del diente)	0.6 mm
Altura (pie del diente)	0.7 mm
Paso del diente	1.885 mm
Vacío del diente	0.1 mm
Espesor del diente	0.94 mm
Largo del diente	2 mm
Número de dientes	225
Diámetro (carátula)	127 mm
Juego entre dientes	0.1 mm
Espesor de la carátula	3.35 mm

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL PIÑÓN.

El piñón esta construido para acoplarse perfectamente a la rueda dentada en cada uno de sus dientes, se encuentra montado en el anillo en la parte de la pestaña que engrana directamente y permite mover la carátula de la escala principal, por la parte externa cuenta con un eje en el cual está montado un soporte y una perilla para la regulación del ángulo en forma manual según el nivel de burbuja.

Está fabricado de bronce fosfórico por sus características de resistencia al desgaste lo cual facilita la construcción de piñones.



Fig. 4.2 Piñón

Tabla 4.4: Especificaciones técnicas del piñón.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Módulo	0.6
Diámetro exterior	8 mm
Diámetro interior	5.4 mm
Diámetro primitivo	6.8 mm
Número de dientes	10
Altura del diente	1.30 mm
Altura (cabeza del diente)	0.6 mm
Altura (pie del diente)	0.7 mm
Paso del diente	1.885 mm
Vacío del diente	0.1 mm
Espesor del diente	0.94 mm
Largo del diente	2 mm
Juego entre dientes	0.1 mm
Largo incluido el eje	17.8 mm
Diámetro del eje	4.4 mm
Diámetro de la perilla	13.75 mm
Largo de la base	23.1 mm
Ancho de la base	11.6 mm
Diámetro de la base	10 mm

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL ANILLO.

Consta de dos secciones superior e inferior en la parte superior tiene marcado un vernier de 10 divisiones dobles, izquierda y derecha, el diámetro de la sección superior es 152.4 mm, en la parte inferior sobresale una pestaña con una distancia de 3 mm, el diámetro de la pestaña es 155.4 mm, la pestaña permite fijar el anillo con el cuadro, el espesor total sección (superior e inferior) es de 5.15 mm, en la parte inferior del anillo se tiene un diámetro de 137.35 mm donde se acoplan los dientes del disco para ser engranados y un diámetro medio de 127 mm, por donde sobresale la carátula del disco, tiene un seguro de ajuste ubicado en la sección superior lo que permite un movimiento a cualquier lugar, del ángulo que se requiera medir y encerar el vernier con el cero de la escala del disco en cualquier posición que este se encuentre. Está fabricado de bronce fosfórico por sus características de resistencia al desgaste y a la corrosión.



Fig. 4.3 Anillo

Para construir el vernier se tomaron 9 divisiones de la escala ($n=9$) y se dividieron en 10 partes ($N=10$). La apreciación del transportador universal de ángulos es:

$$A = v\left(\frac{N-n}{N}\right) \quad (4.1)$$

$$A = 1^\circ\left(\frac{10-9}{10}\right)$$

$$A = 1 \times \frac{1}{10} = 0.1$$

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La estructura del transportador es de aluminio, debido a su excelente maquinabilidad, resistente a la corrosión, bajo peso lo que permite una fácil manipulación de la herramienta está construida de una manera sencilla, adaptada a las necesidades de tamaño y forma para la correcta medición y valoración de los ángulos de las palas de la hélice y flaps. Además permite alojar a todos los accesorios mecánicos de los cuales está conformado el transportador.

Está constituido de 2 partes, base y tapa, unidos con tornillos de cabeza avellanada 5/32 de 12 mm, para la sujeción de todo el conjunto, además cuenta con otros elementos como:

Nivel central, nivel perpendicular y los seguros para la fijación de la medición. El mecanismo interno posee guías o carriles para el desahogo de presión de los 2 piñones.

Tabla 4.5: Especificaciones técnicas de la base.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Espesor	7 mm
Largo	174 mm
Ancho	173 mm
Distancia lateral	137 mm
Diámetro del eje central	12.45 mm
Diámetro mayor	155.4 mm
Radio del borde superior	86.5 mm



Fig. 4.4 Base de la estructura

Tabla 4.6: Especificaciones técnicas de la tapa.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Espesor	3 mm
Largo	174 mm
Ancho	173 mm
Distancia lateral	137 mm
Diámetro mayor	152.4 mm
Radio del borde superior	86.5 mm



Fig. 4.5 Tapa de la estructura

4.5 SUJETADORES O SEGUROS.

Estos sujetadores o seguros permiten fijar los piñones, la escala del nonio circular o vernier y la estructura para una mejor verificación y observación del ángulo a medir.

Están fabricados de bronce fosfórico por sus características de resistencia al desgaste y auto lubricación.

Tabla 4.7: Especificaciones técnicas del seguro de anillo y seguro del disco.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Diámetro de la perilla	12.1 mm
Diámetro del eje	4 mm
Largo del eje	23.5 mm
Largo de la base	24 mm
Ancho de la base	11,6 mm
Diámetro de la base	9,7 mm



Fig. 4.6 Seguro del anillo



Fig. 4.7 Seguro del disco

4.5.1 Nivel central.

El nivel central se utiliza para colocar el disco en el ángulo correcto, al medir el recorrido de la superficie de control. Las bases o soportes son fabricadas de aluminio por su fácil maleabilidad y maquinado la burbuja contiene éter o alcohol.

Tabla 4.8: Especificaciones técnicas del nivel central.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Diámetro de la base	12.7 mm
Diámetro del nivel	9.5 mm
Distancia de centro a centro	51 mm



Fig. 4.8 Nivel central

4.5.2 Nivel perpendicular.

El nivel de esquina se utiliza para la colocación vertical del cuadro cuando se va a medir el ángulo de la pala de la hélice. La base esta fabricada de aluminio por su fácil maleabilidad y maquinado, la burbuja contiene éter o alcohol.

Tabla 4.9: Especificaciones técnicas del nivel perpendicular.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Largo de la base	29.5 mm
Ancho de la base	14.9 mm
Altura de la base	17.4 mm
Diámetro del soporte del nivel	11.5 mm
Diámetro del nivel	9.5 mm

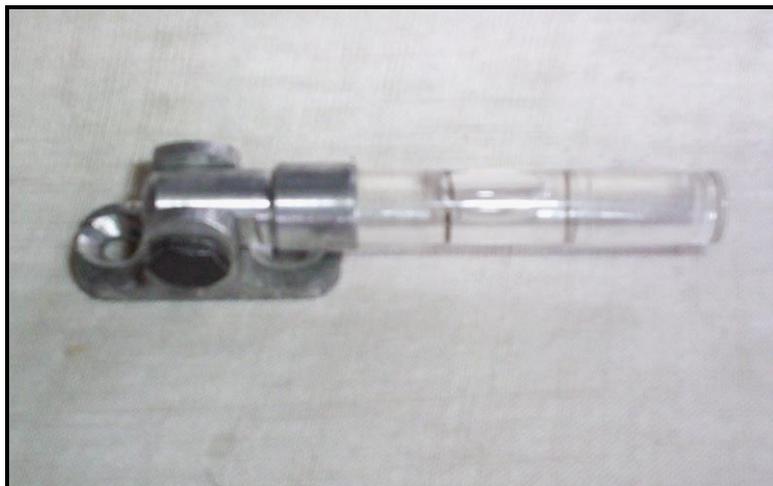


Fig. 4.9 Nivel perpendicular

4.5.3 Manija de sujeción.

Permite sujetar el transportador cuando se realiza la verificación de los ángulos. La base es fabricada de aluminio, el mango o agarradera está fabricado de madera para evitar los efectos de dilatación por la temperatura transmitida por el operador hacia la herramienta.

Tabla 4.10: Especificaciones técnicas de la manija.

<u>Descripción</u>	<u>Medidas</u>
Largo de la base	93.3 mm
Ancho de la base	17.5 mm
Altura de la base	41 mm
Diámetro de la manija	22 mm



Fig. 4.10 Manija de sujeción

4.6 DEMOSTRACIÓN DEL PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA CONOCER EL MÓDULO Y SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

El módulo utilizado en la construcción de los engranajes es el mismo, para la rueda dentada y el piñón lo cual permite un correcto engranaje entre los dos piñones.

Las ecuaciones y operaciones son realizados para demostrar la forma de calcular el módulo y obtener sus características, los resultados se pueden encontrar directamente en tablas que se incluye en el anexo E.

Módulo.

$$De = M(Z + 2) \quad (4.2)$$

$$M = \frac{De}{Z + 2}$$

$$M = \frac{137}{225 + 2}$$

$$M = 0.6$$

Altura total.

$$h = 2.166xM \quad (4.3)$$

$$h = 2.166x0.6$$

$$h = 1.30mm$$

Paso del diente.

$$P = \pi * m \quad (4.4)$$

$$P = 3.1416x0.6$$

$$P = 1.885mm$$

Addendum (cabeza del diente).

$$a = M = \frac{P}{\pi} \quad (4.5)$$

$$a = \frac{1.885}{3.1416}$$

$$a = 0.6mm$$

Dedendum (pie del diente).

$$b = \frac{7}{6} M = 1.166xM \quad (4.6)$$

$$b = 1.166x0.6$$

$$b = 0.7mm$$

Vacío del diente.

$$v = \frac{21}{40} P \quad (4.7)$$

$$v = 0.1mm$$

Espesor del diente.

$$e = \frac{\pi * m}{2} = \frac{p}{2} \quad (4.8)$$

$$e = 0.94mm$$

Juego entre dientes.

$$j = \frac{1}{6} M = 0.166M \quad (4.9)$$

$$j = 0.1mm$$

Diámetro primitivo.

$$Dp = De - 2M \quad (4.10)$$

$$Dp = 137 - 2(0.6)$$

$$Dp = 135.8mm \text{ (rueda dentada)}$$

$$Dp = 8 - 2(0.6)$$

$$Dp = 6.8mm \text{ (piñón)}$$

Diámetro exterior.

$$De = Dp + 2M \quad (4.11)$$

$$De = 135.8 + 2(0.6)$$

$$De = 137mm \text{ (rueda dentada)}$$

$$De = 6.8 + 2(0.6)$$

$$De = 8mm \text{ (piñón)}$$

Diámetro interior.

$$Di = De - 2h \quad (4.12)$$

$$Di = 137 - 2(1.30)$$

$$Di = 134.4mm \text{ (rueda dentada)}$$

$$Di = 8 - 2(1.30)$$

$$Di = 5.4mm \text{ (piñón)}$$

Distancia entre ejes.

$$E = \frac{Dp + dp}{2} \quad (4.13)$$

$$E = \frac{135.8 + 6.8}{2}$$

$$E = 71.3mm$$

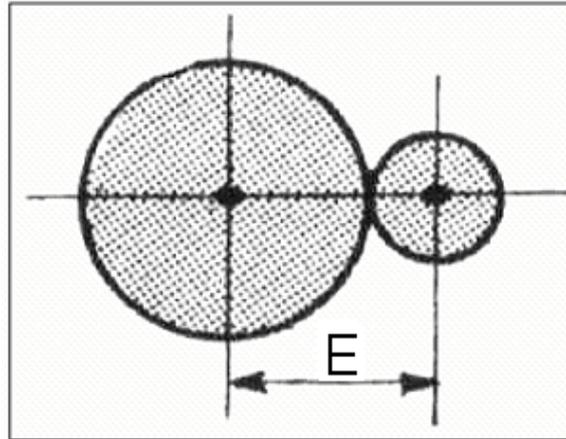


Fig. 4.11 Distancia entre ejes

Relación de rotación.

$$r = \frac{\text{movidas}}{\text{motores}} = \frac{N2}{N1} \quad (4.14)$$

$$W1N1 = W2N2$$

$$r = \frac{W1}{W2} = \frac{N2}{N1} = \frac{225}{10}$$

$$r = \frac{45}{2}$$

Marcación de las escalas de medición.

La marcación de la escala en grados y el nonio, se efectúa utilizando un divisor universal o cabezal divisor, de relación 40/1, consiste en una simplificación de la constante 40 (N) sobre el número de divisiones (z) a realizarse, de esta manera se conoce el número del disco y agujeros a ser utilizados, los números de divisiones se puede verificar en tablas que se observa en el anexo E, así por ejemplo para la marcación de la escala en grados:

$$\frac{N}{z} = \frac{40}{360} \div 20 = \frac{2\text{agujeros}}{18\text{disco}} \quad (4.15)$$

Implica que se tomará 2 agujeros en el disco de 18, si en caso no se encontrara el disco exacto en las tablas se deberá efectuar una multiplicación por un número cualquiera hasta encontrar el disco adecuado para la marcación, en éstas dos divisiones se utiliza la tabla de la división simple (indirecta), el mismo caso se repite para el ejemplo siguiente.

La marcación del nonio se realiza haciendo una relación de por cada 9° de la escala, se tiene 10 divisiones del nonio en donde cada marcación o línea equivale a 0.9 décimas de grado, disminuyendo 0.1 décimas en cada 10 grados de la escala como la escala tiene 360 divisiones, se disminuirá 36 divisiones dando un total de 324 divisiones para la división en el divisor universal ejemplo:

$$\frac{N}{z} = \frac{40}{324} \div 4 = \frac{10 \text{ agujeros}}{81 \text{ disco}} \quad (4.16)$$

4.7 DIAGRAMAS DE PROCESOS.

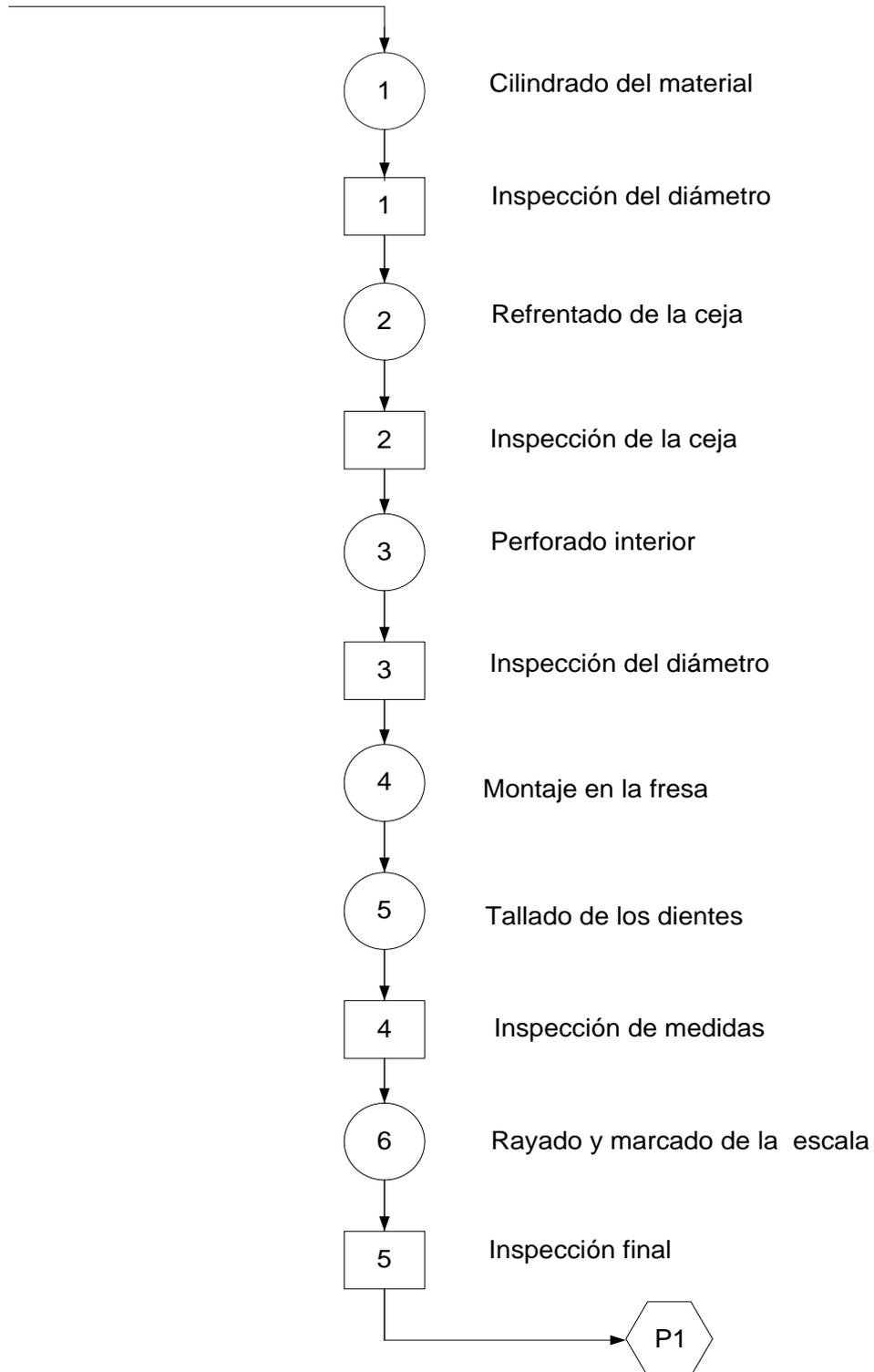
La siguiente tabla indica la simbología utilizada en los diagramas de proceso y ensamblaje.

Tabla 4.11: Simbología de los diagramas.

Nº	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Conector
4		Producto semi elaborado
5		Ensamblaje

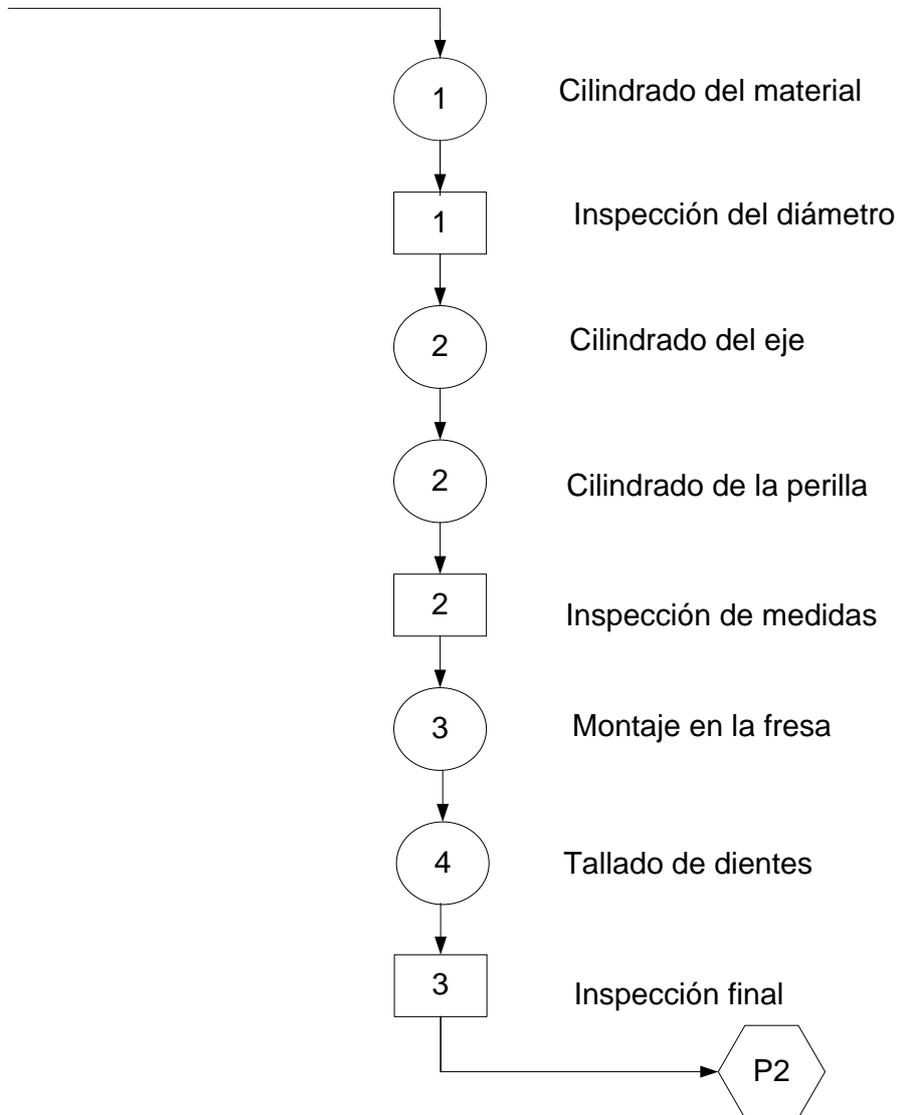
4.7.1 Diagrama de proceso de elaboración de la rueda dentada según planos de construcción.

Material: Bronce Fosfórico 175mm \varnothing x 20mm de espesor



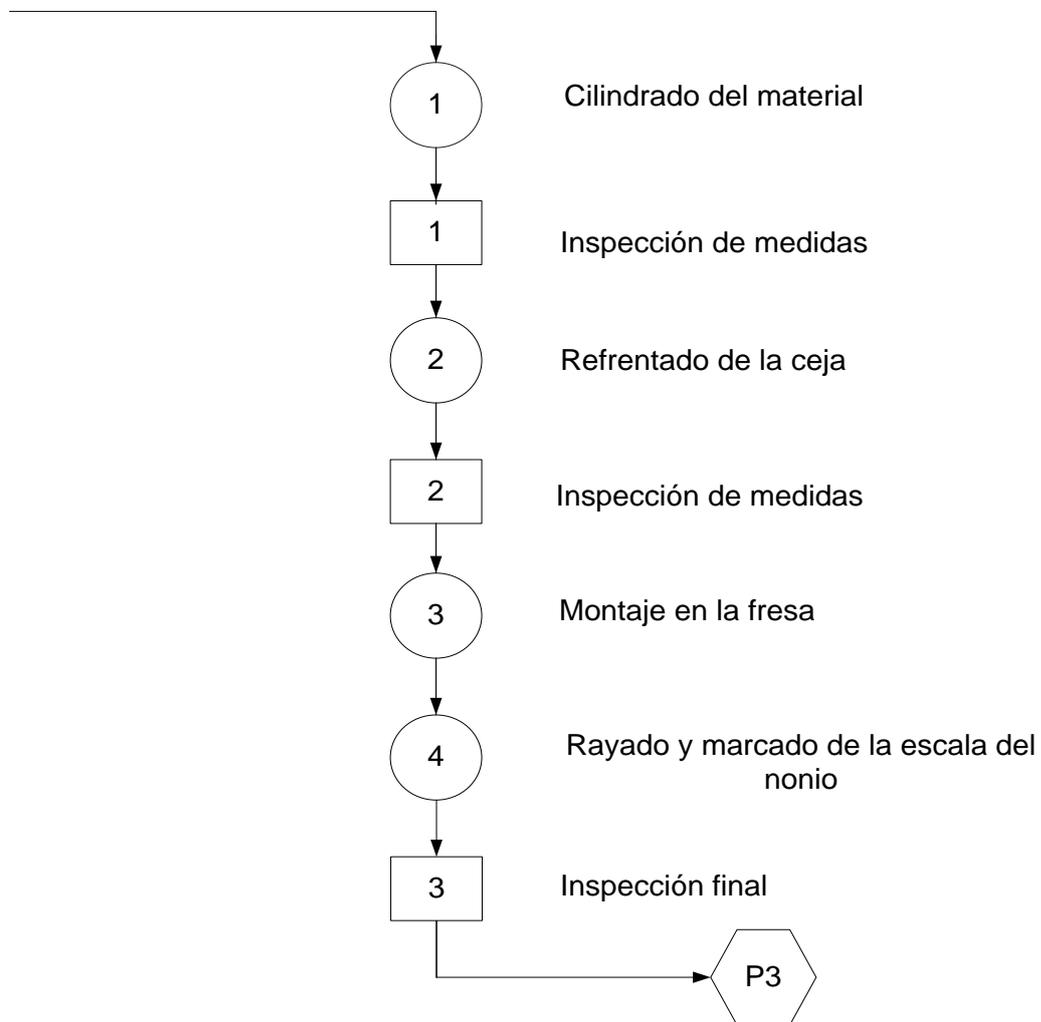
4.7.2 Diagrama de proceso de elaboración del piñón según planos de construcción.

Material: Bronce Fosfórico 20mm de \varnothing x 45 mm de largo.



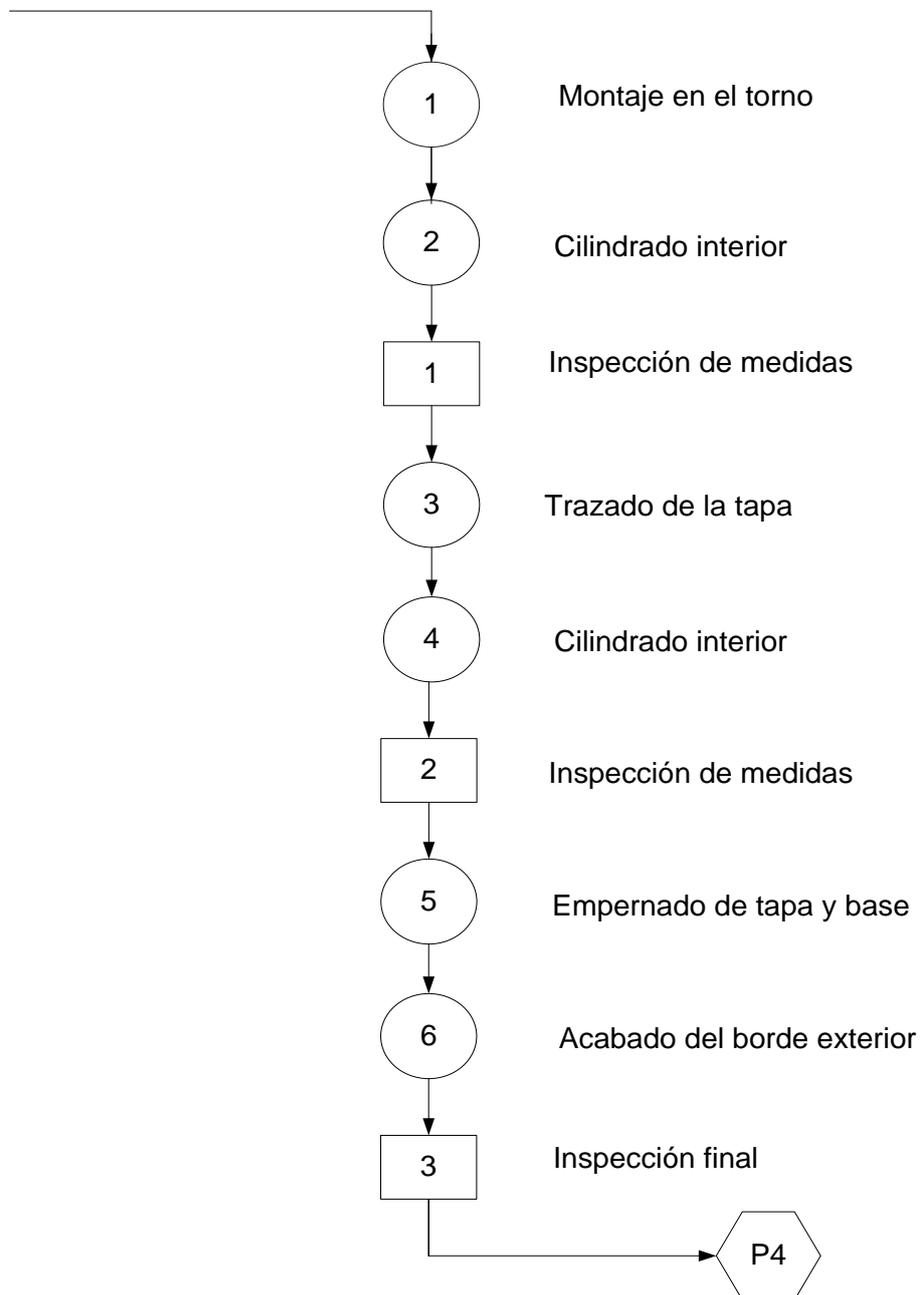
4.7.3 Diagrama de proceso de elaboración del anillo según planos de construcción.

Material: Bronce Fosfórico 175mm \varnothing x 20mm de espesor



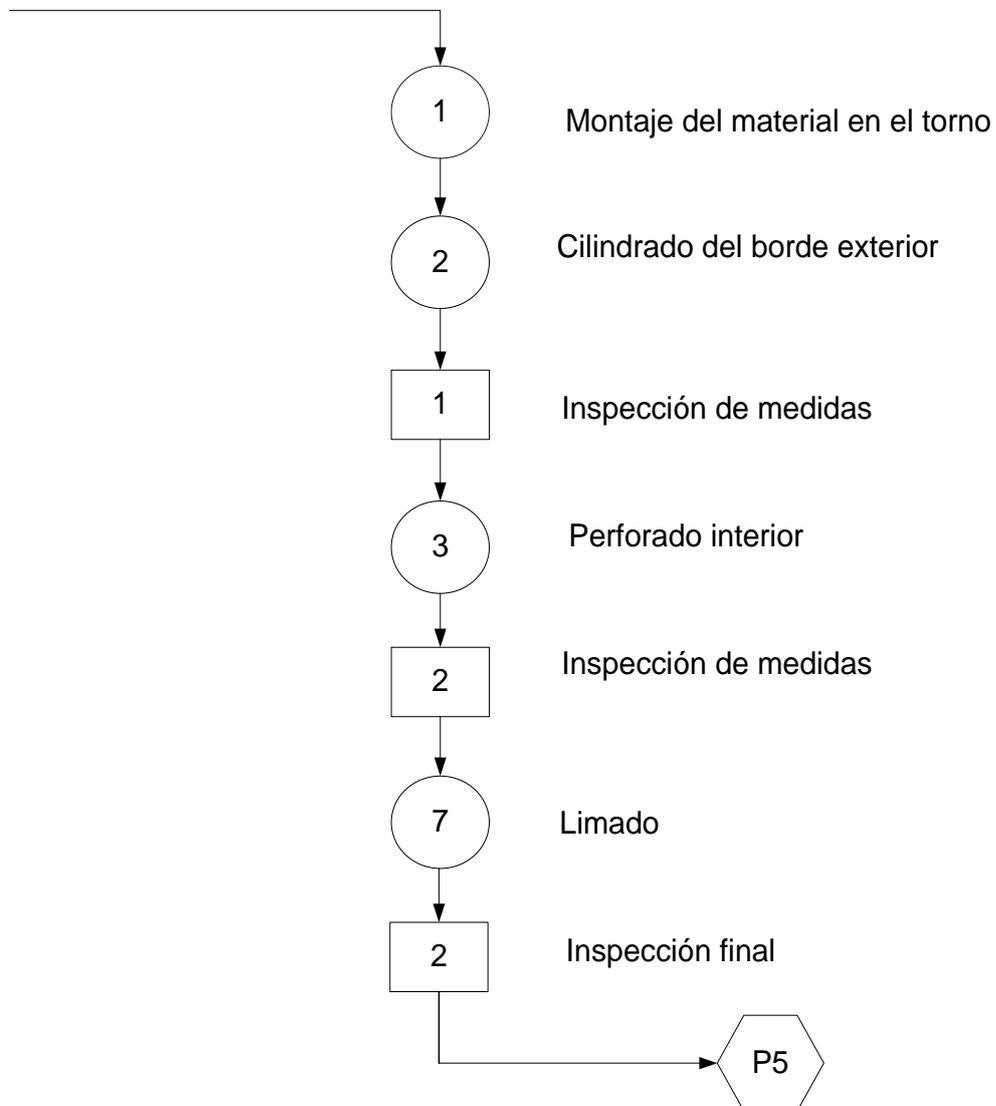
4.7.4 Diagrama de proceso de elaboración de la estructura según planos de construcción.

Material: Aluminio 200mm² x 10mm de espesor.



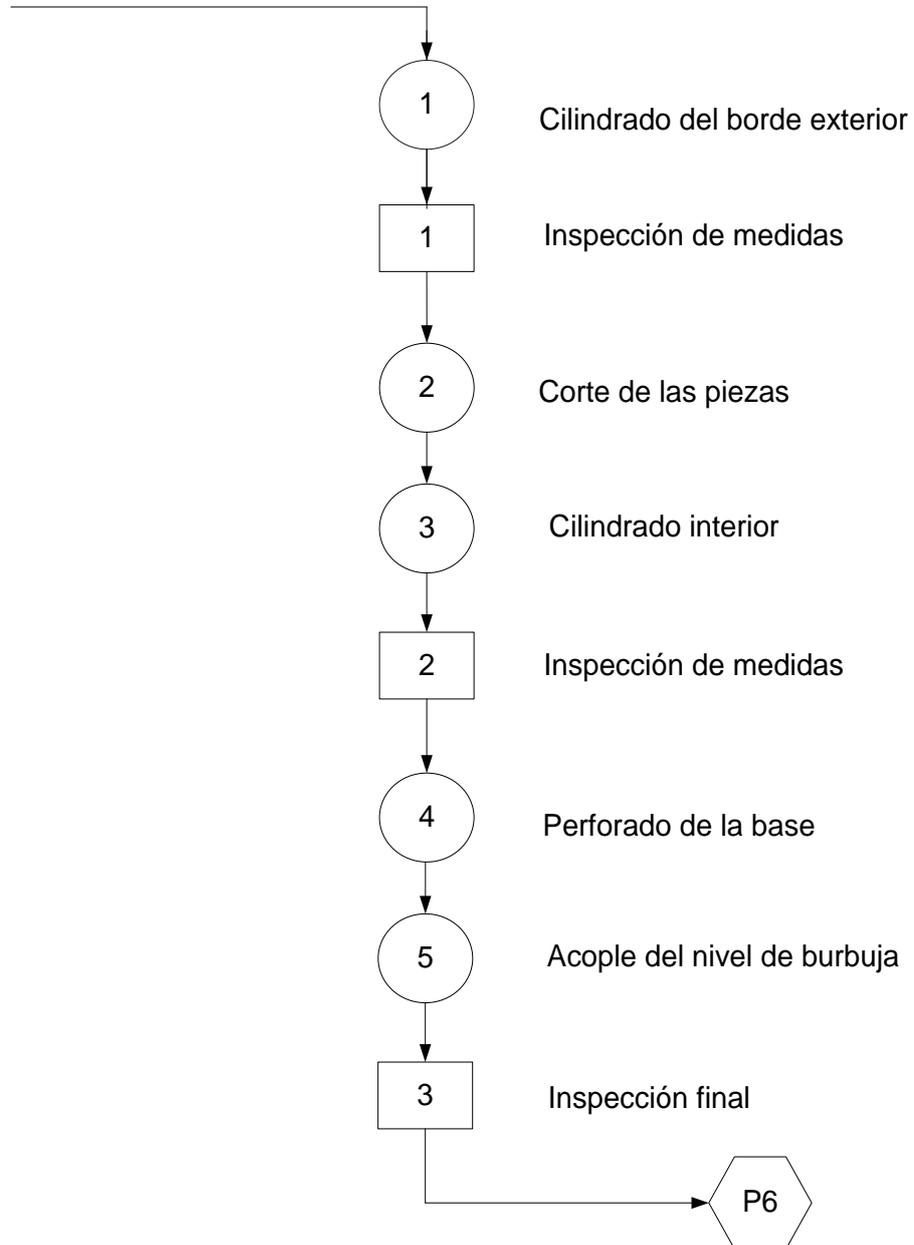
4.7.5 Diagrama de proceso de elaboración de los seguros según plano de construcción.

Material: Bronce fosfórico



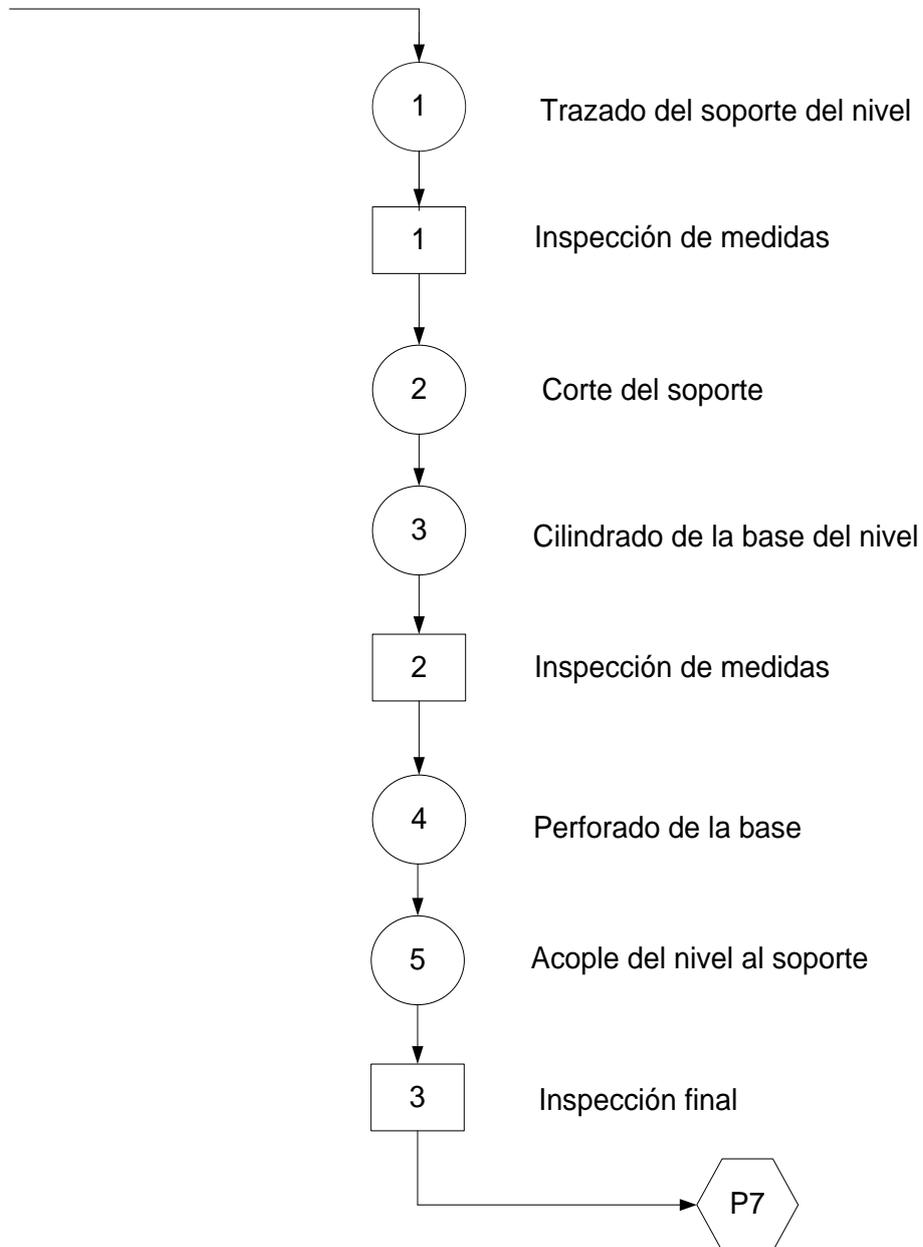
4.7.6 Diagrama de proceso de elaboración del nivel central según planos de construcción.

Material: Aluminio



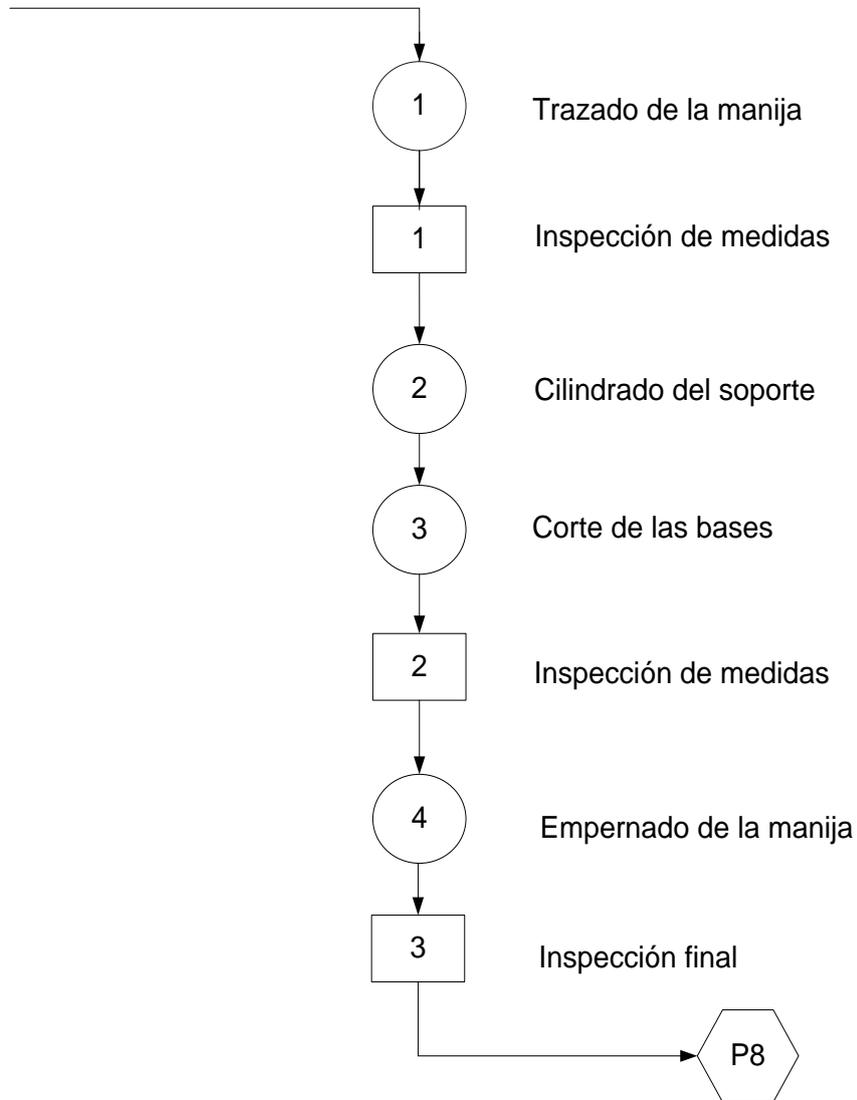
4.7.7 Diagrama de proceso de elaboración del nivel perpendicular según planos de construcción.

Material: Aluminio



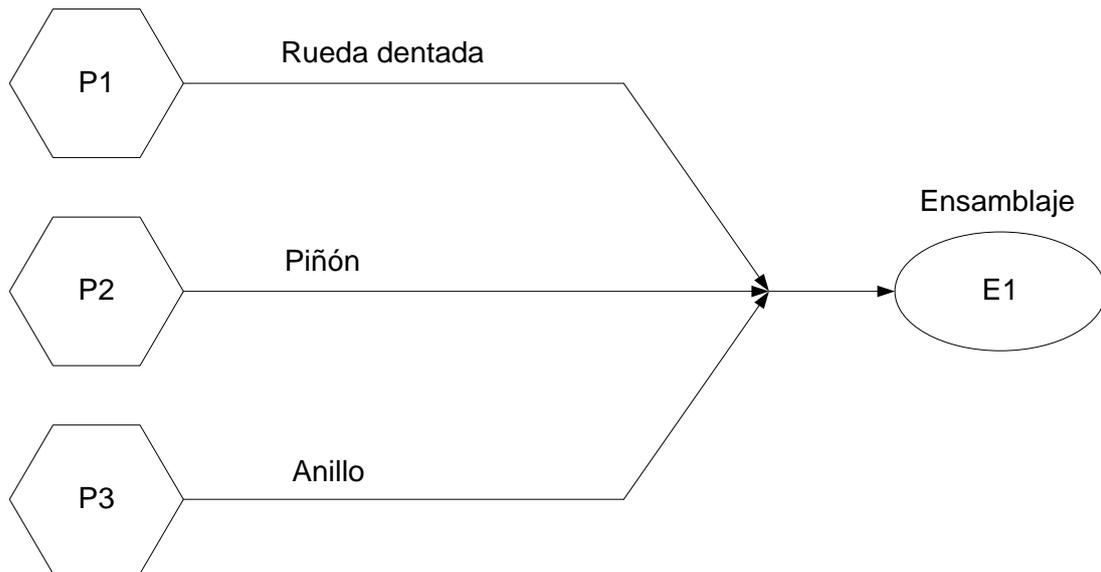
4.7.8 Diagrama de proceso de elaboración de la manija de sujeción según planos de construcción.

Material: Aluminio y madera.

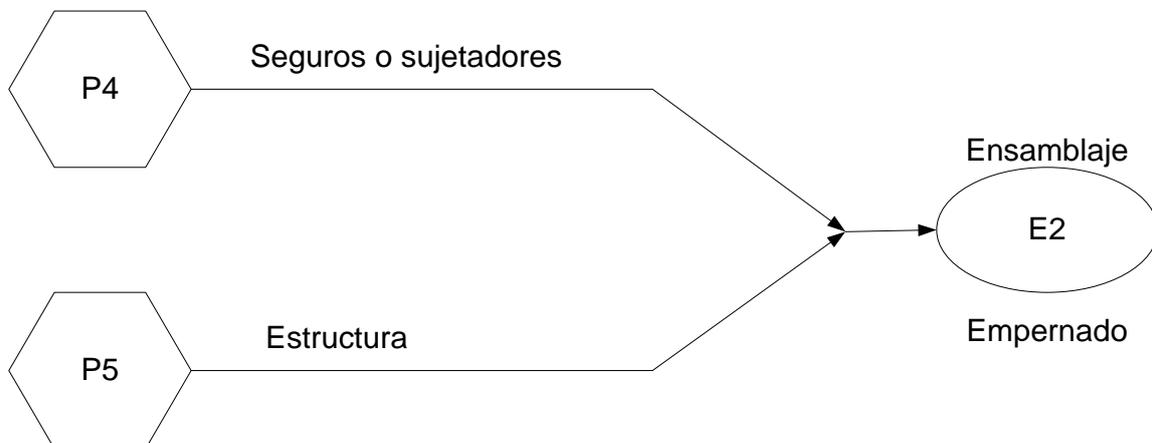


4.8 DIAGRAMAS DE ENSAMBLAJE.

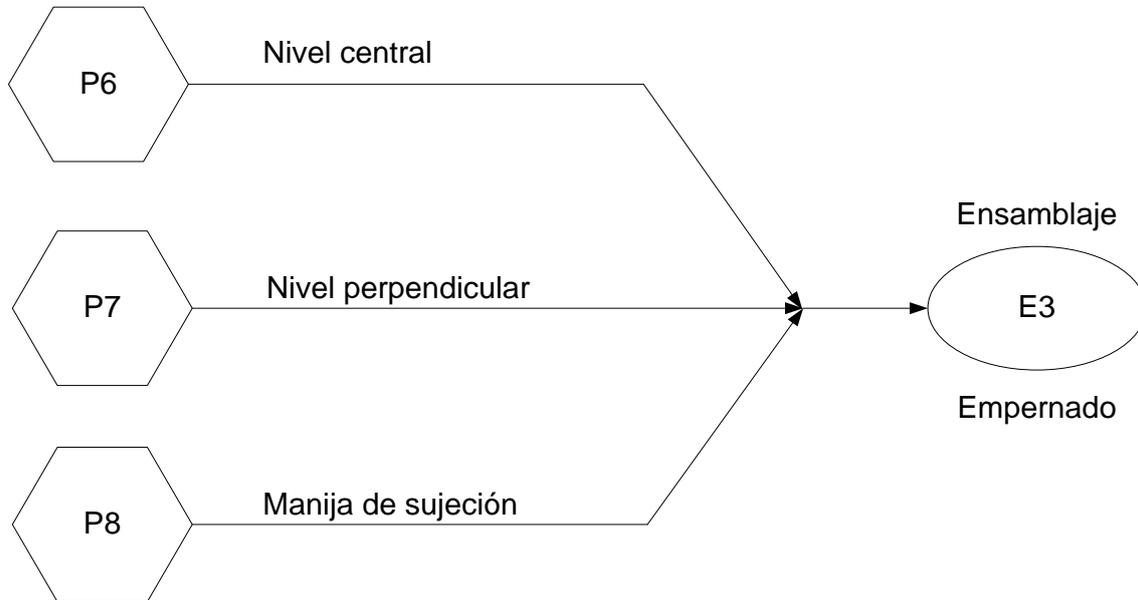
4.8.1 Diagrama de ensamblaje del conjunto de engranajes según planos de construcción.



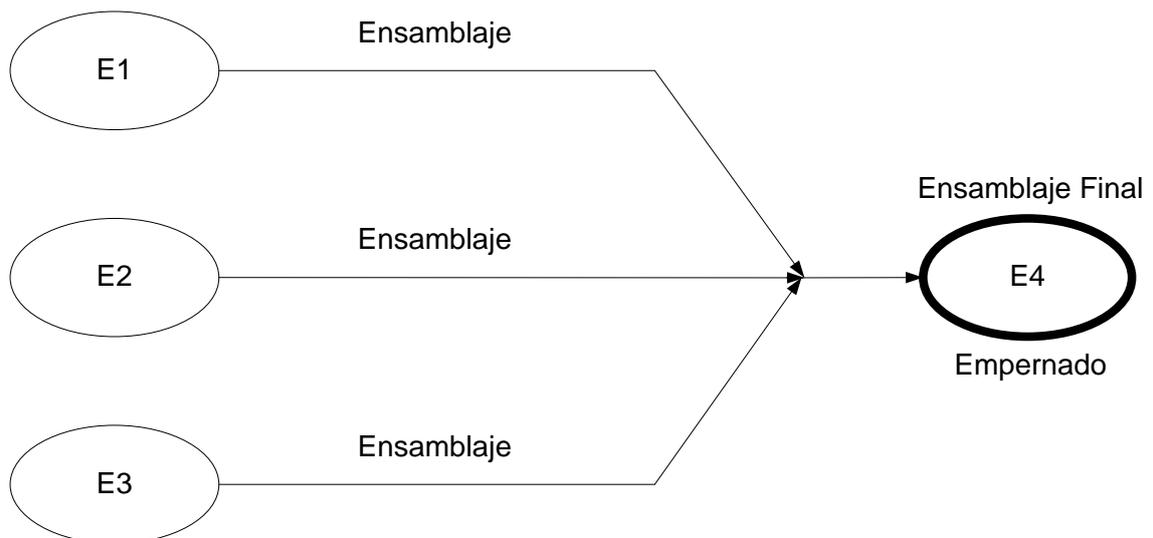
4.8.2 Diagrama de ensamblaje de la estructura y seguros según planos de construcción.



4.8.3 Diagrama de ensamblaje de los niveles central y perpendicular según planos de construcción.



4.8.4 Ensamblaje General de todos los componentes del transportador universal de ángulos.



4.9 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Realizada la construcción y ensamblaje del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión twin otter, afirmándose que se utilizó como referencia el transportador de ángulos de la sección de hélices del COTRAN con número de parte 36D2844 y el medidor de ángulos HILGER WATTS P/N A/42/42 serie 1315 de la sección de hidráulica.

Se verificó su operación, realizando la medición de los ángulos en cada posición operable de la hélice y flaps, comprobando errores de medida en porcentaje que son detallados en las siguientes tablas.

Tabla 4.12: Comprobación de los ángulos de la hélice y flaps del avión twin otter realizada en la sección de mantenimiento del COTRAN.

Nº	TRANSPORTADOR P/N 36D2844	TRANSPORTADOR CONSTRUIDO	DIFERENCIA DE MEDIDA	ERROR %
1	10.1°	10.1°	0	0%
2	20.1°	20.2°	0.1	0.49%
3	30.5°	30.3°	0.2	0.65%
4	40.9°	40.7°	0.2	0.48%
5	87.1°	87.1°	0	0%
6	27.8°	27.7°	0.1	0.35%
7	17.1°	17.1°	0	0%
8	-15.7°	-15.6°	0.1	0.63%
TOTAL				2.6/n
ERROR PROMEDIO $(\Sigma \div n) = (2.6 \div 8)$				0.32%

En donde:

Σ = Sumatoria de valores realizados.

n = Número total de valores realizados

Tabla 4.13: Comprobación de ángulos realizado con el medidor HILGER WATTS con número de parte A/42/42, serie 1315 de la sección de hidráulica.

Nº	TRANSPORTADOR P/N A/42/42	TRANSPORTADOR CONSTRUIDO	DIFERENCIA DE MEDIDA	ERROR %
1	45.28°	45.5°	0.22	0.48%
2	60.8°	60.3°	0.5	0.82%
3	80.18°	80.7°	0.52	0.64%
4	-45.6°	-45.6°	0	0%
5	-112.9°	-112.6°	0.3	0.26%
6	-45.4°	-45.4°	0	0%
TOTAL				2.2/n
ERROR PROMEDIO $(\Sigma \div n) = (2.2 \div 6)$				0.36%

El error porcentual encontrado en función de los instrumentos de referencia utilizados y el transportador construido, es del 0.32% al 0.36%, los resultados obtenidos son pequeños, factibles para realizar medidas de ángulos.

La tabla 4.14 contiene datos utilizados en la verificación realizada por el laboratorio de metrología de la ESPE, para determinar un margen de error existente del transportador universal de ángulos.

Tabla 4.14: Error en porcentaje evaluado en el laboratorio de metrología.

Barra de Senos	Grados Sexagesimales		Grados Decimales		Error Absoluto		Error %	
	Nonio Der	Nonio Izq	Nonio Der	Nonio Izq	Nonio Der	Nonio Izq	Nonio Der	Nonio Izq
5°	5°24'	5°30'	5.4°	5.5°	0.4	0.5	8%	10%
10°	10°24'	10°30'	10.4°	10.5°	0.4	0.5	4%	5%
15°	15°24'	15°30'	15.4°	15.5°	0.4	0.5	2.6%	3.3%
30°	30°24'	30°30'	30.4°	30.5°	0.4	0.5	1.3%	1.6%
TOTAL							15.9	19.9
ERROR PROMEDIO $(\Sigma \div n)$							3.97%	4.97%

Los resultados obtenidos indican un error porcentual del 3.97% para el nonio derecho y para el nonio izquierdo un error porcentual del 4.97% comprobando la medición de ángulos al medir valores enteros.

Cabe indicar que el Nonio está construido de manera experimental presentando errores de homogeneidad del trazado entre líneas, por lo indicado su apreciación se leerá en décimos de grado, únicamente para demostración del uso adecuado y familiarización con este instrumento de medida.

En el anexo A, se observa un informe de la inspección y verificación del transportador universal de ángulos, realizado en el laboratorio de metrología de la ESPE, indicando los equipos utilizados y tablas de resultados, además certificaciones otorgadas por parte COTRAN y COOPIN, sitios donde se ha construido el transportador universal de ángulos.

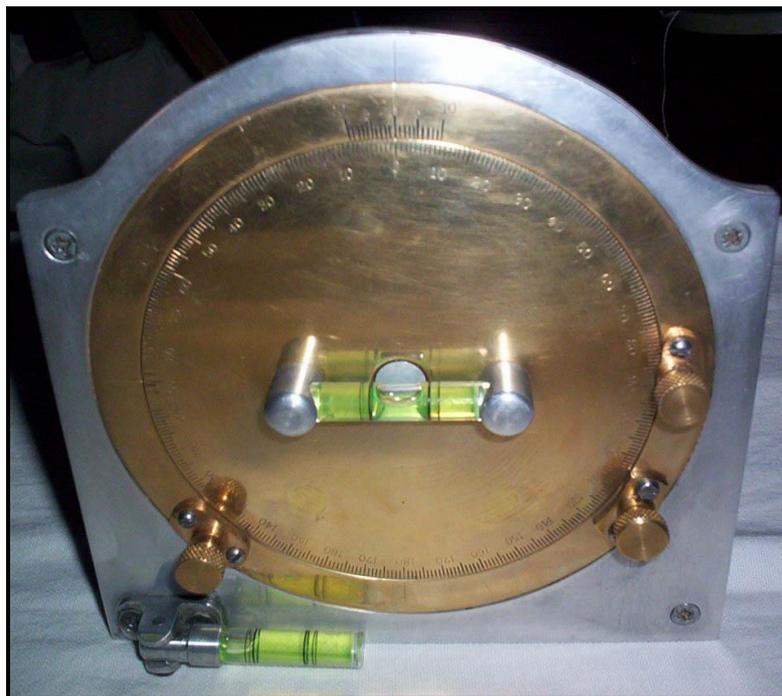


Fig. 4.12 Transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter

CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

Los manuales del transportador universal de ángulos están elaborados en base a la guía de estudio emitido por la IAAFA - E - 43131 – MECÁNICO DE AVIONES, para lo cual se establecen distintos procedimientos de operación, mantenimiento, verificación, registros de operación, funcionamiento y daños para la correcta operación del instrumento.

Tabla 5.1. Codificación de los manuales.

PROCEDIMIENTO	CÓDIGO
Procedimiento de operación	TUDAFATO- ra- P1
Procedimiento de mantenimiento	TUDAFATO- ra- P2
Procedimiento de verificación	TUDAFATO- ra- P3
Formato de registro	TUDAFATO- ra- R1
Registro de mantenimiento	TUDAFATO- ra- R2
Registro de funcionamiento	TUDAFATO- ra- R3
Registro de daños	TUDAFATO- ra- R4

5.2 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN		Pág. : 1 de 3
	OPERACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LOS FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P1
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar el procedimiento para la operación del transportador universal de ángulos para los flaps del avión Twin Otter.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Realizar la correcta operación del transportador universal de ángulos para los flaps del avión Twin Otter</p> <p>3. PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sacar el transportador de la caja con cuidado sin golpearlo.2. Limpiar con una franela y reconocer sus partes.3. Asegurar el anillo al disco alineando el 0 de la escala vernier con el 0 de la escala fija y colocar el pasador de fijación de la escala.4. Asegurar que estén a 0°, los flaps con la ayuda de un instructor.5. Colocar el transportador en la superficie que se esta midiendo, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con el borde de salida de la superficie de control.6. Liberar el pasador de fijación y centrar la burbuja que están en el nivel del disco para medir el ángulo deseado.7. Verificar el ángulo medido en el flap con el transportador universal de ángulos. Realizar anotaciones en la hoja de registro.8. Asegurar que estén a 10°, los flaps con la ayuda de un instructor.9. Colocar el transportador en la superficie que se esta midiendo, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con el borde de salida de la superficie de control.			

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN		Pág. : 2 de 3
	OPERACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LOS FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P1
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07
<p>10. Liberar el pasador de fijación y centrar la burbuja que está en el nivel del disco, para medir el ángulo deseado.</p> <p>11. Verificar el ángulo medido en el flap con el transportador universal de ángulos. Realizar anotaciones en la hoja de registro.</p> <p>12. Asegurar que estén a 20°, los flaps con la ayuda de un instructor.</p> <p>13. Colocar el transportador en la superficie que se esta midiendo, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con el borde de salida de la superficie de control.</p> <p>14. Liberar el pasador de fijación y centrar la burbuja que está en el nivel del disco, para medir el ángulo deseado.</p> <p>15. Verificar el ángulo medido en el flap con el transportador universal de ángulos. Realizar anotaciones en la hoja de registro.</p> <p>16. Asegurar que estén a 30°, los flaps con la ayuda de un instructor.</p> <p>17. Colocar el transportador en la superficie que se esta midiendo, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con el borde de salida de la superficie de control.</p> <p>18. Liberar el pasador de fijación y centrar la burbuja que está en el nivel del disco, para medir el ángulo deseado.</p> <p>19. Verificar el ángulo medido en el flap con el transportador universal de ángulos. Realizar anotaciones en la hoja de registro.</p> <p>20. Asegurar que estén a 37.5° los flaps con la ayuda de un instructor.</p> <p>21. Colocar el transportador en la superficie que se esta midiendo, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con el borde de salida de la superficie de control.</p> <p>22. Liberar el pasador de fijación y centrar la burbuja que está en el nivel del disco, para medir el ángulo deseado.</p>			

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN		Pág. : 3 de 3
	OPERACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LOS FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07

23. Verificar el ángulo medido en el flap con el transportador universal de ángulos. Realizar anotaciones en la hoja de registro.
24. Desmontar el transportador universal de los flaps.
25. Revisar que todos los materiales utilizados se hayan retirado de los flaps para evitar daños.
26. Regresar los flaps a su posición inicial.
27. Encerar el equipo de medición y asegurar.
28. Guardar el equipo en la caja.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN		Pág. : 1 de 2	
	OPERACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTTER			Código: TUDAFATO-ra-P1
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1	
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07	

1. OBJETIVO:

Documentar el procedimiento para la operación del transportador universal de ángulos para la hélice del avión Twin Otter.

2. ALCANCE:

Realizar la correcta operación del transportador universal de ángulos para la hélice del avión Twin Otter.

3. PROCEDIMIENTO:

1. Sacar el transportador de la caja con cuidado sin golpearlo.
2. Limpiar con una franela y reconocer sus partes.
3. Utilizar el banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión twin otter, colocar la hélice y fijarla.
4. Realizar la medición del ángulo de bandera 87°.
5. Asegurar el anillo al disco alineando el 0 de la escala vernier con el 0 de la escala fija y colocar el pasador de fijación de la escala.
6. Colocar el transportador en la superficie de la hélice, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con la superficie de la hélice.
7. Soltar el pasador de fijación y centrar el nivel del disco, para medir el ángulo deseado, realizar la lectura y escribir en la hoja de registro.
8. Realizar la medición del ángulo de paso alto 27°.
9. Asegurar el anillo al disco alineando el 0 de la escala vernier con el 0 de la escala fija y colocar el pasador de fijación de la escala.
10. Colocar el transportador en la superficie de la hélice, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con la superficie de la hélice.
11. Soltar el pasador de fijación y centrar el nivel del disco, para medir el ángulo

	PROCEDIMIENTO DE OPERACION		Pág. : 2 de 2
	OPERACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P1
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07

deseado, realizar la lectura y escribir en la hoja de registro.

12. Realizar la medición del ángulo de paso bajo 17°.
13. Asegurar el anillo al disco alineando el 0 de la escala vernier con el 0 de la escala fija y colocar el pasador de fijación de la escala.
14. Colocar el transportador en la superficie de la hélice, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con la superficie de la hélice.
15. Soltar el pasador de fijación y centrar el nivel del disco, para medir el ángulo deseado, realizar la lectura y escribir en la hoja de registro.
16. Realizar la medición del ángulo de reversa -15°.
17. Asegurar el anillo al disco alineando el 0 de la escala vernier con el 0 de la escala fija y colocar el pasador de fijación de la escala.
18. Colocar el transportador en la superficie de la hélice, asegúrese que la parte inferior del transportador quede a ras con la superficie de la hélice.
19. Soltar el pasador de fijación y centrar el nivel del disco, para medir el ángulo deseado, realizar la lectura y escribir en la hoja de registro.
20. Aliviar la presión del banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión twin otter.
21. Verificar que la hélice regrese a su posición de 87°, registrar mediciones.
22. Desmontar la hélice del banco de pruebas según el manual de operación.
23. Guardar el equipo en la caja.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

5.3 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO		Pág. : 1 de 1
	MANTENIMIENTO DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P2
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar el procedimiento de mantenimiento del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Contempla el transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter destinado a ser dado mantenimiento.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una limpieza general del transportador semanalmente. 2. Verificar que no existan golpes que afecten la integridad de las escalas y niveles semanalmente. 3. Revisar semestralmente el nivel central y de la esquina inferior que no estén rotos ni dañados. 4. Revisar anualmente el correcto funcionamiento de los piñones que no tengan fisuras visibles y realizar una lubricación para su buen funcionamiento. 5. Realizar una verificación o comparación de ángulos anualmente para asegurar una correcta operación de la herramienta. 			

5.4 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN.

	PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN		Pág. : 1 de 2
	VERIFICACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P3
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar las pruebas de funcionamiento para la operación del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Analizar el correcto funcionamiento del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión Twin Otter.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que la hélice este en el banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión twin otter. 2. Verificar y asegurar con los pernos, la hélice al eje del banco de pruebas. 3. Verificar que el transportador universal de ángulos este en la estación 30 de la pala de la hélice. 4. Verificar con el transportador universal el ángulo inicial de 87° o ángulo de bandera. 5. Realizar las anotaciones en los registros de operación. 6. Cerrar la llave de paso y bombear fluido, luego abrir la llave para verificar el funcionamiento del manómetro. 7. Verificar que se genere una presión de 85 psi para evaluar el ángulo de 27° y verificar la marcación correcta con el transportador universal. 8. Realizar las anotaciones en los registros de operación. 9. Aumentar la presión hasta 100 psi para poder evaluar el ángulo de 17°, verificar con el transportador universal la marcación correcta. 			

	PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN		Pág. : 2 de 2
	VERIFICACIÓN DEL TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER		Código: TUDAFATO-ra-P3
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza E	Fecha: 2005-11-07	Fecha: 2005-11-07

10. Realizar las anotaciones en los registros de operación.
11. Subir la presión hasta llegar a 150 psi y un ángulo de -15° o reversa, verificar con el transportador universal la marcación correcta.
12. Realizar las anotaciones en los registros de operación.
13. Aliviar la presión del sistema y verificar que el ángulo de la hélice vuelva a su posición de bandera.
14. Para la medición de los flaps se coloca en la posición neutro, se pone el transportador sobre la superficie del flap y se procede a medir cada uno de los ángulos que son 0° , 10° , 20° , 30° , 40° de su recorrido normal de operación.

CONCLUSIÓN:

- El error porcentual que indica el instrumento, es del 3.97% para el nonio derecho y el 4.97% en el izquierdo, en base a las pruebas de medición y comparación de ángulos realizados, estos valores son aceptables tomando en cuenta que la herramienta va hacer de uso didáctico. Ya que lo que interesa es que el estudiante aprenda a usar adecuadamente el instrumento

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

5.5 FORMATOS DE REGISTRO.

 <p>ITSA</p>	REGISTRO		Pág. : 1 de 1
	TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTHER		Código: TUDAFATO-ra-R1
	Elaborado por: Raúl Andrango		Revisión No: 1
	Aprobado por: Ing. Vinueza Edwin		
	Fecha de Inicio de la prueba: Fecha de Finalización de la prueba:		

Pruebas Iniciales:

Posición	Angulo	Presión	Observaciones
Embanderamiento			
Paso alto			
Paso bajo			
Reversa			

TIPO DE HÉLICE:	
MODELO:	

Condiciones Ambientales:

Temperatura:	°C.
--------------	-----

Reporte de Inspección:

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

	REGISTRO	Pág. : 2 de 2
	TRANSPORTADOR UNIVERSAL DE ÁNGULOS PARA LA HÉLICE Y FLAPS DEL AVIÓN TWIN OTTER	
	Elaborado por: Raúl Andrango	Código: TUDAFATO-ra-R1
	Aprobado por: Ing. Vinueza Edwin	Revisión No: 1
	Fecha de Inicio de la prueba: Fecha de Finalización de la prueba:	

Pruebas Iniciales:

Posición	Observaciones
Flaps 0°	
Flaps 10°	
Flaps 20°	
Flaps 30°	
Flaps 40°	

TIPO DE FLAPS: _____

Condiciones Ambientales:

Temperatura: _____ °C.

Reporte de Inspección:

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

 <p>ITSA MECANICA</p>	REGISTRO	Código: TUDAFATO-ra-R2
	Libro de vida de Mantenimiento del Transportador Universal de Ángulos para la Hélice y Flaps del Avión Twin Otter	Registro No: 2

Hoja: de

No.	Fecha inicio	Fecha finalización	Trabajo Realizado	Material y/o Repuesto Utilizado	Responsable	Observaciones
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				

Jefe del Taller

 ITSA MECANICA	REGISTRO	Código: TUDAFATO-ra-R3
	Libro de vida de Funcionamiento del Transportador Universal de Ángulos para la Hélice y Flaps del Avión Twin Otter	Registro No: 3

Hoja: de

Fecha	Motivo	Pruebas Realizadas	Horas de Funcionamiento	Novedades/Observaciones
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				

_____ Responsable

 <p>ITSA MECANICA</p>	REGISTRO	Código: TUDAFATO-ra-R4
	Libro de vida de Daños del Transportador Universal de Ángulos para la Hélice y Flaps del Avión Twin Otter	Registro No: 4

Hoja: de

No.	Fecha	Daño Producido	Causa del daño	Acción Correctiva	Novedades/Observaciones
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				
	/ /				

_____ Responsable

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se detallará el costo de la construcción del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión twin otter.

6.1 PRESUPUESTO.

Previo a la realización del proyecto se hizo un presupuesto estimado, valorado en \$ 650 (Seiscientos cincuenta dólares).

6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.

En la construcción del proyecto se tomo en cuenta 4 factores económicos significativos como son:

- Materiales y Accesorios.
- Máquinas y herramientas.
- Mano de obra.
- Otros.

6.2.1 Materiales y Accesorios.

En este factor se incluye en general los materiales y accesorios mecánicos utilizados para la construcción del transportador universal de ángulos para la hélice y flaps del avión twin otter.

Tabla 6.1: Lista de materiales del proyecto de Grado.

MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO				
No.	ITEM	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1	Bronce Fosfórico 175 mm	1	41.00	41.00
2	Aluminio 200 x 200 mm	1	15.00	15.00
3	Burbujas	2	2.00	4.00
4	Tornillos	20	0.12	2.40
TOTAL DE MATERIALES:				62.40

6.2.2 Máquinas y Herramientas.

En el proceso de construcción del transportador universal de ángulos se utilizaron máquinas, y herramientas existentes en el taller de mantenimiento del COTRAN sección tornos.

Tabla 6.2: Cuadro de costos de utilización de las máquinas y herramientas.

No.	ITEM	CODIFICACIÓN	TIEMPO/ HORAS	VALOR USD/HORA	SUBTOTAL (USD)
1	Torno	M1	18	6.50	117.00
2	Fresadora	M2	24	7.50	180.00
3	Taladro	M3	3	0.50	1.50
4	Esmeril	M4	2	0.25	0.50
5	Pantógrafo	M5	5	3.00	15.00
6	Fresa modular	H1	20	0.30	6.00
7	Entenalla	H2	2	0.20	0.40
8	Lima plana	H3	2	0.20	0.40
TOTAL:					320.80

6.2.3 Mano de Obra.

Comprende la mano de obra utilizada para la construcción de los piñones, la estructura y sujeción de todas las partes.

Tabla 6.3: Costo de mano de obra.

No.	ITEM	TIEMPO/HORA	VALOR USD/HORA	SUBTOTAL (USD)
1	Tornero	49	0.70	34.30
2	Estructura	7	4.50	31.50
3	Ensamblaje del sistema	1	1.00	1.00
TOTAL MANO DE OBRA:				66.80

6.2.4 Otros.- Se considera el costo gastos menores, pruebas funcionales, etc.

Tabla 6.4: Costo de Otros Gastos.

No.	DETALLE	VALOR (USD)
1	Otros	50.00
TOTAL DE OTROS GASTOS:		50.00

El costo total del transportador universal de ángulos es:

Tabla 6.5: Costo Total del Proyecto.

No.	DETALLE	VALOR (USD)
1	Materiales y accesorios	62.40
2	Máquinas y herramientas	320.80
3	Mano de obra	66.80
4	Otros	50.00
TOTAL DEL PROYECTO:		500.00

La construcción del transportador universal de ángulos es realizado con fines didácticos para medir ángulos de las hélices y flaps, debido a que no se cuenta con una herramienta similar para la realización de prácticas en los talleres del ITSA.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- Una vez construido el transportador universal de ángulos se realizaron pruebas de funcionamiento en donde se midieron diferentes ángulos con este instrumento, estableciéndose que existe un error porcentual del 3.97% en el nonio derecho y el 4.97% en el izquierdo, valores que son aceptables tomando en cuenta que la herramienta va hacer de uso didáctico, ya que el interés de este proyecto es que el estudiante aprenda a usar adecuadamente el instrumento.
- Para la construcción del transportador universal de ángulos no se contó con la información técnica necesaria debido a que este es un instrumento utilizado en el campo aeronáutico y por lo tanto no muy difundido en el área industrial, sin embargo es de fácil operación y comprensión, por lo que puede ser empleado didácticamente para la lectura de ángulos de hélices y flaps.
- El transportador universal de ángulos fue desarrollado de acuerdo al análisis de las alternativas de construcción establecidos en este documento y utilizando materiales que faciliten su construcción por sus propiedades mecánicas. Teniendo problemas en encontrar el equipo para la marcación de grados en el disco principal y el nonio en el anillo por lo que se opto la utilización de una fresadora universal con su respectivo cabezal divisor para realizar este trabajo.
- Los manuales de operación, mantenimiento, verificación y registros de operación están elaborados en base a las pruebas de comprobación de ángulos ejecutados con este instrumento de medida, de forma que faciliten

la utilización del transportador universal de ángulos a fin de alargar su vida útil.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Implementar un laboratorio de metrología en el ITSA para ayudar a la comprensión y mejor entendimiento del uso de ciertos instrumentos de medida, lo que permitirá a su vez reforzar los conocimientos impartidos en clases y familiarizarse con los instrumentos de medición a ser utilizados en su vida profesional.
- Para la construcción de nuevos instrumentos de medición es recomendable seguir normas establecidas como DIN, INEN, ANSI etc. Así como hacer uso de patrones de calibración, bajo la supervisión de un laboratorio de metrología, el trazado y la graduación de escalas y nonios para herramientas angulares en lo mejor posible deberá ser realizado con un cabezal divisor óptico mediante una división diferencial lo que permitirá mejorar su apreciación y fiabilidad al realizar medidas.
- Es necesario implementar material bibliográfico que sirva como fuente de consulta en el desarrollo de proyectos de grado de temas relacionados a la metrología, a su vez ayudara en la formación académica de los alumnos de la institución.
- Tomar como referencia la construcción del transportador universal de ángulos para el desarrollo de futuros proyectos de similar aplicación, permitirá mejorar los procesos de construcción y reducir o eliminar los errores de medición.

BIBLIOGRAFÍA

- HARTZELL Company (2000). Manual de Mantenimiento de Hélices. EEUU.
- Orden Técnica del Manual de Controles de Vuelo del Avión TWIN OTTER. Havilland Canadá.
- IAAFA (Jun 1956). Fundamentos de la Hélice. EEUU.
- IAAFA. (AUGUST 1956). Mecánico de Hélices de aviones, mantenimiento general y reparaciones. EEUU.
- ARRIZABALA Larburu Nicolás (1982). Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas. Editorial Thomson Learning.
- BAUMEISTER Theodore (2002). Manual del Ingeniero Mecánico. Editorial Mc Graw Hill. New York.
- ALONSO Acosta (1992). Introducción a la Física. Bogotá. Ediciones Cultural Colombia.
- GERLING Heinrich (2000). Medición de longitudes. Editorial Reverté S. A. Barcelona.
- INEN (2005). Servicios tecnológicos. Laboratorio de pruebas de calibración. Quito.