



## **2.- Descripción del contexto de aplicación**

Previamente a la descripción detallada de la problemática es necesario conocer la empresa Andaluza de Aeronáutica. Se presenta en primer lugar su evolución desde sus inicios y su modelo de gestión. Posteriormente se presenta su situación actual y las condiciones que han marcado este proyecto.

### **2.1.- Antecedentes históricos.**

Andaluza de Aeronáutica actualmente integra un importante consorcio aeronáutico europeo. Antes de formar parte, la empresa ha recorrido un largo camino que se describe a continuación.

La empresa es heredera de una empresa fundada en los años 20. La empresa madre abrió una primera planta en Cádiz e inició su actividad económica fabricando hidroaviones para una empresa extranjera.

Posteriormente, en esa misma década, esa misma empresa comenzó a desarrollar sus primeros prototipos y en los años 40 abrió su Factoría de Sevilla. A los pocos años, el gobierno, a través del Instituto Nacional de Industria, impulsó la actividad económica de esta empresa empezando a participar en su accionariado.

Desde entonces, al amparo del INI, inició el diseño y fabricación de aviones de transporte, así como el mantenimiento tanto de aeronaves americanas destacadas en Europa como aeronaves del Ejército del Aire español.

En los años 60, coincidiendo con la recuperación económica de España, esta empresa acordó la fabricación de más aeronaves extranjeras y consiguió la aprobación de proyectos propios por parte del gobierno nacional.

Desde que el INI entró en la capitalización de esta empresa, el funcionamiento de la misma ha estado ligado al Gobierno Central de España y a principios de los años 70, se hizo con la mayoría del capital de la empresa Andaluza de Aeronáutica. Una de



las primeras decisiones ejecutivas del INI fue la autorizar su fusión con otra empresa española del sector.

En los años posteriores esta empresa continuó afrontando nuevos proyectos de aviones de carga y empezó a estrechar relaciones empresariales con un consorcio europeo muy fuerte y bien posicionado dentro del sector aeronáutico. A raíz de esas primeras negociaciones fue posible la primera colaboración de la empresa Andaluza de Aeronáutica con este consorcio: el proyecto de un avión de combate europeo.

Posteriormente, a finales de los años 90, la empresa Andaluza de Aeronáutica se unió por fin al consorcio europeo. Se reestructuró el consorcio europeo y las instalaciones de Andaluza de Aeronáutica se convirtieron en uno de sus centros de fabricación de componentes, principalmente militares.



## **2.2.- Gestión y Organización de Andaluza de Aeronáutica S.A.**

Recientemente se han producido cambios en Andaluza de Aeronáutica enfocados a dinamizar su modelo general de gestión. Hay una serie de factores que han promovido cambios en la gestión y organización y una de sus consecuencias es el planteamiento y desarrollo de este proyecto. A continuación se describen esos factores: su herencia de empresa semi-pública, el carácter de su mercado y la actual crisis económica.

### 2.2.1.- Carácter semi-público.

La empresa Andaluza de Aeronáutica, por su evolución tan ligada a un gobierno estatal, ha sido gestionada como una gran empresa pública. A pesar de moverse en un libre mercado, la fuerte participación de Estado ha condicionado inevitablemente su funcionamiento y gestión.

Hay teorías que según un criterio u otro argumentan la mayor eficiencia de una empresa a razón de si su capital es público o privado.

Existen procesos de privatización que no buscan únicamente cambiar el origen de los fondos económicos de la empresa; intentan ahondar en los procesos organizativos, de planificación, evaluación y control de la empresa: tratan de cambiar los objetivos de la empresa en sí.

Las empresas estatales surgen en España en el siglo XVIII: se crearon empresas tabacaleras y de paños para intentar equilibrar la balanza de las exportaciones e importaciones. Nacieron para competir con los productos extranjeros; generalmente, de mayor calidad y precio.

Esas primeras empresas públicas se enfocaron en satisfacer una demanda de consumo de la población a precios asequibles. Se centraban en fabricar un producto, sin preocuparse en exceso por mejorar las características de sus homónimos europeos o por conseguir precios inferiores.



Con el paso de los siglos, se ha mantenido esta tendencia. El modelo de gestión y funcionamiento de una empresa estatal ha distado mucho del de una empresa privada. Lo ahora llamado Consejo de Administración y la estructura organizativa, de evaluación y de control dentro de la misma, han sido muy flexibles. Sus empleados, funcionarios, disfrutaban de una seguridad laboral y económica sólida. El respaldo del gobierno estaba garantizado.

La empresa Aeronáutica Andaluza combina una herencia de empresa pública con cierto carácter militar de la misma. Esa herencia, desde su entrada en el consorcio europeo se ha intentado cambiar. Este proyecto se encamina a consolidar ese cambio de enfoque.



## 2.2.2.- Competitividad del sector aeronáutico

A continuación se analiza el sector aeronáutico siguiendo “El Modelo de las Cinco Fuerzas Competitivas” de Michael Porter.

### 2.2.2.1.- Modelo de las Cinco Fuerzas Competitivas

El concepto de competitividad se presenta con un ejemplo del sector automovilístico. Posteriormente se describe cada una de las cinco fuerzas apoyándose en el ejemplo.

En la mayor parte de los casos, una empresa se enfrenta con empresas similares. Por ejemplo se suele decir que la planificación de BMW se hace en Stuttgart (dónde está la sede de Mercedes-Benz) y la de Mercedes en Munich (dónde está la sede de BMW): desde una empresa se vigila a la otra constantemente. Es algo normal, porque son competidoras directas. Esta sería la primera fuerza de Porter, las empresas que compiten en la misma industria.

Siguiendo con el ejemplo, BMW no sólo tiene que vigilar a los demás fabricantes de automóviles, sino que hay cuatro factores más a las que una empresa debe prestar atención. Unidos formarían las Cinco Fuerzas de Porter.

La segunda fuerza de Porter es la amenaza de nuevos entrantes en el mercado. Nuevas empresas pueden entrar en el mercado. Por ejemplo en el caso de los automóviles una empresa puede venir de China y empezar a vender sus coches o una serie de emprendedores pueden montar su propia empresa y vender coches, como ha sido el caso de Tesla Motors.

La tercera fuerza de Porter son los productos sustitutivos. Una empresa ha de estar muy pendiente de aquellos productos que puedan sustituir a los producidos por nosotros. Si vendemos refrescos tenemos el peligro de los vendedores de agua mineral, fabricantes de zumo, batidos, etc. Pero no sólo eso, nuestra competencia también son los zumos que las familias se pueden hacer en casa. En ese sentido



estamos compitiendo casi con los agricultores que producen naranjas y con los fabricantes de exprimidores.

La cuarta fuerza de Porter es el poder de negociación de nuestros clientes. Hay mercados extremadamente competitivos, por ejemplo las piezas de un automóvil. Los fabricantes de automóviles suelen obtener precios muy buenos de los fabricantes de piezas porque tienen una gran capacidad de negociación respecto a sus proveedores.

La quinta fuerza de Porter es el poder de negociación de nuestros proveedores. Un ejemplo muy bueno es la OPEP. Al tener el control, ahora algo menor, sobre buena parte de la producción de crudo, tiene una gran capacidad de negociación con sus clientes, en este caso los países occidentales. Tener capacidad de negociación permite a los proveedores mejores precios, pero también mejores plazos de entrega, compensaciones, formas de pago. En una empresa la capacidad de negociación de nuestros proveedores puede lastrar su competitividad, por lo que es otro factor a tener en consideración.



2.2.2.2.- Aplicación del modelo de las Cinco Fuerzas a Andaluza de Aeronáutica y al sector aeronáutico.

Si se plantea un análisis de las Cinco Fuerzas sobre la empresa A y el sector en el que se encuadra, el sector aeronáutico, se puede observar que:

- A) El número de empresas rivales en el sector aeronáutico es muy reducido en comparación con otros sectores: las grandes compañías aéreas suelen tener una flota formada por distintos modelos de tres o cuatro fabricantes.

Luego no existe una competitividad tan agresiva ni tan continuada como por ejemplo, la del sector automovilístico, que provoque que la empresa Andaluza de Aeronáutica necesite reinventarse continuamente.

- B) En segundo lugar, la amenaza de nuevos entrantes en el mercado aeronáutico es muy reducida.

El capital humano y financiero necesario para la irrupción de nuevos fabricantes y nuevos modelos en el mercado internacional aeronáutico es muy elevado.

Además, el *"know-how"*, los conocimientos adquiridos por los actuales fabricantes a lo largo de los años, son muy elevados y difícilmente una nueva empresa podría ofrecer productos de una calidad similar.

Por estas razones, la probabilidad de aparición de nuevos competidores es casi despreciable.

La empresa Andaluza de Aeronáutica ve peligrar su cuota de mercado continuamente por el sector en el que se encuadra. Por tanto, la segunda fuerza de la competitividad no la impulsa a mejorar su rendimiento.

- C) En referencia a la tercera fuerza, las empresas del sector aeronáutico, cuentan con la ventaja de que sus productos son difícilmente sustituibles.

Casi ningún otro ingenio mecánico puede sustituir la rapidez con la que un avión te puede transportar de un punto a otro del mundo: los coches, trenes o barcos tardan mucho más tiempo en cubrir los mismos trayectos.



Sin embargo, en la última década, el terrorismo internacional y una crisis económica como la que estamos viviendo actualmente pueden forzar una rebaja de la demanda de vuelos en avión. En consecuencia los consumidores pueden elegir sustituir sus viajes en avión por viajes asequibles en otro medio de transporte, como el coche o el autobús, o incluso, no viajar.

Éste último hecho, la reducción del consumo, sí que puede afectar al sector aeronáutico y a las empresas relacionadas. La empresa Andaluza de Aeronáutica puede verse forzada a replantear su modelo de producción.

- D) Respecto a la cuarta fuerza, los clientes de la empresa Andaluza de Aeronáutica tienen un poder de negociación limitado.

El proyecto de una nueva aeronave puede contar de partida con un presupuesto muy ajustado que se puede encarecer por retrasos en el diseño y la producción de la aeronave. Ante estos retrasos y aumentos de coste, los clientes, aerolíneas o gobiernos, no tienen mayor opción que aceptar un incremento del precio final si no quieren echar por tierra toda la inversión previa.

Por tanto, la empresa Andaluza de Aeronáutica no se ve presionada excesivamente por los clientes a cumplir estrictamente con plazos. Es otro aspecto más de su producción que no la fuerza a ser más competitiva.

- E) Respecto a la última fuerza competitiva, las empresas del sector aeronáutico se pueden ver más beneficiadas o menos según la naturaleza de la provisión que necesiten.

En el sector aeronáutico, tanto civil como militar, el peso de las aeronaves es el factor más determinante de su atractivo para el cliente: a menor peso del avión, menor consumo de combustible (o mayor número de pasajeros en el sector civil) y menor coste (o mayor beneficio) para el cliente o la aerolínea en cubrir los trayectos. Esta es la razón por la que se pueden llegar a utilizar materiales ligeros y difíciles de encontrar, equipamientos de



vanguardia y procesos de fabricación complejos (mecanizado de alta velocidad, fresado químico, etc).

Respecto a los materiales y los procesos de fabricación, tradicionalmente el material más utilizado ha sido el aluminio: es ligero, fácil de encontrar y muy comercial, y por tanto, barato. Sin embargo, hoy en día no sólo se utiliza el aluminio.

Por un lado, existen determinados requerimientos que no puede cumplir el aluminio, como la resistencia al fuego o la resistencia a la corrosión a altas temperaturas. Esto fuerza a los fabricantes a utilizar materiales más difíciles de encontrar, como por ejemplo el titanio: es un material un 40% más ligero que el acero y posee una resistencia mecánica a altas temperaturas similar. Por el contrario, el titanio es muy costoso de producir y su empleo se reduce al sector aeronáutico: esto quiere decir que hay pocos proveedores y que su precio es elevado.

Por otro lado, en los últimos años se está desarrollando un material más ligero que el aluminio y muy resistente como es la fibra de carbono impregnada en resina. Este material es muy complejo de manipular y su proceso de fabricación requiere mano de obra especializada y maquinaria exclusiva para su corte y su curado. Tanto es así que el número de proveedores mundiales de materia prima y de maquinaria son reducidos, pudiendo establecer precios más altos.

Para fabricar un avión también son necesarios equipos mecánicos y eléctricos. El empleo masivo de la electrónica en todos los sectores ha conseguido que sus precios sean ajustados y reducidos. En cuanto a los equipos mecánicos, la larga tradición en el empleo de actuadores neumáticos y dispositivos mecánicos en los medios de transporte posibilita unos precios también bajos.

En resumen, últimamente se emplean materiales cada vez más difíciles de encontrar y fabricar por lo que el aumento del coste de los materiales es inevitable.



Sin embargo, las empresas aeronáuticas pueden beneficiarse aún de las relaciones con sus proveedores. La razón es que cualquier proveedor de materiales y/o productos semi-elaborados está interesado en conseguir contratos de larga duración. Y éstos, los consiguen con los grandes constructores aeronáuticos.

Por tanto, incluso los proveedores de materiales más exclusivos se esfuerzan en ofrecer precios competitivos y los grandes constructores salen de nuevo beneficiados.

De la aplicación del modelo de Porter al sector aeronáutico y a la empresa Andaluza de Aeronáutica, se manifiesta el carácter poco competitivo del sector. Se puede extraer una conclusión adicional: el único agente externo que puede despertar su competitividad es la posible sustitución de sus productos forzada, por ejemplo, por una crisis económica.



### 2.2.3.- La crisis económica.

Desde hace unos años una crisis económica a nivel mundial ha afectado a la mayoría de sectores económicos. En general se han sucedido todo tipo de medidas económicas para hacer frente a la crisis: EREs, reducción de salarios y prestaciones laborales, cierre de plantas, etc. Estas medidas han afectado a tanto a grandes como a pequeñas empresas de todo tipo de sectores como por ejemplo el del automóvil, el de aparatos electrónicos o el de la vivienda.

Sin embargo, hay un sector que por su naturaleza e inercia económica tarda varios años en notar los efectos: el sector aeronáutico.

Dentro de este margen de tiempo, las empresas aeronáuticas, como la propia Andaluza de Aeronáutica, pueden tomar medidas para paliar los efectos de la crisis. Una de esas medidas puede ser la implantación de nuevos modelos de gestión, interna o externa, y el desarrollo de nuevos productos.

Una de las estrategias tomadas por Andaluza de Aeronáutica es el desarrollo de un nuevo modelo logístico. Se trata de reducir costes de logística mediante la centralización de almacenes y otras medidas. Una oportunidad de reducir costes es este proyecto.



### **2.3.- Funcionamiento actual de las instalaciones**

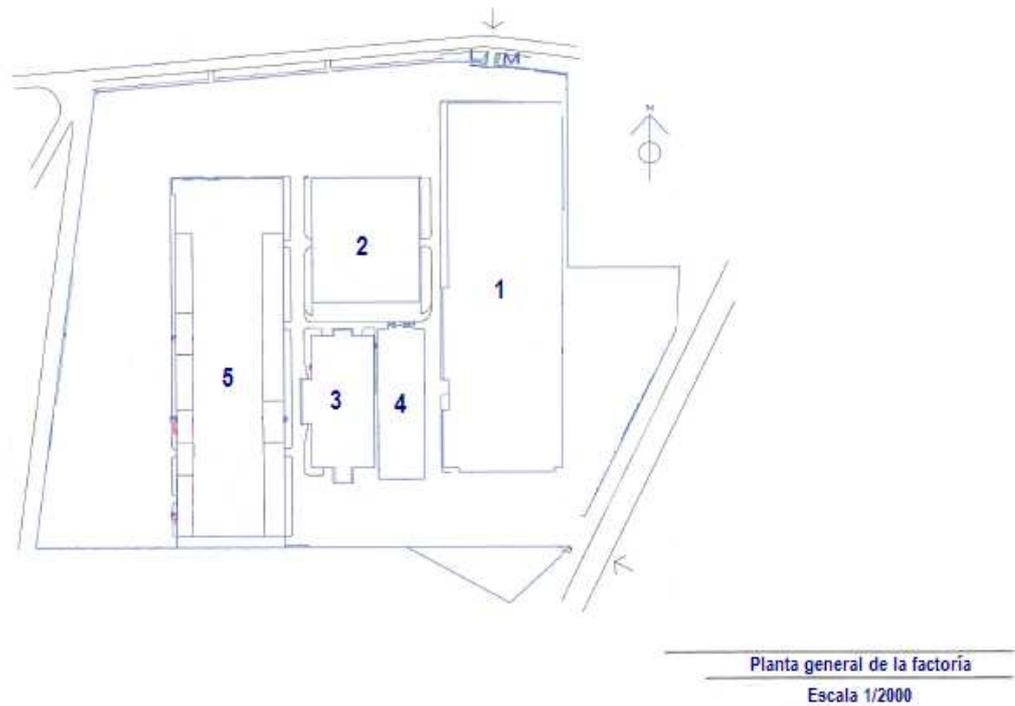
La empresa Andaluza de Aeronáutica pretende reducir los gastos que le genera una empresa subcontratada, Logística Aeronáutica. Ésta empresa subcontratada le factura a Andaluza de Aeronáutica, entre otros conceptos, por los recursos que aporta para cubrir movimientos internos de material y productos.

Los servicios de Logística Aeronáutica son necesarios e irreducibles. Una estrategia a seguir por Andaluza de Aeronáutica es implantar una gestión más racional de los recursos contratados.

Para establecer una posterior comparativa, se presenta en primer lugar las instalaciones y las diferentes actividades afectadas por este proyecto.

#### **2.3.1.- Instalaciones**

Las instalaciones de la empresa se localizan en Sevilla. En ellas se realizan diversas manufacturas de carácter aeronáutico: transformaciones de materia prima como pueden ser el conformado plástico de chapas, el mecanizado de alta velocidad o la realización tratamientos superficiales, tareas de equipamiento y ensamblaje de grandes componentes de productos aeronáuticos.



**Figura 2.1. Plano de las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.**

Como se puede observar en la figura 2.1, las instalaciones de la empresa Andalucía de Aeronáutica cuentan con cinco grandes edificios, cinco naves numeradas.

En aeronáutica se denominan programas a cada paquete de trabajo que se desarrolla. Un programa se asemeja a lo que sería un modelo de coche en el sector del automóvil: se organiza autónomamente dentro de la factoría y puede compartir recursos humanos y materiales con el resto de programas.

En las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica se desarrollan hasta 12 programas: cada programa desarrolla un componente para un producto que puede ser el mismo o diferente al de otros programas. Es importante destacar que los programas no se enlazan entre sí. Cada uno de ellos recibe un material, lo manipula y lo envía al siguiente punto de su cadena de montaje o directamente a la línea final de montaje (FAL, *Final Assembly Line*).

Los diferentes programas se distribuyen por las instalaciones según se muestra en la siguiente figura 2.2:

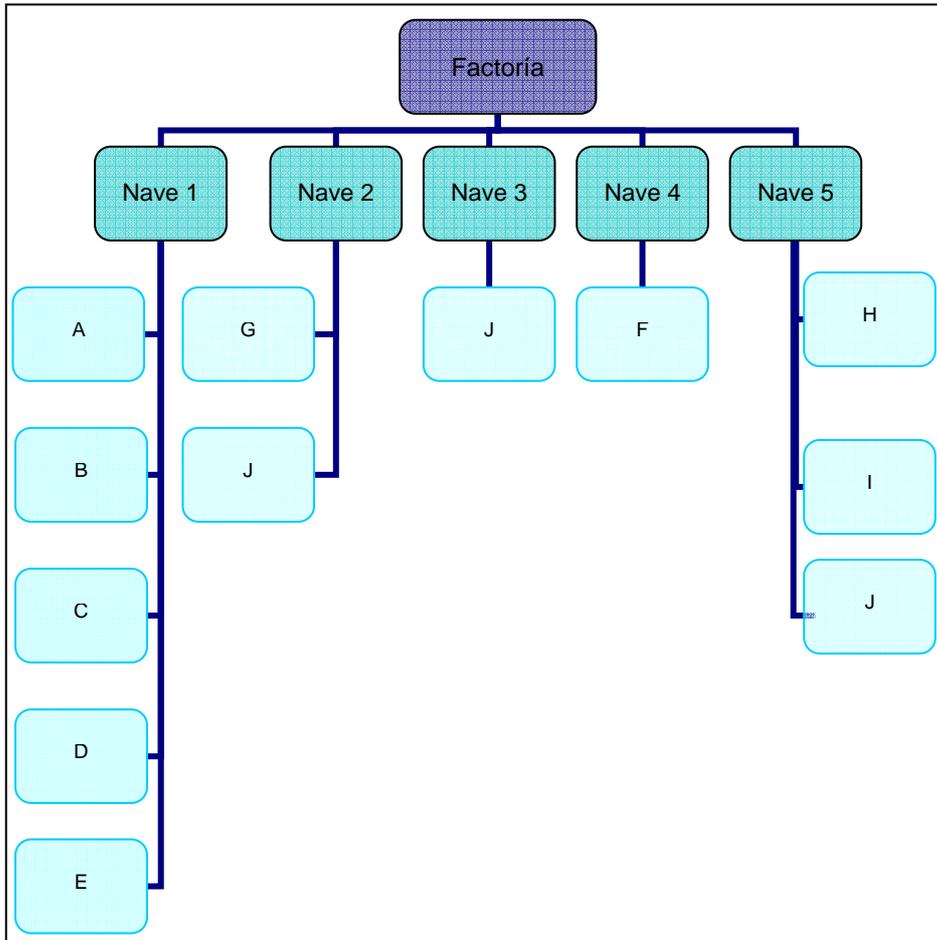


Figura 2.2. Organigrama de distribución de naves y programas

Sólo existe una correlación directa entre nave/programa, programa/nave, para las naves 3 y 4 y los programas J y F. En el resto de naves se sitúan varios programas que comparten espacios y/o recursos materiales y humanos.

#### 2.3.1.1.- Nave 1

Es una de las mayores naves de la fábrica: ahora mismo alberga hasta 5 programas diferentes. Consta de diversos puentes grúas que se pueden mover a lo largo de dos zonas longitudinales y contiguas dentro de la nave.

En la misma nave hay un almacén intermedio de pequeñas piezas de algunos programas y diversas torres lanzaderas con consumibles de los diferentes programas. Por consumible se define toda pieza de pequeñas dimensiones que compone cada



producto que se ensambla. Respecto al almacén intermedio, en él los recursos de Logística Aeronáutica realizarán ciertas tareas de cada programa.

#### 2.3.1.2.- Nave 2

Esta nave se encuentra dividida en dos por un muro. En una de las divisiones se desarrolla la actividad del programa G y en la otra parte se aplican operaciones de mecanizado convencional y operaciones de marcado láser para procesos del programa J.

#### 2.3.1.3.- Nave 3

En esta nave se realizan baños químicos y otros procesos superficiales de productos asignados al programa J.

#### 2.3.1.4.- Nave 4

En esta nave se ensamblan y equipan pequeñas piezas de un cliente. En la nave se encuentran las oficinas del programa que se desarrolla y cuenta con dos líneas de montaje.

#### 2.3.1.5.- Nave 5

En esta última nave, de dimensiones parecidas a la nave 1, se sitúan actividades del programa J, así como los programas H e I en su totalidad. Se realiza el ensamblaje de conjuntos, tratamientos térmicos de piezas y procesos de mecanizado.



### 2.3.2.- Descripción de los programas

A continuación se describe cada uno de los programas afectados por el proyecto. Se presenta el producto a realizar, una distribución en planta con las actividades a realizar, las tareas que se necesitan de la empresa Logística Aeronáutica y las interrelaciones entre programas y otros aspectos.



2.3.2.1.- Programa A

Programa A
<u>Producto desarrollado:</u> fan cowls de avión comercial
<u>Lugar de desarrollo:</u> nave 1
<u>Fecha de implantación:</u> año 2008
<u>Producción anual:</u> 120 aviones
<u>Horario de producción:</u> 7:00 -19:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente:</u> 3 (compartidos con los programas C, D y E)

Ficha 1. Datos generales del programa A



Figura 2.3. Ubicación del programa A en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica



En la figura 2.3 se muestra el área de la nave 1 dónde se sitúa el programa A.



**Figura 2. 4.** *Fan Cowl* típico durante su fase de equipado.

En la figura 2.4 se muestra una foto del producto de este programa. Se denomina *fan cowl* en inglés y es el revestimiento de los motores de un avión comercial. Este revestimiento, de doble curvatura, se equipa con cierres y otros mecanismos auxiliares antes de enviarse a la línea final de montaje.

La dimensión del revestimiento es de 2 ó 3 metros de alto y de fibra de carbono. Estas piezas grandes llegan en camión y se someten a una serie de operaciones de recantado y de equipado eléctrico y mecánico. Cada serie de operaciones se realiza en una estación de trabajo diferente, y los recursos dispuestos por Logística Aeronáutica transportan el producto entre esas estaciones de trabajo.

Al término de todas las operaciones, las piezas terminadas se montan en un útil de transporte con capacidad para dos unidades y en cada envío por carretera se incluyen dos de estos útiles.

La pieza una vez montada en el avión adopta una posición similar a la que se muestra en la figura 2.5:

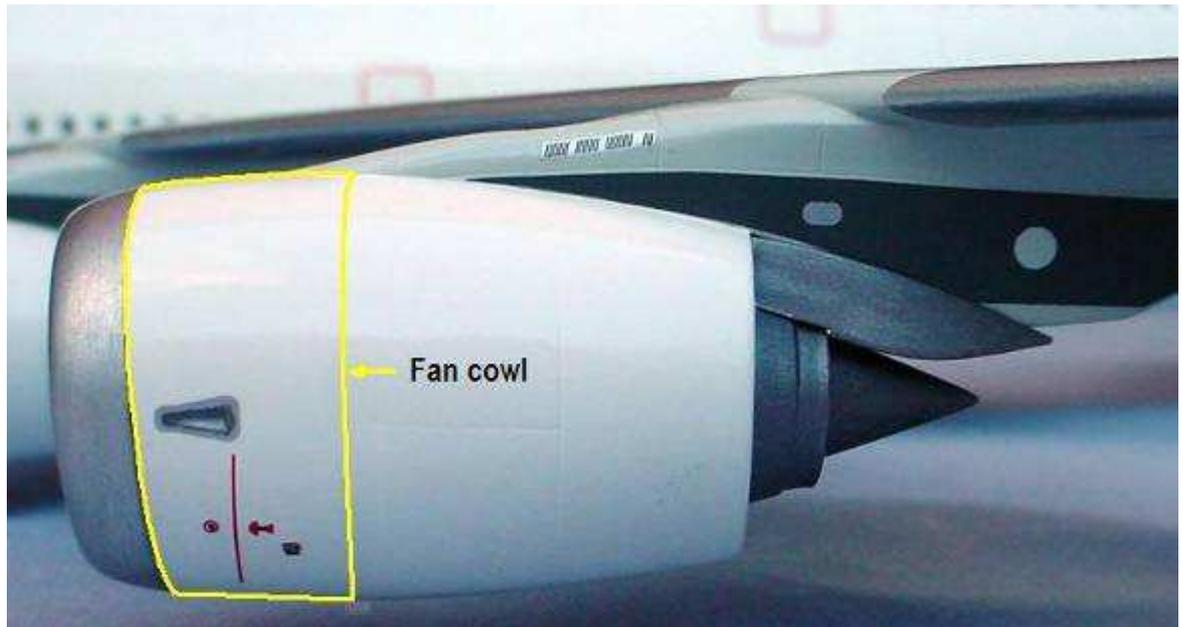


Figura 2. 5. *Fan cowl* típico montado en un avión comercial.

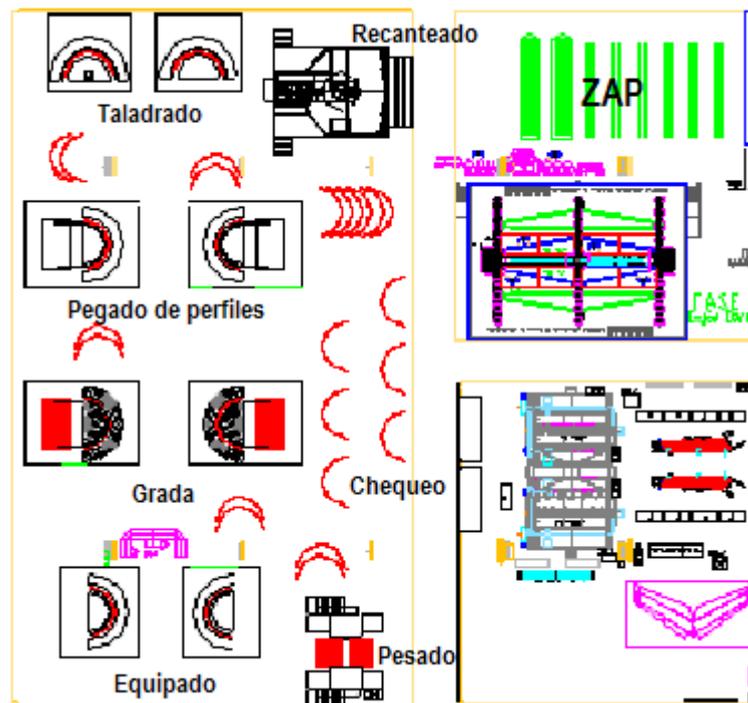


Figura 2. 6. Distribución en planta del programa A y sus distintas estaciones de trabajo

En las figura 2.6 se muestran las distintas estaciones de trabajo del programa A. Los camiones descargan junto a la zona de pesado. De ahí pasan a la zona de almacenamiento previo si las unidades anteriores continúan en la zona de recantado.



Después pasan sucesivamente por la zona de taladrado, por la zona de pegado de perfiles, por la grada, por la zona de equipado y por las zonas de pesado y chequeo.

En la siguiente tabla 2.1 se presentan los movimientos a realizar por los recursos de la empresa Logística Aeronáutica dentro del programa A:

Nº Mvto	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo (minutos)	Ud Prod por mvto.
1	A	Descarga y puesta en planta capot sin equipar	2	45	1
2	A	Transporte de la recepción a ZAP (previo al taladrado)	2	20	1
3	A	Transporte del taladrado al recanteado	2	20	1
4	A	Transporte desde ZAP a pegado de perfiles	2	20	1
5	A	Transporte de pegado de perfiles a grada	2	20	1
6	A	Traslado de grada a equipado	2	90	1
7	A	Carga en útil de transporte y envío para pintura/SACESA	2	45	2
8	A	Descarga de útil y puesta en planta o zona cercana al check list del capot procedente de pintura/SACESA	2	45	2
9	A	Traslado de zona de check list a pesado y vuelta a posición inicial	2	30	1
10	A	Carga en útil para envío al cliente final del capot terminado (acompañamiento incluido)	2	210	4

Tabla 2.1. Movimientos de Logística Aeronáutica en el programa A.

En la tabla 2.1 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  es un índice cardinal para los programas y en el caso del programa A toma el valor 1.



La última columna es un indicador de la repetitividad de cada movimiento: son las unidades de producto atendidas por movimiento. Por ejemplo, según la tabla, el movimiento 10 afecta a 4 unidades de producto por movimiento. Desde un punto de vista logístico eso significa si se produjeran 4 aviones al año, sólo se tendría que realizar una vez el movimiento en todo el año.



### 2.3.2.2.- Programa B

Programa B
<u>Producto desarrollado</u> : integración de avión militar
<u>Lugar de desarrollo</u> : nave 1
<u>Fecha de implantación</u> : finales de los 90
<u>Producción anual</u> : 20 aviones
<u>Horario de producción</u> : 7:00 -19:30 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente</u> : 3

Ficha 2. Datos generales del programa B

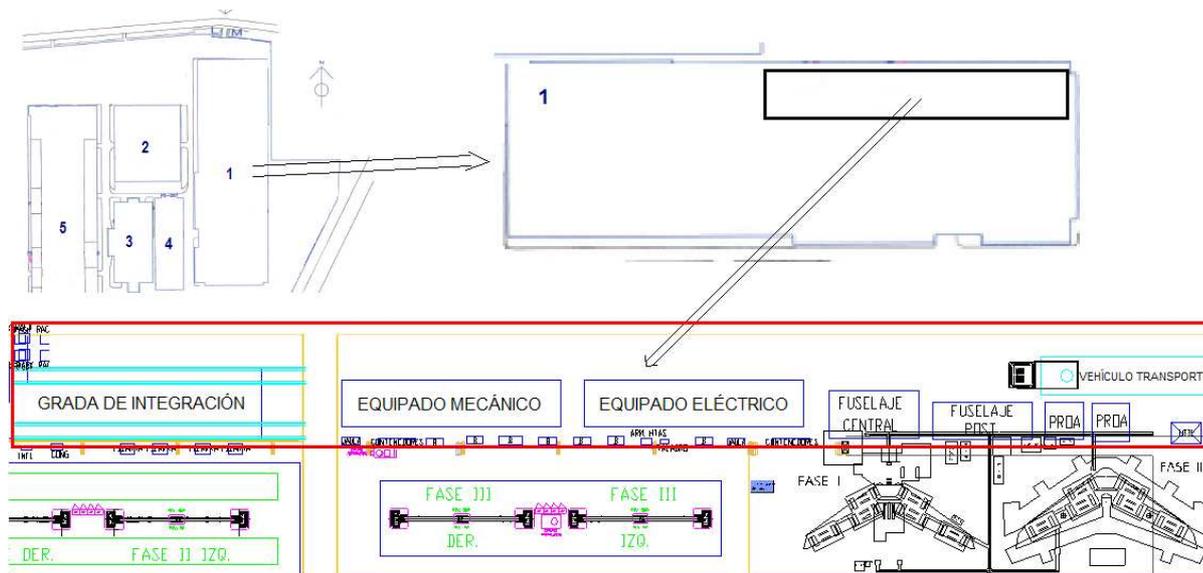


Figura 2.7. Distribución en planta del programa B

En la ficha 2 se presentan unas características globales del programa B. Por su parte, en la figura 2.7 se muestra la localización del programa B dentro de las instalaciones. Se recuadran en rojo los espacios destinados al programa B.

Este programa equipa e integra el fuselaje delantero o nariz, el fuselaje central y la popa. En la figura 2.7 se encuentra rotulada como grada de integración la zona donde se unen esas tres partes. Así mismo, igualmente se muestran las zonas donde se equipan los dispositivos mecánicos y eléctricos.



La logística interna de las piezas BA, BB y BC se realiza con la ayuda de puentes grúa de más de 5 toneladas entre los diferentes estados. La piezas anteriores recorren los siguientes estadios consecutivos (de izquierda a derecha en la figura 2.: integración de las tres partes, equipado mecánico y equipado eléctrico.



**Figura 2. 8. Sección final de un avión comercial.**

En la figura 2.8 se muestra la sección trasera de un avión comercial. En dimensiones es comparable a la parte final “BC” del programa B. Para poder escalar la imagen, se puede observar en el primer plano una pizarra blanca que es de la altura de una persona.



Figura 2.9. Interior del producto del programa B ya terminado

En la figura anterior, la figura 2.9, se muestra un producto del programa B ya terminado y personalizado para el cliente. En amarillo se divide la imagen en las tres partes que se manipulan en el programa B.



Figura 2.10( 1). Modelo del programa B según los diferentes clientes finales.



Figura 2.10( 2). Modelo del programa B según los diferentes clientes finales.

En la figura 2.10 se muestran diferentes configuraciones del producto B. Se emplea en las fuerzas aéreas españolas, en la guardia costera y en la armada de los Estados Unidos y en el estado colombiano, entre otros clientes.

A continuación se presenta una tabla análoga a la del programa A con los movimientos necesarios en este programa:



Nº Mvto	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo (min)	Ud Prod por mvto.
1	1	Recepción de la proa (parte BA) del cliente y descarga al soporte específico	3	120	1
2	1	Preparación grada para proa	2	180	1
3	1	Puesta en grada de la proa.	2	180	1
4	1	Recepción del fuselaje central (parte BB) y descarga al soporte específico	3	180	1
5	1	Puesta en grada del fuselaje central	3	720	1
6	1	Recepción del fuselaje posterior (parte BC) y descarga al soporte específico	3	180	1
7	1	Puesta en grada del fuselaje posterior	3	720	1
8	1	Apertura de embalaje y puesta en planta de las góndolas	2	80	1
9	1	Traspaso de Integración a 4ª estancia para terminación fase de integración	4	150	1
10	1	Traspaso de Integración a Equipado Mecánico.	4	150	1
11	1	Traspaso de Equipado Mecánico a Equipado Eléctrico.	4	150	1

Tabla 2.2. Movimientos de Logística Aeronáutica en el programa B.

En la tabla 2.2 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$ , como se comentó en el punto 2.3.2.1, es un índice cardinal para los programas y vale 2 para el programa B.

El plan de trabajo de este programa no es cerrado y pueden variar mucho sus necesidades de tiempo. Se pueden montar 30 versiones diferentes del mismo producto y las necesidades de cada montaje son muy diferentes. Para simplificar, se han tomado tiempos genéricos que aparecen en la tabla 2.2.

### 2.3.2.3.- Programa C

Programa C
<u>Producto desarrollado</u> : estabilizador horizontal de jet privado
<u>Lugar de desarrollo</u> : nave 1
<u>Fecha de implantación</u> : 2005
<u>Producción anual</u> : 150 aviones
<u>Horario de producción</u> : 7:00 -19:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente</u> : 2 (compartidos con los programas A, D y E)

Ficha 3. Datos generales del programa C

El programa C también se encuentra en la nave 1. Se fabrica el estabilizador horizontal de un jet privado; en adelante se denomina a este producto, producto C. Al término de las tareas del programa, se traslada la pieza a la FAL del cliente.



Figura 2.11. Situación del estabilizador horizontal en un jet privado.



En la figura 2.10 se observa cómo el estabilizador horizontal es un conjunto de forma aerodinámica que se une al estabilizador vertical. El avión del programa se diferencia por ser tri-reactor, dificultando así la unión entre ambos estabilizadores.



Figura 2. 12. Situación del programa C en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

En la figura anterior se muestra la localización del programa C dentro de las instalaciones de la empresa. Aunque no aparezca señalado en la imagen, se encuentra junto al programa A, con el cual comparte recursos de Logística de Aeronáutica.

A continuación se describe detalladamente el producto C. Se muestra una sección transversal del mismo en la figura 2.14:

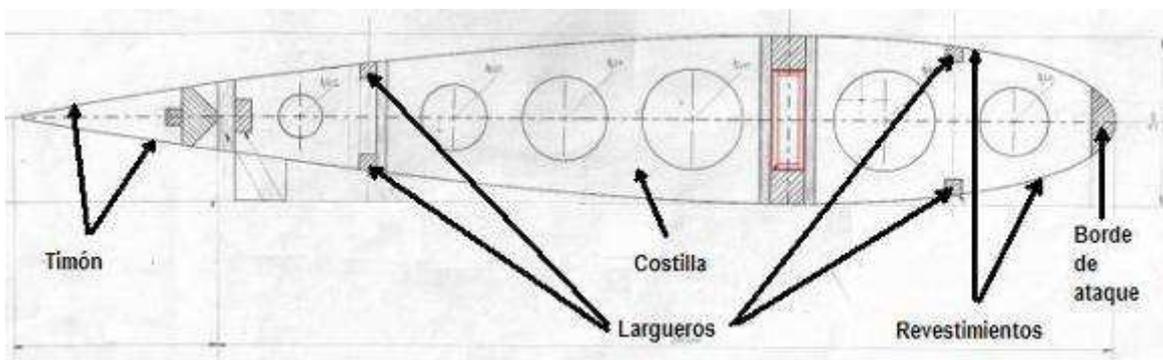


Figura 2. 14. Esquema de una sección transversal de una pieza como el producto C.



La pieza está recubierta por dos revestimientos simétricos (superior e inferior) que unidos forman un perfil aerodinámico. Para asegurar que mantienen su forma en vuelo, ambas piezas se rigidizan en dos direcciones:

- En dirección longitudinal al avión, transversal a la pieza, con unas vigas que contactan con los dos revestimientos y que se llaman costillas.
- En dirección transversal al avión, longitudinal a la pieza, con vigas más esbeltas que las costillas, normalmente de sección en “T” y que contactan con un único revestimiento. Por cada revestimiento hay dos largueros, uno frontal y otro trasero como se puede observar en la figura 2.14.
- En la parte posterior de la pieza se sitúa el timón. Es una pieza móvil que rota alrededor de un eje transversal a la dirección de vuelo. Sus giros leves permiten estabilizar verticalmente la zona trasera del avión.

Las costillas, los largueros y los revestimientos forman el armazón principal de toda ala o estabilizador horizontal o vertical. Este armazón necesita de un borde de ataque o borde delantero para cerrar frontalmente la superficie aerodinámica de la pieza.

Sus piezas se unen en cuatro fases principales:

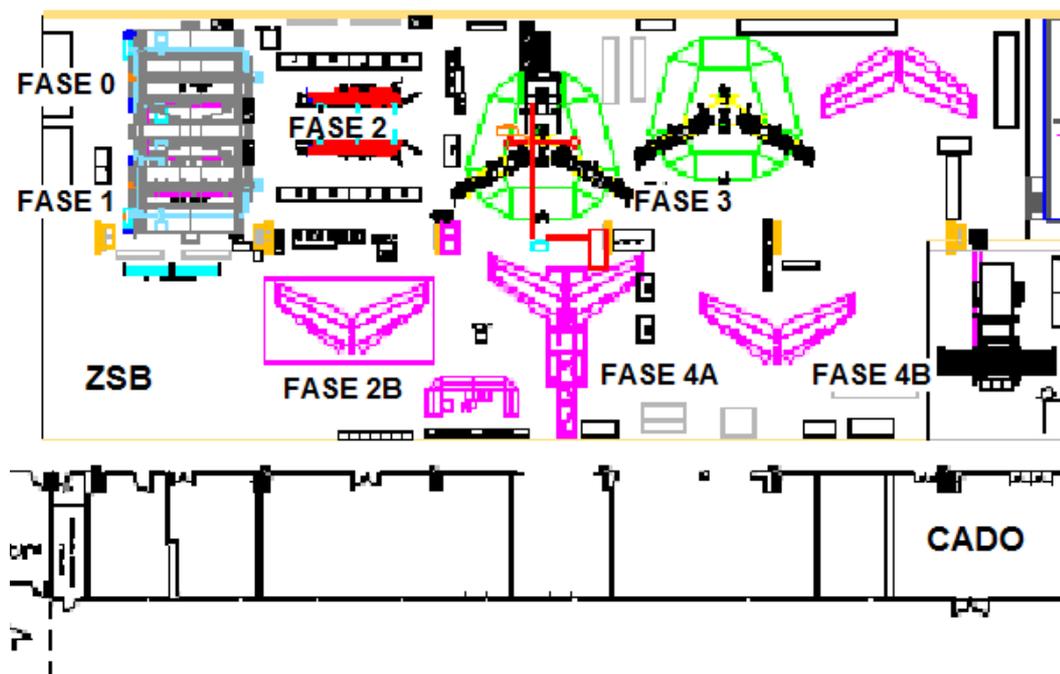


Figura 2. 13. Distribución en planta del programa C.



En la figura 2.13 se muestran las distintas fases que componen el montaje y las tareas a realizar en el programa C. El recorrido es intermitente desde la fase 0 a la fase 1, de la fase 1 a la fase 2, y así sucesivamente.

A continuación se muestra la tabla 2.3 con las operaciones a realizar por Logística Aeronáutica para el programa C:

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Recursos $r_{ij}$	Tiempo $t_{ij}$ (min)	Ud Prod por mvto.
1	1	Recepción y transporte al CADÓ de los revestimientos y los largueros	2	90	1
2	1	Descarga de útil y puesta en planta	2	30	1
3	1	Transporte de largueros izquierdos o derechos de fase 0 o equipado a fase 1	2	10	2
4	1	Transporte de largueros y revestimientos izquierdos o derechos de fase 1 a fase 2	2	10	2
5	1	Transporte de largueros y revestimientos izquierdos o derechos de fase 2 a fase 2B (fuera de grada)	2	180	2
6	1	Transporte de largueros y revestimientos izquierdos o derechos de fase 2B a fase 3 o integración	2	90	2
7	1	Recepción y transporte al CADÓ de los timones izquierdo y derecho	2	30	1
8	1	Recepción y transporte al CADÓ de los bordes de ataque derecho e izquierdo	2	30	1
9	1	Recepción y transporte al CADÓ de los Tips izquierdo y derecho	1	30	1
10	1	Transporte de timones izquierdo o derecho a integración del producto C	2	10	2
11	1	Puesta en el carro o fase 4A desde la fase 3B para fin de pintura/sellado (producto C ya integrado)	2	30	1
12	1	Transporte del integrado a maqueta de timones	2	45	1
13	1	Acoplamiento de maqueta para rebaje del producto integrado	2	60	1
14	1	Transporte del producto integrado de fase 4A a la fase 4B (Fuera de grada)	2	45	1
15	1	Transporte del producto integrado de la fase 4B a la cuna fuera de grada para verificación	2	45	1
16	1	Preparación del útil de transporte	2	30	1
17	1	Traspaso del producto integrado	2	90	1



		de fase 4B a útil de transporte y espera en ZSB			
18	1	Carga del producto C terminado desde ZSB al camión de transporte	2	60	1
19	1	Retorno del útil de transporte	2	60	1

Tabla 2.3. Movimientos de Logística Aeronáutica para el programa C

En la tabla 2.3 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa C toma el valor 3.

Para ciertas tareas (por ejemplo, tarea 5 y tarea 6) se necesitan dos recursos adicionales: estos puestos se cubren con empleados de Andaluza de Aeronáutica en lugar de contratar más recursos de Logística Aeronáutica.



2.3.2.4.- Programas D y E

Programa D
<u>Labor desarrollada</u> : ensamblaje estabilizador horizontal de un avión militar
<u>Lugar de desarrollo</u> : nave 1
<u>Fecha de implantación</u> : 2008
<u>Producción anual</u> : en desarrollo
<u>Horario de producción</u> : 7:00 -19:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente</u> : 2 (compartidos con los programas A, C y E)

Ficha 4. Datos generales del programa D.

Programa E
<u>Labor desarrollada</u> : verificación carenas del estabilizador horizontal
<u>Lugar de desarrollo</u> : nave 1
<u>Fecha de implantación</u> : 2008
<u>Producción anual</u> : en desarrollo
<u>Horario de producción</u> : 7:00 -19:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente</u> : 2 (compartidos con los programas A, D y E)

Ficha 5. Datos generales del programa E.

Ambos programas se presentan conjuntamente porque se ensamblan en la misma FAL de un avión militar de transporte.



Figura 2. 15. Producto D en la Línea Final de Montaje

La figura 2.15 muestra el producto D antes de ensamblarlo junto con el resto de sub-productos del avión militar de Andalucía de Aeronáutica.

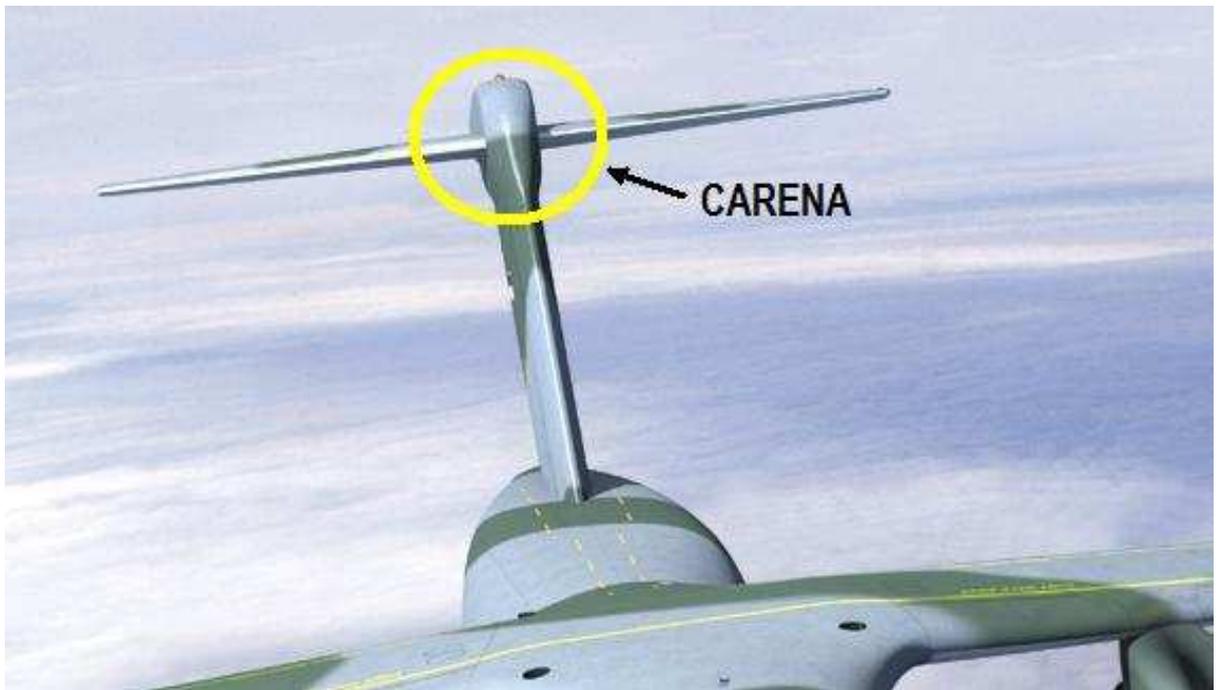


Figura 2.16. Localización del producto E en el avión militar de Andalucía de Aeronáutica.

En la figura 2.16 se muestra la localización del producto E en el avión: una carena es un revestimiento para reducir las pérdidas aerodinámicas. Su forma es de transiciones redondeadas y las tolerancias de fabricación y montaje deben de ser reducidas.

Las carenas se reciben del Reino Unido y se realizan unos últimos ajustes sobre el estabilizador horizontal ya terminado, así como su posterior calibración y pesado

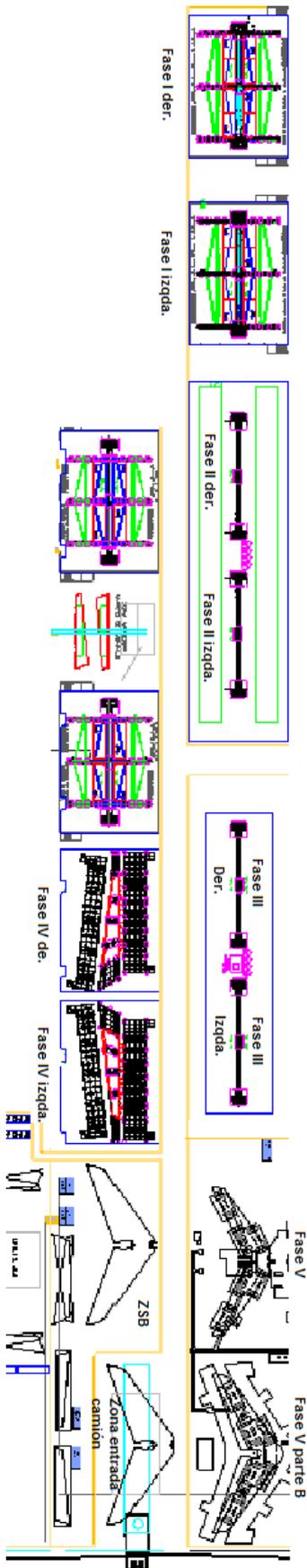


Figura 2.18. Distribución en planta del programa D

junto al estabilizador horizontal. También se incluye la pintura de las carenas y su embalaje para su transporte a la FAL.

En la figuras 2.17 y 2.18 se muestra la situación de los programas D y E respectivamente dentro de las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

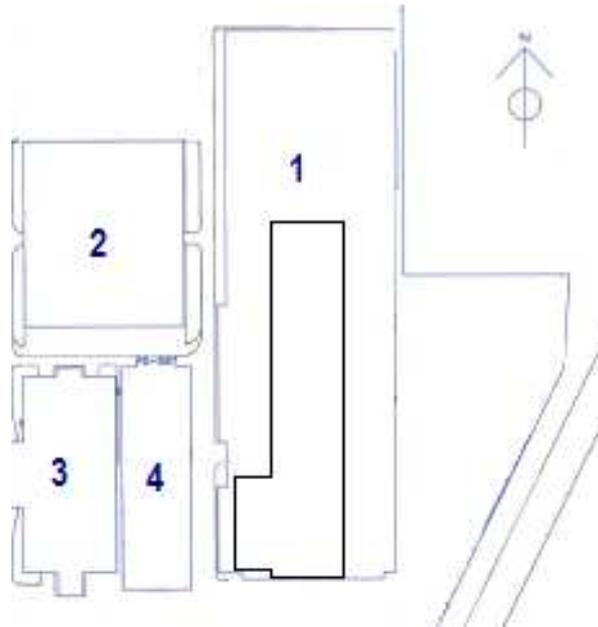


Figura 2.17. Situación del programa E en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

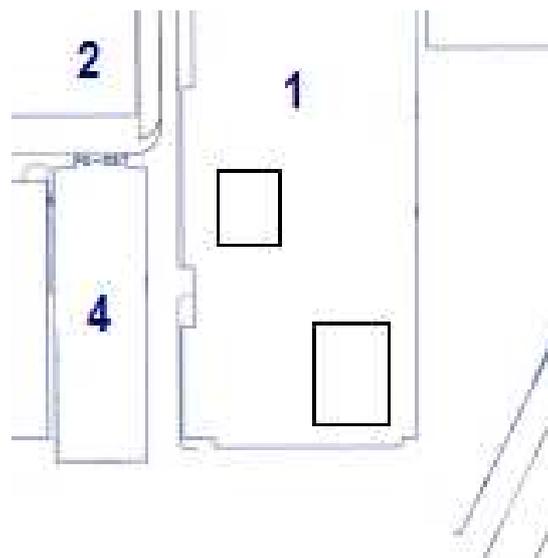


Figura 2.19. Localización del programa D.



En la figura 2.18 se muestra la distribución en planta de los espacios del programa D.

El producto sigue un recorrido descendente según la figura 2.18 acorde con su proceso de montaje. Una breve descripción del mismo se presenta a continuación:

- 1º. Se montan en grada los largueros y las costillas.
- 2º. Se fijan los revestimientos (o láminas externas) superiores e inferiores sobre la estructura formada por los largueros y las costillas dando lugar a un armazón dispuesto en posición vertical.
- 3º. Se taladra el armazón, se fijan los *tips* y se voltea el cajón.
- 4º. Se monta y se instala el timón y sus actuadores.
- 5º. Se equipa el producto D y se dispone en planta a la espera de su entrega al transportista para que lo lleve a la FAL.

En la figura 2.20 se muestra la distribución en planta de las instalaciones del programa E. Están dispersadas entre las instalaciones del programa D y el B.

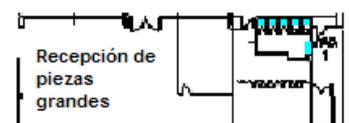
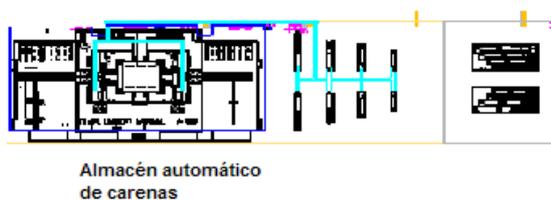


Figura 2.20. Distribución en planta del programa E.



A continuación se muestran los movimientos de logística interna asociados a los programas D y E:

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Recursos $r_{ij}$	Tiempo $t_{ij}$	Ud Prod por movimiento
1	1	Descarga de útil y puesta en planta de revestimientos y largueros	3	480	4
2	1	Recepción, descarga y puesta en carro de los Tips	1	30	2
3	1	Recepción, descarga y puesta en carro de los Bordes de Ataque	1	30	2
4	1	Recepción, descarga y puesta en carro de los revestimientos de los Timones	6	120	4
5	1	Descarga y puesta en planta de los actuadores del timón	2	30	2
6	1	Montaje largueros en fase 0	4	30	4
7	1	Desmontaje largueros de fase 0 y puesta en ZSB	4	60	4
8	1	Montaje de revestimientos en grada de fase 1	4	90	4
9	1	Traslado del marco (cajón, largueros y costillas) de fase 1 a Tríceps	2	90	2
10	1	Traslado del marco del Tríceps a la volteadora	2	90	2
11	1	Traslado del marco de la volteadora a fase 4	4	90	2
12	1	Traslado del marco de fase 4 a fase 5 (integración)	4	90	2
13	1	Transporte de la zona de recepción a grada de las elementales (revestimientos, largueros y costillas) del timón	2	60	1
14	1	Traslado del timón de grada a mesas de trabajo fuera de grada y primer volteo	2	30	1
15	1	Segundo volteo del timón en las mesas de trabajo fuera de grada	2	30	1
16	1	Tercer volteo del timón para puesta en vertical	2	30	1
17	1	Traslado del HTP integrado de fase 5 a fase 5B	3	60	1
18	1	Traslado del HTP integrado de fase 5B a zona fuera de grada 1	3	60	1
19	1	Traslado del HTP integrado de fuera de grada 1 a ZSB última	3	60	1
20	1	Preparación y carga del HTP integrado en transporte para cliente	3	60	1
21	1	Retorno de útil de transporte	2	480	1

**Tabla 2.4. Movimientos de logística del programa D.**



Índice $j$	Nave	Descripción del movimiento	Recursos $r_{ij}$	Tiempo $t_{ij}$	Ud Prod por movimiento
1	1	Recepción caja, extracción y puesta en planta de las Carenas	2	80	1
2	1	Montaje de Carenas sin equipar en almacén "automático"	1	30	1
3	1	Traslado de Carenas equipadas de grada a cuna fuera de grada	2	30	1
4	1	Carga de Carenas en cajas para envío a Pintura	2	30	1
5	1	Recepción de Carenas de Pintura y puesta en mesas de verificación	2	60	1
6	1	Pesado de Carenas	2	30	1
7	1	Carga en útil de entrega al cliente	2	45	1
8	1	Carga de 4 cajas de Carenas en transporte	2	90	1
9	1	Retorno de útil de transporte	2	30	1

Tabla 2.5. Movimientos de logística interna necesarios en el programa E.

En las tablas 2.4 y 2.5 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$ , en el caso de los programas D y E, toma el valor 4 y 5 respectivamente.



2.3.2.5.- Programa F

Programa F
<u>Labor desarrollada</u> : montaje de alerones, flaperones y timones de un cliente externo
<u>Lugar de desarrollo</u> : nave 4
<u>Fecha de implantación</u> : 2009
<u>Producción anual</u> : 71 aviones
<u>Horario de producción</u> : 7:00 -23:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente</u> : 3

Ficha 6. Datos generales del programa F

Este programa consiste en la fabricación de piezas auxiliares para una compañía externa. Las piezas que se fabrican dentro del programa F son los alerones y flaperones de un modelo llamado *Halcón Z*, y los timones verticales o *rudders* de otro modelo distinto llamado *Águila 3X*.

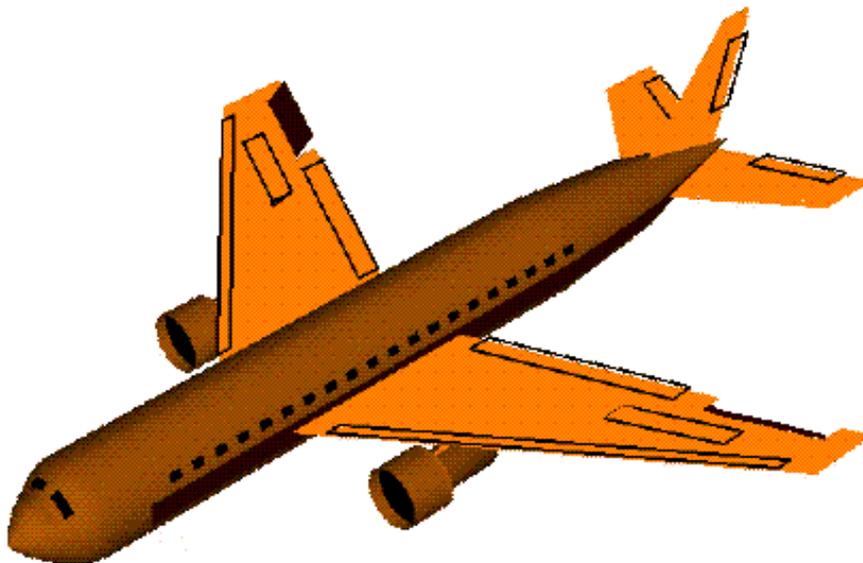


Figura 2.20. Avión comercial de pasajeros del tipo de *Halcón Z* y *Águila 3X*.

A continuación se describen los alerones y flaperones, piezas mostradas en color oscuro en la figura 2.20:

Los alerones son las piezas situadas en los extremos de las alas en la parte trasera y su misión es hacer girar al avión respecto al eje longitudinal del avión con un leve sub-viraje.

Figura 2.21. Piezas móviles del ala

La palabra flaperón procede de la combinación de las palabras alerón y *flap*. Los flaperones se encuentran en la parte posterior del ala entre los alerones y los *flaps* combinando cualidades de ambos: se pueden desplegar y rotar levemente.

En la figura 2.21 se presentan las piezas móviles del ala de un avión comercial de pasajeros. Los flaperones se sitúan entre los flaps y las puntas del ala o *tips*.



Los *rudders* o timones verticales son unas palas móviles situadas en el estabilizador vertical. Mediante su giro controlado por el piloto permiten controlar las oscilaciones horizontales del avión.

Las tres piezas fabricadas dentro del programa F siguen un proceso muy similar:

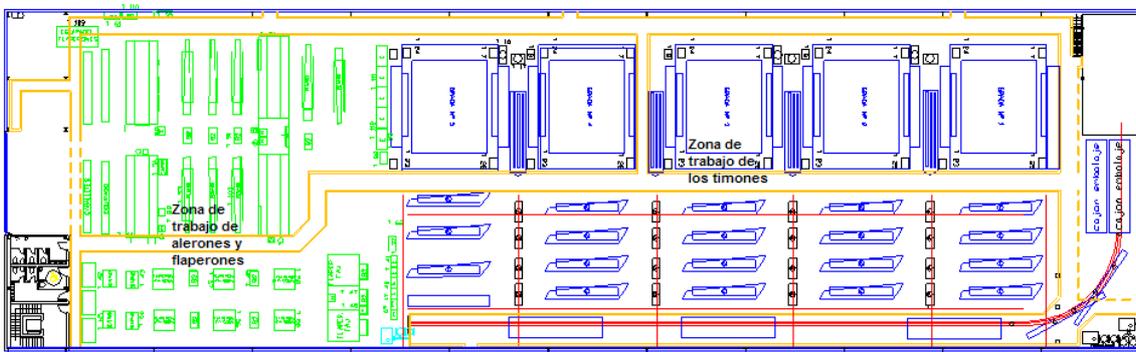
- Por un lado, de los alerones y flaperones se recibe el despiece, se colocan en la grada y tras todas las operaciones realizadas por los peones en las distintas gradas, se cargan en el transporte para su envío a pintura. Posteriormente se



recepccionan, se equilibran y se almacenan en un espacio anexo de la planta hasta su envío al cliente.

- Por otro lado, los *rudders* siguen el mismo proceso a excepción del paso por pintura.

A continuación, en la figura 2.22, se muestra el la distribución en planta del programa. Toda la nave 4 se destina a este programa en exclusiva. La zona verde es la zona de recepción e inspección de la nueva materia prima mientras que la zona azul son las diferentes gradas o fases por las que pasan las piezas.



**Figura 2.22. Distribución en planta del programa F dentro de la nave.**

A continuación se presenta la relación de movimientos del programa F:

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Recursos $r_{ij}$	Tiempo $t_{ij}$	Ud Prod por movimiento
1	4	Recepción Assy. de alerones (derecho e izquierdo) y colocación en peine	2	30	1.00
2	4	Carga en carro de transporte de alerones izquierdo y derecho para envío a Pintura	2	30	1.00
3	4	Carga en camión de carros de alerones derecho e izquierdo para envío a Pintura	2	15	1.00
4	4	Recepción carro de alerones derecho e izquierdo de pintura y puesta en zona de venta o equilibrado	2	35	1.00
5	4	Embalaje y colocación en almacén intermedio	2	135	1.00
6	4	Recepción Assy. de flaperones (derecho e izquierdo) y colocación en peine	2	30	1.00
7	4	Carga en carro de transporte de flaperones derecho e izquierdo para envío a Pintura	2	30	1.00
8	4	Carga en camión de flaperones derecho e izquierdo para envío a Pintura	2	15	1.00



9	4	Recepción de flaperones derecho e izquierdo de Pintura	2	35	1.00
10	4	Embalaje y colocación de flaperones derecho e izquierdo en almacén	2	135	1.00
11	4	Descarga y puesta en planta de revestimientos, largueros, kits de chapa y kits de fibra derechos e izquierdos de timones	2	180	1.00
12	4	Descarga de carro de embalaje vacío con capacidad de 3 timones	2	10	3.00
13	4	Embalaje de timón en el carro de transporte	2	60	1.00
14	4	Cierre carro de transporte de timones	2	120	3
15	4	Transporte del carro de transporte de timones al almacén de productos finales	2	60	3
16	4	Carga de camión con 1 carro de timones, 1 carro de alerones y 1 carro de flaperones	2	100	3

Tabla 2.6. Resumen de movimientos realizados por Logística Aeronáutica en el programa F.

En la tabla 2.6 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa F toma el valor 6.



### 2.3.2.6.- Programa G

Programa G
<u>Labor desarrollada:</u> montaje de pilones de avión militar
<u>Lugar de desarrollo:</u> nave 2 (compartida)
<u>Fecha de implantación:</u> 2009
<u>Producción anual:</u> en desarrollo
<u>Horario de producción:</u> 7:00 -15:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente:</u> 2

Ficha 7. Datos generales del programa G

En este programa se realiza el ensamblaje de los pilones de los motores del mismo avión al que pertenecen los programas D y E.

Los pilones son las estructuras donde se conectan los motores situados bajo el ala del avión. Así se muestran en la figura 2.23.

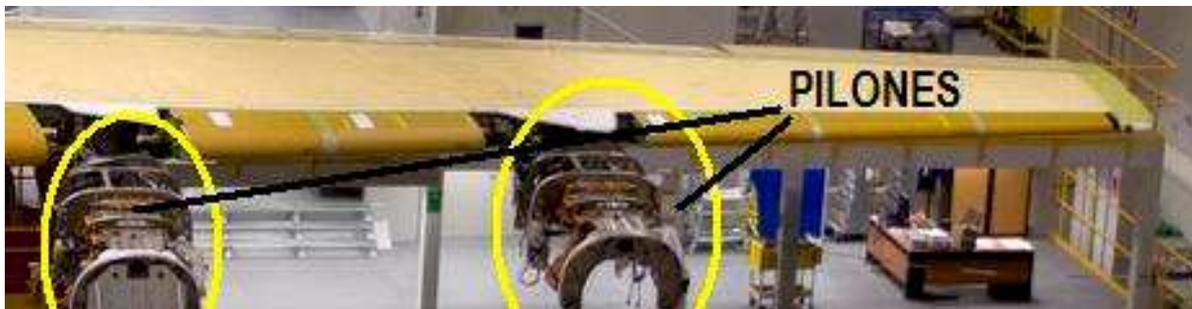


Figura 2.23. Esqueleto de los pilones montado sobre el ala del avión.

Este programa se sitúa en la nave 2 de la planta, donde se cuenta con un almacén intermedio de carcasas y de las restantes piezas a ensamblar. Las piezas a montar se componen de una estructura rígida de arcos unida a una carcasa aerodinámica.

Esa carcasa aerodinámica se divide en una tapa superior, denominada “barquilla” por los empleados, y en dos puertas de mantenimiento. Además se integran los circuitos de alimentación de aire y de refrigeración de los motores. Las



piezas se deben de transportar varias veces entre los sucesivos puestos de trabajo y se guardan hasta su prueba.

Una vez terminadas las piezas y recibidos los pilones procedentes de Francia, se montan en una plataforma diseñada y fabricada con el fin de hacer una prueba del ensamblaje. También se comprueba la resistencia con la suspensión de una maqueta del motor de unas 10 toneladas de peso.

A continuación en la figura 2.25 se muestra la localización del programa G en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica, así como su distribución en planta en la figura 2.26.

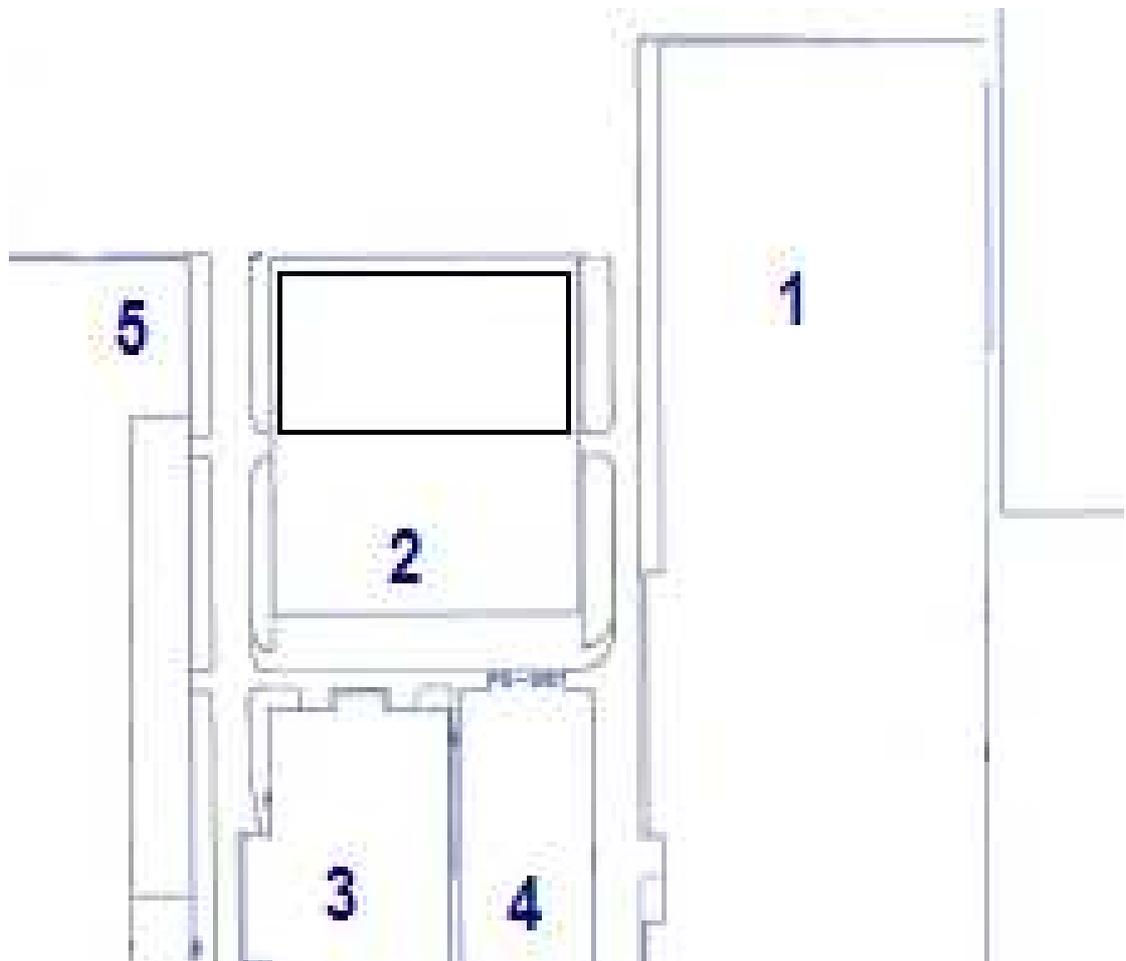


Figura 2.25. Localización del programa G (recuadro negro) en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

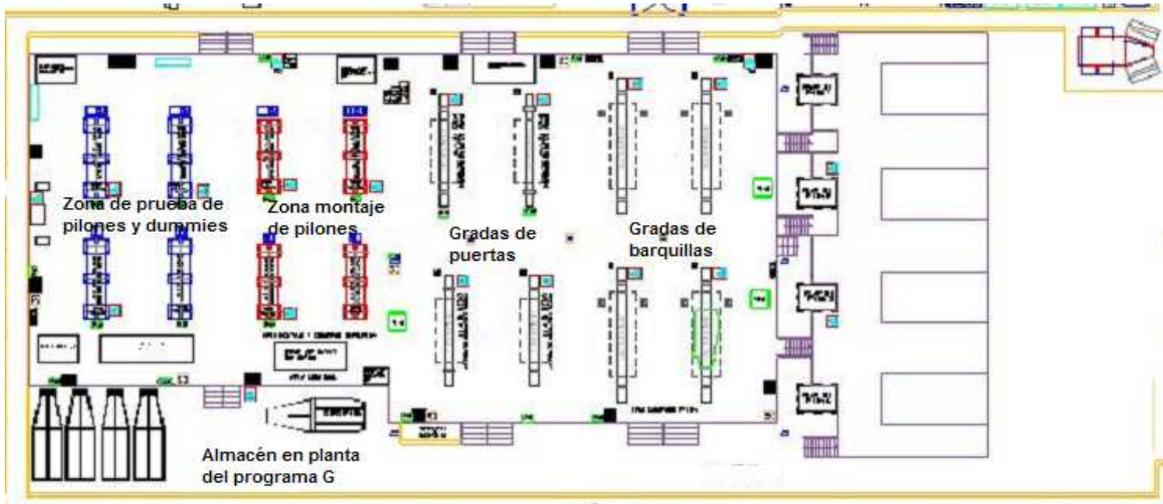


Figura 2.26. Distribución en planta de las distintas gradas y fases del programa G. Las piezas se irían moviendo de izquierda a derecha, empezando por las gradas de las “barquillas” y terminando en las gradas de las maquetas.

A continuación se muestran en la tabla 2.7 los datos más importantes de todos los movimientos de logística interna realizados en el programa G.

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$	Ud Prod por movimiento
1	2	Recepción de puertas y ubicación en almacén	2	20	4
2	2	Recepción de conjunto de barquillas y ubicación en almacén	2	5	4
3	2	Recepción toma de aire para conjunto de barquillas	1	5	4
4	2	Recepción radiador para conjunto de barquillas	1	5	4
5	2	Movimiento de puertas de almacén a fase 1	2	20	4
6	2	Traslado de puertas equipadas de fase 1 a gradas de fase 2	2	20	4
7	2	Vuelta de puertas equipadas de fase 2 a almacén intermedio	2	30	4
8	2	Desembalaje toma de aire	2	20	4
9	2	Desembalaje radiador	2	5	4
10	2	Traslado de barquilla sin equipar del almacén a grada de fase 1	2	30	4
11	2	Traslado de barquilla equipada de fase 1 a fase 2	2	30	4
12	2	Traslado de barquilla equipada de fase 2 a almacén intermedio	2	30	4
13	2	Traslado de puerta equipada a grada de puertas	2	10	4
14	2	Traslado de puerta de barquilla de grada a almacén intermedio	2	10	4



15	2	Descarga y puesta en planta de pilones sin equipar (1 camión completo, 2 pilones por camión)	3	150	2
16	2	Traslado de pilón sin equipar de punto de espera a grada única	2	70	4
17	2	Desmontaje de pilón equipado de grada única a carro	3	70	4
18	2	Montaje pilón en grúa del piso superior	3	120	4
19	2	Montaje barquilla en zona piso superior	2	60	4
20	2	Montaje de 4 puertas en piso superior	2	80	4
21	2	Montaje de la maqueta del motor en el conjunto	4	90	4
22	2	Desmontaje de accesorios y montaje de la maqueta de las hélices	2	30	4
23	2	Desmontaje de grandes conjuntos y reposición de cada parte por separado	2	260	4
24	2	Montaje y entrega avión completo en 2 camiones	2	360	2

Tabla 2.7. Relación de movimientos a realizar en el programa G.

En la tabla 2.7 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa G toma el valor 7.

### 2.3.2.7.- Programa H

Programa H
<u>Labor desarrollada:</u> piezas auxiliares de avión de combate
<u>Lugar de desarrollo:</u> nave 5 (compartida)
<u>Fecha de implantación:</u> 1995
<u>Producción anual:</u> 50 aviones
<u>Horario de producción:</u> 7:00 -15:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente:</u> 2

Ficha 8. Datos generales del programa H

El programa H se ubica en la nave 5 y se dedica al montaje de subconjuntos que se instalan posteriormente en un avión de combate de la compañía. Estos pequeños componentes corresponden al ala derecha del avión y su destino son otra planta del consorcio europeo donde está integrada Andaluza de Aeronáutica.

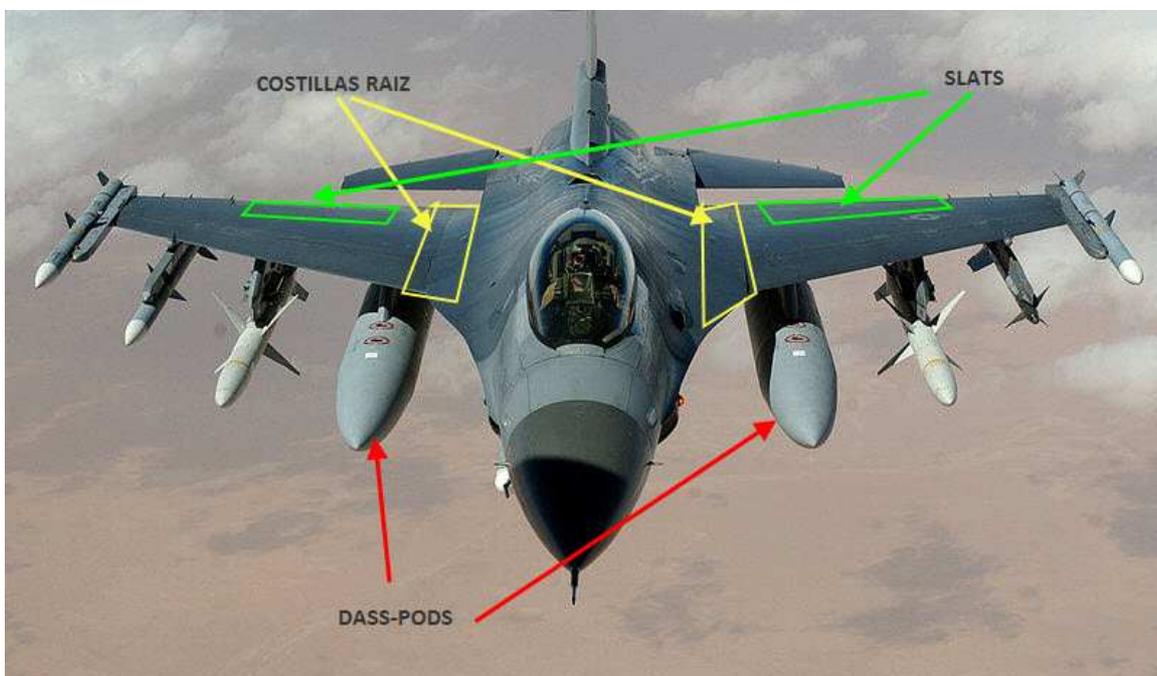


Figura 2. 27. Avión de combate típico.

En la figura 2.27 se presenta la posición de componentes típicos de un avión de combate. A continuación, las siguientes piezas se montan dentro del programa H:



- Costilla y costilla raíz: como ya se explicó en el apartado 2.3.2.3, son vigas transversales al ala para rigidizarla. La costilla raíz es la más próxima al fuselaje central.
- *Slats*: responsables del aumento de la sustentación del avión y situados en la parte trasera del ala.
- *Dass-pods*: son los cuerpos ovalados que aparecen señalados con flechas rojas en la figura 2.27. En estas cubiertas se integran sistemas electrónicos como por ejemplo, de detección de amenazas o de radio.
- Bordes de ataque y bordes de salida: son piezas que terminan por cerrar el armazón del ala y le dotan de la aerodinámica necesaria.
- APEXs.

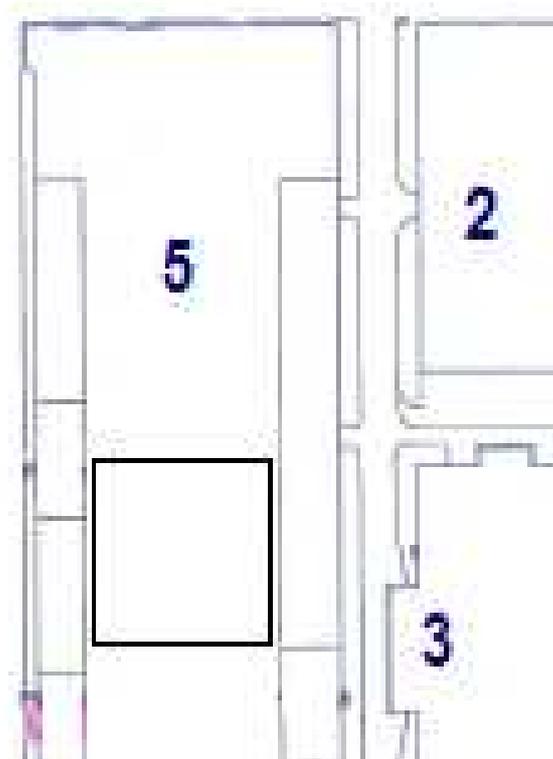


Figura 2.28. Localización del programa H dentro de las instalaciones de Andaluza de Aeronáutica.



Figura 2.29. Distribución de espacios en planta del programa H

En la figura 2.28 anterior se muestra la localización del programa H en la zona central de la nave 5. En la figura contigua se muestra la distribución en planta de los espacios: hay una zona de recepción y varios de puestos de equipamiento mecánico y eléctrico.

A continuación se presenta la tabla 2.8 con la relación de movimientos del programa H. Obsérvese el menor número de tareas en comparación con otros programas y la naturaleza de las mismas (sobre todo embalaje y desembalaje de piezas):



Índice $j$	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$	Ud Prod por movimiento
1	5	Desembalaje caja de aluminio con 2 uds de Bordes de Ataque	2	120	0.5
2	5	Embalaje, documentación y montaje de caja de 4 uds de Slats	2	180	1
3	5	Recepción elementales de 2 Costillas Raíz y reposición en estantería	1	10	0.5
4	5	Embalaje Dass-pod en caja de embalaje	2	120	1
5	5	Embalaje de Trampa en caja de embalaje	2	60	1
6	5	Embalaje de 2 uds de Costillas Raíz en caja de embalaje	2	120	0.5
7	5	Embalaje de 2 uds de APEX terminado en caja de embalaje	2	120	1
8	5	Embalaje de 2 uds de Bordes de Ataque	2	60	0.5

Tabla 2.8. Relación tareas de Logística Aeronáutica a realizar para el programa H.

En la tabla 2.8 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa H toma el valor 8.

### 2.3.2.8.- Programa I

Programa I
<u>Labor desarrollada:</u> revestimientos de diferentes productos
<u>Lugar de desarrollo:</u> naves 2, 3 y 5
<u>Fecha de implantación:</u> 1990. A lo largo de los años se han añadido y eliminado tareas y productos a realizar
<u>Producción anual:</u> depende del producto
<u>Horario de producción:</u> 7:00 -22:00 horas
<u>Recursos de Logística Aeronáutica empleados actualmente:</u> 2

Ficha 9. Datos generales del programa I.

De toda la actividad realizada en el programa I, en este proyecto sólo se presenta la mitad aproximadamente. El 50% restante de su carga de trabajo son reparaciones y otros trabajos muy difíciles de preveer.



Figura 2.30. Fuselaje exterior típico de sección intermedia.



Figura 2.31. Planta típica de fresado químico.

El programa I desarrolla una actividad transversal dentro de Andalucía de Aeronáutica, prestando su servicio a otros programas. Las piezas desarrolladas dentro del programa I son, entre otras, las siguientes: piezas del fuselaje exterior de una sección intermedia de un avión comercial, las carcasas de los depósitos del avión de combate del programa H, fresado químico de fan cowls aviones comerciales, etc.

En la figura 2.30 se muestra una sección intermedia como las tratadas en el programa H. Por su parte, en la 2.31 se muestra una planta de fresado químico típica, algo menor que la instalada en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

A continuación se presenta la distribución en planta de las distintas zonas destinadas a las actividades de programa I.

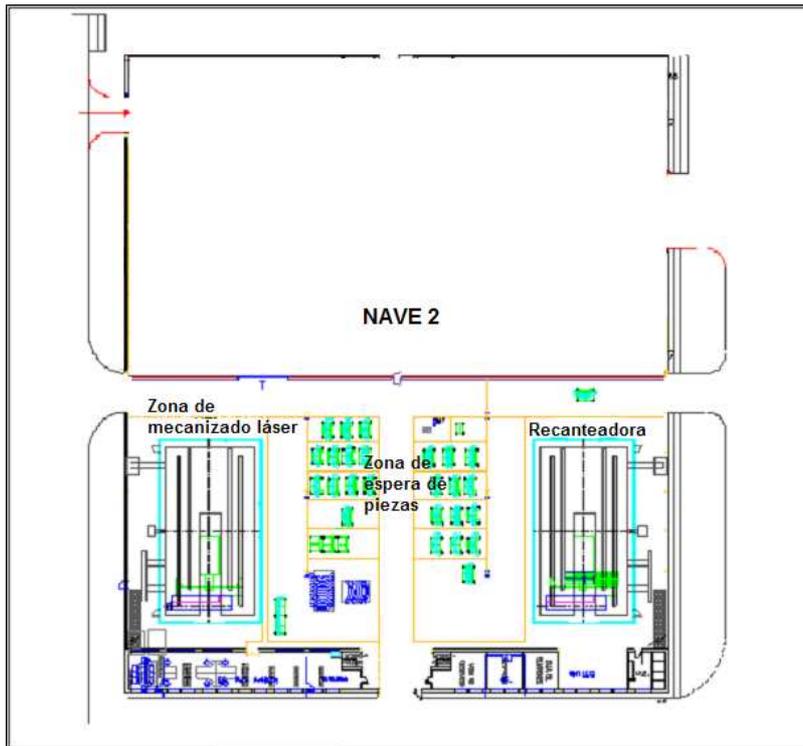


Figura 2.33. Distribución en planta de la zona de mecanizado láser situada en la nave 2 (compartida con el programa G).

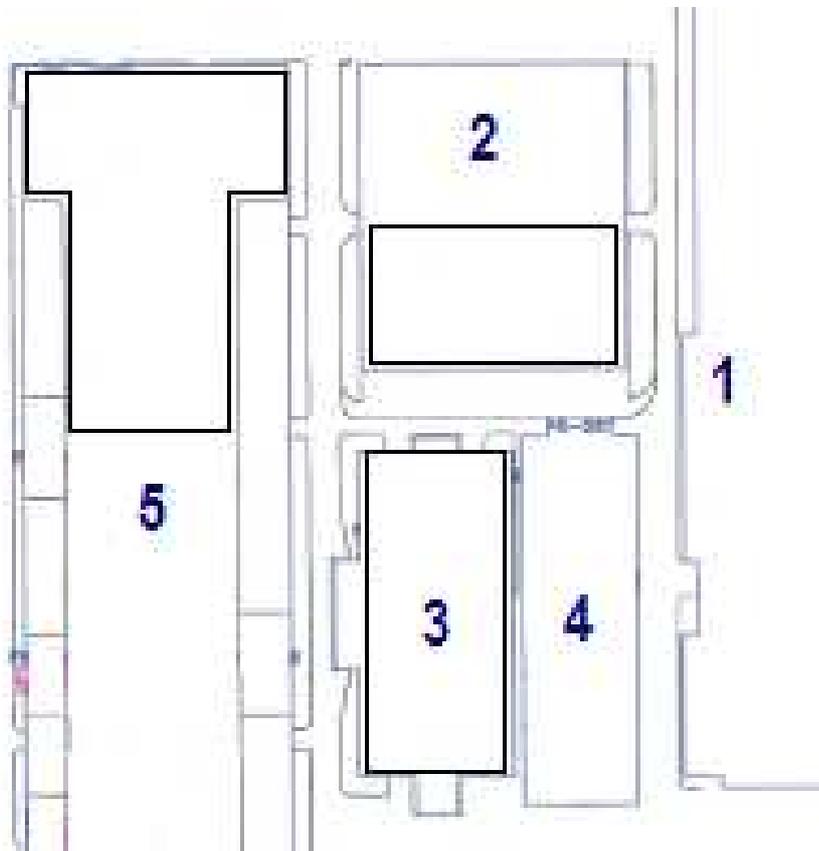


Figura 2.32. Localización de las instalaciones del programa I en las instalaciones de Andalucía de Aeronáutica.

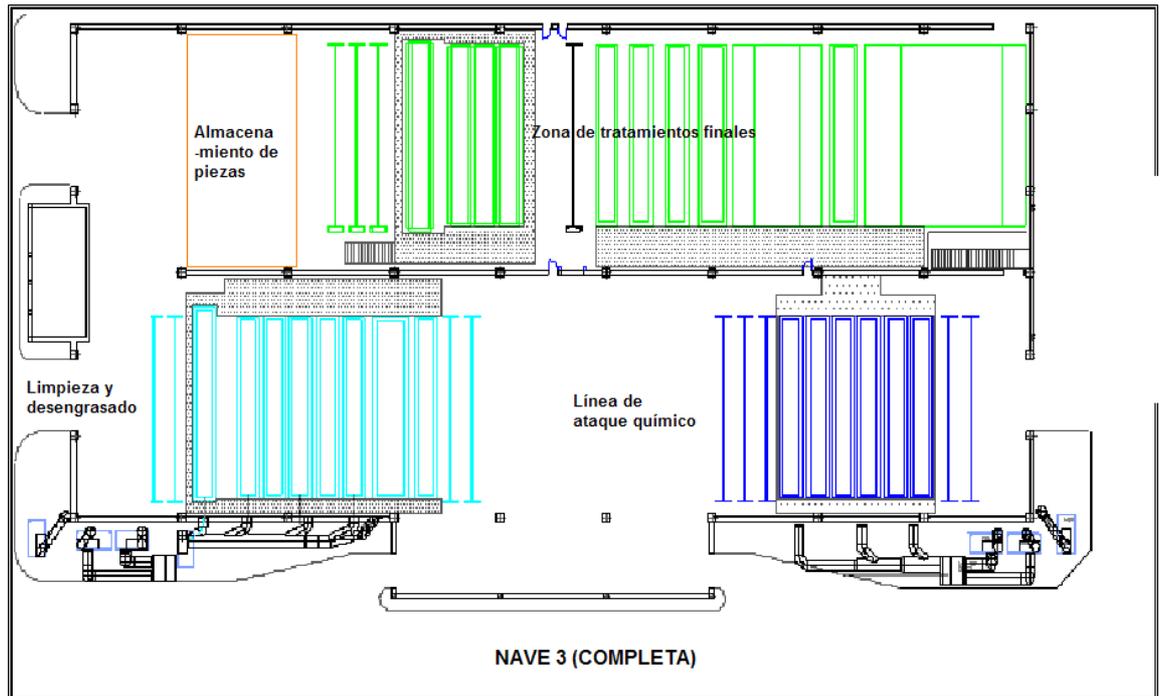


Figura 2.34. Distribución en planta de la zona de fresado químico situada en la nave 3.

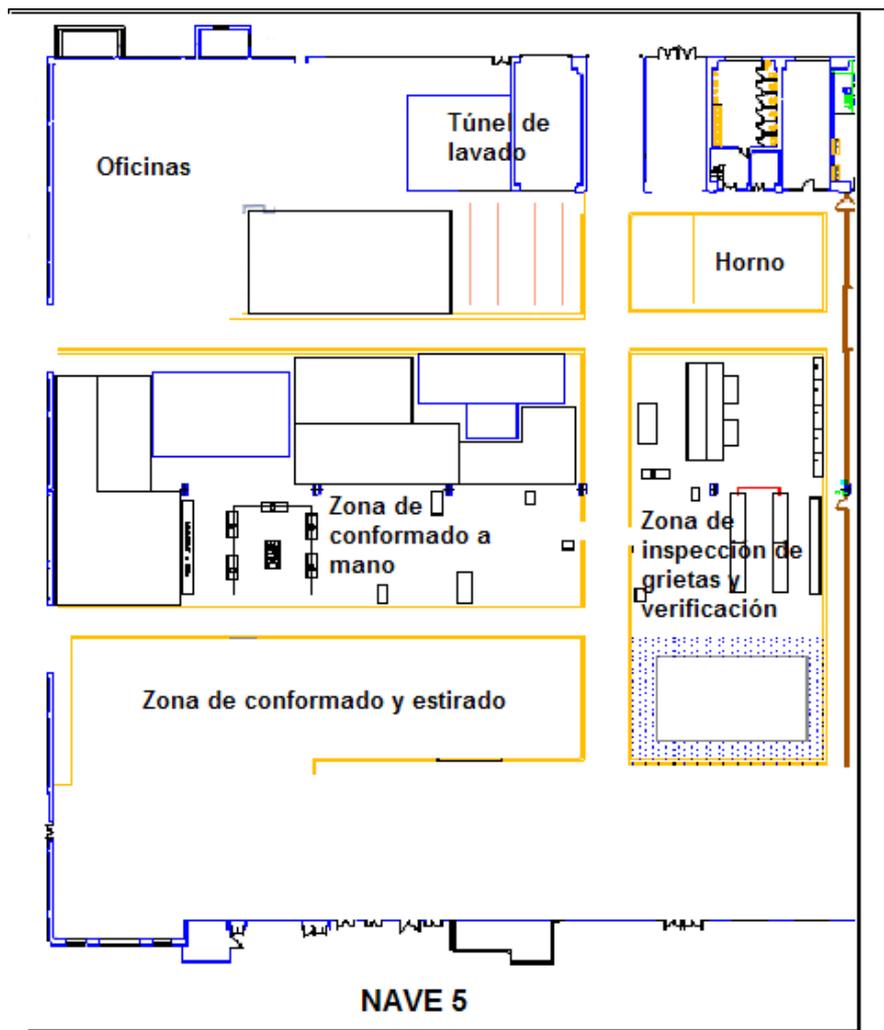


Figura 2.35. Distribución en planta de la zona de conformado plástico del programa I situado en la nave 5 (compartida con el programa H y otras actividades).



Para este programa se presenta a continuación una tabla con los diferentes movimientos para cada uno de sus 4 productos principales. Se trata de agrupar cada grupo de movimientos que cuente con una misma planificación. El resultado es tener 4 líneas de producto diferente, 4 sub-programas que tienen que compartir los recursos de Logística Aeronáutica. Estos sub-programas o productos del programa I se denominan AA-I01, AA-I02, AA-I03 y AA-I04. Por ser subprogramas se tratarán como un mismo nodo con diferentes planificaciones a coordinar.

En primer lugar, la tabla 2.9 con los movimientos asociados al producto AA-I01, sección intermedia de un avión comercial:

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$ (min)	Ud Prod x Movimiento
1	3	Recepción de conjunto de bateas de laterales de sección 18 y transporte al pulmón de la nave 3	2	210	2
2	5	Transporte batea de lateral de AA-I01 a estirado/conformado nave 5	2	30	2
3	2	Transporte de lote 4 laterales AA-I01 de estirado a recantado previo de nave 2	2	5	1
4	3	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de salida de rodillos a enmascarado en la nave 3	1	5	1
5	2	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de enmascarado a trazado por láser en nave 2	1	5	1
6	3	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de láser a fresado químico en nave 3	1	5	1
7	2	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de fresado químico a recantado definitivo en nave 2	1	5	1
8	3	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de recantado definitivo a pintura nave 3	1	5	1
9	3	Traslado de lote 4 laterales de AA-I01 de pintura a verificación final en nave 3	1	5	1
10	3	Recepción y traslado de lote 6 techos AA-I01 a limpieza en nave 3	2	10	6
11	5	Traslado de lote 6 techos AA-I01 de limpieza a conformado en nave 5	1	5	6
12	2	Traslado de lote 6 techos AA-I01 de conformado a nave J hasta entrega a subcontratista	1	5	6
13	-	Montaje de lote 6 techos AA-I01 en transporte externo	2	15	6
14	3	Recepción y traslado de lote 6 barquillas AA-I01 a limpieza en nave 3	2	10	3
15	5	Traslado de lote 6 barquillas AA-I01 de limpieza a conformado en nave 5	1	5	3
16	2	Traslado de lote 6 barquillas AA-I01 de conformado a nave 2 hasta entrega a subcontratista	1	5	3
17	-	Montaje de lote 6 barquillas AA-I01 en transporte externo	2	15	3



**Tabla 2.9. Relación de movimientos asociados al producto AA-I01 desarrollada en el programa I.**

En la tabla 2.9 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  es un índice cardinal para los programas y en el caso del programa I y su producto AA-I01 toma el valor 9.

A continuación, la tabla 2.10 con los movimientos referentes al AA-I02:

Índice $j$	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$ (min)	Ud Prod x Movimiento
1	3	Recepción de lote 6 bateas de series 7050 y 7075 y transporte a limpieza en nave 2	2	210	6
2	5	Transporte lote 6 bateas de series 7050 y 7075 a estirado/conformado nave E	2	30	6
3	2	Transporte de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de estirado a recanteado previo de nave 2	2	5	6
4	3	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de salida de rodillos a enmascarado en la nave 3	1	5	6
5	2	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de enmascarado a trazado por láser en nave 2	1	5	6
6	3	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de láser a fresado químico en nave 3	1	5	6
7	2	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de fresado químico a recanteado definitivo en nave 2	1	5	6
8	3	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de recanteado definitivo a pintura nave 3	1	5	6
9	3	Traslado de lote 6 bateas series 7050 y 7075 de pintura a verificación final en nave 3	1	5	6
10	3	Recepción de 3 lotes de 2 bateas de series 7060 y 7025 y transporte a limpieza en nave 2	2	210	6
11	5	Transporte de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 a estirado/conformado nave 5	2	30	2
12	2	Transporte de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de estirado a recanteado previo de nave 2	2	5	2
13	3	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de salida de rodillos a enmascarado en la nave 3	1	5	2
14	2	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de enmascarado a trazado por láser en nave 2	1	5	2
15	3	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de láser a fresado químico en nave 3	1	5	2
16	2	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de fresado químico a recanteado definitivo en nave 2	1	5	2
17	3	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de recanteado definitivo a pintura nave 3	1	5	2
18	3	Traslado de lote 2 bateas de series 7060 y 7025 de pintura a verificación final en nave 3	1	5	2

**Tabla 2.10. Tareas a realizar por Logística Aeronáutica en el programa I para atender las necesidades del producto AA-I02.**



En la tabla 2.10 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa I y su producto AA-I02 toma el valor 10.

En tercer lugar, se presenta la tabla 2.11 con las tareas a realizar para el producto AA-I03 por parte de Logística Aeronáutica:

Índice $j$	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$ (min)	Ud Prod por Movimiento
1	3	Recepción de lote de 4 bateas de AA-I03 y transporte a limpieza en nave 2	2	210	2
2	5	Transporte de lote de 4 bateas de AA-I03 a estirado/conformado nave 5	2	30	2
3	2	Transporte de lote de 4 bateas de AA-I03 de estirado a recantado previo de nave 2	2	5	2
4	3	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de salida de rodillos a enmascarado en la nave 3	1	5	2
5	2	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de enmascarado a trazado por láser en nave 2	1	5	2
6	3	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de láser a fresado químico en nave 3	1	5	2
7	2	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de fresado químico a recantado definitivo en nave 2	1	5	2
8	3	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de recantado definitivo a pintura nave 3	1	5	2
9	3	Traslado de lote de 4 bateas de AA-I03 de pintura a verificación final en nave 3	1	5	2
10	3	Recepción de lote de 6 bateas de AA-I03 y transporte a limpieza en nave 2	2	210	2
11	5	Transporte de lote de 6 bateas de AA-I03 a estirado/conformado nave 5	2	30	2
12	2	Transporte de lote de 6 AA-I03 de estirado a recantado previo de nave 2	2	5	2
13	3	Traslado de lote de 6 AA-I03 de salida de rodillos a enmascarado en la nave 3	1	5	2
14	2	Traslado de lote de 6 AA-I03 de enmascarado a trazado por láser en nave 2	1	5	2
15	3	Traslado de lote de 6 AA-I03 de láser a fresado químico en nave 3	1	5	2
16	2	Traslado de lote de 6 AA-I03 de fresado químico a recantado definitivo en nave 2	1	5	2
17	3	Traslado de lote de 6 AA-I03 de recantado definitivo a pintura nave 3	1	5	2
18	3	Traslado de lote de AA-I03 de pintura a verificación final en nave 3	1	5	2
19	3	Recepción de lote de 6 tips de AA-I03 y traslado a	1	10	3



		limpieza a nave 3			
20	5	Traslado de lote de 6 tips de AA-I03 de limpieza a conformado en nave 5	1	5	3
21	-	Traslado de lote de 6 tips de AA-I03 de conformado a recateado externo a la fábrica	2	10	3
22	2	Recepción de lote de 6 tips de AA-I03 en recateado externo y almacenamiento en 2	2	10	3
23	3	Traslado de lote de 6 tips de AA-I03 de nave 2 a nave 3 para obtener AA-I03 terminado	1	5	3

**Tabla 2.11. Movimientos a realizar por Logística Aeronáutica para atender las necesidades del programa I para su producto AA-I03.**

En la tabla 2.11 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa I y su producto AA-I03 toma el valor 11.

Por último, se presentan los movimientos a realizar para atender a la producción del producto AA-I04 dentro del programa I:

Índice j	Nave	Descripción del movimiento	Nº recursos	Tiempo $t_{ij}$ (min)	Ud Prod x Movimiento
1	3	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de conformado en nave 5 a limpieza en nave 3	1	5	4
2	5	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de limpieza a segundo conformado en nave 5	1	5	4
3	3	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de conformado a limpieza en nave 3	1	5	4
4	5	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de limpieza a tercer conformado en nave 5	1	5	4
5	2	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de conformado a recateado nave 2	1	5	4
6	-	Transporte de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) a subcontratista de recateado	1	15	4
7	2	Recepción de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de recateado externo y traslado a nave 2	1	10	4
8	5	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) a conformado a mano en nave 5	1	5	4
9	5	Traslado de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) de conformado a mano a inspección de grietas en nave 5	1	5	4
10	5	Traslado de lotes de 4 ojivas AA-I04 de inspección de grietas a verificación	1	5	4
11	5	Embalaje de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) posterior a verificación	2	15	4
12	2	Vuelta a nave 2 de lotes de 4 ojivas (depósitos AA-I04) para posterior entrega al transportista	1	5	4



		del cliente			
13	2	Recepción de lote de 6 semicachas (depósitos AA-I04) y traslado a nave limpieza nave 2	1	5	3
14	5	Traslado de lote de 6 semicachas (depósitos AA-I04) de limpieza a conformado en nave 5	1	5	3
15	2	Traslado de lote de 6 semicachas (depósitos AA-I04) de conformado a nave 2 para posterior envío a subcontratista	1	10	3
16	5	Recepción de lote de 6 semicachas (depósitos AA-I04) y traslado a conformado en nave 5	1	10	3
17	2	Traslado de lote de 6 semicachas (depósitos AA-I04) a nave 2 para terminación pieza	1	5	3
18	-	Montaje depósito AA-I04 terminado en camión para entrega al cliente	1	30	3

Tabla 2.12. Relación de tareas a realizar por Logística Aeronáutica para atender las necesidades del producto AA-I04.

En la tabla 2.12 se han presentado las tareas con un índice cardinal  $j$ , un número de recursos necesarios  $r_{ij}$ , el tiempo necesario para cubrir la tarea  $j$  del programa  $i$   $t_{ij}$  y el número de unidades que se manipulan en cada movimiento. El índice  $i$  en el caso del programa I y su producto AA-I04 toma el valor 12.