



**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica**

**FINAL PROJECT REPORT**

**Implementación Lean en el proceso de  
seguimiento de restricciones operativas y  
pendientes de flota Iberia en  
Mantenimiento en Línea**

**Adrián Blanco Talaya**

**Curso 2022-2023**



**Título:** Implementación Lean en el proceso de seguimiento de restricciones operativas y pendientes de flota Iberia en Mantenimiento en Línea.

**Autor:** ADRIÁN BLANCO TALAYA

**Tutor académico:** FEDERICO SOTO GONZÁLEZ

**Tutor profesional:** JOSE EMILIO GARCÍA RODRÍGUEZ

**Titulación:** MÁSTER HABILITANTE EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

**Curso:** 2022-2023



## RESUMEN

En el presente proyecto se expone la reingeniería del proceso de seguimiento de restricciones operativas y pendientes de toda la flota de la aerolínea Iberia en Mantenimiento en Línea.

En ML de Iberia se busca entregar excelencia y calidad operativa al grupo Iberia, asegurando transparencia y minimizando costes; de forma que la implantación en la aerolínea suponga flexibilidad y un control más directo sobre la operativa. Para cumplimentar esto es necesario trabajar con procesos óptimos que aumenten la eficiencia y reduzcan costes.

A lo largo del proyecto se expone el mantenimiento de aeronaves en sus diferentes índoles y conceptos necesarios para entender la forma de trabajar en mantenimiento como los documentos de aeronavegabilidad o la clasificación de defectos.

Adicionalmente se realiza un extenso estudio de la metodología Lean y diferentes técnicas para implementar en los procesos. Finalmente, aplicando las técnicas estudiadas al proceso se analizan los resultados obtenidos con el objetivo de reducir costes, aumentar la eficiencia y estandarizar el proceso.

**Palabras clave:** Lean, Mantenimiento en Línea, KPI, Optimización de procesos, Mejora Continua, Visual management

## ABSTRACT

This project presents the re-engineering of the monitoring process of operational restrictions and deferred defects for the entire Iberia airline fleet in line Maintenance.

Iberia's line maintenance seeks to deliver operational excellence and quality to the Iberia group, ensuring transparency and decreasing costs; so that the implementation in the airline means flexibility and more direct control over operations. To achieve this, it is necessary to work with optimal processes that increase efficiency and reduce costs.

Throughout the project, aircraft maintenance is explained in its different types and concepts necessary to understand the way of working in maintenance, such as airworthiness documents or the classification of defects.

In addition, an extensive study of the Lean methodology and different techniques for applying this methodology to the processes is carried out. Finally, by applying the techniques studied to the process, the results obtained are analysed with the aim of reducing costs, increasing efficiency and standardising the process.

**Key words:** Lean, Line maintenance, KPI, Optimization, Continuous improvement, Visual management



## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer de forma especial a mi familia el apoyo que me han dado a lo largo de los años. Gracias por las palabras de ánimo y acompañarme a lo largo del camino.

A todos los amigos que me llevo del máster quienes han sido compañeros de batalla y con los que he compartido muchos momentos.

Por último, gracias a María, mi compañera de viaje, por todo el apoyo y paciencia que tiene conmigo.

En segundo lugar, agradecer a Jose Emilio García por darme la oportunidad de poder trabajar en su equipo y abrirme las puertas de Iberia. Gracias por la paciencia y todo el conocimiento transmitido.

Por último, agradecer a mi tutor Federico Soto su compromiso y esfuerzo con este trabajo. Gracias por la profesionalidad, por la ayuda y por guiarme siempre que lo he necesitado.

# Índice de contenidos

RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	5
1. Introducción .....	12
1.1 Historia de Iberia .....	13
1.2 MRO Iberia .....	17
1.2.1 Documentación asociada .....	19
2. Planteamiento del problema .....	25
3. Objetivo del trabajo .....	26
4. Fundamento teórico.....	27
4.1. Metodología LEAN.....	27
4.1.1. Historia de la metodología LEAN.....	27
4.1.2. Implantación de la metodología LEAN en la industria aeronáutica.....	30
4.1.3. Herramientas y aplicaciones de la metodología LEAN.....	31
4.2. Power BI .....	43
5. Estado de la cuestión .....	45
5.1. Proyecto Cabin 4 stars.....	45
5.2. Reporte y seguimiento previo.....	47
6. Reingeniería del proceso y Análisis de resultados .....	49
6.1. Reingeniería del proceso.....	49
6.1.1. Plan.....	49
6.1.2. Do .....	50
6.1.4. Check.....	51
6.1.5. Act .....	53
7. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas.....	54
7.1. Conclusiones principales del estudio .....	54
7.2. Limitaciones .....	54
7.3. Futuras líneas de investigación .....	55
Bibliografía & Referencias .....	56
Anexos.....	58



---

A.1. Reporte KPIs Customer Care .....	58
A.2. Reporte DIARIO Restricciones operativas Customer Care .....	61
A.3. Scope proyecto Cabin 4 stars .....	63
A.4. LOPA's .....	66

# Índice de figuras

Ilustración 1 Reglamento 1321/2014 y anexos [RD 2] .....	12
Ilustración 2 Junkers Ju 52 fabricado por CASA en España [RD 1] .....	13
Ilustración 3 Douglas DC-10 de Iberia [RD 1] .....	14
Ilustración 4 Alianzas de aerolíneas más importantes del mundo [RD 4] .....	14
Ilustración 5 Flota Iberia situada en la T4 del aeropuerto Adolfo Suarez en Barajas, Madrid [RD 11] .....	15
Ilustración 6 Organigrama del comité de dirección de Iberia [RD 1] .....	15
Ilustración 7 Organigrama rama de Producción de Iberia [RD 1] .....	16
Ilustración 8 Organigrama ML [RD 1] .....	17
Ilustración 9 Instalaciones Hangar 5 en La Muñozza [RD 1] .....	18
Ilustración 11 Desperdicio en la cadena de valor [The Toyota Way] .....	29
Ilustración 12 Fabricación de aeronaves aplicando LEAN [RD 8] .....	31
Ilustración 13 Modelo 4p y sus principios [The Toyota Way] .....	32
Ilustración 14 Uso de estándares como herramienta de mejora continua [The Toyota Way]... 34	34
Ilustración 15 The Toyota Way House [The Toyota Way] .....	34
Ilustración 16 Ciclo PDCA [The Toyota Way] .....	35
Ilustración 17 Las tres Ms: Muda (gasto), Mura (irregularidad) & Muri(sobrecarga) [The Toyota Way] .....	38
Ilustración 18 Tipos de desperdicio (Muda) [RD 14] .....	39
Ilustración 19 Método de las 5S [RD 15] .....	42
Ilustración 20 Visual management sala OBEYA [RD 10] .....	43
Ilustración 21 Ejemplo de Power BI [RD 9] .....	44
Ilustración 22 Resultados financieros IAG tercer trimestre 2022 [RD 5] .....	45
Ilustración 23 Cabina business Iberia A350 Next .....	46
Ilustración 24 Ejemplo LOPA de aeronave [RD 6][RD 7] .....	47
Ilustración 25 Reporte de KPIs previo a reingeniería del proceso .....	48
Ilustración 26 Reporte de restricciones operativas previo a reingeniería del proceso .....	48
Ilustración 27 Reporte diario de restricciones .....	50
Ilustración 28 Reporte semanal KPIs flota Largo Radio análisis de inserts .....	51
Ilustración 29 Portada reporte KPIs .....	58
Ilustración 30 Pendientes cerrados y abiertos por avión .....	59
Ilustración 31 KPIs Restricciones Largo Radio .....	59
Ilustración 32 KPIs inserts Galleys Largo Radio .....	60
Ilustración 33 KPIs Restricciones Corto Radio .....	60
Ilustración 34 KPIs inserts Galleys Corto Radio .....	61
Ilustración 35 Información general acerca restricciones operativas abiertas .....	62
Ilustración 36 Detalle restricciones operativas Largo Radio .....	62
Ilustración 37 Detalle restricciones operativas Corto Radio .....	63
Ilustración 38 Work Scope equipo Passenger Care para flota de Largo Radio .....	64



---

Ilustración 39 Work Scope equipo Passenger Care para flota de Corto Radio .....	65
Ilustración 40 LOPA A350-900 Iberia [RD 1].....	66
Ilustración 41 LOPA A330-300 Iberia [RD 1].....	66
Ilustración 42 LOPA A330-200 Iberia [RD 1].....	66
Ilustración 43 LOPA A321 Iberia [RD 1].....	67
Ilustración 44 LOPA A320 Iberia [RD 1].....	67
Ilustración 45 LOPA A320 NEO Iberia [RD 1].....	67
Ilustración 46 LOPA A319 Iberia [RD 1].....	68



# 1. Introducción

El mantenimiento aeronáutico consiste básicamente en una serie de inspecciones periódicas que deben realizarse en todas las aeronaves comerciales/civiles transcurrido un tiempo específico o después de un uso específico. Las compañías aéreas y otros operadores comerciales de aeronaves se rigen por un programa de inspección continua aprobado por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) en Europa, y por la Administración Federal de Aviación (FAA) en los Estados Unidos.

Por parte de EASA, el reglamento que rige la aeronavegabilidad continuada es el reglamento (EU) No 1321/2014 en el cual se establecen los procedimientos y requisitos para el mantenimiento de la aeronavegabilidad dentro de los países miembros de la Unión Europea.

IR: (EU) No 1321/2014

Annex I: Part-M  
Annex II: Part-145  
Annex III: Part-66  
Annex IV: Part-147  
Annex Va: Part-T  
Annex Vb: Part-ML  
Annex Vc: Part-CAMO  
Annex Vd: Part-CAO

*Ilustración 1 Reglamento 1321/2014 y anexos [RD 2]*

En el caso de la AESA, el programa de inspección está regulado por el reglamento (UE) N.º 1321/2014 de la COMISIÓN de 26 de noviembre de 2014, el mismo relativo al mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves y de los productos aeronáuticos, componentes y equipos, así como de las organizaciones y el personal que participan en estas tareas. Las especificaciones de estas revisiones de mantenimiento figuran específicamente en el anexo I (parte M). [RD 2] [RD 16]

Los intervalos de tiempo estipulados entre las diferentes inspecciones de mantenimiento dependen tanto del fabricante de la aeronave como del operador de la misma. Estas revisiones dependen normalmente del número total de horas de vuelo de la aeronave y del número de ciclos de la aeronave.

El mercado de Mantenimiento y de las aerolíneas son muy competitivos y se ven afectados por márgenes comerciales pequeños y un alto grado de exigencia. Es por ello que la mejora continua es casi una exigencia para ser un competidor serio.

## 1.1 Historia de Iberia

Iberia es la aerolínea española de bandera, fundada el 28 de junio de 1927 por el empresario Horacio Echevarrieta y la alemana Lufthansa durante la dictadura de Primo de Rivera como monopolio del transporte aéreo español. En 1929 fue forzada a aportar sus rutas y aviones a la recién creada CLASSA, a instancias del dictamen del Directorio Militar para formar un monopolio con una sola compañía que agrupara todas las existentes por entonces en España. Tras la proclamación de la Segunda República, CLASSA fue disuelta y se creó así LAPE, que absorbió todas las rutas y bienes de CLASSA. Durante todos los años de existencia de CLASSA y LAPE, Iberia fue una sociedad durmiente sin actividad real, pero pese a ello, presentaba anualmente su balance de cuentas en el registro mercantil.

En 1937, durante la guerra civil española Iberia fue reactivada y se convirtió en la línea aérea del bando sublevado, con sede en Salamanca, volando algunos Dragon Rapide y Junkers 52. Hasta 1939, en que realizó su primer vuelo entre Madrid y Lisboa, fue una aerolínea de ámbito exclusivamente nacional.



*Ilustración 2 Junkers Ju 52 fabricado por CASA en España [RD 1]*

El 22 de septiembre de 1946 se convierte en la primera aerolínea en volar entre Europa y América del Sur, mediante el establecimiento del itinerario entre Madrid y Buenos Aires, con escalas en Villa Cisneros, Natal y Río de Janeiro. El avión usado para la ocasión fue un Douglas DC-4, y en él también volaron las primeras azafatas. En 1954 se inauguró el vuelo entre Madrid y Nueva York. Para ello se utilizó un aparato Lockheed Constellation. En el segundo semestre de 1961 Iberia empezó a utilizar aviones de reacción. Así, se fueron incorporando tres aparatos Douglas DC-8 para ser explotados en los itinerarios de largo radio. Entre los últimos años de la década de 1980 y principios de la década de 1990, Iberia realizó una enorme modernización en su flota. Los nuevos McDonnell Douglas MD-87, Airbus A320, Airbus A340 y Boeing 757 reemplazaron a los antiguos Douglas DC-9, Douglas DC-10 y Boeing 727. (Olivares, 2008)



*Ilustración 3 Douglas DC-10 de Iberia [RD 1]*

En la década de los 90 desde la dirección del Instituto Nacional de Industria (INI), que era propietario de la mayor parte del capital de Iberia, se planteó una estrategia de crecimiento para la compañía que consistía en la expansión de esta en el mercado latinoamericano. Se adquirió una parte de la propiedad de Aerolíneas Argentinas, de Viasa y el 35% de Ladeco. Esta estrategia finalmente resultó ser un desastre por las dificultades y la mala gestión que conllevó. El Gobierno español respaldó a Iberia con la aprobación de la Comisión Europea para sacar a Iberia de la bancarrota. En 1999 Iberia pasó a formar parte de la alianza Oneworld junto a British Airways y American Airlines, entre otras.



*Ilustración 4 Alianzas de aerolíneas más importantes del mundo [RD 4]*

En 2001 se produce su salida a bolsa culminando así el proceso de privatización de la compañía. Al año siguiente pasó a formar parte del Ibex 35 hasta 2011 que se fusionó con British Airways. Se trataba fundamentalmente de una fusión a nivel económico ya que ambas empresas mantendrían sus propias marcas dentro de la nueva aerolínea, que se convertiría en uno de los grupos aéreos internacionales más grandes del sector: la tercera compañía aérea a nivel mundial, iniciándose así el grupo IAG que cotiza en la bolsa de Londres y en el Ibex35. [RD 12]

En la actualidad, Iberia LAE Operadora vuela a 76 destinos en 47 países desde su base en el Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. El Grupo Iberia vuela a 126 destinos de 47 países y en código compartido con otras aerolíneas vuela a 224 destinos en 50 países. Con una flota de 150 aviones, realiza unos 1000 vuelos diarios. La flota actual de Iberia está compuesta por aeronaves del fabricante Airbus, para trayectos de largo radio opera con modelos A350 y A330

con configuración ETOPS, mientras que para corto radio emplea aeronaves de la familia A32X.  
[RD 12]



Ilustración 5 Flota Iberia situada en la T4 del aeropuerto Adolfo Suarez en Barajas, Madrid [RD 11]

Por último, con el fin de exponer la estructura de Iberia y ubicar la función del ML, ya que el proyecto va enfocado a un proceso del equipo de Customer Care dentro de la división de ML; en la Ilustración 6 se exponen las diferentes posiciones en el comité de dirección. A la cabeza se sitúa el presidente ejecutivo o CEO que actualmente es Javier Sánchez-Prieto, de él cuelgan las diferentes ramas que conforman la aerolínea, a partir del 2020, la célula de ML pasó a colgar de la rama de producción en lugar del MRO debido al impacto que tiene en la operativa.

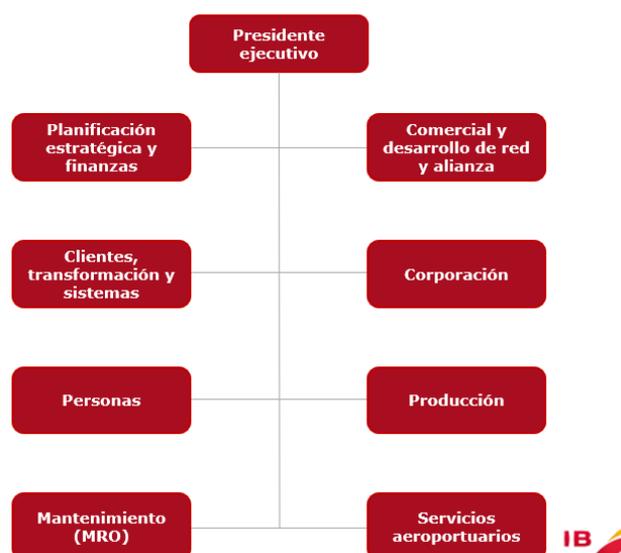


Ilustración 6 Organigramma del comité de dirección de Iberia [RD 1]

En la Ilustración 7 se muestra desplegada la rama de producción, se aprecia que de esta rama cuelgan las divisiones que mayor impacto tienen en la operativa como son pilotos, TCPs, ML...

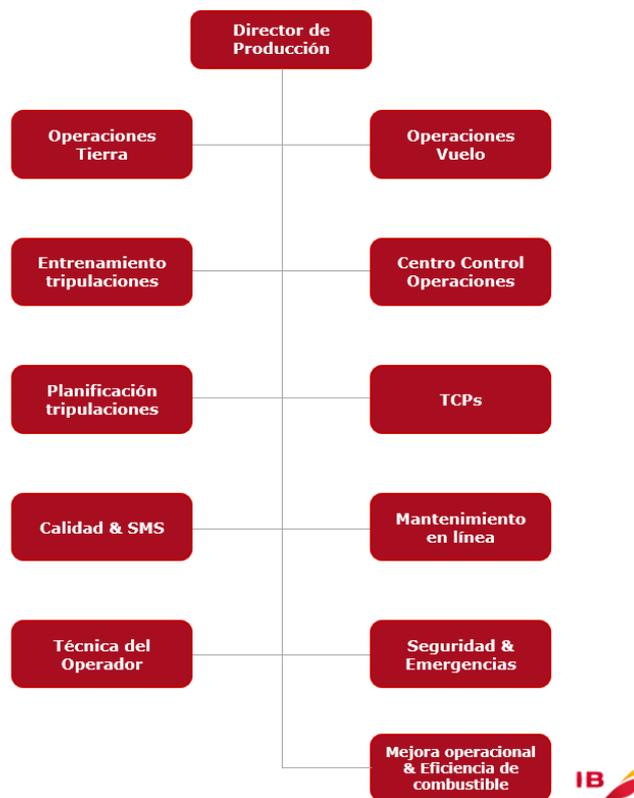


Ilustración 7 Organigrama rama de Producción de Iberia [RD 1]

Desplegando la rama de ML en la Ilustración 8, se aprecia dónde se sitúa el equipo de Customer Care, dentro de la célula de Producción de ML. El ML de Iberia se ejecuta en la T4 del Aeropuerto de Madrid-Barajas y en el Hangar 5 de las instalaciones de la Muñoz, dependiendo de las necesidades de las tareas que se van a ejecutar en la aeronave como se detalla en el siguiente punto. También se realizan trabajos en diversas estaciones nacionales e internacionales como Barcelona, aunque el grueso de los trabajos se lleva a cabo en el Hub que es Madrid.

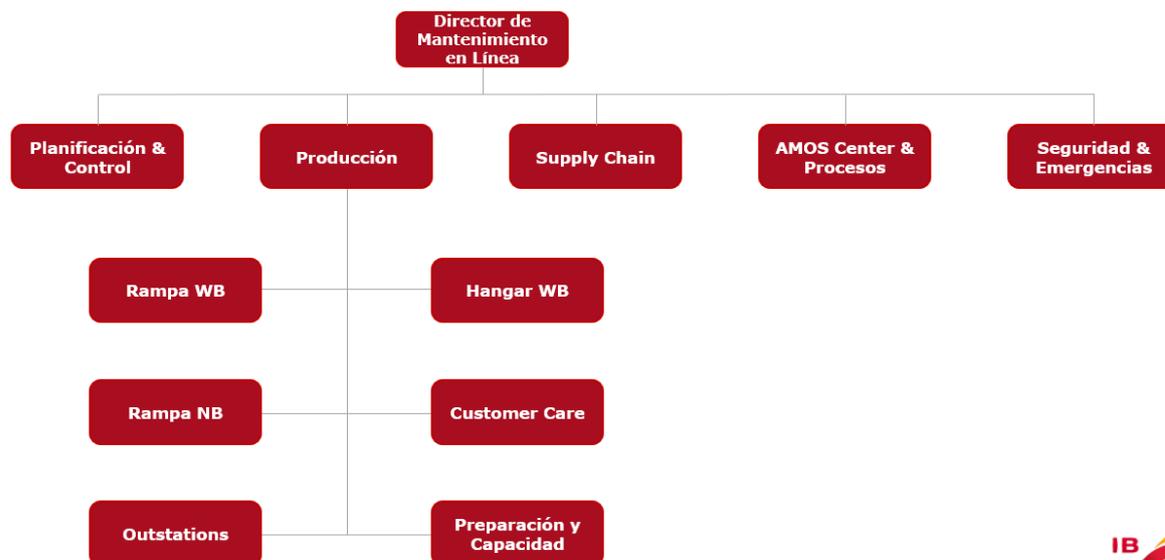


Ilustración 8 Organigrama ML [RD 1]

## 1.2 MRO Iberia

El pilar fundamental y prioridad a la hora de operar con aeronaves es siempre la seguridad. La seguridad siempre ha ido de la mano de la aviación debido al riesgo que conlleva transportar personas y mercancía por el aire, también es una industria que los estándares de seguridad son muy exigentes. Por este motivo un mantenimiento adecuado de las aeronaves es fundamental para que la operativa sea segura y fiable.

Existen dos planteamientos estratégicos a la hora de realizar el mantenimiento aeronáutico por parte de las aerolíneas. Por un lado, se puede externalizar o subcontratar el mantenimiento, tanto para mantenimiento pesado como para ML, una aerolínea que sigue esta estrategia es Easyjet; por otro lado, existe la posibilidad de internalizar el mantenimiento como es el caso de Iberia, a continuación, se especifican más detalles de esta estrategia. Para decantarse por una estrategia u otra cada aerolínea realiza un estudio estratégico donde se valoran diferentes factores, entre los que destacan los costes, calidad y la necesidad de mantener la flota en estado operativo.

Iberia realiza su propio mantenimiento aeronáutico en su base de mantenimiento en Madrid, La Muñeza, donde tiene instalaciones y recursos para realizar mantenimiento de motores, mantenimiento pesado y ML.

Iberia Mantenimiento dispone de tres hangares en Madrid y uno en Barcelona con 18 posiciones y los talleres necesarios para prestar los servicios de mantenimiento y administración de material tanto para aeronaves de fuselaje ancho como estrecho. Iberia Mantenimiento realiza

las revisiones del grupo Iberia (Iberia e Iberia Express) y de los miembros del grupo IAG (Vueling, British Airways y Aer Lingus). [RD 3]



*Ilustración 9 Instalaciones Hangar 5 en La Muñoz [RD 1]*

Se considera interesante realizar una breve descripción de los diferentes tipos de mantenimiento que tienen lugar en un centro de mantenimiento de aviones comerciales. Aunque recientemente en Iberia el ML se ha integrado al negocio de la aerolínea por su estrecho vínculo con la operativa se considerará la actividad del mismo como parte del MRO.

Un centro de Mantenimiento de aviones o MRO es una organización en el entorno aeronáutico que aglutina el conjunto de actividades dirigidas a permitir que las aeronaves operen con seguridad, eficiencia y de acuerdo a los requerido por la Regulación de la Autoridad Aeronáutica pertinente.

La estructura de un MRO no sólo está compuesta por áreas netamente productivas como son las áreas de mantenimiento de Aviones y Célula, de motores, de componentes aeronáuticos y talleres auxiliares si no que abarca un completo sistema empresarial constituido también por áreas responsables de: Calidad, Comercial, Logística y cadena de suministros, Recursos Humanos...

Como se ha apuntado anteriormente el mantenimiento de las aeronaves está sujeto a un rígido marco regulatorio y sustentado en la ejecución de tareas incluidas por un Plan de Mantenimiento definido por el fabricante del avión.

Dentro de este conglomerado de actividades el área a tratar que es el mantenimiento de Aviones y Célula está dividido de acuerdo a los estándares de la industria en:

- Mantenimiento en línea o Line Maintenance.
- Mantenimiento en Base o Base Maintenance.
- Mantenimiento Mayor o Heavy Maintenance.

El área competente para la realización de dichas tareas depende de la extensión y profundidad de las tareas a realizar.

El área de ML o Line Maintenance está enfocado al mantenimiento de la operatividad del avión durante su operación, se lleva a cabo en el entorno aeroportuario. Conlleva el mantenimiento programado al avión durante la operación diaria y la resolución de las averías que se produzcan.

El área de Mantenimiento en Base o mantenimiento menor aglutina inspección de distinta profundidad en paquetes de trabajo, Work Packages, que requieren de un mayor tiempo de parada, slots de 12 a 48 horas, y asignación de recursos humanos y materiales. Las tareas que componen estos paquetes forman parte del Plan de Mantenimiento o incorporan modificaciones menores o boletines de servicio que tienen como objetivo actualizar la condición técnica de la aeronave durante su ciclo de vida mejorando su fiabilidad y comportamiento.

Por último el área de Mantenimiento Mayor o Heavy Maintenance en la que se realizan las grandes revisiones de entre 5 y 30 días de duración, revisiones y Overhaul, con una elevada dedicación de recursos, en las que igualmente siguiendo las tareas impuestas por el plan de mantenimiento se realiza un nivel importante de desmontaje de las partes y sistemas de la aeronave, que permiten realizar profundas inspecciones estructurales, se acometen reparaciones mayores y se realizan modificaciones importantes tanto de los sistemas del avión como de su configuración.

Sin lugar a duda es un entorno tecnológico e industrial en el que son de vital importancia entre otros factores el tiempo de producción, la planificación de recursos materiales y de los equipos humanos. Es por ello que optimizar los procesos y eliminar todo el desperdicio posible conllevará una mejora del rendimiento sustancial.

### **1.2.1 Documentación asociada**

La industria de la aviación es la más regulada de todos los medios de transporte. Estas regulaciones van desde el diseño de los vehículos hasta la operación y el mantenimiento de lo mismo, incluso desde el punto de vista del negocio.

Cada avión diseñado y construido debe tener un certificado de tipo (TC) aprobado o certificado de diseño bajo EASA. El certificado de tipo se aplica en las primeras etapas del diseño, pero no se otorga hasta que el avión está realmente construido, es probado en vuelo, y demuestra que está acorde a los estándares de seguridad y aeronavegabilidad.

Las ICA's (Instructions for Continued Airworthiness) hacen referencia a las instrucciones para la aeronavegabilidad continuada. Surgen a partir de las FAR/JAR 21 con el TC. Los fabricantes deben suministrar un conjunto de documentos junto con los productos vendidos. Entre ellos se encuentra al menos un juego de instrucciones completas para la Aeronavegabilidad Continuada a cada uno de los propietarios/operadores del avión contemplado en el TC, en el momento de la entrega de la mismo o primera edición del Certificado de Aeronavegabilidad, lo que suceda más tarde.

La documentación de los aviones es digital, los principales fabricantes son Airbus y Boeing, ambos disponen de plataformas a las que tanto operador como organización parte 145 pueden acceder y tener la información actualizada. Es necesario tener un contrato para disponer de los permisos. La plataforma de Airbus es Airbusworld y la de Boeing es Myboeingfleet. La de Airbus tiene un entorno virtual Airn@v con hipervínculos entre documentaciones.

A continuación, se realiza una breve descripción de la documentación más relevante relacionada con el mantenimiento de aeronaves.

### **1.2.1.1 AMM - Aircraft Maintenance Manual**

Contiene toda la información sobre el mantenimiento del avión y sus componentes. Comienza con una introducción acerca del manual. Cada ATA Chapter tiene una propia introducción y explica cada sistema en cuanto a funcionamiento, y posteriormente detalla paso a paso:

- Inspecciones
- Test funcionales
- Test operacionales
- Montajes y desmontajes
- Ajustes, lubricaciones, etc.

Las tres parejas de números de cada página de los manuales de mantenimiento: la primera corresponde al capítulo ATA, la segunda a la sección o secciones del sistema y la tercera al sujeto o elemento/unidad, siendo estas últimas considerados sub ATAs.

### **1.2.1.2 CMM - Component Maintenance Manual**

Son los manuales de los componentes desmontados del avión. Cada equipo se puede desmontar y por tanto repararse en un taller. Están escritos por los vendedores (es un OEM, fabricante que vende componentes y como consecuencia tiene la DOA y POA de un componente) de los componentes que van desde los propios motores hasta las butacas o los baños del avión.

Cuando un elemento (equipo) se desmonta del avión para repararlo en taller, siempre debe usarse su CMM. Sobre avión (trabajos realizados en el avión) nunca puede usarse un CMM, el personal con licencia de avión Parte 66, no tiene la capability (ni formación personal, ni utillaje, ni manual) para certificar trabajos relativos a CMM. Este proporciona el mismo tipo de información sobre sus componentes que el AMM sobre el avión y sistemas.

### **1.2.1.3 TSM/Airbus – Trouble Shooting Manual**

Son manuales que ayudan a la resolución de averías. Estos manuales contienen un conjunto de árboles de identificación de averías. Los diagramas de flujo están diseñados para localizar los problemas que pueden surgir en los sistemas del avión y que nos llevan al origen de los mismos.

Los aviones modernos disponen de información digital en cabina que informa tanto a la tripulación técnica como al mecánico de las averías del avión ECAM- Engine Centralized Aircraft Monitor (Airbus). A través de los códigos de fallo se maneja el TSM en busca de la solución de la avería.

#### ***1.2.1.4 IPC - Illustrated parts catalog***

En el IPC están reflejados la mayoría de los P/N del avión. Cuando no están en ese manual, es porque corresponden a un elemento estructural y hay que acudir a los planos del avión o al CMM de un fabricante específico. En el IPC está la representación gráfica del elemento, donde se encuentra, su efectividad, su intercambiabilidad, la cantidad en el avión, las modificaciones y SB's que involucran al P/N.

El MSN- main serial number, no cambia, es el mismo para un elemento. P/N- part number, indica que elemento es y el S/N- serial number, hace único al elemento, es decir, dos elementos iguales tendrán el mismo P/N, pero, distinto S/N.

#### ***1.2.1.5 SRM - Structural Repair Manual***

Es un manual no customizado. El avión puede estar fuera de servicio por: averías de sistemas o daños estructurales. Todos los daños estructurales deben ser evaluados antes del siguiente vuelo del avión, de acuerdo a este manual. Se pueden dar los siguientes casos:

- Los daños pueden encontrarse dentro o fuera de límites de acuerdo al manual.
- Estando fuera de límites de manual, pueden tener reparación de acuerdo al SRM.
- Si están fuera de límites de manual y no tienen reparación de acuerdo al SRM, hay que consultar al fabricante o ser DOA (diseño o POA-fabricación) para realizar un diseño de reparación.

Cualquier reparación estructural, es una modificación del diseño del avión, por lo que debe estar correctamente documentada y justificada.

#### ***1.2.1.6 SB - Service Bulletin***

Es un documento expedido por los fabricantes para notificar a los propietarios y operadores del avión (o motor, o cualquier componente o sistema) unas modificaciones recomendadas, sustitución de ciertos elementos, inspecciones o pruebas especiales, reducción de los límites existentes de la vida en servicio...

La diferencia entre el boletín de Servicio y directiva de aeronavegabilidad es que el SB es recomendado y la AD (Airworthiness directive) es obligatoria y si no se cumple se pierde el certificado de aeronavegabilidad del avión.

A veces los SB's se convierten en AD's a través de la autoridad competente, lo que ocurre cuando puede haber una situación insegura que ponga en riesgo la seguridad de las operaciones del avión. Es muy común que el SB de inspección sea AD, mientras que el SB de modificación es una recomendación que al cumplimentarlo se evita la realización de la inspección por ser acción terminante de la AD.

Los SB's de fabricante pueden ser adaptados a documentación de operador/Parte M, pasando a ser documentación propia.

### **1.2.1.7 AD – Airworthiness Directive**

Una directiva de aeronavegabilidad (AD) es una regulación debida a una condición insegura de un producto. Su incorporación es de carácter obligatorio (mandatorio) y puede ser expedida por la autoridad competente o ser un SB relativo al problema. Ningún operador puede operar sin realizar una AD, tanto en avión como en un componente afectado.

Una AD incluye:

- Descripción del problema.
- Componente o sistema al que se le aplica
- La acción correctora requerida, límite de cumplimentación y repeticiones en caso necesario.
- Referencias para obtener la información adicional (referencias a manuales a utilizar) e información sobre métodos alternativos para el cumplimiento de la AD.

Existe un tipo especial de AD que es la Emergency Airworthiness Directive que se promulga cuando la acción correctora requiere una acción inmediata. En España, dependiendo del grado en que la condición insegura pueda afectar la aeronavegabilidad del avión, las AD pueden ser emitidas:

- **De emergencia:** se emiten sin aviso previo, bajo procedimientos de emergencia como reglas de adopción inmediatas. Pueden dejar toda una flota en tierra.
- **Normales:** siguen procedimientos normales establecidos por las autoridades aeronáuticas que lo emiten.

Se especifica en una Circular de información de la Secretaria de Seguridad Aérea que trata acerca de Directivas de Aeronavegabilidad para proveer una guía a propietarios y operadores de aeronaves, relativa a sus responsabilidades para el cumplimiento de las AD u del registro de cumplimentación.

#### **1.2.1.8 MMEL – Master Minimum Equipment List & MEL – Minimum Equipment List**

Para gestionar las interrupciones en servicio de ciertos componentes, que deberían estar operativos hasta que puedan ser reparados hay tres métodos:

- Redundancias
- LRU's (Line Replacement Units).
- MEL (Minimum Equipment List) y MMEL (Master Minimum Equipment List) de fabricante.

La MMEL es realizada por los fabricantes y aprobada por la autoridad competente correspondiente para identificar los equipos que pueden estar degradados o inoperativos a la hora de despachar el avión.

Para ello, la tripulación técnica bajo ciertas circunstancias, una vez que conoce la situación de inoperatividad o degradación de los equipos en cuestión, debe dar su consentimiento y se debe estipular que la reparación se lleve a cabo en el tiempo prescrito por la MMEL.

Los fabricantes desarrollan la MMEL, y contiene información de todo el equipamiento disponible en el modelo de avión al que se aplica. Es responsabilidad del operador desarrollar su propio manual personalizado para sus equipos específicos.

La MEL permite a un avión ser despachado con ciertos elementos inoperativos cuya pérdida no afecta a la seguridad de la operación durante el vuelo. El concepto de mantenimiento de la MEL es permitir que puedan retrasarse las acciones de reparación de forma que no se modifique el programa de vuelos.

La MEL está elaborada por cada operador (personalizada) en base a la MMEL. La MEL es igual o más restrictiva que la MMEL aprobada por la autoridad.

- **Diferido:** es un elemento que se puede quedar inoperativo por un periodo de tiempo específico en función de cómo esté categorizado. El intervalo de corrección, es el periodo que se dispone para reparar un elemento inoperativo una vez que se ha decidido a despachar el avión con dicho elemento así. Es una limitación en la duración de operaciones con equipos inoperativos. (Intervalo de corrección del diferido).  
La extensión del intervalo consiste en la ampliación de la duración del intervalo de corrección sujeto a ciertos condicionantes. Se relacionan con la categorización de la avería. Un intervalo de tiempo equivale a una categorización de un diferido.

**Día del hallazgo / Finding:** es el día en que un fallo de funcionamiento fue registrado en la parte de vuelo de la aeronave. La MMEL debe estipular los intervalos de corrección:

- **Categoría A:** no se especifica un intervalo estándar para su corrección, los ítems en esta categoría deberán ser corregidos de acuerdo con las condiciones estipuladas en la MMEL.
- **Categoría B:** los elementos deben ser corregidos dentro de los 3 días de calendario consecutivos, excluyendo el finding.
- **Categoría C:** deben ser corregidos dentro de los 10 días.
- **Categoría D:** dentro de los 120 días.

Se quiere destacar que en el uso de la MEL la tripulación usa esta lista, pero no difiere, despacha el vuelo de acuerdo con la MEL. Mantenimiento es quien difiere la avería que pasa a la lista de Diferidos, realmente lo que se difieren son los elementos inoperativos, no las averías. Partes de la MEL:

- **Limitaciones operativas:** diferidos que limitan la operación del avión, pero no indica el número máximo.
- **Restricciones operativas:** pendientes que limitan la operación comercial del avión. Los pendientes son componentes no incluidos en la MEL cuya inoperatividad no afecta a la aeronavegabilidad del avión.
- **Lista de diferidos:** anotación de todos los diferidos de la flota y su estado.

## 2. Planteamiento del problema

Debido al extenso número de aviones con el que cuenta la flota de Iberia, concretamente suman 104 aeronaves, 36 de largo radio y 88 de corto radio entre Iberia e Iberia Express; el seguimiento del mantenimiento de estas es un arduo trabajo, tanto por la cantidad de componentes que tienen las aeronaves como el seguimiento que exigen las autoridades aeronáuticas, ya que si algo distingue a la industria aeronáutica es que la seguridad va siempre por delante. Por este motivo, los elementos de las aeronaves son tan redundantes y se realizan revisiones tan periódicas.

Desde Iberia a parte de las revisiones del plan de mantenimiento de las aeronaves se decidió dar un enfoque distintivo a los interiores y cabinas con el proyecto que se detalla a posteriori. Esto conlleva un esfuerzo extra en el mantenimiento de las aeronaves, además, la mayor parte de los ingresos de la aerolínea proviene del pasaje por lo que el cuidado de los clientes en Iberia tiene un peso relevante. [RD 5]

La dirección de Iberia pretende tener una visibilidad en tiempo real de todos los elementos que estén comprometidos con la estancia de los pasajeros en el avión. Esto hace referencia a los asientos, tanto su funcionamiento como su aspecto, el sistema de entretenimiento, cafeteras, lavabos... Solo el número de asientos es del orden de 24.000 por lo que la probabilidad de que falle algún elemento es muy alta, en los anexos se pueden revisar las LOPAs (Layout of Passenger Accomodations) de la flota.

A día de hoy, el seguimiento y reporte de estas restricciones operativas se realiza de forma manual rellenando archivos Excel avión por avión, para posteriormente, generar unos gráficos y presentarlos a la dirección de Iberia.

Recientemente en la operativa de ML de Iberia se está introduciendo la metodología LEAN, la forma de trabajar ha variado en esta índole y se están optimizado varios procesos. De esta forma se están obteniendo mejoras de eficiencia y depurando procesos

### 3. Objetivo del trabajo

El objetivo de este proyecto es realizar una reingeniería del proceso de seguimiento de restricciones operativas y pendientes dentro de la cabina de toda la flota Iberia haciendo uso de la metodología LEAN con el fin de optimizar el proceso. Se expondrán diversas aplicaciones Lean que se emplearán para la optimización del proceso descrito posteriormente.

De esta forma se podrá realizar un reporte del estado de las cabinas e interiores a la dirección de Iberia a la vez que se podrán medir los diferentes KPIs en tiempo real.

Resulta un reto notable debido a la cantidad de datos que se deben manejar y el extenso número de aeronaves con las que opera una gran aerolínea como es Iberia.

En primer lugar, se debe realizar un análisis exhaustivo del proceso completo, de forma que se encuentre la mayor cantidad de desperdicio y optimizar el mismo aplicando diferentes técnicas y aplicaciones de la metodología LEAN que se exponen en el punto 4.1.3.

Como objetivos derivados del proyecto se tienen:

- Mejora de tiempo: uno de los principales problemas de este proceso actualmente es la cantidad de tiempo que conlleva realizar el seguimiento y reporte de restricciones y pendientes.
- Ahorro de costes: tanto en una empresa como en cualquier proyecto que se desee optimizar siempre se va a buscar minimizar costes, ya sea derivado de ahorro de tiempo, medios, mano de obra...
- Mejora de fiabilidad: se buscará generar un proceso automatizado que sea sostenible y fiable a lo largo del tiempo.
- Mejora de la visualización: hacer uso de visual management para optimizar el reporting.
- Mejora de la comunicación: obteniendo datos fiables y en tiempo real.

## 4. Fundamento teórico

### 4.1. Metodología LEAN

#### 4.1.1. Historia de la metodología LEAN

La Metodología LEAN tiene como origen el Sistema de Producción de Toyota (Toyota Production System, TPS), que fue desarrollado por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo durante las décadas de 1950 a 1980 en Japón. Sin embargo, realmente el origen de la metodología LEAN no está en ese momento, sino que empieza a tener su arranque como filosofía empresarial en las primeras prácticas que introdujo Sakichi Toyoda en la industria textil de Japón al inicio del siglo XX después de la revolución industrial mediados del siglo XIX.

A finales del siglo XIX Sakichi Toyoda diseña sus primeros prototipos de telares que más tarde serían el pilar de la revolución textil en el Japón de inicios del siglo XX. En ese periodo Japón se ve inmerso en una importante depresión económica y esta situación crítica sirve de detonante para que Sakichi Toyoda diseñe sus propios telares automáticos y funde su propia empresa, Industrias Toyoda, sus diseños y prácticas de trabajo se sostendrá sobre tres principios básicos:

- Detener las operaciones siempre que ocurra algo irregular.
- No fabricar nunca productos defectuosos.
- Que el personal no tenga que vigilar constantemente las máquinas.

Es decir, aparecen los primeros rasgos de la filosofía LEAN, eficiencia, calidad y evitar derroches; teniendo como arranque la motivación de cambio y mejora que se da en situaciones críticas, liderado por un hombre disciplinado y emprendedor como fue Sakichi Toyoda.

Posteriormente a lo largo de los años 20, Sakichi Toyoda y su hijo Kiichiro conocen la emergente industria del automóvil de Estados Unidos y en 1929 con los recursos que obtiene de la venta de la patente de su telar automático su hijo comienza en la nueva industria de los motores de combustión.

Kiichiro Toyoda comienza a investigar los motores de combustión, para adquirir el conocimiento tecnológico necesario viaja a Norteamérica, llevando consigo los lemas de la automatización de la empresa de su padre y añadiendo su propia metodología de aprendizaje: observar, probar y equivocarse, característicos de la revolución industrial en el Japón del siglo XIX.

En 1933 Kiichiro Toyoda funda Automóviles Toyoda como una división de la empresa de telares automáticos de su padre. En 1934 Toyoda inició la fabricación de sus primeros motores y en 1935 se fabricaron los primeros automóviles y camiones, fue en el momento del lanzamiento de sus primeros productos, cuando cambian el nombre familiar de la empresa por "Toyota", por

ser más sencillo fonéticamente y visualmente y por estar compuesto de ocho trazos, un número que da suerte en la cultura japonesa.

A partir de 1937 se separarán industrias Toyoda, que continuará fabricando telares, y Toyota Motor Company, empresa independiente que aglutinará todas las actividades relacionadas con la automoción.

En las primeras experiencias los ingenieros de producción de Toyota se encontraron con los problemas típicos de la fabricación en serie. Como ejemplo al inicio de la producción en serie de los motores de combustión, tras producir un importante lote de culatas, las montaron en los correspondientes motores, y comprobaron que no conseguían la potencia requerida, esto era debido a un defecto en las culatas. Los enormes costes provocados les enseñaron una de las lecciones que se han mantenido en la cultura de la compañía: la consecución y verificación de la calidad de los componentes en cada etapa del proceso productivo, antes de pasar a la siguiente, filosofía que dio lugar al concepto Jidoka.

Dada la situación de materias primas del país también desde sus inicios Toyota adoptó la filosofía just in time, fabricar solo bajo demanda para hacer más eficientes sus procesos de montaje, además su proceso de fabricación se basó en el modelo de fabricación en serie, creado en la industria del automóvil de Estados Unidos. Todos estos detalles formarán parte del desarrollo de Toyota Motor Company y por ende de la filosofía LEAN.

En 1943 el ingeniero Taiichi Ohno se incorporó a Toyota Motor Company como responsable de las actividades de montaje desde la empresa familiar Toyoda. Progresó a diversos puestos directivos hasta llegar a vicepresidente en 1975. A partir de 1950 inicia su colaboración con el ingeniero industrial Shigeo Shingo, consultor en el desarrollo del sistema de producción de la compañía.

Después de la II Guerra Mundial Japón queda devastado por el conflicto, y Estados Unidos inicia en el país importantes programas de reconstrucción, el contacto con estos programas permitió a Ohno y Shingo familiarizarse con los métodos de producción de la industria estadounidense. En aquella época la metodología más avanzada eran las prácticas llevadas a cabo en las factorías de Ford, esta metodología suponía una enorme reducción de costes a partir de la producción en masa, pero para ello es necesario disponer de unas instalaciones y equipos de alta capacidad, de una numerosa mano de obra, un consumo masivo de materias primas, un mercado con un gran volumen de demanda, y una disponibilidad de capital que permita financiar la producción de un gran número de componentes.

La situación de Japón tras la gran guerra era de una tremenda carestía, no disponían de materias primas, ni de la mano de obra, ni volumen de demanda y la financiación necesaria para emular al fabricante Ford. En esta situación de crisis, inspirados en los métodos de Ford, Ohno y Shingo desarrollaron un sistema de producción propio para Toyota, enfocado en la utilización ajustada de recursos que cubrieran la demanda real en cada momento. Con este criterio, se inició la metodología just in time, equilibrando los lotes de producción y los inventarios intermedios respecto a los tiempos de entrega, flexibilizando el modelo productivo para asumir los cambios en la demanda, cantidad y variedad de productos y minimizando los costes de producción.

Estas innovaciones del método productivo de Toyota sobre las limitaciones de flexibilidad del modelo de Ford se acompañaron de una mayor relevancia de los trabajadores en las plantas de producción de Toyota. En esa época los trabajadores en Ford no aportaban valor organizativo, solo su habilidad y fuerza para ejecutar operaciones simples sin especial cualificación. Los responsables de Toyota, Ohno y Shingo, valoraron las capacidades y conocimientos de los trabajadores de Toyota y lo aprovecharon para incentivarles a incrementar la eficiencia y mejora continua del Sistema, integrando a las personas en equipos que se responsabilizaban de la productividad y la calidad de sus operaciones.

Por tanto, estos dos grandes innovadores implantaron los dos pilares de la filosofía LEAN, eficiencia, evitando derroches y mejorando de forma continua a partir de la calidad total de las personas que formaban el equipo.

Todas estas mejoras en productividad y calidad de Toyota, llamaron la atención del resto de la industria del automóvil y en ella se fijaron expertos y directivos de todo el mundo. Pero adoptaron herramientas específicas del sistema (elementos de just in time, 5S, etc.), sin entender los principios del Sistema de Producción de Toyota. Como consecuencia la mayoría de estos intentos fueron fallidos.

A partir de la década de 1980 se profundizó por parte de los fabricantes del resto del mundo en el Sistema de Producción de Toyota, y aumentaron los casos de éxito que lo imitaban, hasta nuestros días en que esta metodología se está implementando en la industria del automóvil a nivel mundial.

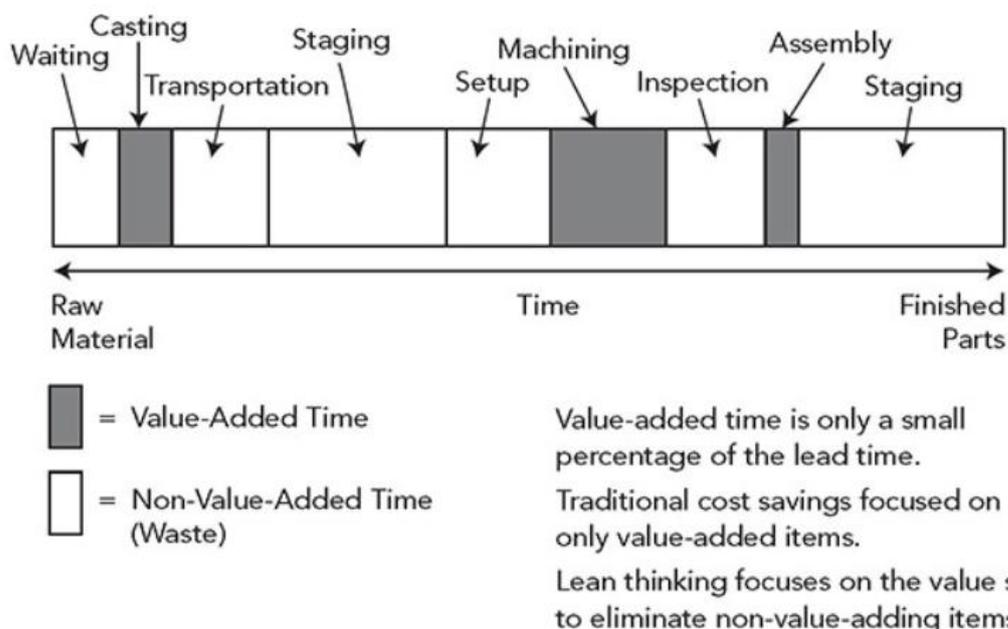


Ilustración 10 Desperdicio en la cadena de valor [The Toyota Way]

Por su parte, Toyota Motor Company siguió progresando en el desarrollo de su método, convirtiéndose en nuestros tiempos en el líder mundial en venta de automóviles. Como

conclusión el enorme potencial de aplicar los principios y herramientas de la Metodología Lean a los procesos de la cadena de valor están haciendo que en la actualidad se planteé su introducción en cualquier tipo de sector de la industria y de los servicios en aras de mejorar la calidad y la eficiencia, reducir costes y buscar la mayor satisfacción del cliente. (Liker, 2011) (Liker, 2004)

#### **4.1.2. Implantación de la metodología LEAN en la industria aeronáutica**

Al igual que el resto de industrias, en la actualidad la industria aeronáutica está sometida a una enorme competencia global en fabricación, servicios y costes. Los factores más influyentes en la capacidad de competir son los plazos de entrega, la reducción de inventarios, el aumento de la productividad, la mejora de la calidad de la producción y la disminución de los costes operativos. Es ahí donde los gestores de la industria en los distintos fabricantes han evidenciado la necesidad e importancia de la aplicación de la metodología LEAN en este sector.

La aplicación de la metodología LEAN entre los fabricantes aeronáuticos se inicia en Estados Unidos en las factorías de Lockheed Martin en aviación militar, este fabricante usaba como modelo Six Sigma y LEAN desde finales de los años 90. Inicialmente se implementó en áreas específicas y en 1999 Lockheed Martin comenzó la iniciativa LM21. LM21, Lockheed Martin en el siglo XXI, aplicación de los conceptos Lean y Six Sigma para alcanzar la excelencia operativa en toda la organización, alcanzado resultados impresionantes en los últimos años.

El también fabricante estadounidense BOEING desplazó a parte de su equipo de management a Japón en el año 1995 para estudiar el sistema TPS (Toyota Production System) de Toyota, contrató a expertos y consultores japoneses para desarrollar la metodología en sus factorías, cadena de logística y proveedores. Mediante el LEAN manufacturing se alcanzaron logros en los flujos de producción tan eficientes y sorprendentes como el montaje de aviones en una cadena en movimiento, reduciendo en un 50%, tan solo 11 días, la producción del avión 737 Next-Generation en Renton (Washington). La línea de montaje transporta productos de un equipo al siguiente a un ritmo continuo de 5 centímetros por minuto, la cadena de producción va avanzando lentamente, garantizando un flujo continuo sin problemas, de principio a fin con la aportación adecuada de recursos humanos y la formación del personal.

Igualmente, el fabricante europeo AIRBUS en sus sedes en todo el mundo, ha aplicado a todas sus actividades la metodología LEAN manufacturing con el objetivo de conseguir el mayor rendimiento con el mínimo de inventario - ha acertado los plazos de entrega y aumentado la eficiencia de los productos y procesos de mejora.

Posteriormente ya en el inicio del siglo XXI la metodología LEAN se comenzó a aplicar a la actividad del mantenimiento aeronáutico a los MRO como Lufthansa Technik, LHT, donde durante los últimos 10 años se ha venido implementado una importante innovación mediante la metodología LEAN, primeramente con proyectos pilotos asesorados por expertos en LEAN manufacturing y posteriormente creando una estructura de especialistas en metodología LEAN

en todas sus áreas y realizando importantes inversiones en capacitación, procedimientos y equipamiento de trabajo haciendo especial hincapié en la formación de sus equipos de trabajo.

En conclusión, hoy en día la aplicación de la metodología LEAN, su filosofía y sus herramientas están siendo en la industria de la fabricación y del mantenimiento aeronáutico un cambio cultural organizativo.



*Ilustración 11 Fabricación de aeronaves aplicando LEAN [RD 8]*

#### **4.1.3. Herramientas y aplicaciones de la metodología LEAN**

A Toyota se le atribuye el mérito de desarrollar el “Toyota Production System” (TPS) y liderar la revolución de la “fabricación ajustada”. Pero las herramientas y las técnicas no son el arma secreta para transformar una empresa. El éxito continuado de Toyota se deriva de una filosofía empresarial más profunda arraigada en su comprensión de las personas y la motivación humana. En última instancia, su éxito deriva de su capacidad para cultivar el liderazgo, los equipos y la cultura; para diseñar la estrategia; para construir relaciones en toda la cadena de valor; y para mantener una organización que aprende.

La filosofía de LEAN se puede dividir en cuatro pilares o principios denominados como “4p” que son “Phylosophy, Process, People & Problem solving”. En la Ilustración 12 se muestran los 14 principios que involucran cada valor.

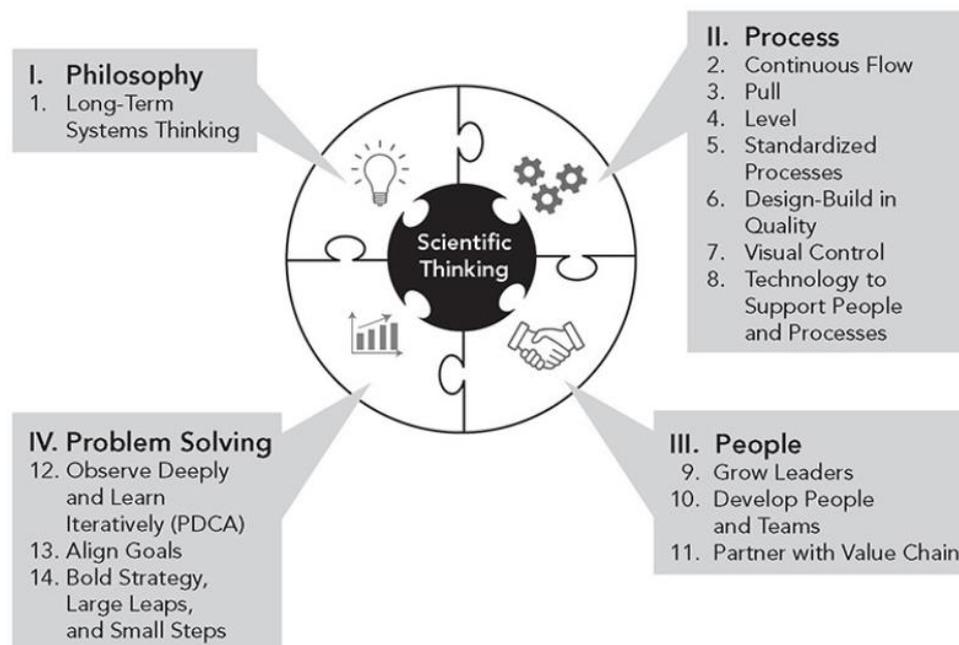


Ilustración 12 Modelo 4p y sus principios [The Toyota Way]

Analizando cada uno de los pilares:

- **Philosophy / Filosofía**

La filosofía de Toyota se basa en el pensamiento sistémico a largo plazo y en un claro sentido del propósito. ¿Cuál es nuestra visión y qué queremos conseguir? Pensar a largo plazo y en términos de sistemas requiere un razonamiento complejo. Es fácil implantar X para obtener inmediatamente Y. Pero, ¿y si introducimos X (como el desarrollo de los empleados) como parte de un sistema que indirectamente a lo largo de algunos años, en combinación con otras partes del sistema (como el flujo de una sola pieza), es probable que mejore los resultados empresariales? Toyota se esfuerza por planificar y fijar objetivos, pero luego espera perseguirlos mediante la mejora continua. La dirección está clara, pero el camino para llegar a ella es, en el mejor de los casos, confuso. Resolver problemas de sistemas complejos requiere un liderazgo que supervise todo el proceso, pero también que trabaje para alcanzar la visión dividiendo y conquistando, partiendo el futuro sistema deseado en piezas y poniendo a personas cercanas a cada proceso a cargo del aprendizaje a través de la experimentación continua.

- **Process / Proceso**

Los procesos no son algo estático, sino enfoques dinámicos del trabajo que pueden mejorarse mediante la experimentación y el aprendizaje. A menudo vemos en la comunidad lean a supuestos expertos que aplican sus métodos lean favoritos que les han funcionado en el pasado: construir células, ordenarlas y poner un tablón para las reuniones diarias. Toyota no presupone que se puedan aplicar soluciones para reparar o construir un sistema de alto rendimiento. De hecho, para Toyota, una de las principales razones para crear sistemas "lean", o lo que se

denominaban sistemas "frágiles", es sacar a la luz los problemas para que la gente pueda resolverlos científicamente uno por uno y aprender.

- **People / Gente**

Como ya se ha mencionado, nuestro pasado evolutivo no recompensaba el pensamiento lento y deliberado, y seguimos siendo producto de esa evolución. Tenemos muchos hábitos desagradables, como dejar que nuestras impresiones erróneas de experiencias pasadas nublen nuestro juicio sobre posibilidades futuras y ver la situación actual a través de lentes turbias y sesgadas. En Toyota, cada líder es un entrenador que enseña nuevas formas de pensar en el gembu (donde se hace el trabajo), a menudo con relativamente poca formación presencial u online. Tras mucha repetición, se crean vías neuronales y esas nuevas formas de pensar científicamente empiezan a sentirse cómodas.

- **Problem solving / Resolución de problemas**

En muchas organizaciones, la resolución de problemas suele consistir en poner tiritas en los procesos; normalmente, los problemas se repiten y la organización nunca alcanza un nivel superior de rendimiento. Aunque Toyota resuelve muchos problemas de forma reactiva cuando se produce una desviación de la norma, intenta llegar a la causa raíz. Más fundamentalmente, la fuerte inversión de Toyota en la mejora proactiva para hacer frente a los retos tiende a anticipar y reducir los problemas futuros.

La forma de proceder para implantar mejoras a través de la metodología LEAN es asentar dentro de la organización una cultura de mejora continua con un proceso cíclico, participativo y constante de resolución de problemas. Dicho proceso debe estar basado en estandarizar la organización. La Ilustración 13 presenta un gráfico habitual en la formación lean que muestra los estándares como topes traseros. Se descubre la mejor forma conocida de hacer el trabajo, se redacta la hoja de trabajo, se enseña y, a continuación, se coloca el trabajo estandarizado para evitar que el proceso retroceda. Esto ignora el hecho de que es la persona la que puede retroceder, no el proceso. Las personas tienen una forma de hacer el trabajo con la que se sienten cómodas, y el desarrollo de cualquier nuevo hábito requiere repetición y práctica.

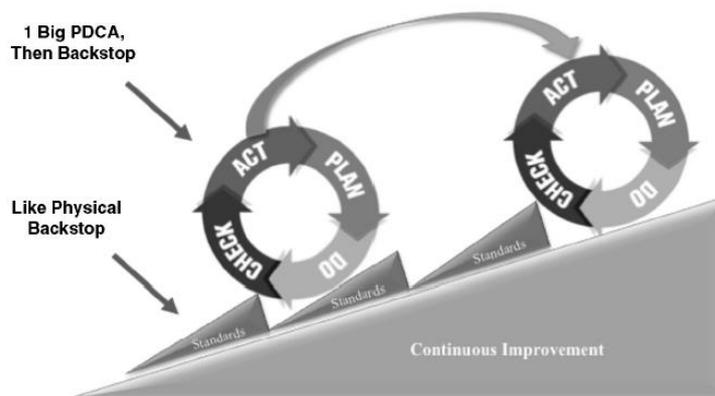


Ilustración 13 Uso de estándares como herramienta de mejora continua [The Toyota Way]

A continuación, se definen una serie de herramientas y conceptos de la metodología LEAN que facilitan la implantación de los pilares de la metodología a diferentes procesos.

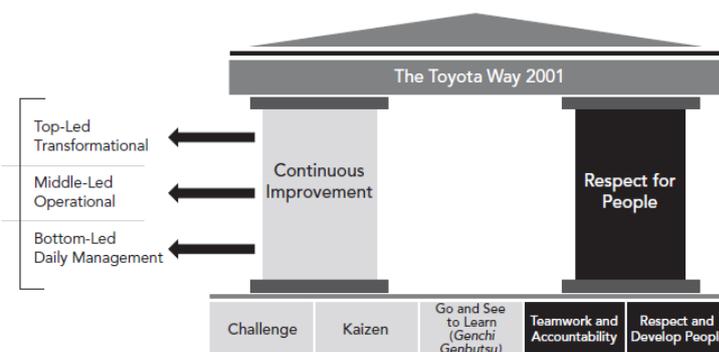


Ilustración 14 The Toyota Way House [The Toyota Way]

#### 4.1.4. Ciclo de mejora continua PDCA

El proceso de mejora continua se basa en el famoso ciclo PDCA de Shewhart, popularizado por E. Deming (Plan, Do, Check, Act, traducidas como planificación, implantación, revisión y mejora).

- **PLAN:**
  - Identificar el proceso a mejorar.
  - Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso.
  - Análisis e interpretación de los datos.
  - Establecer los objetivos de mejora.
  - Detallar las especificaciones a imponer a los resultados esperados.

- Definir los procesos necesarios para conseguir estos objetivos, verificando las especificaciones.
- **DO:**
- Ejecutar los procesos definidos en el paso anterior.
  - Documentar las acciones realizadas.
- **CHECK:**
- Pasado un periodo de tiempo previsto de antemano, volver a recopilar datos de control y a analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada.
  - Documentar las conclusiones.
- **ACT:**
- Si es necesario, modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales.
  - Si se han detectado en el paso anterior, aplicar nuevas mejoras.
  - Documentar el proceso y volver a empezar.

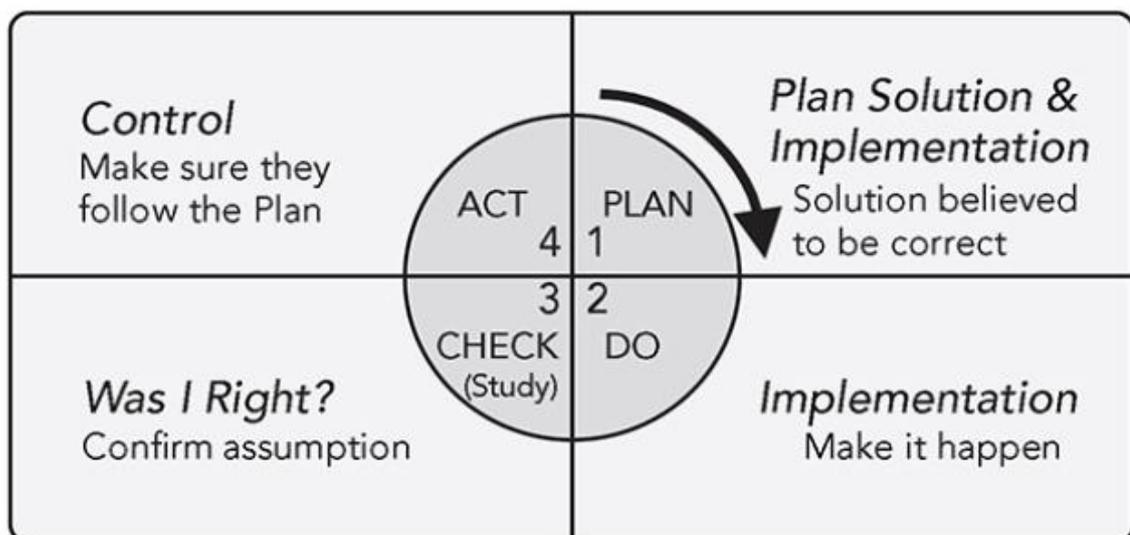


Ilustración 15 Ciclo PDCA [The Toyota Way]

- ***Kaizen***

Kaizen es un mandato para mejorar constantemente el rendimiento que consiste en unas acciones concretas, simples y poco onerosas que implican a todos los trabajadores de la empresa en un proceso de mejora continua. Kaizen es ahora un concepto bastante famoso, pero se ha descubierto que la gran mayoría de la gente malinterpreta el kaizen. Demasiado a menudo ha llegado a significar reunir un equipo especial para abordar un proyecto de mejora discreto, o quizás organizar un "evento" kaizen durante una semana para realizar una ráfaga de cambios. En Toyota, kaizen no es un conjunto de proyectos o eventos especiales, es la forma en que el personal de la empresa trabaja científicamente para alcanzar sus objetivos, remontándose a los interminables ciclos PDCA (planificar-hacer-comprobar-actuar) de Deming. Kaizen implica un cambio de actitud en el trabajador y también en la empresa, ambas definiciones apuntan a diferentes partes, pero en ningún momento pierden su conexión, la una no puede existir sin la otra, algo parecido a la filosofía taoísta que establece el yin y yang.

El Análisis de la cadena de valor, VSA, es uno de los procesos Kaizen más empleados en la metodología LEAN, es un proceso de una duración aproximada de cinco días, en el que se plantea la resolución de problemas mediante un taller grupal, participan trabajadores de todas las áreas implicadas y sigue una dinámica práctica y ordenada. Las técnicas de presentación del proceso son claramente visuales, utilizando paneles en las paredes y accesorios gráficos, carteles, post it, señales, indicadores, gráficas, documentos, impresos... en los que el color, forma y contenido tiene un sentido y significado específico dentro del análisis.

- ***Genchi Genbutsu, or Go and See to learn***

Parecería que ir a ver algo de primera mano es simplemente una cuestión práctica más que un valor. El valor del genchi genbutsu no es necesariamente el acto específico de ir y ver, sino la filosofía de comprender en profundidad la situación actual antes de tomar una decisión o intentar cambiar algo que se cree que mejorará las cosas. El genchi genbutsu tiene dos aspectos principales. En primer lugar, las decisiones se toman basándose en hechos observados sobre la cuestión, y no en corazonadas, suposiciones o percepciones. En segundo lugar, las decisiones deben ponerse en manos de quienes están más cerca del problema y de quienes han ido a verlo y conocen a fondo sus causas y el posible impacto de las soluciones propuestas.

- ***Teamwork and Accountability***

La mayoría de las empresas piensan que el trabajo en equipo es fundamental para el éxito, pero decirlo es mucho más fácil que vivirlo. En Toyota, la idea es que el éxito individual sólo puede darse dentro del equipo y que los equipos fuertes requieren individuos fuertes. La responsabilidad individual es fundamental para el éxito de Toyota. El nombre de una persona aparece junto a cada punto de un plan de acción. Pero para tener éxito, el responsable individual

debe trabajar con el equipo, aprovechar sus talentos colectivos, escuchar atentamente las opiniones de todos los miembros del equipo, trabajar para crear consenso y, en última instancia, reconocer el mérito del éxito al equipo.

- ***Respect and Develop People***

En muchos sentidos, éste es el más fundamental de los valores básicos. El respeto por las personas empieza con el deseo de contribuir a la sociedad fabricando los mejores productos y servicios posibles. Esto se extiende al respeto por la comunidad, los clientes, los empleados y todos los socios comerciales.

Para Toyota, el respeto no significa fomentar un entorno relajado en el que cada uno trabaje a su ritmo. Toyota crea deliberadamente un flujo constante de retos para su gente. El sistema de producción de Toyota, con su sistema "just in time" y su tendencia a sacar a la superficie los problemas de inmediato, crea retos constantes en el taller. Toyota necesita que todos los empleados estén siempre pensando en cómo mejorar los procesos -mejora continua- sólo para mantenerse a la altura de las exigencias del altamente competitivo negocio del automóvil. Esto exige que Toyota invierta en los miembros del equipo para que sean capaces de resolver problemas. Son estas habilidades para comprender en profundidad el gemba, resolver los problemas a medida que surgen y mejorar sistemáticamente a través del PDCA las que convierten a los miembros del equipo Toyota en el activo más valioso de la empresa. Así pues, las habilidades de pensamiento científico del desafío, el kaizen y el genchi genbutsu están íntimamente relacionadas con el respeto y el trabajo en equipo.

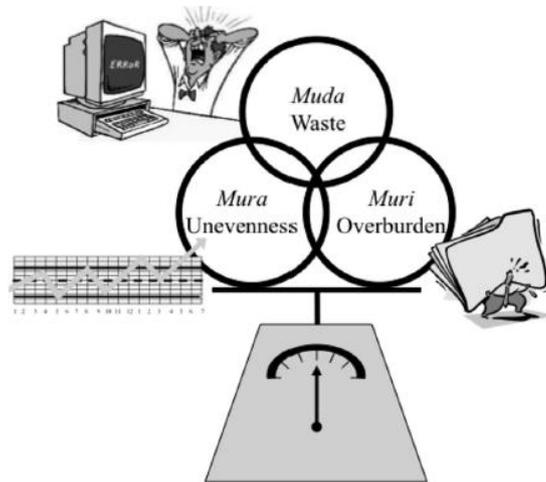
#### ***4.1.5. Heijunka***

Heijunka es la eliminación de desniveles en la carga de trabajo, esto se consigue con una producción continua y eficiente. Es decir, se debe secuenciar los procesos de forma que su flujo esté equilibrado a lo largo del tiempo con los recursos disponibles y de acuerdo a la demanda del cliente.

Para equilibrar los procesos los puestos de trabajo se deben definir de forma que la carga de trabajo esté repartida de forma equitativa y en función de capacidad de producción. El valor que nos permite tener una referencia para equilibrar los procesos es el Takt Time, tiempo que tenemos para producir una unidad de producto basado en la demanda:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

Una de las prioridades de los managers y empleados de Toyota siempre fue la eliminación de desperdicio, de esta forma surgió el concepto de las tres M's: Muda, Mura y Muri.



*Ilustración 16 Las tres Ms: Muda (gasto), Mura (irregularidad) & Muri(sobrecarga) [The Toyota Way]*

#### ➤ Muda (gasto)

El concepto de Muda, desperdicio o derroche es primordial para entender la filosofía LEAN, Muda son todos pasos de un proceso que no añaden valor a nuestro producto o servicio, aumentando su eficiencia si todos estos derroches son eliminados o reducidos.

Taiichi Ohno identificó 7 tipos de desperdicios y posteriormente en Toyota agregó uno más hasta completar ocho.

- **Muda de sobreproducción**

Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente.

- **Muda de exceso de inventario o de stock**

Excesivo almacenamiento de materia prima o materiales, producto en proceso y producto terminado.

- **Muda de retrasos, esperas y paros**

Esperar por información, instrucciones de trabajo, materiales o herramientas necesarias para realizar un trabajo; clientes a espera de ser atendidos; maquinaria parada por averías...

- **Muda de transporte y envíos**

Mover trabajo en proceso de un lado a otro, movimiento de materiales o partes hacia/desde el almacén, o entre áreas o por procesos.

- **Muda de desplazamientos y movimientos**

Movimiento físico o desplazamiento que el personal realice que no agregue valor.

- **Muda de sobre-procesamiento y actividades que no agregan valor**

Realizar procedimientos innecesarios: inspeccionar, revisar o duplicar procesos. Utilizar herramienta o equipo inapropiado, desarrollar características en los productos que no son valoradas por los clientes...

- **Muda de rechazos, fallos y defectos**

Corrección de errores y re-trabajo derivado de defectos o no conformidades del cliente.

- **Muda de competencias y talento humano**

No aprovechar el potencial de los colaboradores para eliminar desperdicios, mejorar la productividad, resolver problemas de calidad e innovar.



Ilustración 17 Tipos de desperdicio (Muda) [RD 14]

➤ Mura (irregularidad)

En los sistemas de producción normales, a veces hay más trabajo del que pueden asumir las personas o las máquinas, y otras veces falta trabajo. La irregularidad es el resultado de un programa de producción irregular o de la fluctuación de los volúmenes de producción debido a problemas internos, como tiempos de inactividad, piezas que faltan o defectos. Mura también causa muda. La irregularidad en los niveles de producción hace que sea necesario tener a mano el equipo, los materiales y las personas para el nivel más alto de producción, incluso si las necesidades medias son mucho menores. Y la irregularidad hace que a veces se trabaje poco y otras veces se trabaje demasiado, lo que conduce directamente a Muri.

➤ Muri (sobrecarga)

En algunos aspectos, muri está en el extremo opuesto del espectro de muda. Muda es no rendir lo suficiente, mientras que muri es llevar a una máquina o a una persona más allá de sus límites naturales. Sobrecargar a las personas provoca problemas de seguridad y calidad. Sobrecargar los equipos provoca averías y defectos. En otras palabras, muri puede causar muda. Y lo que es peor, sobrecargar a las personas puede causar problemas de salud y seguridad.

#### **4.1.6. *Just in Time (JIT)***

También la metodología LEAN se apoya en el concepto de JIT, es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Su objetivo inicial consistía en entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen “justo a tiempo” a medida que son necesarios, es una filosofía de producción orientada a la demanda.

Los objetivos esenciales del JIT son:

- **Poner en evidencia los problemas fundamentales:** a modo de ejemplo se pueden exponer máquinas poco fiables, zonas con cuellos de botella, tamaños de lote grandes, plazos de fabricación largos o calidad deficiente.
- **Eliminar despilfarros:** Eliminar despilfarros implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto con lo que se reduce costos, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio al cliente.
- **Buscar la simplicidad:** El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz.
- **Diseñar sistemas para identificar problemas:** Con el JIT cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial.

#### **4.1.7. *Kanban***

Es un sistema de planificación para la lean manufacturing y producción just-in-time (JIT) que controla la cadena logística desde el punto de vista de la producción. Kanban fue desarrollado por Taiichi Ohno, en Toyota, para encontrar un sistema de mejora y mantenimiento de un nivel de producción alto.

Kanban se convirtió en una herramienta efectiva para el soporte de un sistema de producción es un método “pull” donde el tirón de la producción procede de la demanda. El suministro o la producción se determinarán de acuerdo a la demanda real de los consumidores. En un sistema de producción kanban se usan señales del nivel de demanda a través de la cadena de suministro. Esto asegura que los stocks intermedios están mejor gestionados y son habitualmente menores.

En los tipos de producción donde la respuesta de suministro no es suficientemente rápida y se producen demandas fluctuantes que dan lugar a pérdidas puede ser apropiado mantener un stock.

Las tarjetas kanban son un componente clave de kanban y señalan la necesidad de transportar materiales dentro de una fábrica o desde un proveedor externo a la fábrica, es un mensaje que señala que hay una necesidad de productos, repuestos o inventario, y cuando se reciben el kanban lanza el proceso de reposición de ese producto, repuesto o inventario. Las tarjetas kanban por tanto ayudan a crear un sistema dirigido por la demanda.

- ***Poka Yoke***

Poka Yoke es un término japonés que significa a prueba de errores, pueden ser dispositivos, elementos o procesos que tratan de eliminar o evitar equivocaciones ya sean de ámbito humano o automatizado. Pueden ser dispositivos de control o advertencia.

Se elimina el riesgo de cometer errores en las actividades repetitivas, como producción en cadena, o en las actividades donde los operarios puedan equivocarse por desconocimiento o despiste, como montaje de ordenadores.

El operario puede centrarse en las operaciones que añadan más valor, en lugar de dedicar su esfuerzo a comprobaciones para la prevención de errores o a la subsanación de los mismos.

Implantar un Poka-Yoke supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.

Se caracterizan por ser soluciones simples de implantar y muy baratas.

#### ***4.1.8. El método de las 5S***

Basada en cinco principios simples, tiene por objetivo eliminar los obstáculos que impidan una producción eficiente y busca una mejora en la higiene y la seguridad de los trabajadores en los procesos productivos.

- **Seleccionar (Seiri):** Desechar lo que no se necesita., eliminar gradualmente del área de trabajo todos los elementos innecesarios.
- **Ordenar (Seiton):** Implica organizar los elementos anteriormente clasificados como necesarios para encontrarlos con facilidad.

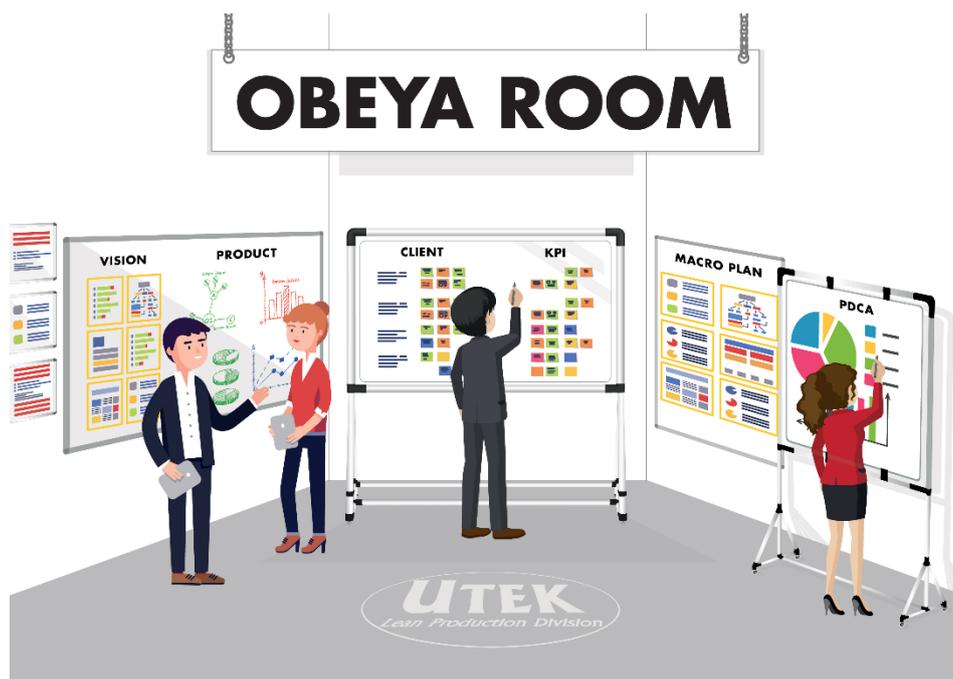
- **Limpiar (Seiso):** Limpiar el sitio de trabajo y los equipos; prevenir la suciedad y el desorden.
- **Estandarizar (Seiktsu):** Estabiliza el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con mejoramiento y evolución de la limpieza.
- **Mantener (Shitsuke):** Crear un entorno de trabajo en base a buenos hábitos, mediante entrenamiento, formación para los trabajadores y puesta en práctica de estos conceptos.



Ilustración 18 Método de las 5S [RD 15]

#### 4.1.9. Visual Management

La metodología LEAN promueve la gestión visual, mediante el uso de paneles estandarizados con información relevante de la organización, centro productivo o proceso. Estos paneles siguen una estructura de columnas y filas denominada SQDCP, que representa los ámbitos de seguridad, calidad, entregas o productos, costes y personas. En las filas se despliega información de cada uno de estos ámbitos, como tendencias de las métricas de control, defectos detectados y contramedidas. También se utiliza el método ANDON, que es una herramienta que permite alertar del estado o evolución negativa de los procesos. Por otro lado, en la metodología LEAN existe el concepto de OBEYA, una gran sala en la que a través de la gestión visual se recorre la información de la gestión de la empresa, se parte de las líneas estratégicas hacia los objetivos, se observa la tendencia de las métricas, se avanza por los planes y procesos establecidos para la corrección de las tendencias. Todo ello de forma visual y siguiendo una secuencia natural, el equipo de gestores informa a la dirección o accionistas de la empresa de sus guías de gestión y el estado del rendimiento.



*Ilustración 19 Visual management sala OBEYA [RD 10]*

## 4.2. Power BI

Debido a la extensa cantidad de datos que se deben manejar diariamente para el seguimiento de la operativa de la aerolínea se ha decidido que la herramienta más óptima para realizar el análisis es Power BI.

Power BI es un servicio de análisis de datos de Microsoft que puede ir incluido en el paquete office enfocado en la visualización de datos a nivel empresarial. Proporciona servicio de inteligencia empresarial (Business Intelligence) basados en la nube, junto con una interfaz basada en escritorio “Power BI Desktop” con el que se pueden crear informes simples e interactivos para los usuarios de información en tiempo real.

Para el análisis de datos se utiliza DAX (Data Analysis Expressions) que permite crear fórmulas y expresiones para el análisis de datos de diferentes orígenes como servidores SQL o archivos Excel. Además, se pueden conectar diferentes archivos o bases de datos

Para la transformación de datos se emplea Power Query, el cual es un motor de preparación y transformación de datos. Utiliza lenguaje denominado M para ejecutar funciones y expresiones con el fin de manejar los datos. La transformación de datos es la fase que más tiempo suele conllevar debido a que tener unos datos depurados y bien organizados facilitará su posterior análisis.

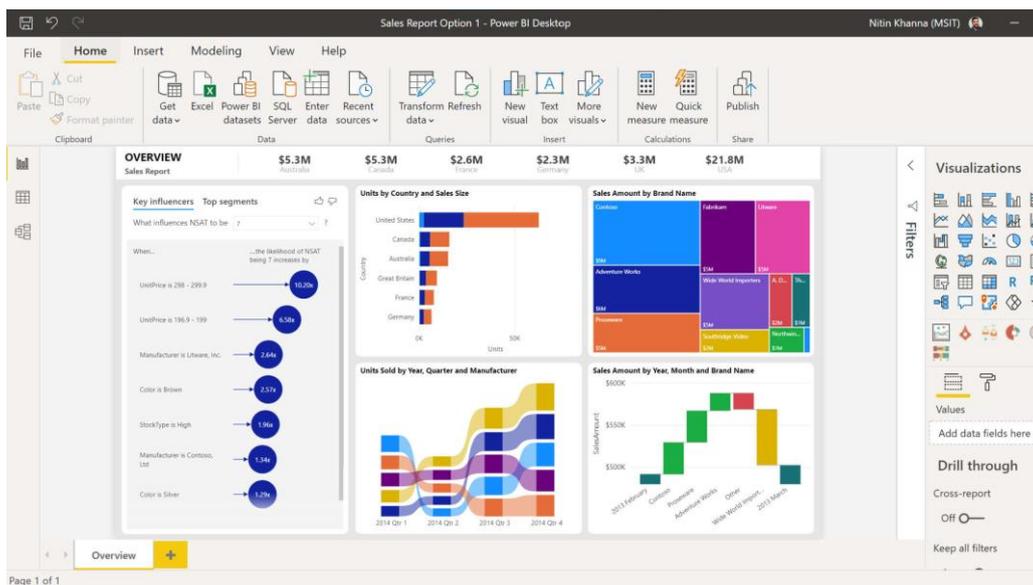


Ilustración 20 Ejemplo de Power BI [RD 9]

El papel que tiene en este proyecto el Power BI consiste en recopilar datos del SharePoint con el que trabaja el Maintrol (MCC) de Iberia, donde se va añadiendo la nueva información de los diferentes aviones. De esta manera se trabaja con información precisa en tiempo real. Una vez, se han obtenido los datos estos se transforman y se depuran mediante Power Query como se ha comentado anteriormente, de tal forma que la información quede ordenada y clara para preparar un buen reporte.

Con los datos listos para trabajar se van añadiendo objetos y expresiones para representar lo que se desee, por ejemplo, un Pareto o un gráfico de tendencia. Se pueden añadir los KPIs que se hayan considerado para cada situación.

Con esta herramienta y haciendo uso del visual management se pueden generar reportes muy interesantes que con un solo vistazo se obtenga mucha información relevante. [RD 9]

## 5. Estado de la cuestión

### 5.1. Proyecto Cabin 4 stars

La mayor fuente de ingresos en una aerolínea proviene del pasaje como se puede apreciar en la Ilustración 21, por lo tanto, el trato al cliente y la experiencia de este en la aerolínea es de vital importancia. Por este motivo, durante los últimos años en Iberia se ha comenzado un proyecto en ML llamado Cabin 4 stars, el cual consiste en la mejora y optimización de los servicios de cabina enfocados a cliente. [RD 5]

#### Performance summary:

	Nine months to September 30		
Reported results (€ million)	2022	2021	Higher / (lower)
Passenger revenue	14,020	3,140	nm
Total revenue	16,680	4,921	nm
Operating profit/(loss)	770	(2,487)	nm
Profit/(loss) after tax	199	(2,622)	nm
Basic earnings/(loss) per share (€ cents)	4.0	(52.8)	nm
Cash, cash equivalents and interest-bearing deposits <sup>2</sup>	9,260	7,943	16.6 %
Borrowings <sup>2</sup>	20,318	19,610	3.6 %

Alternative performance measures <sup>3</sup> (€ million)	2022	2021	Higher / (lower)
Passenger revenue before exceptional items	14,020	3,135	nm
Total revenue before exceptional items	16,680	4,916	nm
Operating profit/(loss) before exceptional items	739	(2,665)	nm
Profit/(loss) after tax before exceptional items	170	(2,775)	nm
Adjusted earnings/(loss) per share (€ cents)	0.4	(55.9)	nm
Net debt <sup>2</sup>	11,058	11,667	(5.2)%
Available seat kilometres (ASK million)	192,544	74,123	nm
Passenger revenue per ASK (€ cents)	7.28	4.23	72.2 %
Non-fuel costs per ASK (€ cents)	5.99	8.61	(30.4)%

<sup>1</sup>Cash comprises cash, cash equivalents and interest-bearing deposits.

<sup>2</sup>The prior year comparative is December 31, 2021.

<sup>3</sup>For definitions refer to the IAG 2021 Annual Report and Accounts.

*Ilustración 21 Resultados financieros IAG tercer trimestre 2022 [RD 5]*

El principal objetivo de este proyecto consiste en mantener un número bajo de defectos en cabina además de tener un control exhaustivo de estos. Es todo un reto para el mantenedor debido al extenso número de elementos que conlleva, solo Iberia e Iberia Express suman en el inicio de 2023 un total de 104 aeronaves, 36 de largo radio y 88 de corto radio.



*Ilustración 22 Cabina business Iberia A350 Next*

Teniendo en cuenta lo anterior y que las aeronaves de corto radio cuentan con una cantidad de asientos en torno a 100-200 unidades y en largo radio del orden de 300 con sistema de entretenimiento incluido según la LOPA (Layout of Passenger Accomodations) de las diferentes aeronaves, además de todos los lavabos, inserts galleys y sistema de conectividad de ambas flotas; el número de elementos a seguir es muy extenso. En la Ilustración 23 se aprecia un ejemplo de LOPA donde se muestra la configuración de cabina para tripulación y pasajeros, lavabos, cocinas, equipo de emergencia; si se desea cambiar la configuración interior de la cabina de una manera importante, debe hacerse a través de un Certificado de Tipo Suplementario, por ejemplo, cambios en la disposición de asientos, disposición de PSU's (Passenger Service Unit) entre otros.

En el anexo A.4. LOPA's se dan más detalles de las LOPA de las aeronaves que opera Iberia.





### LM Narrow Body Cabin Report Week 26

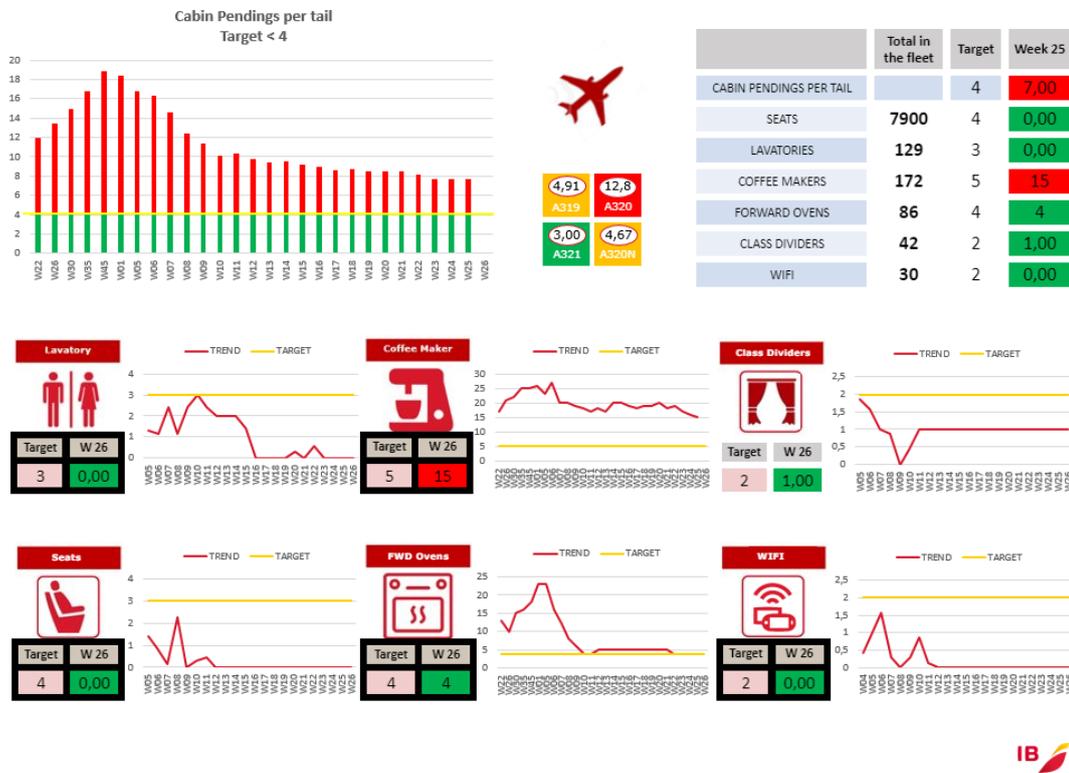


Ilustración 24 Reporte de KPIs previo a reingeniería del proceso

### Narrow Body Cabin Status

04/10/2022  
Last update: 7:30 LT

Seats	AC	TYPE	POS	ISSUE	RAISED	PREVIOUS PLAN	PLAN	STATUS
	NTP	A320	5B	SEAT	21-sep	-	-	MAT PENDING

IB	I2
1	0

Lavatory	AC	TYPE	POS	ISSUE	RAISED	PREVIOUS PLAN	PLAN	STATUS
	MEG	A320	LAV D	DOOR	03-sep	-	-	TS PENDING
	LRG	A320	LAV D&E	DRAIN MASTIL	19-sep	-	-	TS PENDING
	LVQ	A320	LAV E	WATER LEAK	30-sep	NEW	-	MAT PENDING
	MUK	A320	LAV D	WATER LEAK	02-oct	NEW	-	TS PENDING

IB	I2
1	3

WIFI	AC	TYPE	POS	ISSUE	RAISED	PREVIOUS PLAN	PLAN	STATUS
------	----	------	-----	-------	--------	---------------	------	--------

IB	I2
0	0

Ilustración 25 Reporte de restricciones operativas previo a reingeniería del proceso

## 6.Reingeniería del proceso y Análisis de resultados

### 6.1. Reingeniería del proceso

Para realizar la reingeniería del proceso implementando la metodología LEAN se basó en un ciclo PDCA, de tal forma que se aplicase la filosofía de mejora continua. A continuación, se describe lo realizado en las diferentes fases del ciclo.

#### 6.1.1. Plan

En la fase de plan se realizó un estudio completo analizando el proceso que se pretendía optimizar.

En primer lugar, se analizaron la procedencia de los datos y cómo se podría optimizar y unificar la obtención de datos evitando redundancias y realizar el mismo proceso varias veces; se observó que el centro de control de mantenimiento (MCC – Maintenance Control Centre) importaba los datos de restricciones y pendientes a una base de datos común. Lo que suponía que si se procesaban de forma correcta los datos se podrían ahorrar horas invertidas en el proceso y eliminar desperdicio de esta forma.

Por otro lado, Iberia utiliza Microsoft Office y sus diversas aplicaciones en sus dispositivos electrónicos, esto tiene varias ventajas, entre las que destaca que permite tener la base de datos común y que todos los dispositivos vuelquen información de manera directa en esta base de datos.

Tras el análisis del proceso se definieron varias acciones a ejecutar para la reingeniería del proceso:

- Crear un estándar para procesar los datos que ingresaban en la base de datos común, para ahorrar el proceso de generar una nueva base de datos.
- Generar un orden y suprimir los procesos innecesarios, es decir, enfocarse en lo que le afecte a la célula.
- Generar un reporte automatizado que no requiera de un constante chequeo y se rija por metodología LEAN haciendo uso de técnicas de visual management.

### 6.1.2. Do

Esta fase consiste en ejecutar las acciones y procesos definidos en la fase anterior. En primer lugar, se estandarizó los defectos que involucraban al proyecto, es decir, todos los elementos que afectaban a la experiencia del cliente como se describe en Proyecto Cabin 4 stars.

Para el seguimiento de restricciones debido a que el número es inferior y tiene más impacto en los clientes, por ejemplo, una restricción en un lavabo lo deja inoperativo y no se puede usar, una restricción en un asiento lo deja inoperativo y no se puede vender a un pasajero. Por este motivo se persiguen de una manera más intensa, para identificarlos de manera más rápida se decidió codificar las restricciones de cabina con la palabra “CABIN” seguido del elemento que se quedaba afectado, de esta manera se identificaban de forma inmediata y haciendo uso de Power BI para el manejo de datos de pueden generar informes diarios automatizados.

#### Wide Body Cabin Status

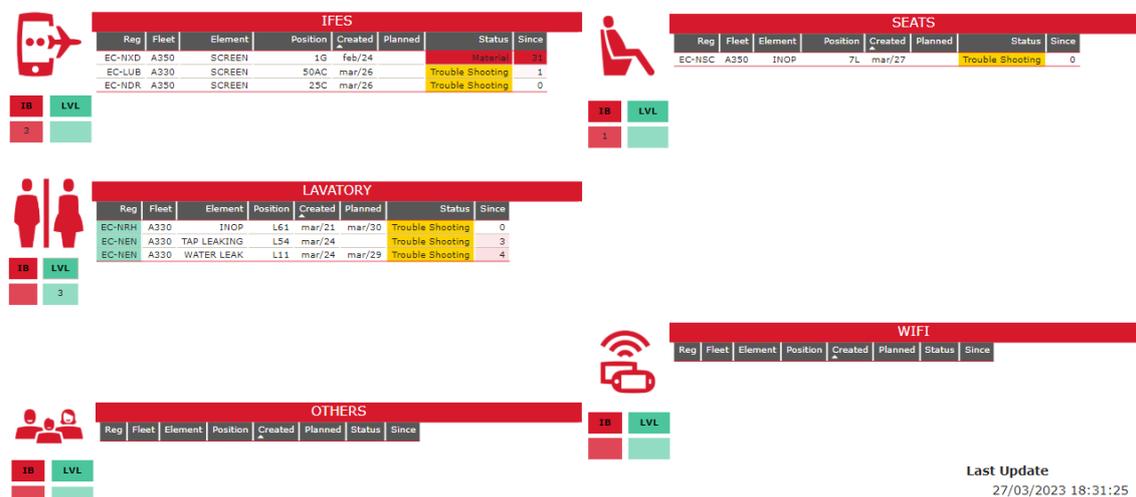


Ilustración 26 Reporte diario de restricciones

Respecto al seguimiento de KPIs, se realiza un informe semanal; debido a que la cantidad de datos que se manejan para la medición de KPIs es muy extensa la codificación de todos los pendientes no era sostenible. Lo que se generó fue un reporte automático que captase los datos de un análisis que se debe hacer únicamente una vez a la semana.

Analizando las acciones realizadas en base a El método de las 5S:

- **Seleccionar (seiri):** Se hizo una selección de la información estrictamente necesaria para generar un reporte claro y conciso, de tal manera que se eliminase el tiempo invertido en analizar datos que no eran relevantes para el proyecto. De tal forma que anteriormente se analizaban restricciones y pendientes en exceso ahora se localizan los que involucren al proyecto.

- **Ordenar (Seiton):** Se organizó la base de datos común y se identificaron los archivos de los cuales se obtendrían los datos para generar el reporte. Se creó una carpeta específica en la base de datos para la trata de restricciones operativas, mientras que para pendientes se generan unas hojas de cálculo en una carpeta común siguiendo unos estándares para la correcta identificación de los archivos.
- **Limpiar (Seiso):** Algunos archivos han sido reutilizados de los análisis realizados del pasado, pero, se ha realizado una depuración para evitar el cruce de información y facilitar la generación de datos.
- **Estandarizar (Seiktsu):** como ya se ha mencionado el proceso de seguimiento de restricciones se estandarizó codificando las mismas facilitando su análisis y seguimiento. Para pendientes se estandarizó un análisis de los nuevos pendientes que se generaban en la flota. De esta forma se han podido generar un reporte diario de restricciones y un reporte semanal de medición de KPIs consistentes.
- **Mantener (Shitsuke):** generando el hábito de mantener los estándares del proceso generará un proceso de reporte consistente y sostenible en el tiempo.

### Wide Body Insert Galley Trends

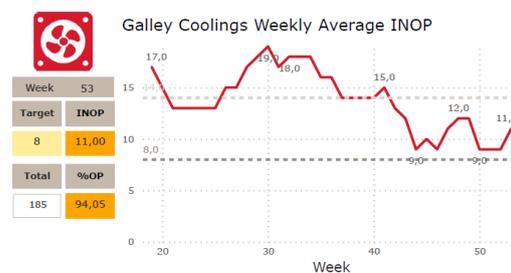
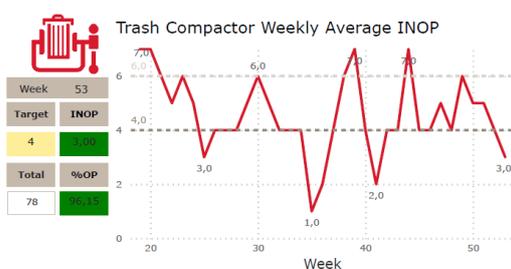
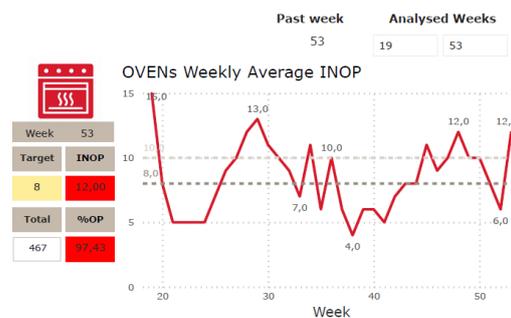
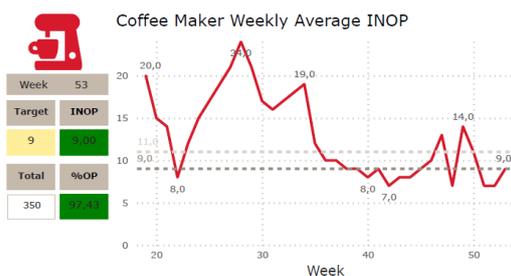


Ilustración 27 Reporte semanal KPIs flota Largo Radio análisis de inserts

### 6.1.4. Check

Una vez ejecutado el proceso se vuelven a tomar datos y compararlos con los anteriores para comprobar el impacto que ha tenido la optimización.

Analizando el proceso en función de los objetivos establecidos:

- **Mejora de tiempos:** respecto al reporte diario se ha realizado un ahorro de tiempo significativo debido a que para realizar el reporte anterior se rellenaba la información en la base de datos a lo largo del día y a parte se preparaba toda la información en un PowerPoint a mano para presentarlo en la reunión de operaciones; se estima que con el nuevo reporte diario se ahorra en torno a 2 horas diarias debido a que actualmente solo se debe añadir la información en la base de datos con unos estándares, esta parte del proceso se realizaba antes, el resto se ha automatizado por completo.

Por otro lado, respecto al reporte de semanal de KPIs a la dirección de Iberia con el proceso anterior se hacía un seguimiento exhaustivo de los pendientes y restricciones mediante tablas Excel aparte de que se realizaba de forma manual con PowerPoint el reporte siendo necesario aplicar un formato especial a gráficos, posición de los elementos... se estima que a lo largo de la semana se podrían emplear unas 10 horas para poder generar el reporte. Tras la reingeniería se ha conseguido reducir a 2 horas, debido a que la generación del reporte se ha automatizado por completo, solo hay que chequear que los datos corresponden con los reales y añadir a la base de datos los datos correspondientes de la semana anterior; esta acción se realiza los lunes que e3s cuando se realiza el reporte y es el día óptimo para analizar la semana anterior.

Es decir, todo el gasto (muda) de tiempo y sobre esfuerzo (muri) que se empleaba por parte del equipo para realizar tanto el reporte diario como el semanal se ha eliminado permitiendo que se enfoquen en mejorar la calidad de su trabajo.

- **Ahorro de costes:** con la automatización de los reportes se ha conseguido aliviar al equipo, por lo tanto, se pueden enfocar en otras tareas. De esta forma indirectamente se ahorra costes en personal para la empresa debido a que liberando a los empleados que ya hay mejorar su rendimiento y no será necesario personal adicional para otras tareas.
- **Mejora de fiabilidad:** debido a la automatización de gran parte del proceso se reduce la influencia del factor humano y por consecuencia mejora la fiabilidad del proceso. Además, en el proceso actual se dedica más tiempo al chequeo que al procesamiento de datos los que aumenta también la fiabilidad.
- **Mejora de la visualización:** haciendo uso de técnicas de visual management con un simple vistazo se puede apreciar el estado de la cabina, tanto en el reporte diario de restricciones que se indica mediante códigos de colores el estado de las mismas; como en el reporte semanal de KPIs que mediante el uso de targets se puede apreciar si se han sobrepasado estos.  
Se establecen dos targets, uno por parte de cliente y otro por parte de ML, de tal forma que si están menos elementos inoperativos se indica en verde si está entre medias saldrá naranja y si está por encima rojo, como se puede apreciar en la Ilustración 27.

- **Mejora de comunicación:** enfocando el reporte como un producto se puede emplear el concepto de Takt Time. El reporte diario es un producto que debe de estar a cierta hora listo todos los días y el semanal es emplear la misma filosofía, pero, semanalmente. De forma que siguiendo los estándares establecidos y técnicas de visual management previamente mencionadas se mejora la comunicación entre células, ya que vas a tener un producto con información en tiempo real y con unos tiempos de producción estables.

#### 6.1.5. Act

En este punto como proceso de mejora continua se deben tener en mente los objetivos establecidos y adaptar o mejorar el proceso en base a esto y el feedback que se pueda obtener.

Un ejemplo de ello ha sido al pasar al año 2023, se tuvo que decidir si se mantenían los datos del año anterior o si por el contrario se analizaban exclusivamente los del año actual en el reporte semanal de KPIs donde se analizan tendencias. Finalmente se escogió que el reporte captara datos de 10 meses atrás de tal forma que se analice la tendencia respecto a los últimos meses, de esta forma se obtiene una tendencia más realista y consecuente con el presente.

## 7. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas

### 7.1. Conclusiones principales del estudio

La metodología Lean es una filosofía de gestión que se centra en la eliminación de cualquier desperdicio o actividad que no agregue valor al proceso de producción. A través de la implementación de herramientas y técnicas como el Just in time, el Kaizen y el Kanban, esta metodología busca aumentar la eficiencia y la calidad, reducir los costos y mejorar la satisfacción del cliente.

Mediante la aplicación de esta metodología al proceso de seguimiento de restricciones operativas y pendientes de la flota Iberia se conseguido un ahorro de tiempo empleado en el proceso del torno al 60% ahorrando costes tanto en mano de obra como en recursos. Adicionalmente, se ha aumentado la calidad y la fiabilidad del seguimiento de restricciones y pendientes de las diferentes flotas mejorando de este modo la satisfacción del cliente que en este caso es la dirección de Iberia.

En conclusión, la metodología Lean es una forma efectiva de mejorar la productividad y la eficiencia de una empresa, al reducir los tiempos de producción, minimizar el inventario y maximizar el valor para el cliente. La implementación de Lean requiere un compromiso y una cultura de mejora continua, así como una evaluación constante y una adaptación a los cambios.

### 7.2. Limitaciones

Como limitaciones principales a la hora de realizar la reingeniería se han encontrado dos. En primer lugar, el factor humano; durante el proyecto se han eliminado el máximo número de intervenciones que debe realizar una persona para generar los datos, debido a que cada vez que deba realizar alguien una acción como modificar o añadir datos de algún tipo, la probabilidad de que se cometan errores aumenta exponencialmente. Por ello se ha pretendido que los datos sean mínimamente modificados, aunque a día de hoy eliminar el factor humano en este proceso es prácticamente imposible.

En segundo lugar, otra limitación que se ha encontrado es la presentación de datos en el software Power BI, es un software muy potente para el manejo de datos, pero, a la hora de presentar gráficos o tablas con un formato personalizado es bastante limitado. En este proceso ha sido un problema porque al ser un reporte corporativo se necesita usar unos temas y plantillas específicas.

### **7.3. Futuras líneas de investigación**

Debido a que la industria está enfocándose mucho en la digitalización y la filosofía paper-less, es decir, disminuir al máximo el uso del papel, uno de los retos que se plantea a día de hoy es el parte de vuelo electrónico.

Por lo tanto, como nueva línea de investigación se podría estudiar eliminar el paso de ingresar los datos en el sistema realizado por personal, de esta forma se reduciría el impacto del factor humano en el proceso de esta forma, la información sería directamente reportada por la tripulación.

## Bibliografía & Referencias

Dr. Jeffrey K. Liker (2004): *“Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer”*. ISBN: 978-0-07-139231-0.

Natallie J. Sayer, Bruce Williams: *“Lean for Dummies”*. ISBN 978-1118117569

Villa, Daniel; Yepes Rodríguez, Alejandra y González, Andrés: *“Herramientas del Lean Manufacturing”*. <http://leanmanufacturingunal.blogspot.com/p/herramientas-del-lean-manufacturing.html>

*“Las alas de España: Iberia, líneas aéreas: de aerolínea de bandera a transportista mundial (1940-2005)”*. Publicacions de la Universitat de València (1ª edición) (Valencia). ISBN 978-84-370-7084-1. (Olivares, 2008)

Colón Parra, Nicolás Bartolomé (febrero de 2012). *“Implantación de metodologías Lean Manufacturing en el almacén de logística de una empresa aeronáutica”*. Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Consultado el 2 de octubre de 2019.

Liker, Jeffrey K.; traducción: Cuatrocasas, Luis (2011). *“Toyota : cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito”* (1a ed. edición). Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma. ISBN 9789584532886

Apuntes asignatura Aeronaves de Ala fija, Diseño Avanzado de Aeronaves y Mantenimiento y Certificación de Aeronaves.

RD 1 - Sitio web Iberia: <https://www.iberia.com/es/>

RD 2 - Sitio web EASA: <https://www.easa.europa.eu/en/home>

RD 3 - Sitio web Iberia Mantenimiento: <https://www.iberiamaintenance.com/?lang=es>

RD 4 - Sitio web grupo iberia: <https://grupo.iberia.es/>

RD 5 - Sitio web IAG group: <https://www.iairgroup.com/en/investors-and-shareholders/results-and-reports>

RD 6 - Sitio web IALTA: <https://ialta.aero/>

RD 7 - Sitio web AeroLOPA: <https://www.aerolopa.com/>

RD 8 - Sitio web Airbus: <https://www.airbus.com/>

RD 9 - Sitio web Microsoft enfocado a Power BI: <https://learn.microsoft.com/es-es/training/powerplatform/power-bi>

RD 10 - Sitio web Utek: <https://www.utekvision.com/>

RD 11 - Sitio web el mercantil: <https://elmercantil.com/>



RD 12 - Wikipedia: Iberia (aerolínea). [https://es.wikipedia.org/wiki/Iberia\\_\(aerol%C3%ADnea\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Iberia_(aerol%C3%ADnea))

RD 13 - Sitio web motor pasión enfocado en información Toyota:  
<https://www.motorpasion.com/toyota/logos-de-coches-toyota>

RD 14 - Sitio web Lean Six Sigma: <https://www.e-education.psu.edu/ba850/node/638>

RD 15 - Pinterest diagrama método de 5 s:  
<https://www.pinterest.es/ordenconestilo/m%C3%A9todo-organizaci%C3%B3n-5s/>

RD 16 - Sitio web AESA: <https://www.seguridadaerea.gob.es/>

## Anexos

### A.1. Reporte KPIs Customer Care

En este anexo se exponen pantallazos del reporte semanal del seguimiento de KPIs del proyecto Cabin 4 stars:



*Ilustración 28 Portada reporte KPIs*

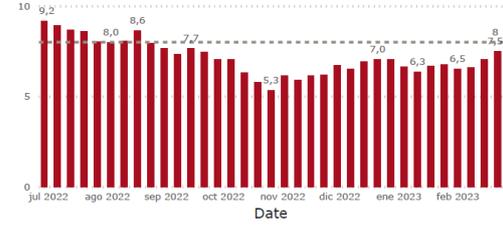


### Pendings & Deferred Status

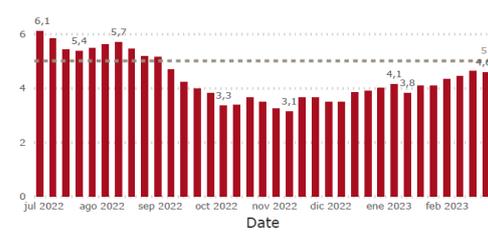
Cabin Pendings & Deferred Closed per week



WB Cabin Pendings per Tail



NB Cabin Pendings per Tail



I2 Cabin Pendings per tail

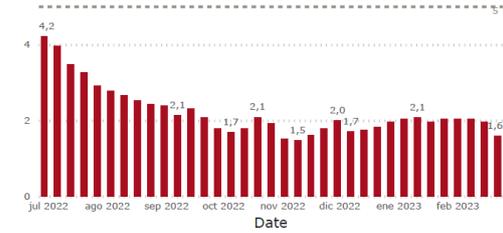


Ilustración 29 Pendientes cerrados y abiertos por avión

### Wide Body Cabin Restrictions Trends

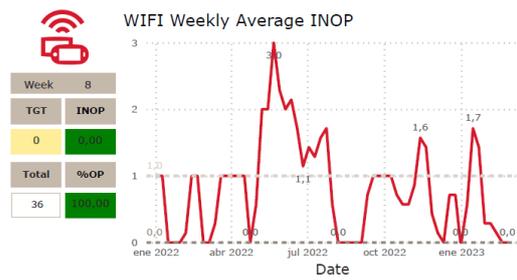
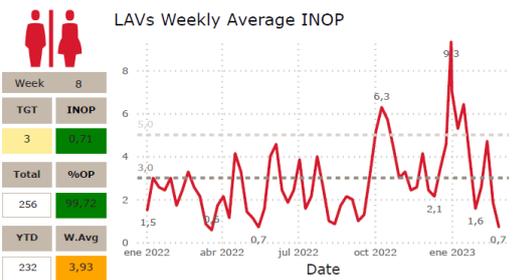
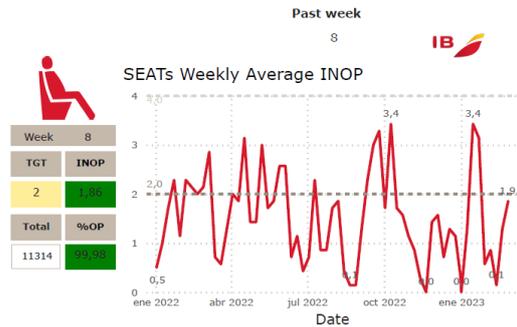
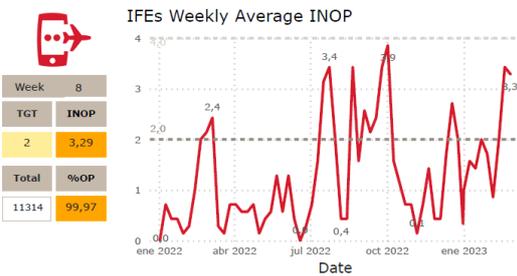


Ilustración 30 KPIs Restricciones Largo Radio

### Wide Body Insert Galley Trends

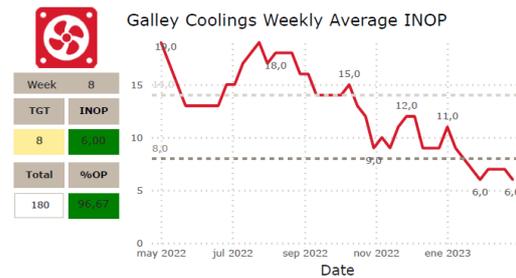
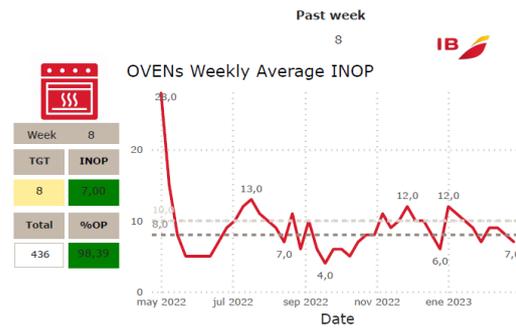
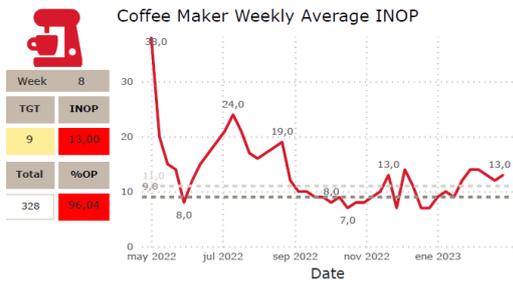


Ilustración 31 KPIs inserts Galleys Largo Radio

### Narrow Body Cabin Restrictions Trends

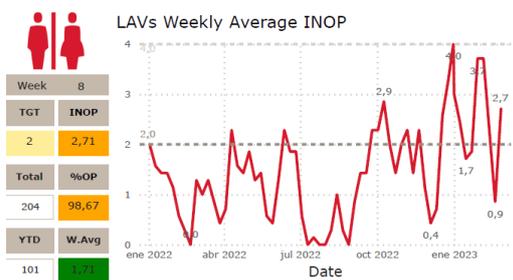
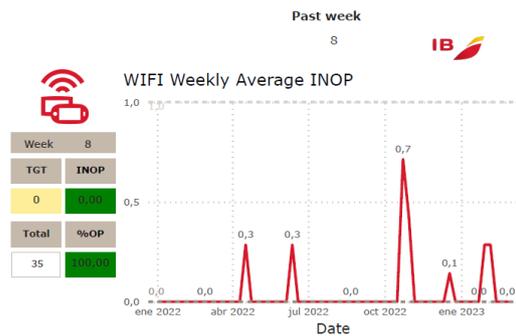
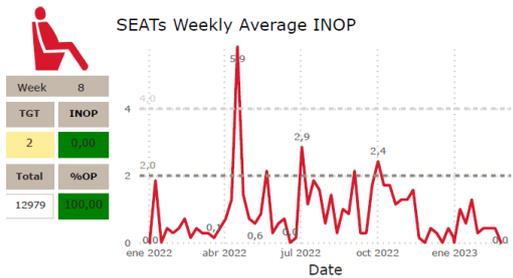


Ilustración 32 KPIs Restricciones Corto Radio

### Narrow Body Insert Galley Trends

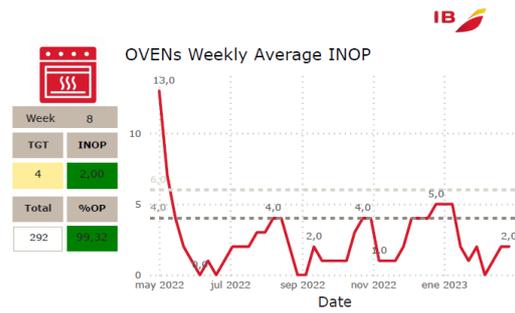
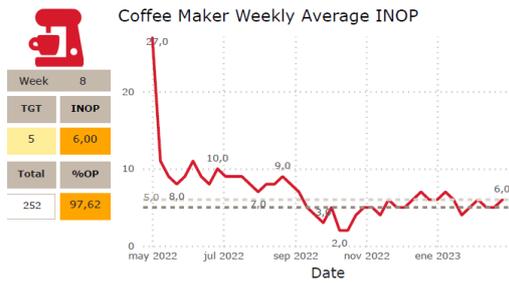


Ilustración 33 KPIs inserts Galleys Corto Radio

## A.2. Reporte DIARIO Restricciones operativas Customer Care

En este anexo se exponen pantallazos del reporte diario de restricciones operativas que tienen impacto sobre el pasajero:

## General Restrictions Information

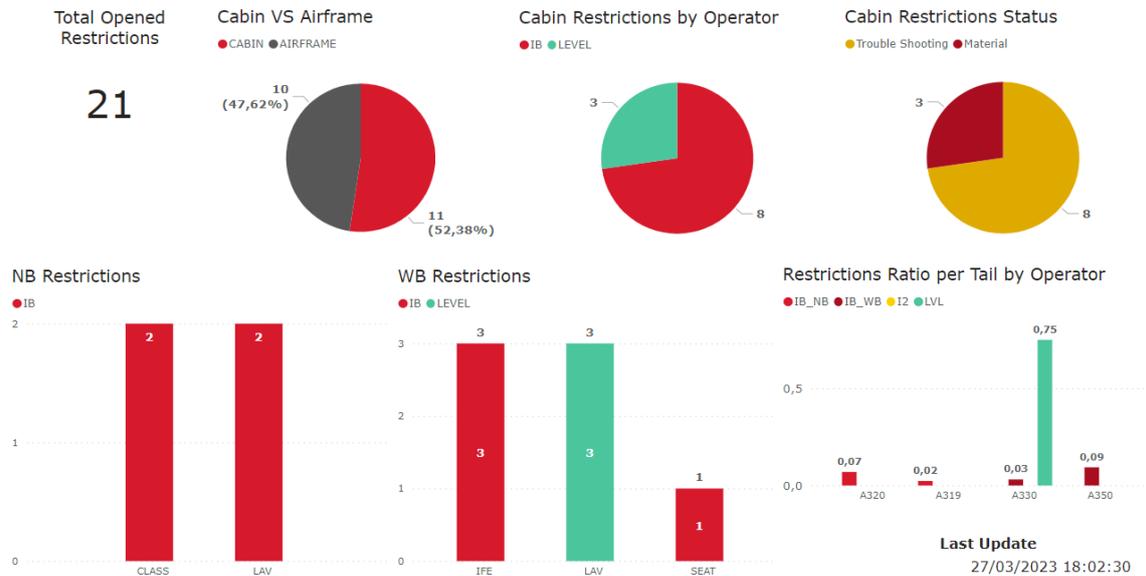


Ilustración 34 Información general acerca restricciones operativas abiertas

## Wide Body Cabin Status

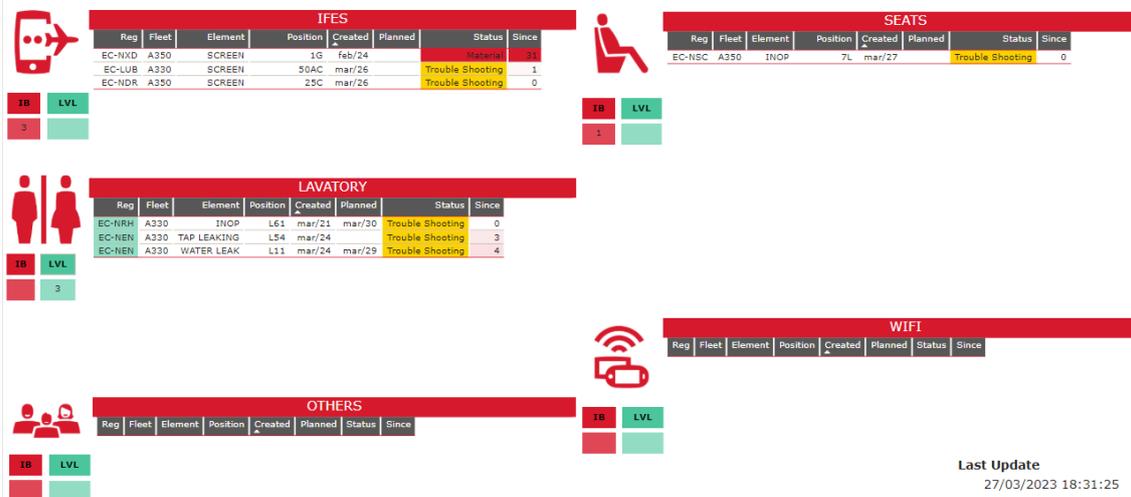


Ilustración 35 Detalle restricciones operativas Largo Radio

### Narrow Body Cabin Status

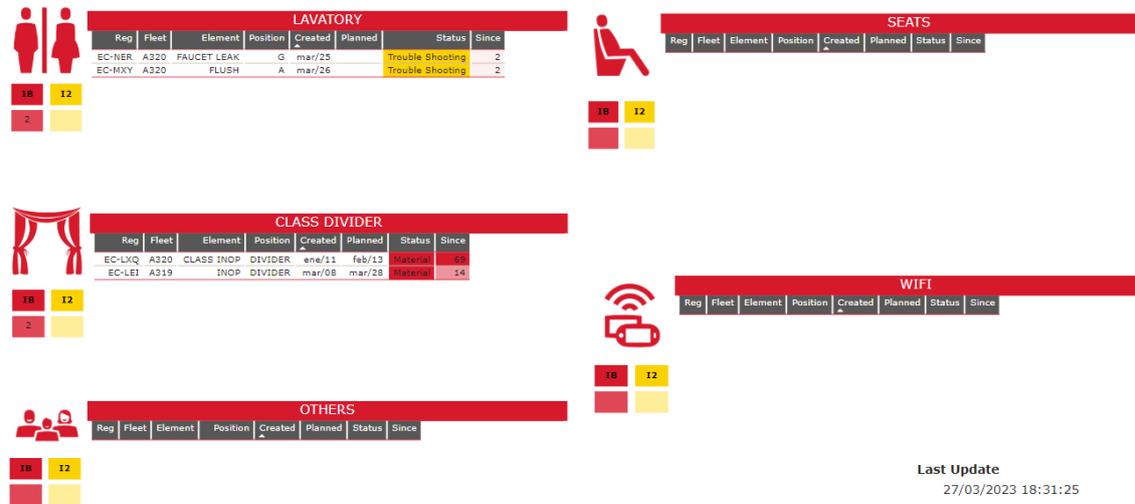


Ilustración 36 Detalle restricciones operativas Corto Radio

### A.3. Scope proyecto Cabin 4 stars

En este anexo se pretende describir el alcance del proyecto Cabin 4 Stars en todas las flotas de Iberia, para clarificar qué elementos están bajo la responsabilidad del equipo involucrado en el proceso donde se ha realizado la reingeniería:

Para flota de Largo Radio, es decir modelos de aeronave A330, A340 y A350:

PASSENGER CARE WORK SCOPE WB		
	TAREAS GRUPO MANTENIMIENTO AERONAVEGABILIDAD	TAREAS GRUPO PASSENGER CARE
Cabina General	Altavoces Sendero luminoso Conductos de ventilación distribución aire	Maleteros Armarios alojamientos Iluminación general Cubre carril Pantalla de video general Paneles (Piso, techo, ventanilla) Rejillas de aire acondicionado Rótulos y anagramas
Textil		Moquetas Cortinas Fundas butacas B/C, Y/C*, Y/C y Transportín Colchonetas de FR y CR Cuna de bebé Fundas y cabecero de butacas de tripulación técnica
Equipo de emergencia	Baliza de emergencia Bolsa de señales Botella oxígeno portátil Electrical Medical Kit First Aid Kit Capucha antihumo Chalecos salvavidas cinturon de bebe prolongador de cinturon Botella extintora lavabo Extintor portátil Hacha Herramineta para apertura PSU Kit de demostración Linterna cabina pasajero Linterna cabina tripulación Máscara full face Máscara oxígeno Megáfono Pata de cabra Cualquier equipo de emergencia en la LOPA	
Butaca de B/C		Componentes IFES de la butaca y pantalla Llamada a TCP Luz de lectura Alojamiento del chaleco Bandeja Bolsillo revistero Carenados Cinturones sin airbag Elementos de privacidad Reposabrazos Reposapiernas Rótulos Elementos con función eléctrica o mecánica
Butaca Premium o turista		Componentes IFES de la butaca y pantalla Llamada a TCP Luz de lectura Alojamiento del chaleco Bandeja Bolsillo revistero Carenados Cinturones sin airbag Reposabrazos Reposapiernas Rótulos Elementos con función eléctrica o mecánica Luzes de lectura
Butaca TCP		Alojamiento del chaleco Bandeja Fundas y cojín Carenados Cinturones Rótulos
Butaca tripulación técnica		Fundas Cojín
IFE		Sistema IFES y componentes
Conectividad y WIFI	Elementos e instalaciones de SATCOM	ALNAV system GCS PANASONIC GoGo system
Galley		cerrojos y pestillos Tiradores mesa auxiliares y encimera espejos paneles y revestimientos Rótulos Suelo NTF Iluminación fluorescente techo cafetera compactador de basura horno nevera
Lavabo		Portarrollo Tabla para cambio de pañales armario mueble de lavabo Perchas Compartimento protectores de asiento Asideros Tapa y yugo taza Compuerta abatible papelera Puerta lavabo Rejilla, pestillos y manivela de la puerta. Rótulos Cenicero Dispensador de jabón Encimera Espejo lavabo Iluminación fluorescente techo Iluminación cortesía
BCRC FCRC		Cortinas Colchonetas Textil Iluminación general IFE Luz de lectura

Ilustración 37 Work Scope equipo Passenger Care para flota de Largo Radio

Por otro lado, para la flota de Corto radio como es toda la familia de A32X:

PASSENGER CARE WORK SCOPE NB		
	TAREAS GRUPO MANTENIMIENTO (DEEP SUPPORT Y RAMP DELIVERY NB)	TAREAS GRUPO PASSENGER CARE
Cabina General	Altavoces Rótulos luminosos de nº de asiento Sendero luminoso Conductos de ventilación Paneles (Piso, techo, ventanilla) Iluminación general Cubre carril Rejillas de aire acondicionado	Maleteros Armarios alojamientos Rótulos y anagramas
Textil	NIL	Moquetas Cortinas Fundas butacas B/C, Y/C y Transportín Fundas y cabecero de butacas de tripulación técnica
Equipo de emergencia	Baliza de emergencia Bolsa de señales Botella oxígeno portátil Electrical Medical Kit First Aid Kit Capucha antihumo Chalecos salvavidas cinturon de bebe prolongador de cinturon Botella extintora lavabo Extintor portátil Hacha Herramineta para apertura PSU Kit de demostración Linterna cabina pasajero Linterna cabina tripulación Máscara full face Máscara oxígeno Megáfono Pata de cabra Cualquier equipo de emergencia en la LOPA	NIL
Butaca business	Elementos con actuación mecánica Elementos de reclinación Resto de elementos	Alojamiento del chaleco Bandeja Bolsillo revistero Carenados Cinturones Reposabrazos Reposapiemas Rótulos
Butaca turista	Elementos con actuación mecánica Elementos de reclinación Resto de elementos	Alojamiento del chaleco Bandeja Bolsillo revistero Carenados Cinturones Reposabrazos Reposapias Rótulos
Butaca TCP	Cinturones Resto de elementos	Alojamiento del chaleco Bandeja Fundas y cojín Carenados Rótulos
Butaca tripulación técnica	Cinturones Resto de elementos	Fundas Cojín
Galley	Resto de elementos	cerrojos y pestillos Tiradores mesa auxiliares y encimera espejos Rótulos
Lavabo	Resto de elementos	Portarrollo Tabla para cambio de pañales armario mueble de lavabo y puerta Perchas Compartimento protectores de asiento Asideros Rejilla, pestillos y manivela de la puerta. Rótulos Cenicero Dispensador de jabón Encimera Espejo lavabo

Ilustración 38 Work Scope equipo Passenger Care para flota de Corto Radio

## A.4. LOPA's

En este anexo se pretenden exponer las LOPA's de los diferentes modelos de aeronaves con los que opera Iberia:

Motores:	2	Unidades Iberia:	4
Longitud:	66 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	64 m	Fabricante motores:	Rolls-Royce
Alcance:	12.300 km	Rutas:	Largo radio
Butacas:	348		

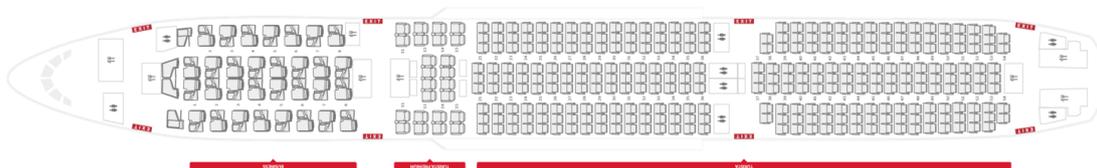


Ilustración 39 LOPA A350-900 Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	8
Longitud:	63,6 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	60,3 m	Fabricante motores:	General Electric
Alcance:	8.800 km	Rutas:	Largo radio
Butacas:	292		

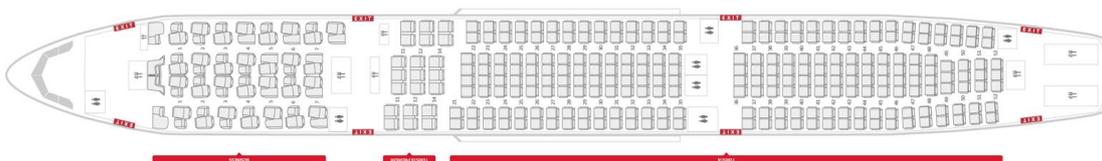


Ilustración 40 LOPA A330-300 Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	12
Longitud:	59 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	60 m	Fabricante motores:	General Electric
Alcance:	11.500 km	Rutas:	Largo radio
Butacas:	288		

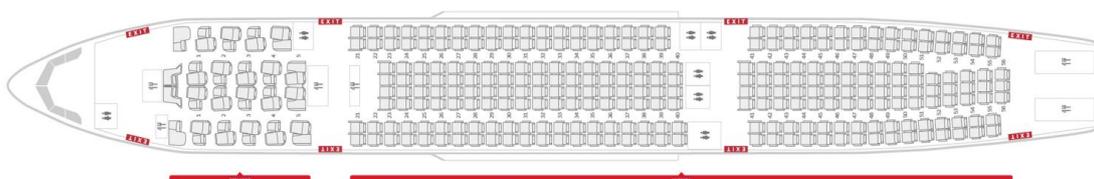


Ilustración 41 LOPA A330-200 Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	11
Longitud:	44,50 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	34,10 m	Fabricante motores:	CFM International
Alcance:	4.000 km	Rutas:	Corto y medio radio
Butacas:	172-200		

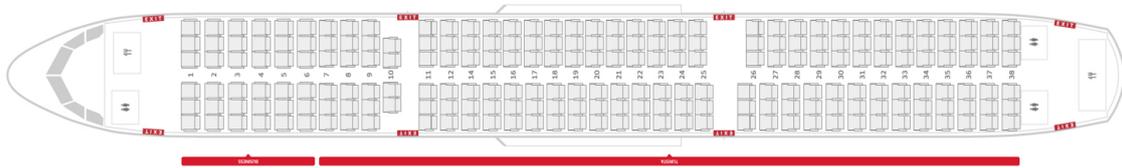


Ilustración 42 LOPA A321 Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	16
Longitud:	37,57 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	34,10 m	Fabricante motores:	CFM International
Alcance:	3.500 km	Rutas:	Corto y medio radio
Butacas:	136-171		



Ilustración 43 LOPA A320 Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	16/2
Longitud:	37,57 m	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	34,10 m	Fabricante motores:	CFM International
Alcance:	3.500 - 2.800 km	Rutas:	Corto y medio radio
Butacas:	180-186		

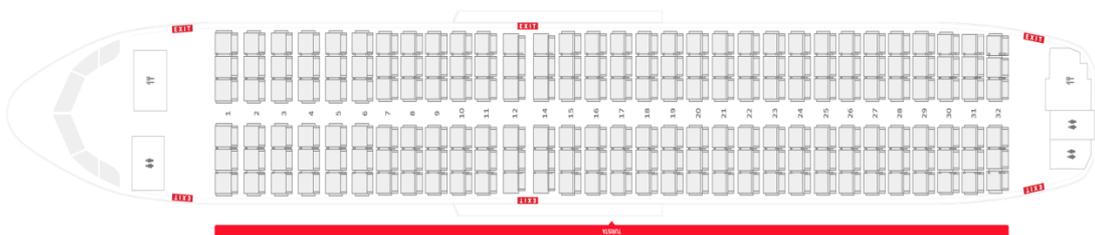


Ilustración 44 LOPA A320 NEO Iberia [RD 1]

Motores:	2	Unidades Iberia:	16
Longitud:	33,84	Fabricante:	Airbus Industries
Envergadura:	34,09	Fabricante motores:	CFM International
Alcance:	3.600- 5.100	Rutas:	Corto y medio radio
Butacas:	141		



Ilustración 45 LOPA A319 Iberia [RD 1]