

# SINCRONIZACIÓN DE COMPONENTES EN UNA CADENA DE MONTAJE DE VEHÍCULOS

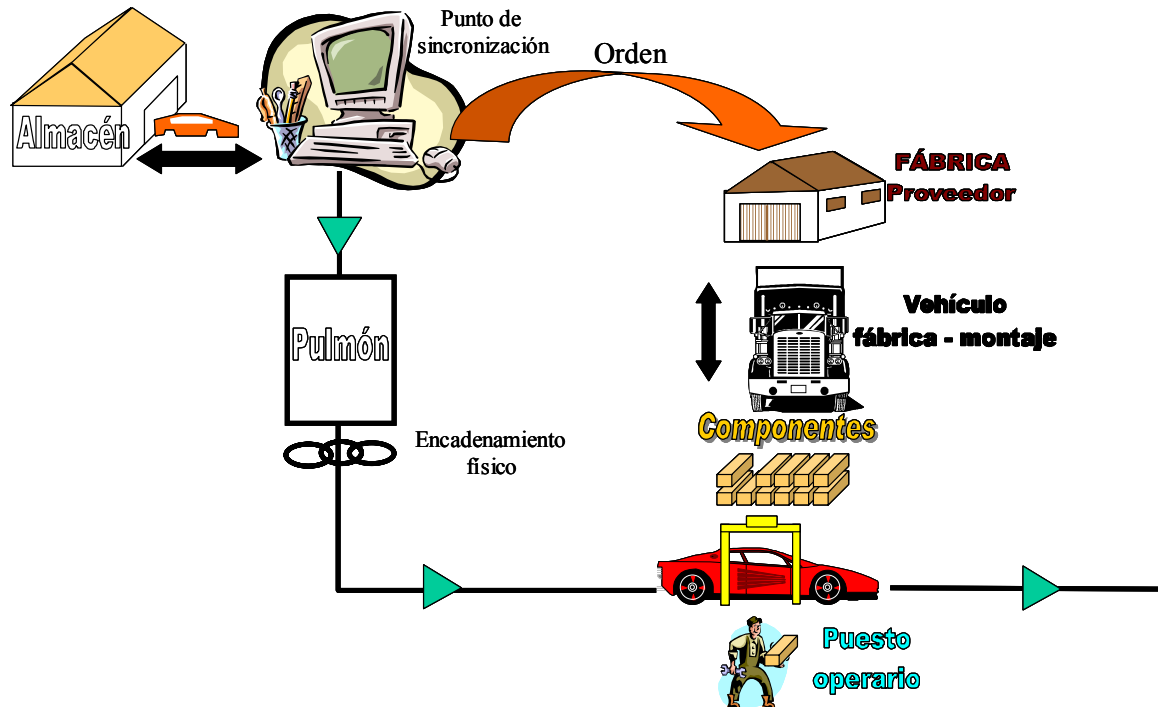


Fig. 1. Esquema del proceso de aprovisionamiento y montaje

## DESCRIPCIÓN

En una cadena de montaje de vehículos se incorporan a la carrocería miles de componentes. Esta incorporación se realiza de forma sincronizada según establece la velocidad de la cadena con la cual se desplazan las carrocerías. En este ejemplo la velocidad es de 5 metros/minuto. Los operarios tienen asignado un tiempo de ciclo por coche. Dicho tiempo ciclo es el tiempo que dedican a cada coche que pasa por su puesto de trabajo. En esta cadena el tiempo ciclo es de 1.42 minutos, considerando una división centesimal del minuto.

Algunos de los componentes del vehículo están bastante personalizados con el vehículo. Uno de ellos es el mazo de cables eléctricos que dan servicio a componentes eléctricos y electrónicos del vehículo. Existen distintos tipos de mazo dependiendo de las opciones elegidas por el futuro propietario (por ejemplo, aire acondicionado, ayuda a la frenada, GPS,...). Se pueden llegar a tener más de cien tipos distintos de mazos.

## PROBLEMÁTICA

En un sector tan competitivo como es el de automoción, las compañías están externalizando cada vez más todos los aprovisionamientos de componentes. Los proveedores son empresas distintas a las compañías de automoción y que

aportan del orden del 70% del coste del vehículo. Esta tendencia está llevando a que los proveedores tengan un papel preponderante en lo que es la cadena logística de suministro.

Los procesos justo a tiempo (“just in time”) se caracterizan porque el stock de componentes es prácticamente nulo. Ello se consigue haciendo que la planta de montaje solicite al proveedor los componentes que necesita para un período de fabricación concreto (por ejemplo, un día). Los stocks casi nulos tienen una doble ventaja, por un lado se reduce el capital invertido en componentes y por otro se dispone de más espacio físico.

Cada vez más la ubicación de los proveedores se establece junto a las fábricas de montaje. Este hecho hace que se puedan fabricar componentes específicos minutos antes de que dichos componentes sean montados en los vehículos. El transporte de los componentes se realiza desde la fábrica hasta la planta de montaje mediante medios adecuados de transporte. Los vehículos de transporte deben permitir manejar cómodamente las unidades de contención de los componentes y a su vez circular fácilmente por las instalaciones de las plantas de fabricación y montaje (por ejemplo, furgonetas, tractores con remolques, ...).

La problemática que suscita no tener casi stock de determinados componentes, es que en caso de que exista una dificultad en su aprovisionamiento la cadena de montaje se para, ya que otros componentes dependen para su montaje del montaje previo de éstos. Estos riesgos en el suministro se deben minimizar estableciendo unas condiciones en cuanto a la cantidad de componentes y cadencia del transporte que garanticen una calidad en dicho suministro.

#### ELEMENTOS INTEGRANTES DEL MODELO

Los elementos que a continuación se describen se encuentran representados en la Fig. 1:

1. *Punto de sincronización*: Es el lugar de la cadena en el cual se indica a los proveedores los componentes personalizados que necesita cada vehículo. La orden que se emite se hace mediante comunicación electrónica.
2. *La orden*: Es la información que se emite a los proveedores locales y otros centros de sincronización de componentes desde el punto de sincronización. La información incluye los vehículos que han sido sincronizados durante una ventana de tiempo de 3 minutos.
3. *Pulmón*: Es un pequeño almacén de carrocerías anterior que sirve para garantizar el suministro de carrocerías a la cadena con una cadencia predeterminada.
4. *Punto de encadenamiento físico*: Es el lugar en donde las carrocerías se enganchan a la cadena y comienzan su ruta de montaje a una velocidad constante (1 vehículo cada 1.42 minutos).

5. *Fábrica proveedor*: Es el proveedor localizado cerca de la planta de montaje donde se fabrican los componentes personalizados de los vehículos.
6. *Vehículo (fábrica-montaje)*: Es el medio de transporte utilizado para transportar los componentes sincronizados entre la fábrica y la planta de montaje.
7. *Componentes*: Son los componentes personalizados del vehículo que se sincronizan a través del proveedor local.
8. *Puesto de operario*: Es la ubicación del operario en la cadena que va a montar los componentes, en este caso mazos de cable, sobre el vehículo. La relevancia del puesto se caracteriza por su distancia temporal con respecto al punto de encadenamiento físico.

#### LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se detalla el funcionamiento de la sincronización del sistema.

Tras haber pasado por el área de pintura, las carrocerías pasan a un *almacén* auxiliar de carrocerías (también conocido como “abri”) con capacidad de 165 carrocerías. Las carrocerías salen de dicho almacén cuando se comprueba que se dispone de todos los componentes para ser montados en el vehículo y que existe capacidad en el pulmón para almacenarla. Una vez que sale del almacén la carrocería pasa al *punto de sincronización*.

En el punto de sincronización se envían los datos correspondientes a los atributos o componentes personalizados que van en el vehículo. Estos datos se envían a los proveedores externos que están en las proximidades de la planta de montaje y también a los puestos internos de preparación sincronizada de componentes (conocidos también como “sincros”).

Los datos son enviados cada tres minutos y en ellos se incluyen los datos correspondientes a todos los vehículos que hayan sido sincronizados durante esa ventana de tiempo. En el caso de que los datos de un vehículo queden partidos por dicha ventana, dicho vehículo no será sincronizado hasta la siguiente transmisión de datos. Se estima que la adquisición de los datos correspondientes a un vehículo es de 0.5 minutos.

Una vez que el vehículo ha pasado por el punto de sincronización es enganchado por medio de una eslinga (soporte metálico que sustenta al vehículo y aparece en color amarillo en la Fig. 1) y es llevado por una cadena de transporte (o cadena “rápida”) a un almacén previo al encadenamiento físico del vehículo que se conoce como *pulmón*.

El pulmón permite almacenar hasta un total de 40 carrocerías y cumple la función de poder encadenar físicamente los vehículos con una cadena constante de 1 vehículo cada 1.42 minutos. Dicho encadenamiento físico hace que el vehículo se mueva a una velocidad constante de 5 metros/minuto.

Mientras el vehículo avanza por la cadena los operarios van montando componentes en él. Cada operario tiene asignado un puesto en la cadena que

viene caracterizado por unas operaciones a realizar durante el tiempo ciclo que es el mismo tiempo de cadencia de encadenamiento (1.42 minutos). Durante ese tiempo el vehículo se ha desplazado unos 7 metros y al mismo tiempo el operario se ha desplazado con el vehículo.

En el noveno puesto de la cadena se encuentra el puesto de montaje del mazo de cables principal. Estos mazos de cables deben haber sido aprovisionados por el proveedor. Dichos mazos están personalizados por vehículo. Es como si cada mazo tuviera el nombre y apellidos del coche en el cual va a ser montado.

Durante el tiempo que transcurre entre los datos transmitidos desde el punto de sincronización hasta que el vehículo alcanza el noveno puesto, el proveedor ha de haber fabricado el mazo de cable y lo ha de haber transportado al puesto del operario mediante un vehículo de transporte que haga la ruta desde la fábrica de mazos a la planta de montaje.

En el caso hipotético de que el mazo de cable no hubiese llegado a su debido tiempo se produciría una parada de la cadena debido a que otros componentes que se montan después de los cables no podrían montarse, tales como la moqueta del suelo del vehículo u otros componentes eléctricos y electrónicos del vehículo. Una parada de cadena es de lo peor que puede ocurrir en una planta de montaje ya que es producción perdida (cada 1.42 minutos sale un coche al parque comercial) y por tanto costes adicionales de fabricación. Por lo tanto la parada es el último que la planta de montaje usa con el fin de no producir un accidente o un mal mayor. Por ello se ha de tener en cuenta que el suministro de estos mazos de cable ha de estar garantizado.

#### DATOS LOGÍSTICOS

- Distribución de llegada de carrocerías al almacén: *exponencial* con tasa de llegada  $\lambda$ : 1 carrocería/1.42 minutos
- Velocidad de cadena de transporte a pulmón: 15 metros/minuto
- Tiempo desde punto de sincronización a pulmón: 2 minutos
- Capacidad máxima del pulmón: 40 carrocerías
- Velocidad de cadena de montaje: 5 metros/minuto
- Cadencia de encadenamiento y tiempo ciclo de operario: 1.42 minutos/vehículo
- Puesto de montaje de cables: noveno
- Capacidad vehículo de transporte (furgoneta): 10 cables
- Tiempo de transporte desde la fábrica de cables a la planta de montaje: 3 minutos.
- Ventana de tiempo de inclusión de datos de sincronización: 3 minutos
- Tiempo de adquisición de datos de sincronización de un vehículo: 0.5 minutos

#### DATOS ECONÓMICOS

- Coste de transporte por desplazarse de la fábrica a la planta: 0.5 €
- Amortización anual de la furgoneta: 1000 €

Se pide:

- a) Hacer un modelo que simule desde la llegada de carrocerías al almacén de carrocerías (“abri”) hasta el encadenamiento físico de dichas carrocerías.
  - a.1.) Analizar el número mínimo, medio y máximo de carrocerías en el pulmón para un horizonte de simulación de un mes con 20 días laborables y con dos turnos de 8 horas cada uno.
  - a.2.) Repetir el apartado anterior suponiendo que la tasa de llegadas de carrocerías al almacén (“abri”) es de 1 carrocería cada dos minutos. Hacerlo también para una tasa de llegadas de 1 carrocería cada minuto.
  - a.3.) De la simulación anterior, ¿Cuál es el tiempo mínimo y máximo que ha tardado una carrocería desde que es sincronizada hasta que es encadenada físicamente?
  - a.4.) Repetir la simulación anterior 20 veces mediante AUTOSTAT y determinar los valores medios de cada una de las magnitudes solicitadas en a.1 y a.2
  - a.5.) Ampliar el modelo considerando el almacén previo de carrocerías previo al punto de sincronización (el “abri”). Simular una vez y determinar el número mínimo, medio y máximo de carrocerías que estarían en dicho almacén debido a que el pulmón está a su capacidad máxima.
- b) Completar el modelo considerando en la cadena de montaje y el aprovisionamiento del proveedor. No hace falta modelar puestos anteriores y posteriores al noveno. La cadena de montaje se debe modelar como un sistema de conveyors. El aprovisionamiento de mazos de cable puede ser realizado mediante un sistema conveyor en una primera etapa.
  - b.1) Determinar la cadencia del vehículo de transporte desde el proveedor a la planta suponiendo que dicho vehículo transportase 10 cables simultáneamente.

- b.2.) En el caso b.1 ¿cuál es la probabilidad de que se vaya una carrocería sin mazo de cable?
- b.3.) Repetir el apartado b.1 y b.2 mediante AUTOSTAT considerando distinto número de cables transportados por el vehículo y distintas cadencias de transporte.
- b.4.) Repetir los apartados anteriores considerando un sistema AGV para el transporte de mazos a la planta de montaje.
- c) Establecer los costes del suministro de mazos durante un año laboral (240 días/año) con dos turnos de 8 horas

#### RESULTADOS

- Incluir el código fuente comentado convenientemente
- Indicar las entidades utilizadas y sus características de tamaño y comportamiento
- Incluir gráficos de evolución de los resultados principales mediante las opciones de “business graphics”
- Describir los resultados obtenidos en AUTOSTAT