



---

# Departamento de Seguridad y Defensa

---

**MAESTRÍA EN DEFENSA Y SEGURIDAD MENCIÓN EN PLANEAMIENTO  
ESTRATÉGICO AEROESPACIAL COHORTE II**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PARTES CRÍTICAS DE LOS AVIONES BOEING 737-200,  
CASA 295M Y TWIN OTTER DHC-6, PROPUESTA MODELO PROBABILÍSTICO DE  
CONFIABILIDAD.**

**TCrn. Marlon Rojas – TCrn. Franklin Acosta**

**Ing. Alejandro Galvis Correa M. Sc.**

**14 de diciembre de 2023**





# SUMARIO

# SUMARIO



**INTRODUCCIÓN**

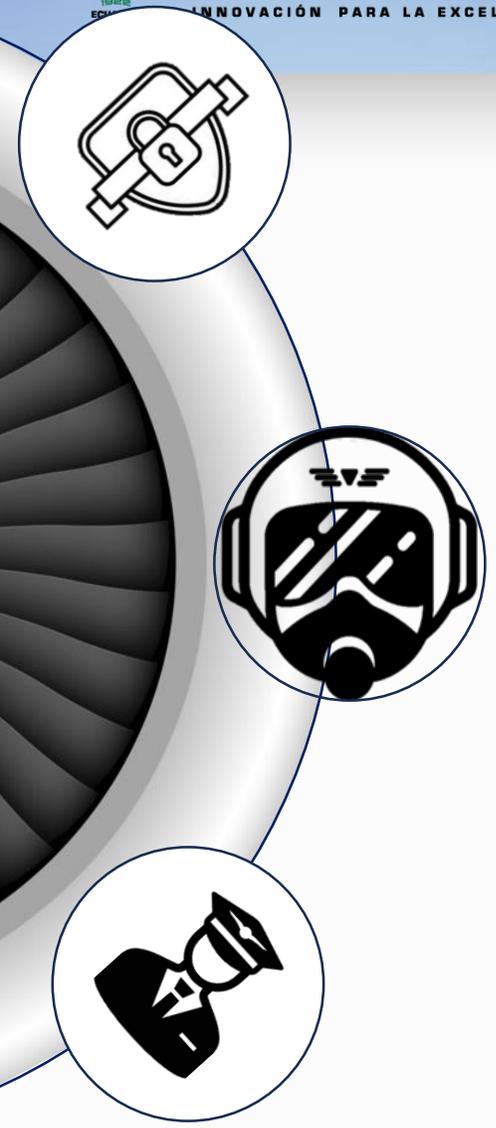
**OBJETIVOS**

**METODOLOGÍA**

**RESULTADOS**

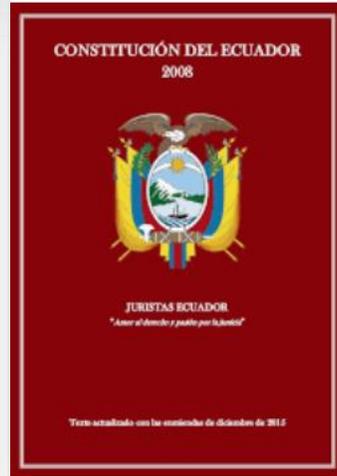
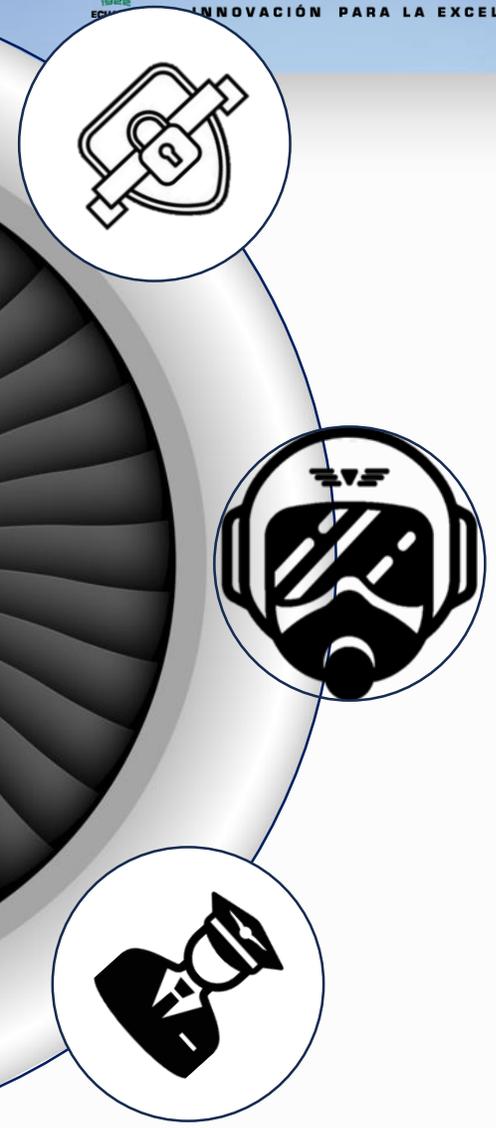
**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**



# INTRODUCCIÓN

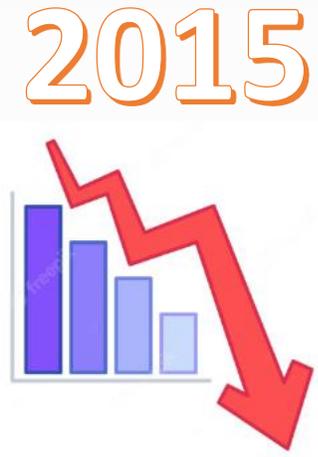
# INTRODUCCIÓN



De acuerdo a lo que establece la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 158 “es responsabilidad de las Fuerzas Armadas la defensa de la soberanía e integridad territorial”



Control de espacio aéreo



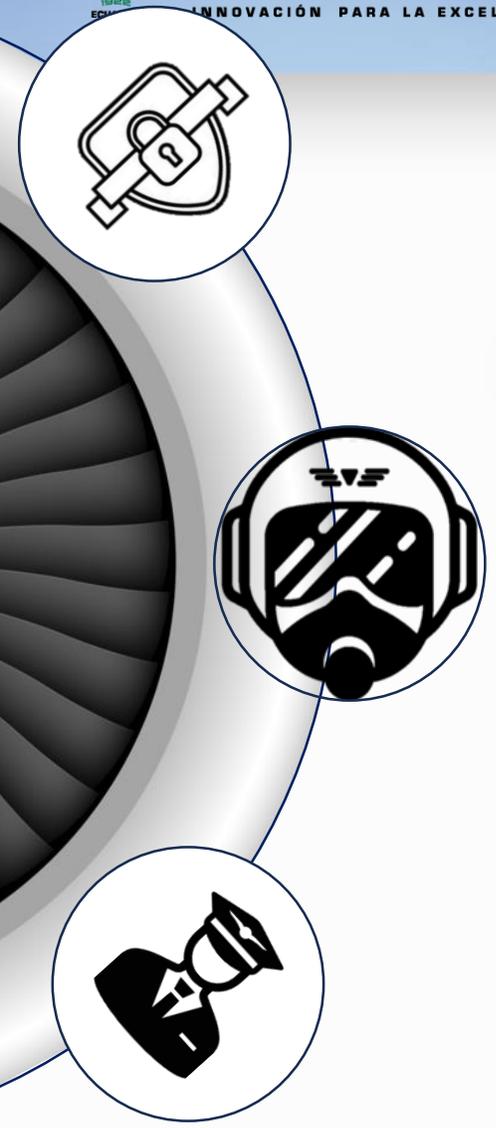
**PARTES Y  
REPUESTOS**

**PROGRAMAS  
DE MANTTO.**

**DISPONIBILIDAD**



# INTRODUCCIÓN



**Conveniencia**

- Datos aeronaves
- Optimizar recursos
- Reportajes
- Seguridad Operacional



**Relevancia social**

- Acción cívica
- Transporte pax y carga
- Operaciones tiempo crisis



**Implicaciones prácticas**

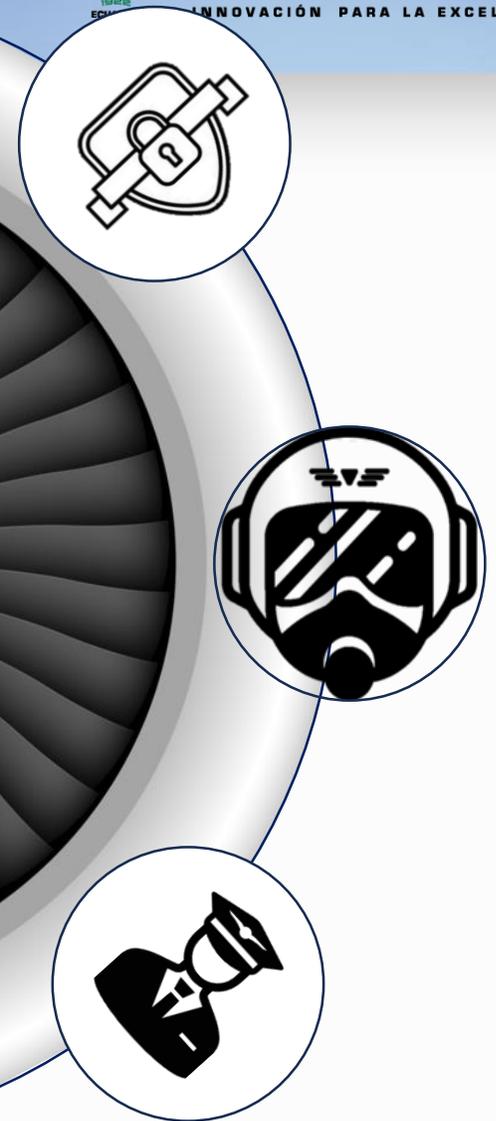
- Disponibilidad aeronaves
- Tripulaciones act.
- Misiones de vuelo



**Valor Teórico**

No existe un modelo probabilístico de confiabilidad





*Utilidad metodológica*

**MODELO**



*Aplicable a todos las aeronaves de la institución y de esa manera mejorar las capacidades de la FAE.*





# OBJETIVOS

# OBJETIVOS





# METODOLOGÍA





## Teorías

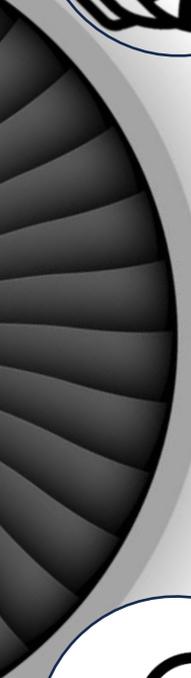
**INSTITUCIONALISMO**

**RELACIONES INTERNACIONALES**

**ADMINISTRACIÓN**

**CALIDAD**

**PROBABILIDAD**



# METODOLOGÍA

## Conceptualización de variables

**Partes Críticas**

- Equipo que debido a su mal funcionamiento afecta a la operación normal de avión.

VARIABLE  
INDEPENDIENTE

**Confiabilidad**

- Posibilidad de que un equipo ejecute una tarea en un período de tiempo establecido

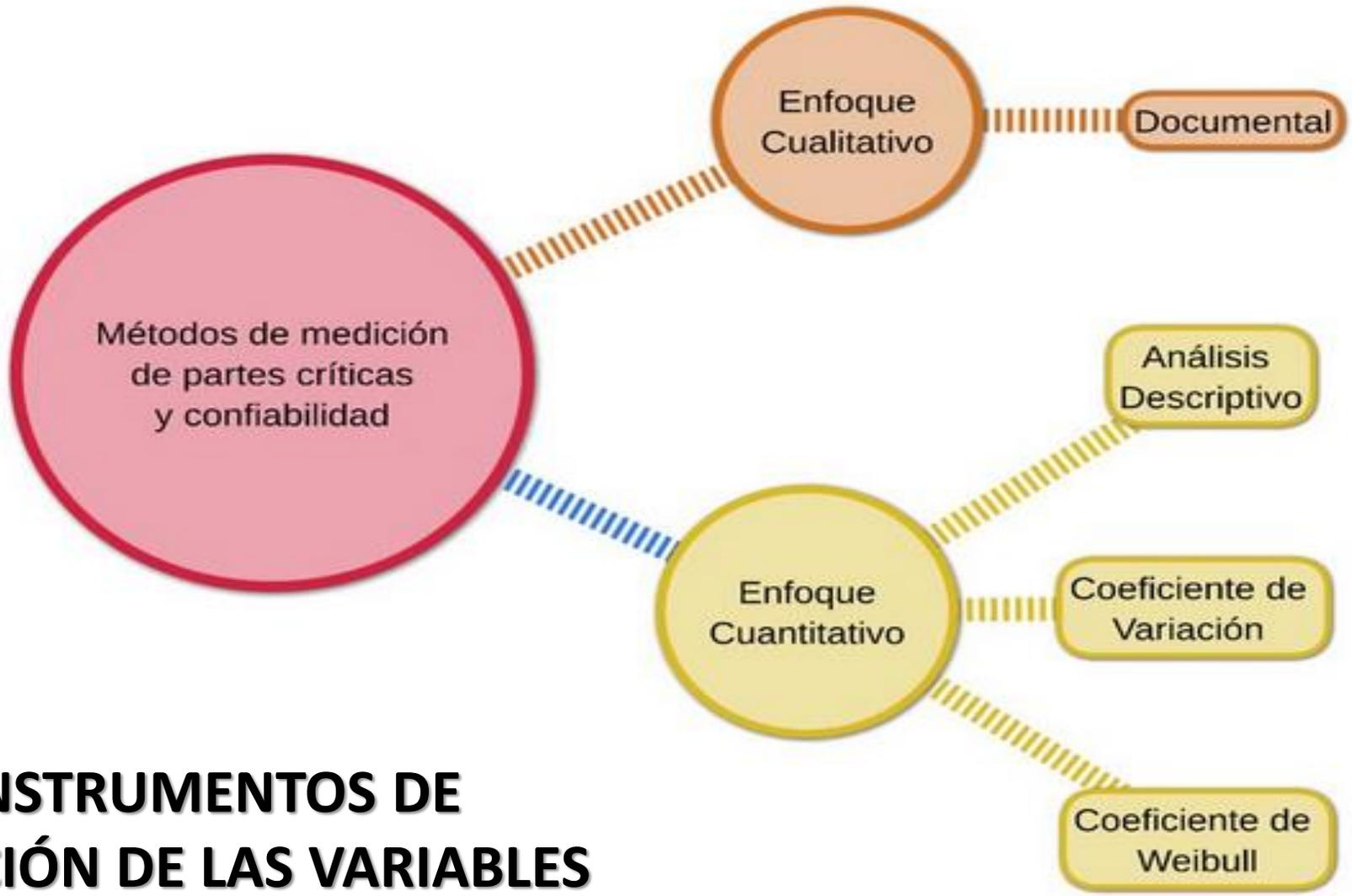
VARIABLE  
DEPENDIENTE

**PARTES  
CRÍTICAS**



**CONFIABILIDAD**





## INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES



## MATRÍZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES





# Matríz de operacionalización de las variables



Objetivo Específico	Variabes	Dimensiones	Hipótesis	Reactivos	Instrumentos	Fuente
Establecer la relación entre las teorías de soporte y las variables de estudio.	Confiabilidad  Partes críticas					
Determinar la disponibilidad de los últimos años de las aeronaves Boeing 737-200, Casa C295M y Twin Otter DH-6 de la FAE	Confiabilidad	Disponibilidad  Horas voladas.	Existe una baja en la disponibilidad de aeronaves B737-200, C-295M, DHC-6 en los últimos años.  Existe una disminución de horas de vuelo en las aeronaves B737-200, C-295M, DHC-6 en los últimos años.	Datos	Informe mensual.  Registros de mantenimiento.	Secundarias

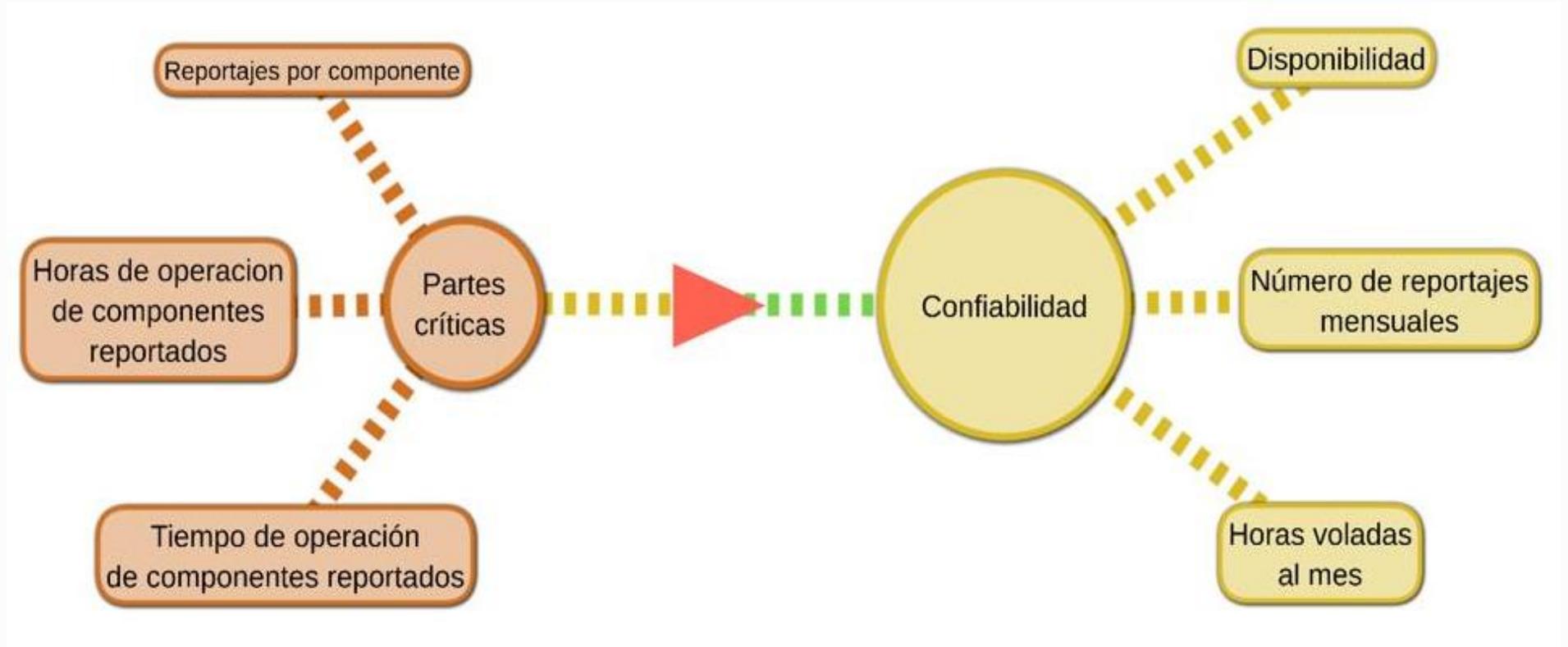


# Matríz de operacionalización de las variables



<p>Establecer los sistemas críticos que afectan a la disponibilidad de las aeronaves.</p>	<p>Partes críticas.</p>	<p>Reportajes Horas de operación Tiempo de operación.</p>	<p>Existen sistemas de las aeronaves que presentan fallas continuas.</p>	<p>Datos</p>	<p>Registros de mantenimiento de aeronaves.</p>	<p>Secundarias</p>
<p>Elaborar un modelo probabilístico de confiabilidad de partes críticas en función de los hallazgos obtenidos en la investigación.</p>		<p>Secuencia entre fallos. Intervalos de confianza.</p>		<p>Datos</p>		

# Diagrama gráfico de la investigación

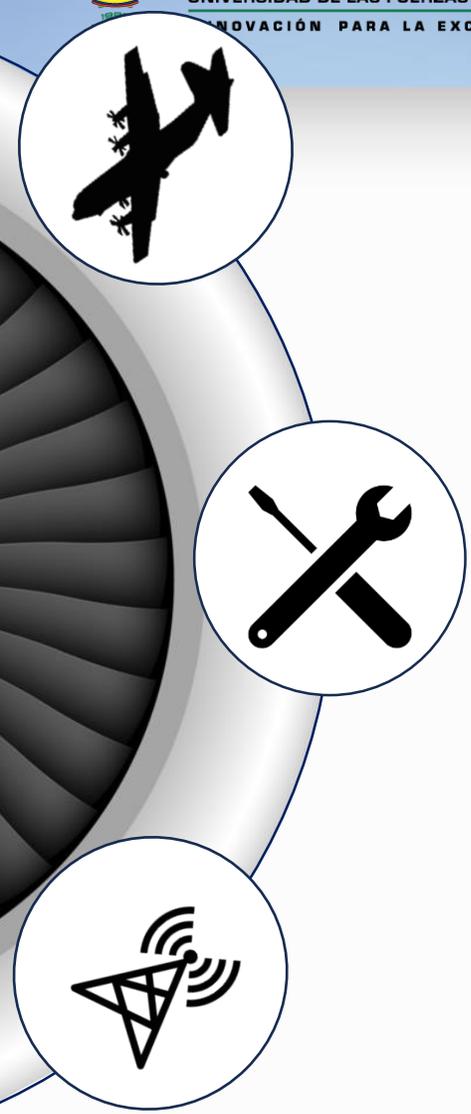




# Diseño Metodológico

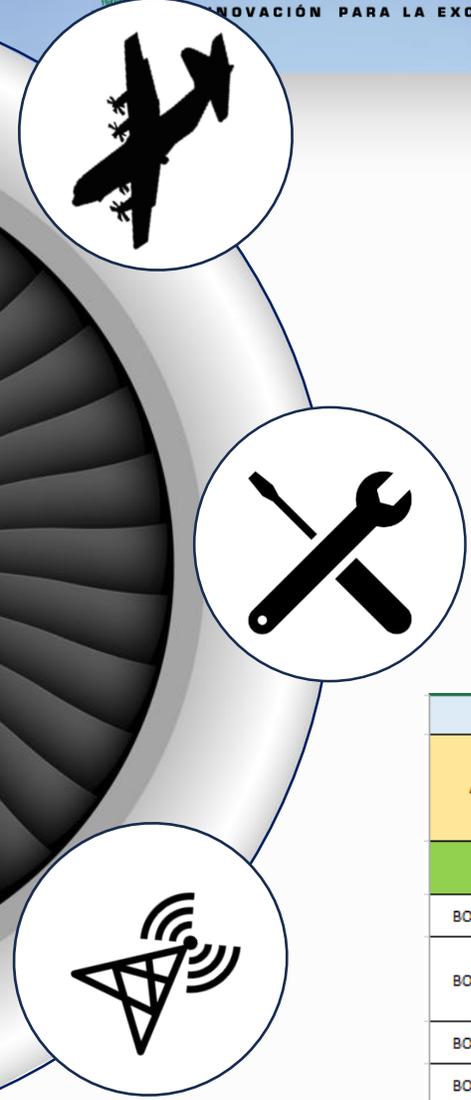
METODOLOGÍA	TIPO	JUSTIFICACIÓN
<b>Enfoque epistemológico</b>	Empirismo inductivo	Aplica análisis matemáticos y estadísticos
<b>Paradigma</b>	El positivismo	Investigación centrada en la descripción y explicación
<b>Enfoque investigación</b>	Mixto	Cuantitativo, análisis de datos numéricos. Cualitativo, recolectará información de documentos.
<b>Diseño</b>	No experimental	No se manipulará las variables de estudio, solo se observará el comportamiento.
<b>Tipo</b>	Longitudinal	Recolección de datos en diferentes etapas de tiempo.
<b>Alcance</b>	Descriptivo y Correlación	Descriptivo describe las tendencias de una población y el correlacional asocia variables mediante un patrón.
<b>Población</b>	Aeronaves	
<b>Muestra</b>	N/A	
<b>Fuentes</b>	Secundarias	Recolección de datos de informes existentes.
<b>Proceso levantamiento de datos</b>	Informes, registros de mantenimiento, 781.	
<b>Procesamiento de la información</b>	SPSS Statistics 25	
<b>Técnicas estadísticas</b>	Coefficiente de variación. Análisis factorial exploratorio Modelo probabilístico	





# RESULTADOS

# Análisis de la información



**DATOS REPORTAJES AERONAVE BOEING 737-200 AÑO 2015 AL 2022**

AERONAVE	REPORTAJE	FECHA	ACCIÓN CORRECTIVA	TIEMPO DEMORÓ LEVANTAR REPORTAJE	COMPONENTES/EQUIPOS REMOVIDOS	TIEMPO OPERACIÓN COMPONENTE REMOVIDO (HORAS)	FECHA INSTALACIÓN COMPONENTE REMOVIDO	DAÑOS ENCONTRADOS COMPONENTE REMOVIDO	TIEMPO /HRS REMANENTES PARA CAMBIO O OH	ATA
<b>2015</b>										
BOEING FAE-630	REQUIERE CAMBIO DE SAFETY RELIEF VALVE LH	9-feb.-15	REALIZADO CAMBIO DE SAFETY RELIEF VALVE LH	02 HORAS	SAFETY RELIEF VALVE	NO APLICA	5-mar-15	MAL FUNCIONAMIENTO	NO APLICA	21
BOEING FAE-630	REQUIERE CAMBIO DE SAFETY RELIEF VALVE RH	9-feb.-15	REALIZADO CAMBIO DE SAFETY RELIEF VALVE RH	02 HORAS	SAFETY RELIEF VALVE	NO APLICA	9-feb-15	MAL FUNCIONAMIENTO	NO APLICA	21
BOEING FAE-630	PASNGER ADRESS INOPERATIVO	8-feb-15	REPARADO WIRING 1182-294-22BSEGUN WIRING DIAGRAMA	136 HORAS	WIRING 1182-294-22BSEGUN WIRING DIAGRAMA	NO APLICA	5-mar-15	REPARACION	NO APLICA	23
BOEING FAE-630	REQUIERE CAMBIO STABILIZER AND JACKSCREW	24-feb.-15	REALIZADO CAMBIO DEL STABILIZER AND JACKSCREW	40 HORAS	STABILIZER AND JACKSCREW	NO APLICA	5-mar-15	DESGASTE	NO APLICA	55
BOEING FAE-630	PILOTO AUTOMATICO INOPERATIVO		REEMPLAZADO ACTUADOR SE A/P	258 HORAS	ACTUADOR SE A/P	NO APLICA	5/3/2015	DESGASTE	NO APLICA	22



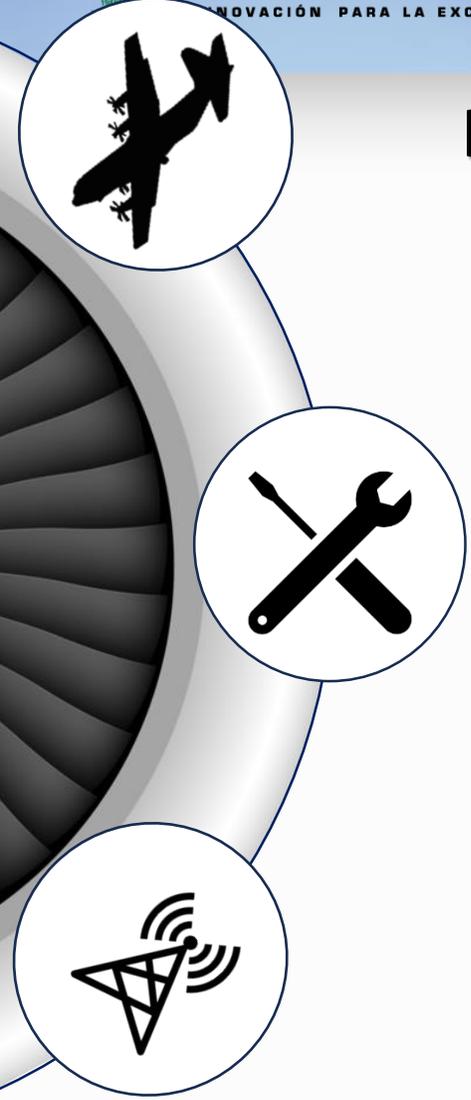
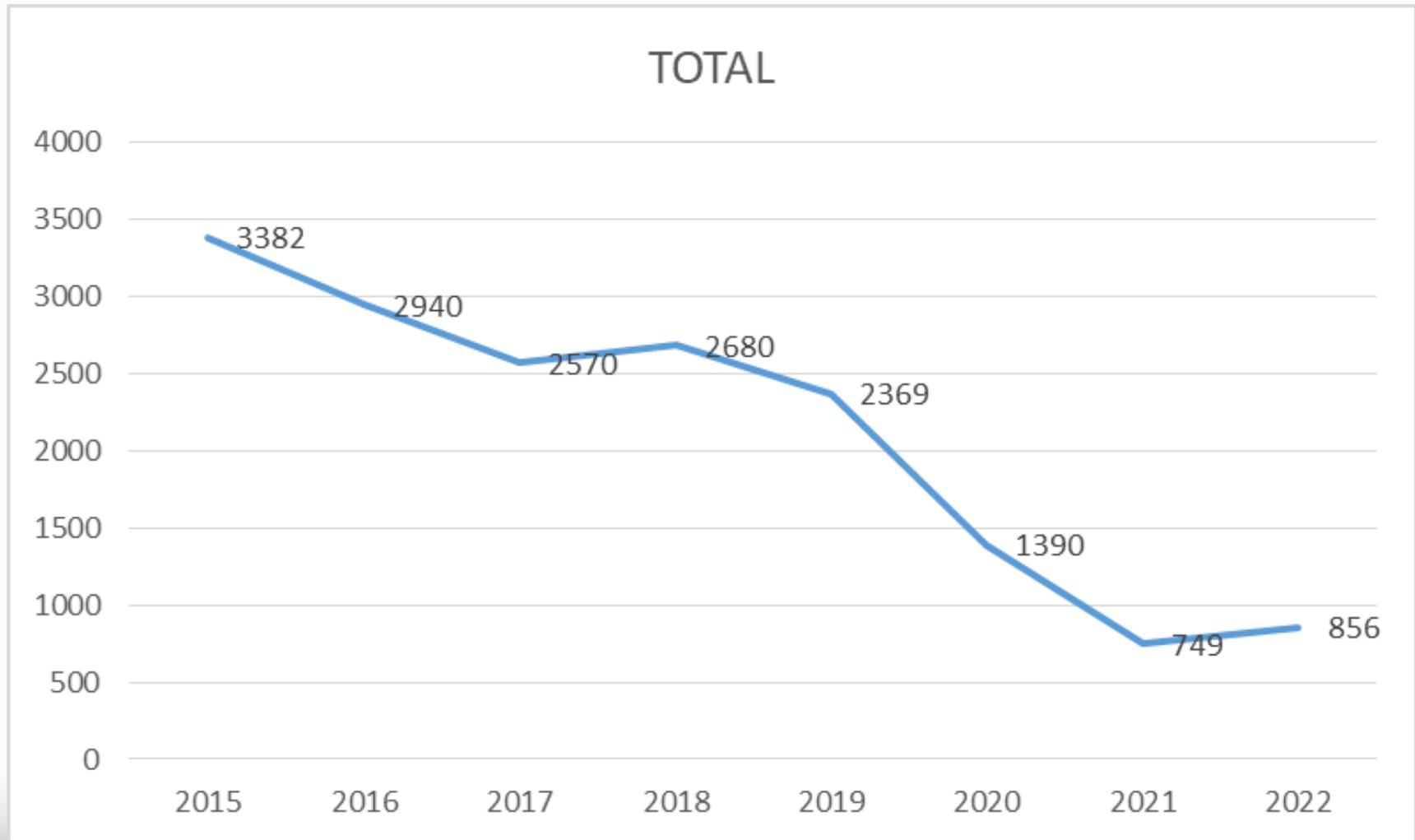
## Disponibilidad

AVIÓN	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	CANT.	DISP.														
<b>CASA</b>	3	2,13	3	1,37	3	1,59	3	1,19	3,00	1,70	3,00	1,2	3,00	0	3,00	0,11
<b>TWIN</b>	3	1,07	3	0,95	3	0,87	3	0,72	3,00	0,30	3,00	0,38	3,00	0,73	3,00	0,67
<b>BOEING</b>	1	0,28	1	0,62	1	0,81	1	0,65	1,00	0,15	1,00	0,66	1,00	0,71	1,00	0,55
<b>TOTAL</b>	7	3,48	7	2,94	7	3,27	7	2,56	7	2,15	7	2,24	7	1,44	7	1,33

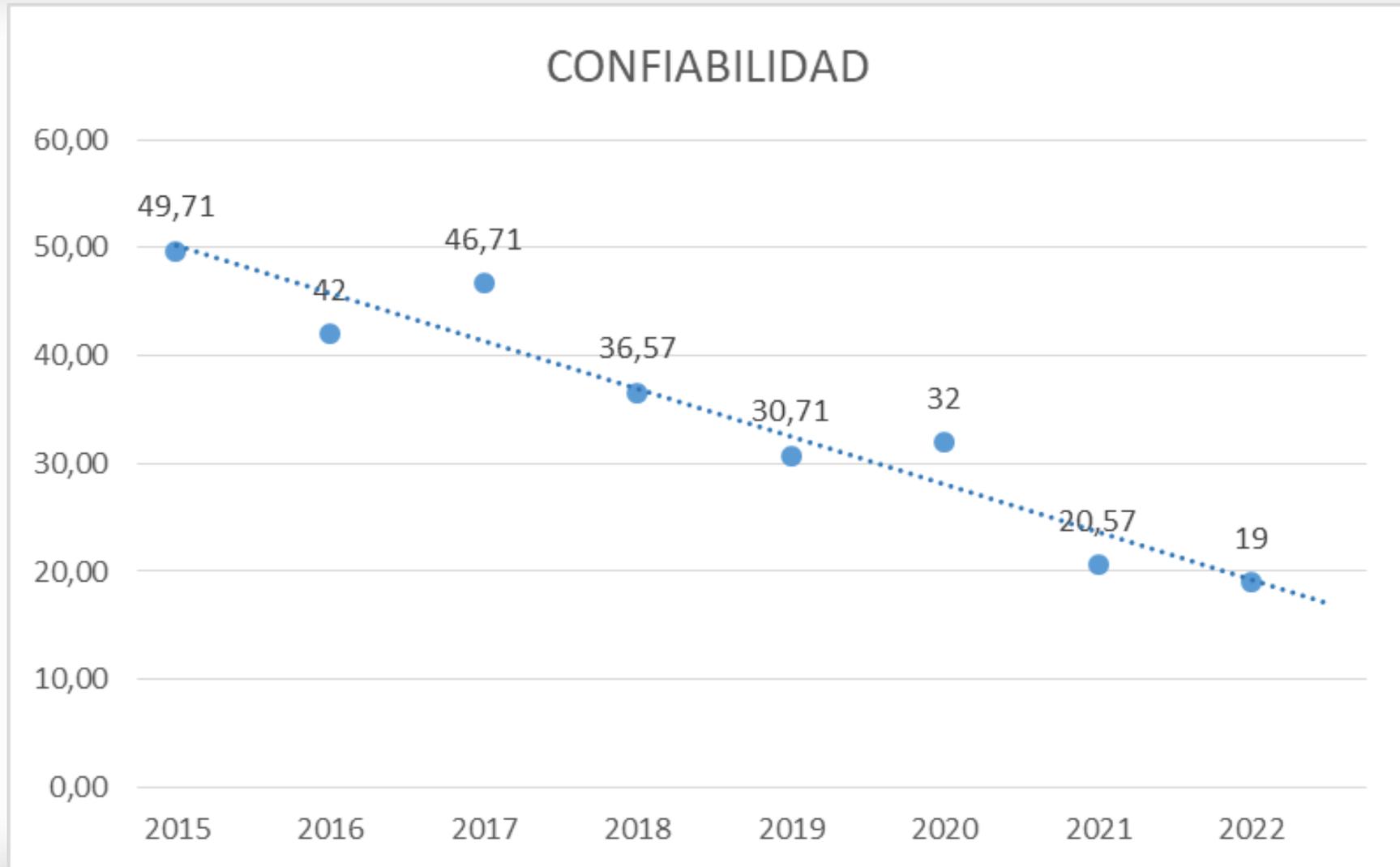




## Horas de vuelo



# Análisis de resultados





# Análisis de resultados

## Reportajes del año 2015 al 2022 aeronave Boeing

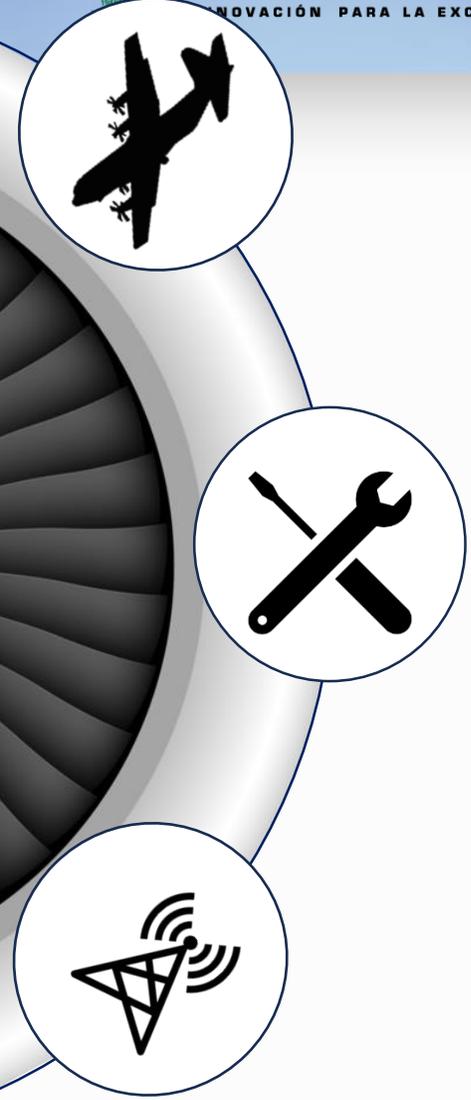
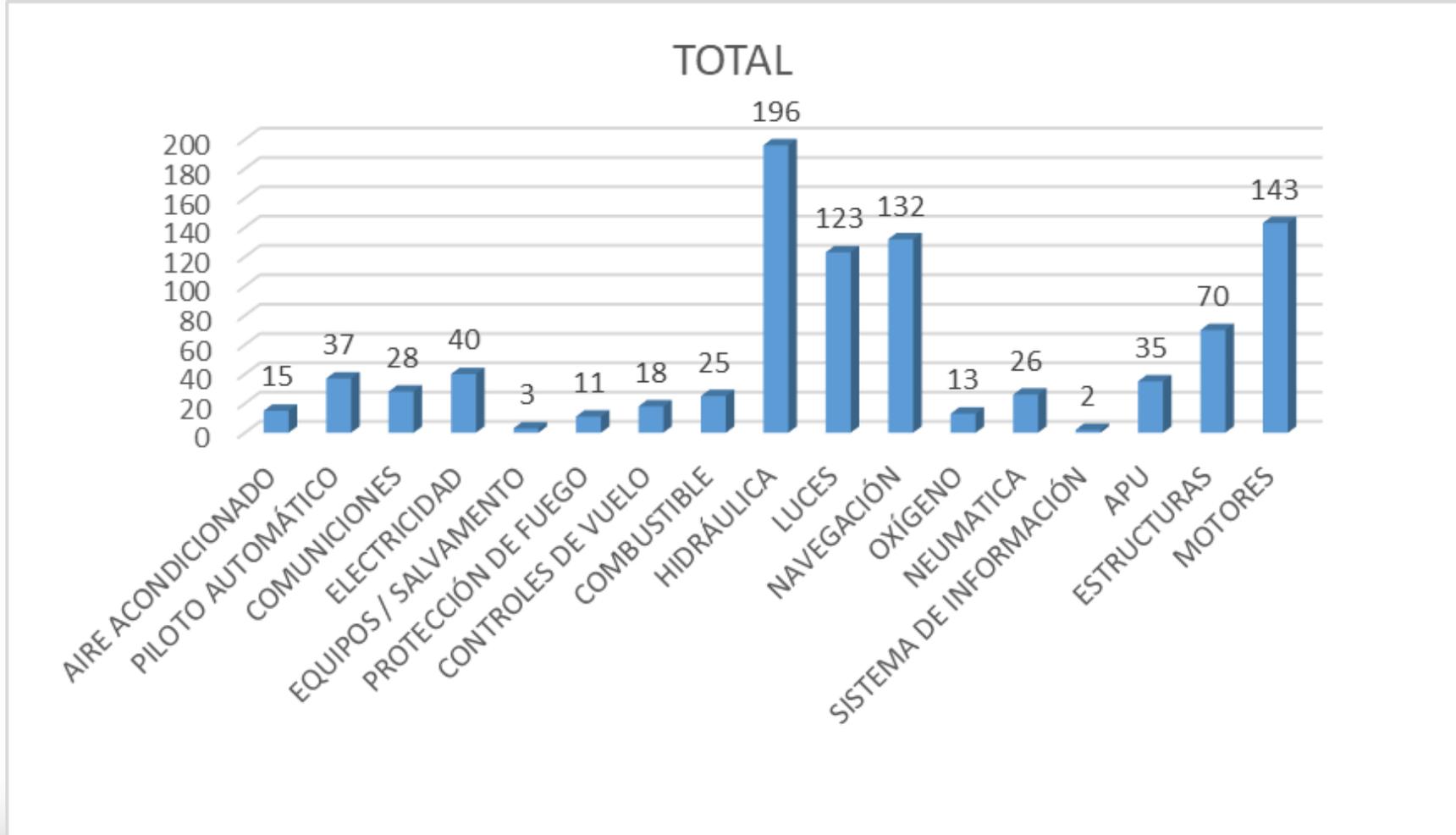
ORD	SISTEMA	ATA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
1	PESO Y BALANCE	8			1	0					1
2	SERVICIADO	12				1			2		3
3	AIRE ACONDICIONADO	21	5	0	5	3	0	0	2	0	15
4	PILOTO AUTOMÁTICO	22	6	0	1	3	8	10	4	5	37
5	COMUNICACIONES	23	8	12	5	2	1	0	0	0	28
6	ELECTRICIDAD	24	8	7	5	3	4	6	5	2	40
7	EQUIPOS / SALVAMENTO	25			2	1					3
8	PROTECCIÓN DE FUEGO	26				6			5		11
9	CONTROLES DE VUELO	27		8	1	5	0	0	1	3	18
10	COMBUSTIBLE	28	5	6	3	2	0	6	0	3	25
11	HIDRÁULICA	29	6	22	37	58	8	24	22	19	196
12	LUCES	33	6	16	34	35	7	12	8	5	123
13	NAVEGACIÓN	34	23	13	25	22	9	7	19	14	132
14	OXÍGENO	35		2	2	1	1	1	5	1	13
15	NEUMÁTICA	36	3	4	6	5	6	0	1	1	26
16	SISTEMA DE INFORMACIÓN	46	1	1		0	0	0	0	0	2
17	APU	49		1	1	10	2	16	4	1	35
18	ESTRUCTURAS	51	5	10	12	16	7	8	0	12	70
19	MOTORES	72	23	19	23	39	2	10	16	11	143
	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>121</b>	<b>163</b>	<b>212</b>	<b>55</b>	<b>100</b>	<b>94</b>	<b>77</b>	<b>921</b>





# Análisis de resultados

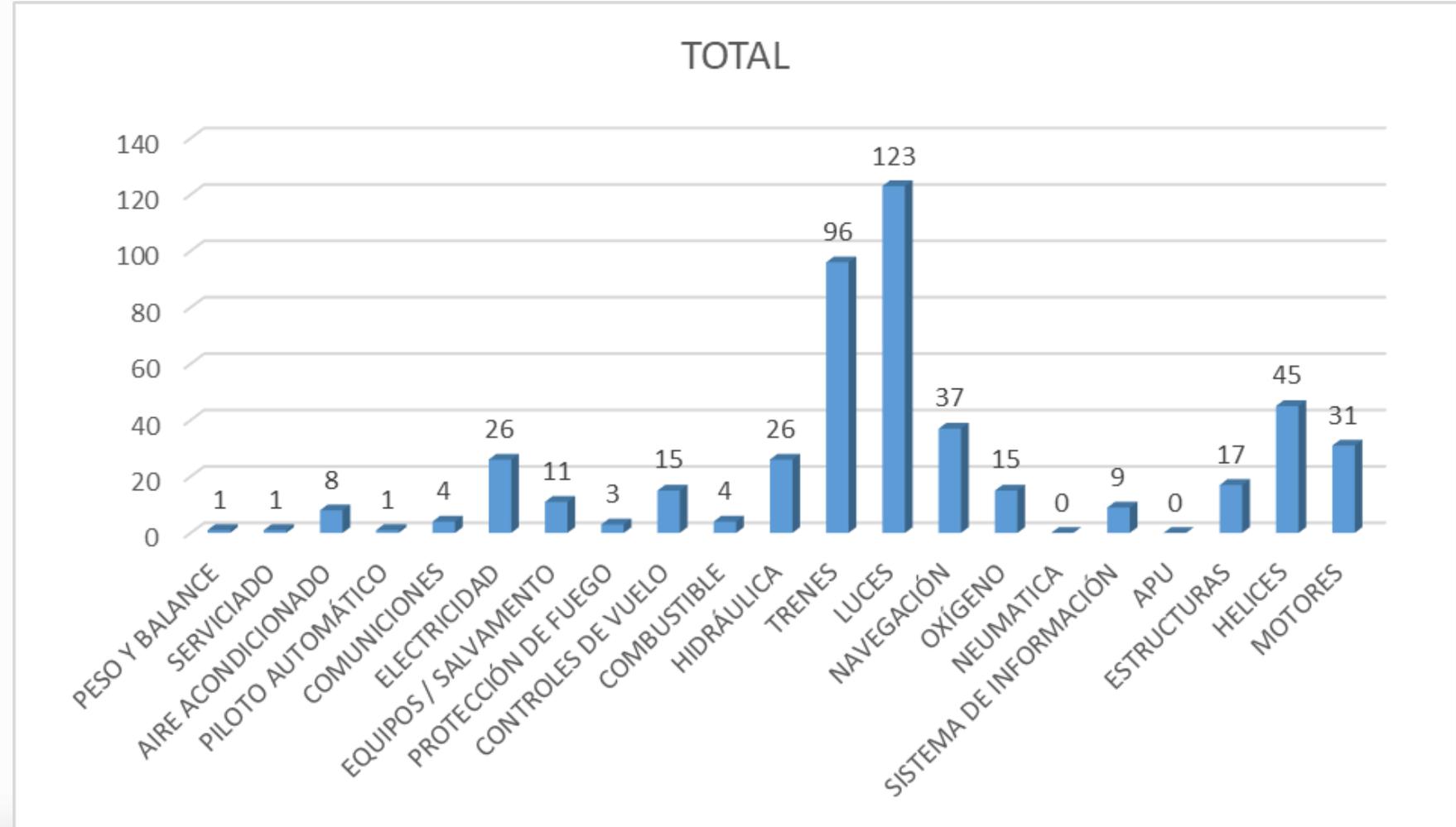
## Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave Boeing





# Análisis de resultados

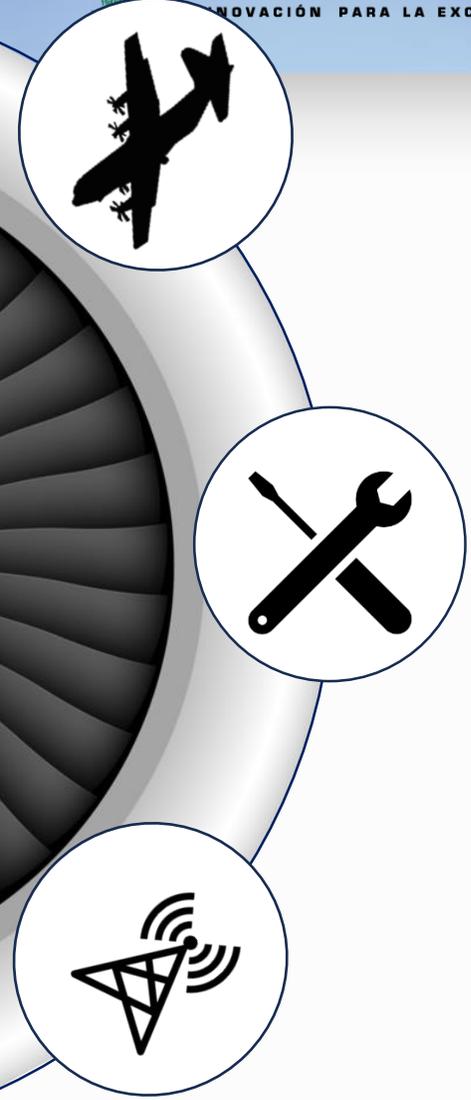
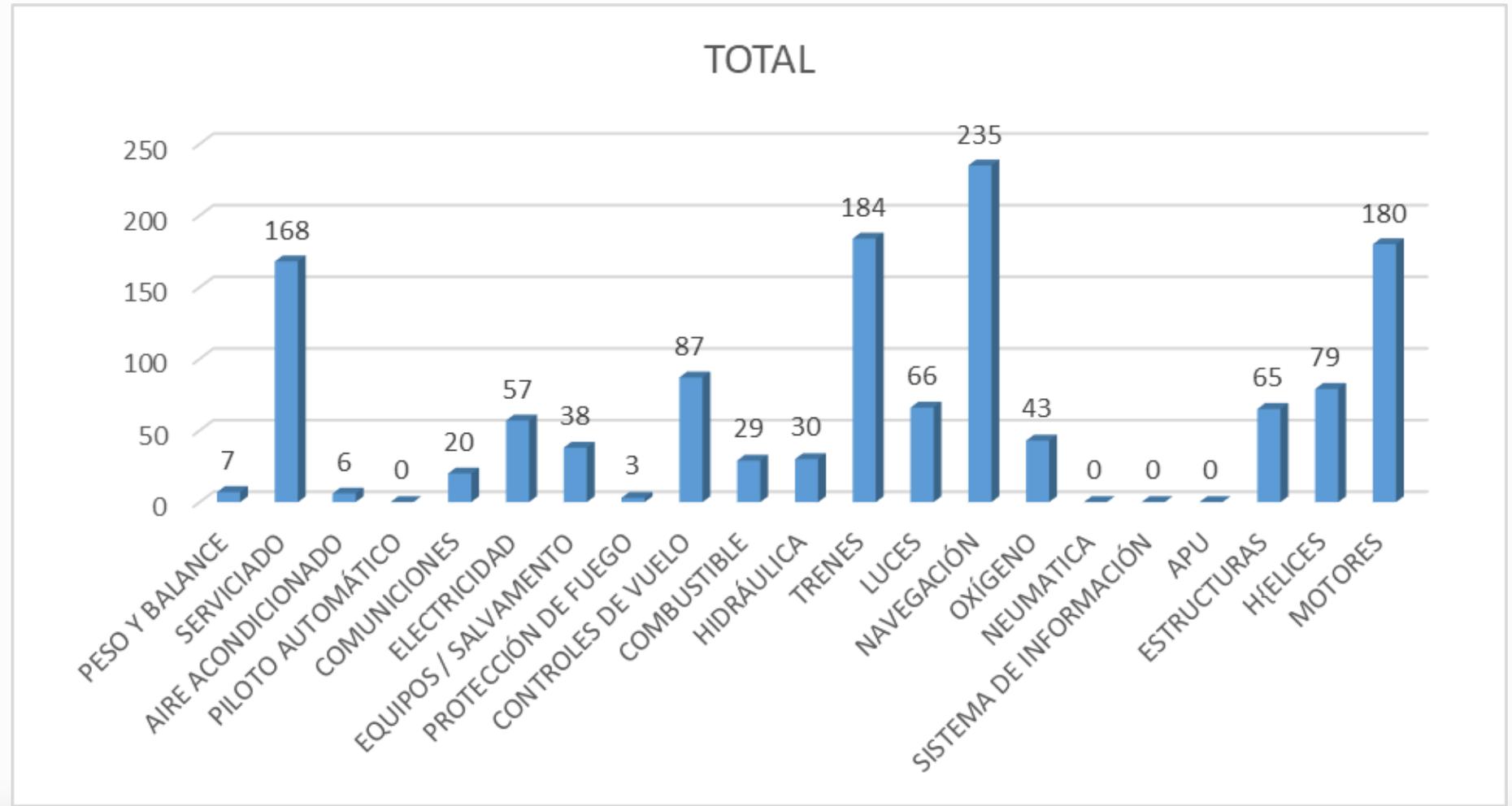
## Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave CASA





# Análisis de resultados

Resumen reportajes del año 2015 al 2022 aeronave Twin Otter

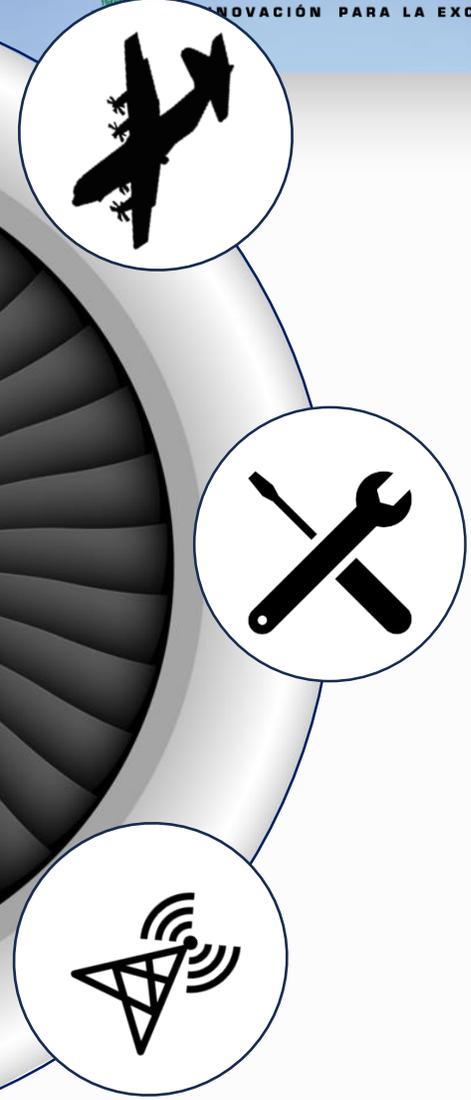




# Análisis de resultados

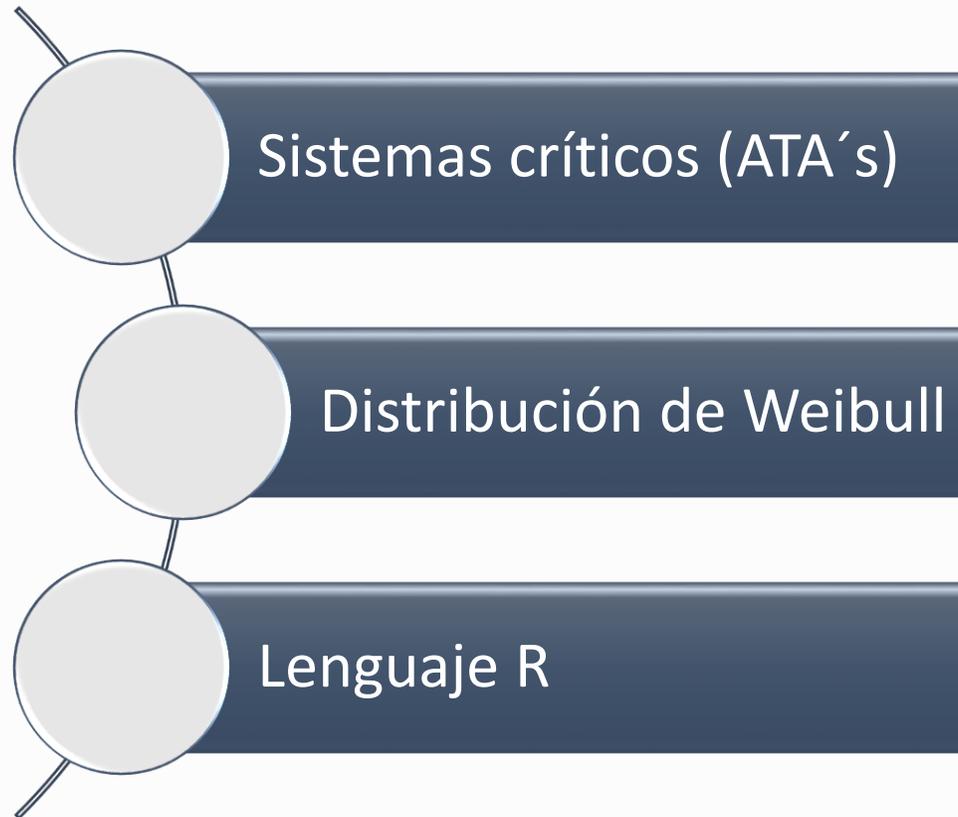
## Determinación ATA's críticos aeronaves

ORD	SISTEMA	ATA	Cantidad de reportajes	Afectación a la seguridad
1	AIRE ACONDICIONADO	21		X
2	COMUNICACIONES	23	X	
3	ELECTRICIDAD	24	X	X
4	CONTROLES DE VUELO	27		X
5	COMBUSTIBLE	28		X
6	HIDRAULICA	29	X	X
7	NAVEGACION	34	X	
8	ESTRUCTURAS	51	X	X
9	MOTORES	72	X	X





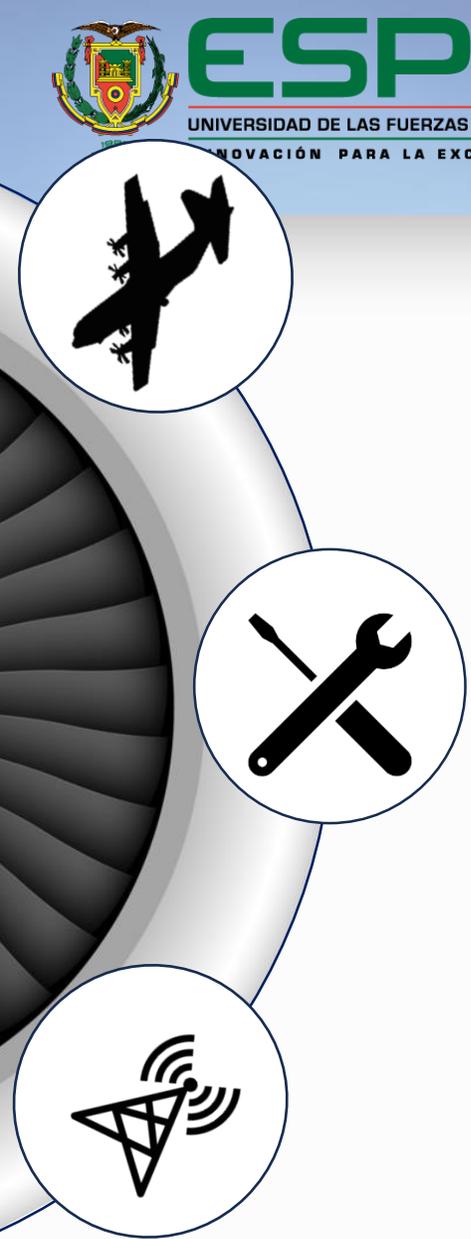
## Desarrollo del modelo





## Sistemas críticos ATA's

FECHA	ATA	DIAS_SIN_FALLO
9/2/2015	21	0
15/8/2015	21	187
1/5/2017	21	625
6/5/2017	21	5
4/12/2017	21	212
20/12/2017	21	16
21/12/2017	21	1
11/7/2018	21	202
12/11/2018	21	124
4/7/2021	21	965
10/7/2021	21	6



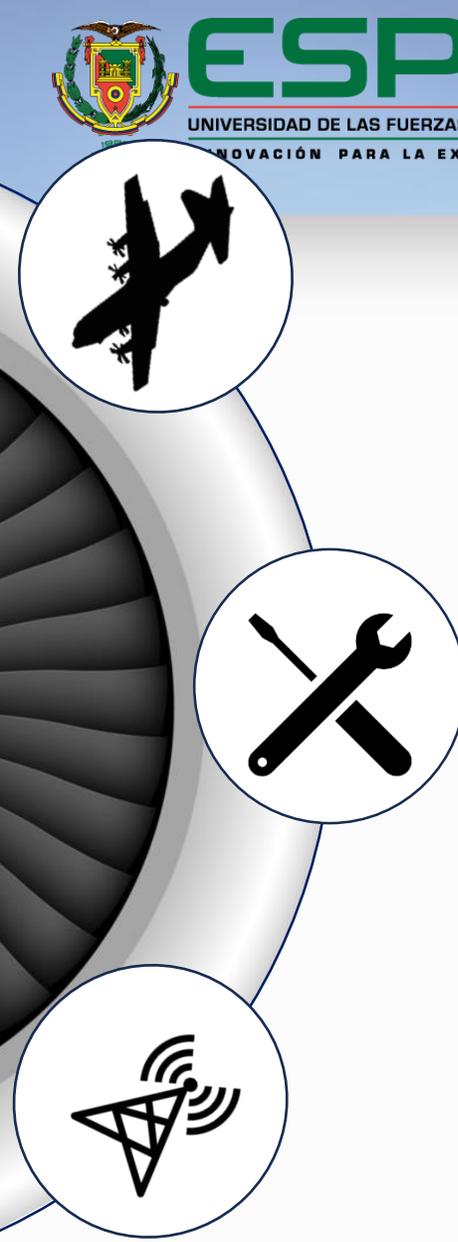


## Distribución de Weibull

Función de probabilidad continua, cálculos estadísticos, modelar la falla de sistemas y aplicar análisis de confiabilidad.

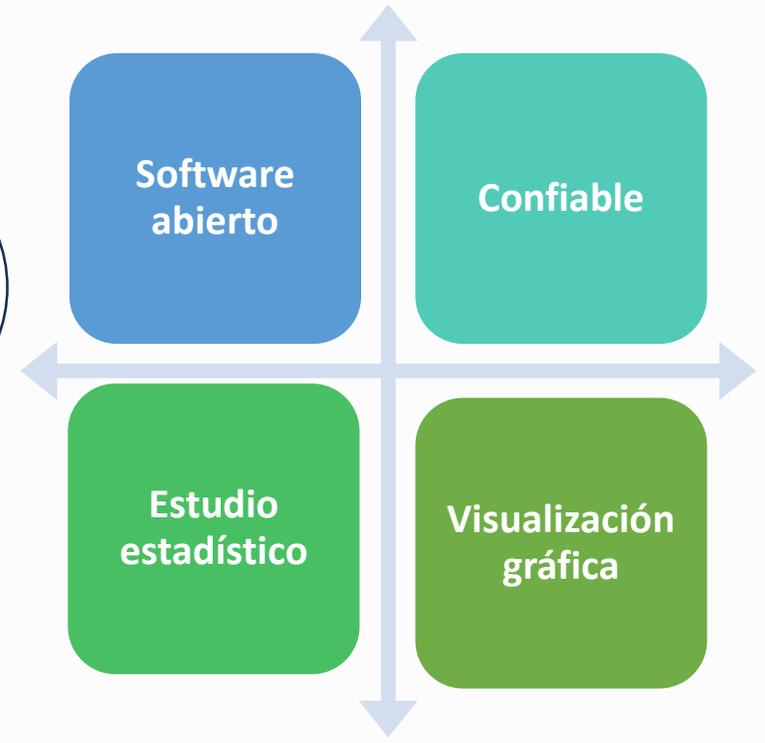
Densidad de probabilidad Weibull.  
Intervalos de confianza/confiabilidad al 95%.

$$f_w(t) = \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ \frac{w - \mu}{\sigma} - \exp \left[ \frac{w - \mu}{\sigma} \right] \right\}$$





## Lenguaje R

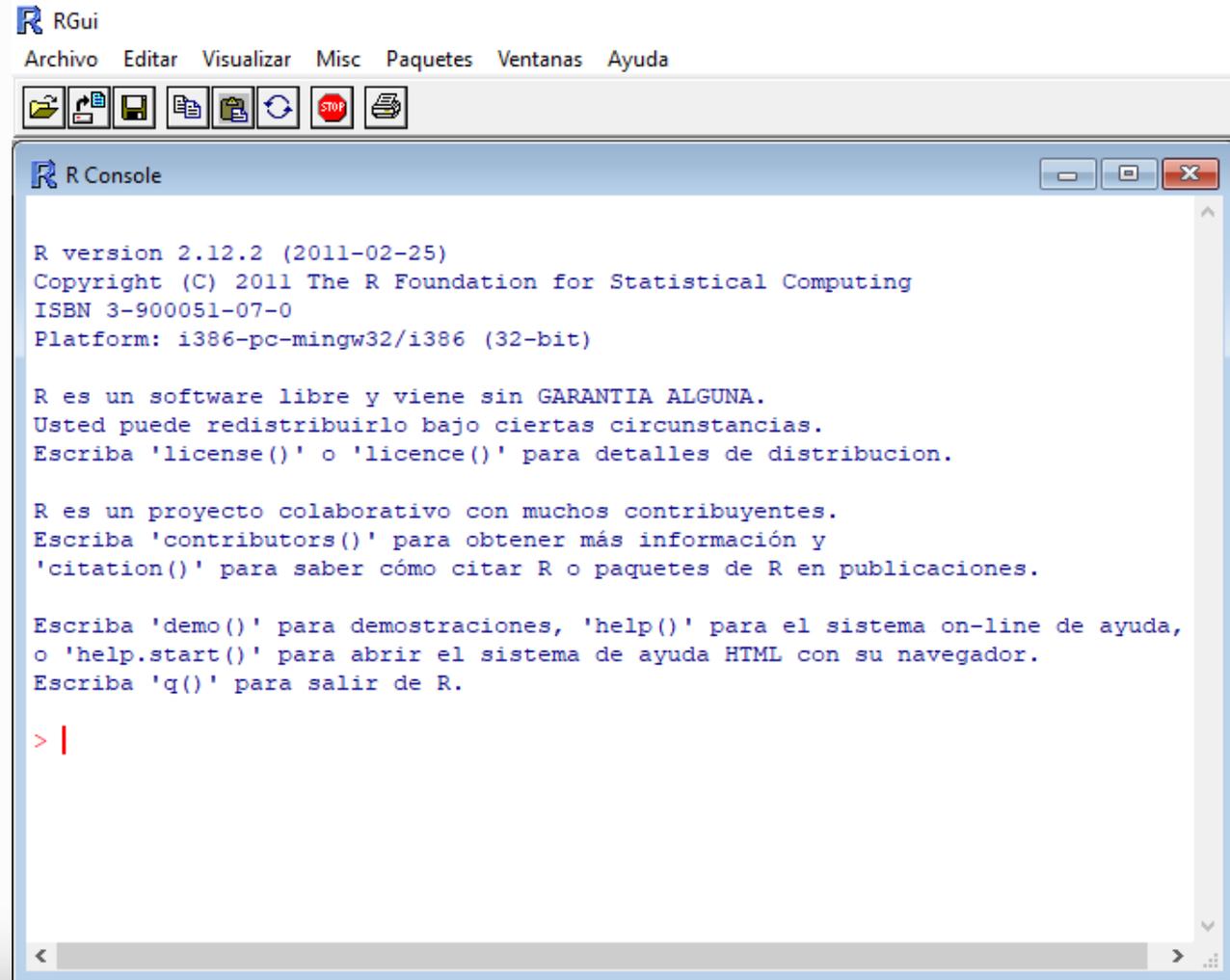


Software  
abierto

Confiable

Estudio  
estadístico

Visualización  
gráfica



```
RGui
Archivo  Editar  Visualizar  Misc  Paquetes  Ventanas  Ayuda

R Console

R version 2.12.2 (2011-02-25)
Copyright (C) 2011 The R Foundation for Statistical Computing
ISBN 3-900051-07-0
Platform: i386-pc-mingw32/i386 (32-bit)

R es un software libre y viene sin GARANTIA ALGUNA.
Usted puede redistribuirlo bajo ciertas circunstancias.
Escriba 'license()' o 'licence()' para detalles de distribución.

R es un proyecto colaborativo con muchos contribuyentes.
Escriba 'contributors()' para obtener más información y
'citation()' para saber cómo citar R o paquetes de R en publicaciones.

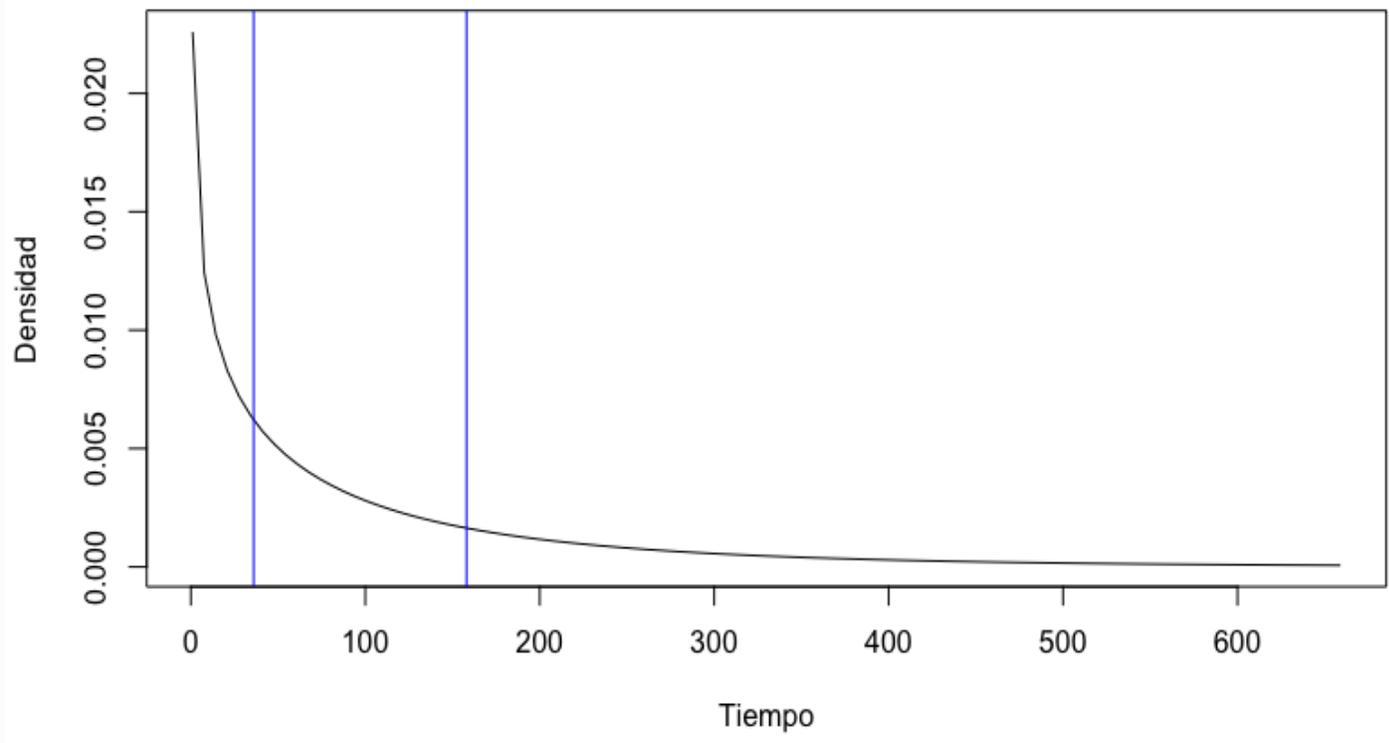
Escriba 'demo()' para demostraciones, 'help()' para el sistema on-line de ayuda,
o 'help.start()' para abrir el sistema de ayuda HTML con su navegador.
Escriba 'q()' para salir de R.

> |
```



## Aplicación del modelo probabilístico de confiabilidad a la aeronave Boeing

Distribución Weibull de la Vida Útil del sistema ATA 28



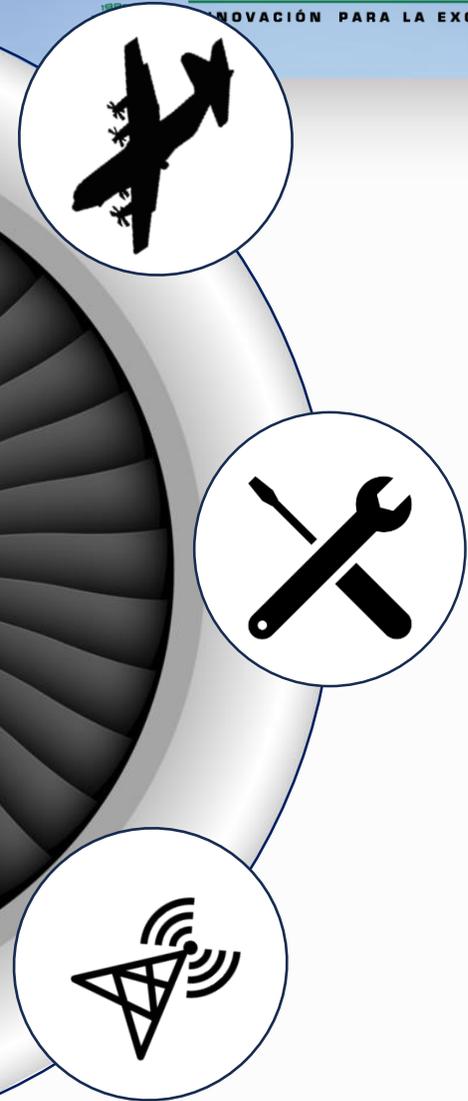
Intervalo	Conf
(36, 158)	0,95

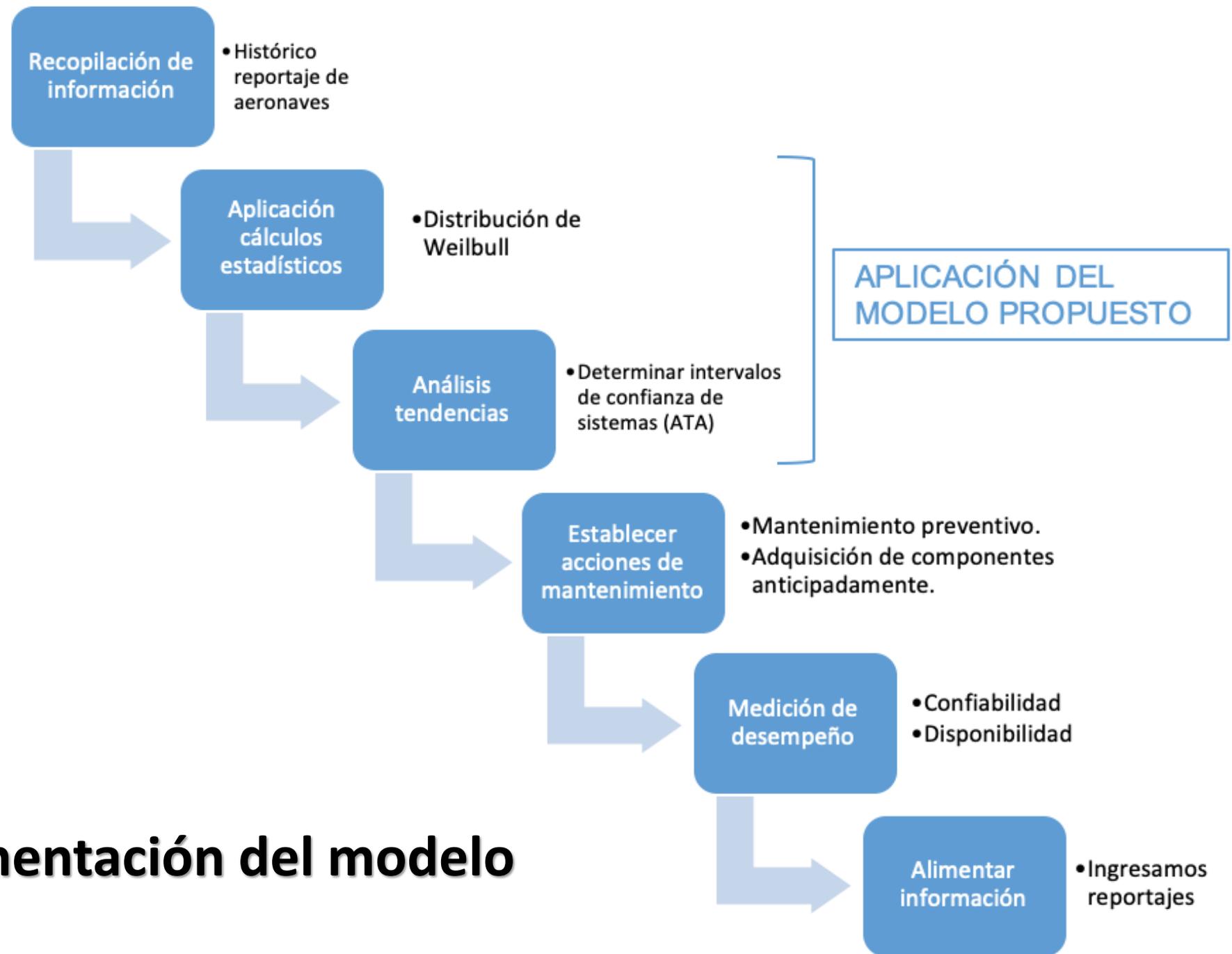
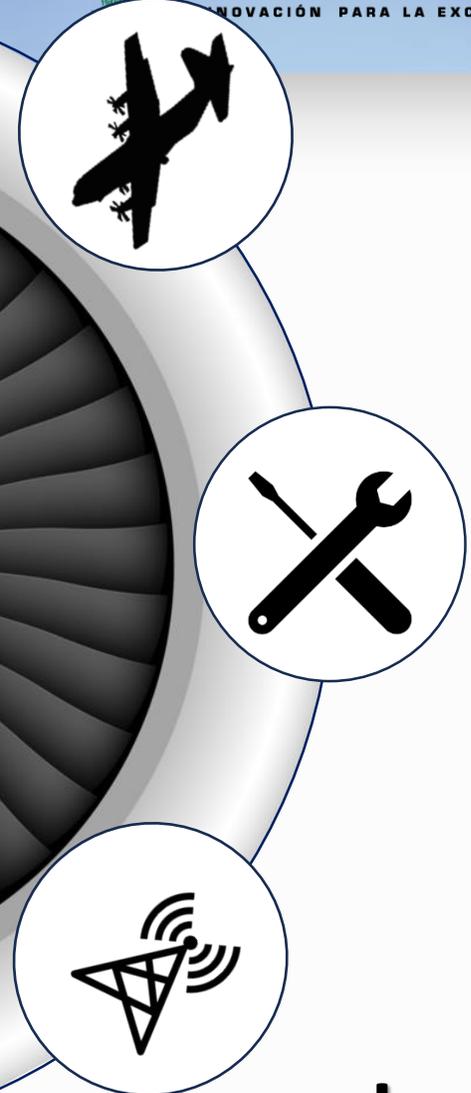




## Resultados de la aplicación del modelo

ORD	SISTEMA	ATA	BOEING		CASA		TWIN OTTER	
			REPORT.	INTERVALO	REPORT.	INTERVALO	REPORT.	INTERVALO
1	AIRE ACONDICIONADO	21	13	(0,334)	10	(0,630)	8	(117,517)
2	COMUNICACIONES	23	28	(25,84)	6	(90,489)	21	(62,254)
3	ELECTRICIDAD	24	36	(30,92)	28	(48,163)	53	(31,79)
4	CONTROLES DE VUELO	27	21	(52,215)	17	(0,277)	64	(29,82)
5	COMBUSTIBLE	28	22	(36,158)	6	(230,1236)	21	(34,265)
6	HIDRÁULICA	29	163	(12,19)	28	(42,155)	22	(6,135)
7	NAVEGACIÓN	34	107	(20,32)	38	(30,110)	188	(13,22)
8	ESTRUCTURAS	51	62	(20,56)	19	(100,261)	50	(35,86)
9	MOTORES	72	103	(15,28)	30	(19,122)	162	(20,32)





# Implementación del modelo



# CONCLUSIONES

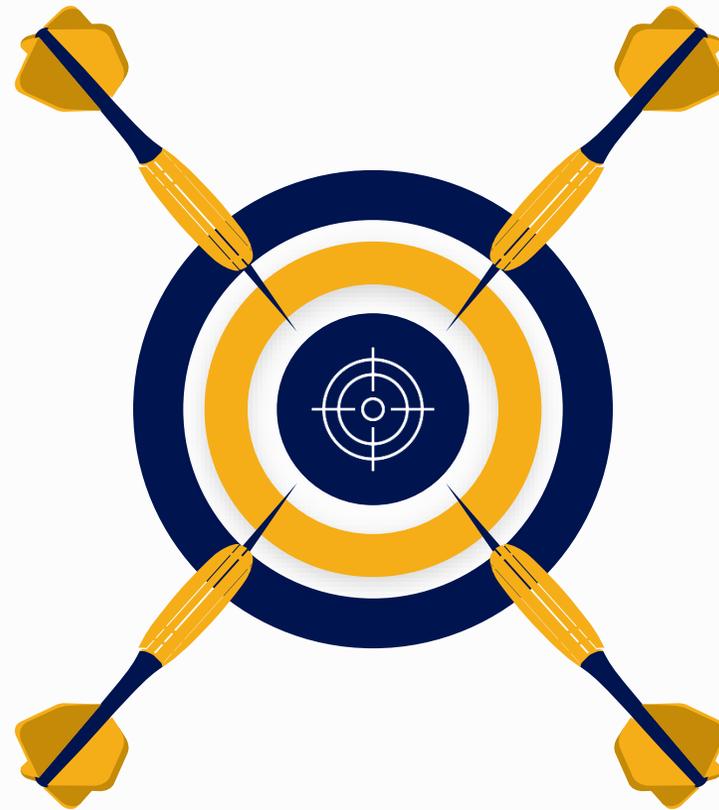
# Conclusiones



Se realizó un análisis detallado del marco teórico para sustentar la relación que existe entre estas teorías con Fuerzas Armadas



Ha existido una tendencia a la baja en la disponibilidad de aeronaves, así mientras en el año 2015 se aprecia una disponibilidad de 3,48 para el año 2022 ha disminuido considerablemente al 1,33



Las horas de vuelo de las aeronaves en estudio, han disminuido considerablemente, en el 2015 se voló 3382 horas, para el año 2022 disminuyó a 856 horas



Al analizar los registros de los últimos 8 años se determina que existe una disminución del más del 50% de la confiabilidad de aviones Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6.

# Conclusiones



Se estableció 09 sistemas críticos (ATA's) que afectan a la disponibilidad de las aeronaves



Para el desarrollo de la propuesta se utilizó la distribución de Weibull y el software R, herramientas que nos permitieron realizar un mejor análisis de los resultados.



Se obtuvo como resultado los intervalos que pueden presentarse las fallas en los sistemas críticos de las aeronave, esto nos permite aplicar acciones de mantenimiento preventivo a fin de mejorar la disponibilidad y seguridad de las aeronaves, con una confiabilidad del 95%



# RECOMENDACIONES





01

**Autorizar la aplicación de este modelo en las aeronaves Boeing 737-200, Casa C-295M y Twin Otter DHC-6, a fin de verificar en que porcentaje se incrementa la confiabilidad y disponibilidad de aeronaves, luego de un período de tiempo de prueba.**

02

**Ampliar la implementación de este modelo a las diferentes aeronaves, equipos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y Fuerzas Armadas, llevando un seguimiento y control para establecer los beneficios alcanzados.**

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

