



### 3 Programación de Trabajos en Intervalos

En este apartado se comenzará con un primer subapartado en el que se expondrá la definición y concepto de la programación de los trabajos en intervalos (Interval Scheduling Problem), haciendo una visión genérica. Más adelante, en el segundo subapartado, se expondrá una clasificación de este tipo de problemas.

#### 3.1 Concepto y Definición de Interval Scheduling Problem.

En la mayoría de los trabajos sobre planificación y programación de tareas, el tiempo de finalización de las tareas no se encuentra restringido por ventanas temporales, permitiéndose cualquier instante del horizonte temporal como tiempo de finalización. Tan sólo se describe el caso de una fecha límite  $d_i$  que generalmente suele dar una holgura amplia de realización del trabajo, manteniendo la problemática del establecimiento de secuencias. Sin embargo, como hemos comentado en el apartado anterior, las tareas a realizar poseen restricciones fuertes de tiempo por lo que la programación de las tareas depende principalmente de la capacidad del sistema, es decir, de la cantidad de recursos disponibles.

La programación de trabajos en intervalos hace referencia a los sistemas logísticos con restricciones de tiempo, que son aquéllos en los que las tareas implicadas tienen que ser realizadas dentro de un intervalo de tiempo. La planificación de la capacidad en estos sistemas trata tanto de la asignación de los recursos a las tareas atendiendo a un criterio de optimización (planificación operacional), como del cálculo de la capacidad necesaria para completar todas las tareas (planificación táctica). Aplicaciones reales de estos sistemas van desde los procesos de mantenimiento de aviones en aeropuertos, la asignación de puertas en los mismos, la planificación de satélites de observación terrestre y algunos otros problemas clásicos como la asignación de aulas en escuelas o la asignación de conductores en líneas de autobuses. Todos los enfoques del problema estudiados hasta la actualidad han considerado una sola etapa para la realización de las tareas. Sin embargo, en algunas situaciones, las tareas necesitan de varias etapas para



ser completadas. Ejemplos de estos casos se presentan en la coordinación de la fabricación y producción de productos no almacenables, como podría ser el hormigón o el alquitrán.

Estos sistemas se encuentran en multitud de disciplinas en el entorno de servicios donde existen actividades programadas de antemano. No forma parte de este estudio la programación horaria previa de estas tareas, la cual se realiza atendiendo a los criterios enumerados en el capítulo 2. Este trabajo parte de un conjunto de tareas planificadas previamente y el análisis se centra en gestionar convenientemente los recursos que posee el sistema para realizar dichas tareas.

Todos los enfoques estudiados hasta ahora sobre esta clase de sistemas consideran una sola etapa para la realización de las tareas. Es decir, que las tareas poseen una única operación. Sin embargo, existen situaciones reales en la que las tareas necesitan de varias etapas para ser completadas. Como comentamos en el apartado anterior, en el desarrollo de este trabajo, modelaremos la planificación de los trabajos desde los dos puntos de vista. Uno en el que se considere como un trabajo con una única tarea en la que se incluyan las maniobras del descargo, el trabajo a realizar y las maniobras para reponer el estado cero de la red, y otro considerando el trabajo formado por varias etapas, la primera consistente en la realización de las maniobras del descargos, la segunda la realización del trabajo programado en sí, y la tercera y última las maniobras finales para reponer el suministro eléctrico y volver a la red a su estado inicial.

Los sistemas, con una etapa, pueden ser definidos como sigue:

Dado un conjunto de  $n$  trabajos  $J_1, \dots, J_n$  cada uno con un intervalo  $[a_i, b_i]$  en el que debe ser procesado, un tiempo de proceso  $t_i$ , un peso o prioridad  $w_i$  y perteneciente a una determinada clase de trabajo  $d_i$  dentro de un conjunto de  $D$  diferentes clases de trabajos (Figura 1). Para la realización de los trabajos se dispone de un conjunto de recursos  $M = \{M_1, \dots, M_m\}$  cada uno con un intervalo de disponibilidad  $[l_j, f_j]$ , un coste de utilización  $u_j$ , y perteneciente a una determinada clase de recurso  $c_j$  dentro de un



conjunto de  $C$  clases diferentes de recursos. La compatibilidad entre clases de trabajos y recursos se expresa a través de una matriz de compatibilidad  $L_{D \times C}$  definida como sigue:

$$L_{D \times C} = L(d, c) = \begin{cases} 1 & \text{si un trabajo de clase } d \text{ puede ser procesado por una maquina de la clase } c \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Hay que tener en cuenta, finalmente, que cada recurso no puede procesar más de un trabajo al mismo tiempo y, de forma genérica, cada trabajo se procesa de forma ininterrumpida sobre alguno de los recursos del sistema.

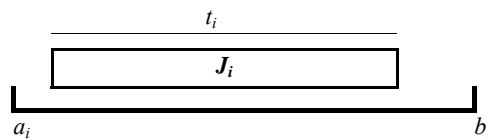


Figura 1. Datos asociados al trabajo  $J_i$

Los sistemas logísticos con restricciones de tiempo para el procesamiento de las tareas se han presentado en la literatura en un marco diferente a los sistemas clásicos de programación de operaciones. Sin embargo, son un caso particular de los mismos y la notación expresada para un sistema productivo puede utilizarse también para definirlos, si bien, para casos particulares deben agregarse características nuevas.

Al igual que en la programación de operaciones, es posible plantear casos en los que los trabajos posean *preemption*.

Los objetivos de estos sistemas, como ya se ha comentado, pueden ser operacionales o tácticos. En el caso de un objetivo operacional, se persigue la optimización en el uso de los recursos, mientras que en el objetivo táctico se persigue la optimización en la planificación de la capacidad de los mismos. El objetivo operacional viene a ser el objetivo que aparece en la programación de operaciones de cualquier sistema. El objetivo táctico, sin embargo, es una planificación de la capacidad, y en muchos casos, no se considera dentro de la problemática clásica de la programación de operaciones.



Sin definir ningún objetivo para la planificación, en la Figura 2 se representa una asignación de trabajos a recursos para el ejemplo definido en las tablas 1 y 2. Para el problema se disponen de 9 trabajos, 3 recursos, dos clases diferentes de trabajos y recursos, atendiendo a la siguiente matriz de compatibilidad:

$$L_{2 \times 2} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

En el ejemplo se ha presentado un problema con un conjunto de recursos predefinido. Por tanto, se descarta la resolución de un problema táctico, puesto que los recursos del problema están predefinidos de antemano. Es posible plantear el problema sin definir previamente el número de recursos, determinando el número óptimo de éstas necesario para procesar todos los trabajos (objetivo táctico).

Tabla 1. Características de los trabajos

J <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	t <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	d <sub>i</sub>
1	0	7	4	1	1
2	0	8	4	2	2
3	1	10	7	3	1
4	2	12	9	4	1
5	5	14	7	3	2
6	9	15	5	3	2
7	9	19	5	2	1
8	12	20	6	2	2
9	14	19	3	4	1
10	14	21	5	4	1

Tabla 2. Características de los recursos

M <sub>j</sub>	i <sub>j</sub>	f <sub>j</sub>	u <sub>j</sub>	c <sub>j</sub>
1	0	15	3	1
2	0	20	4	1
3	2	21	5	2

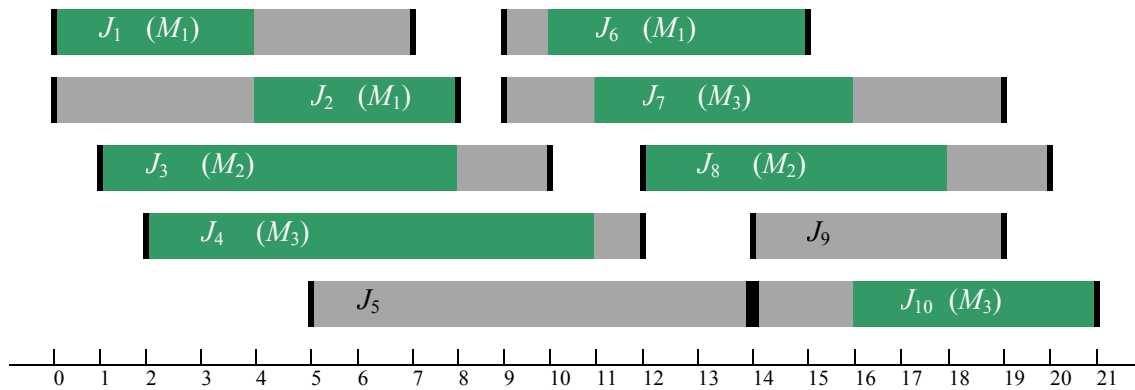


Figura 2. Representación del problema

En la asignación realizada se procesan 8 trabajos, quedando el trabajo  $J_5$  y  $J_9$  sin realizar. Se han utilizado los 3 recursos por lo que el coste ha sido de 12 uds. ( $u_1+u_2+u_3$ ). La suma de pesos de los trabajos realizados ha sido de 21 unidades.

### 3.2 Clasificación

Los sistemas logísticos con restricciones de tiempo aparecen en la literatura con diferentes variaciones, dependiendo de los intervalos de tiempo para el procesamiento de las tareas, del objetivo definido, del número de clases de recursos y de las características que motivan las diferentes clases de trabajos y recursos.

Una primera clasificación de estos sistemas se produce según la amplitud del intervalo para el procesamiento de las tareas. Según ello se distingue entre:

- Problemas donde el tiempo de proceso de las tareas coincide con la amplitud del intervalo. Este grupo recibe el nombre de *Fixed job scheduling problem (FSP)*.
- Problemas donde el tiempo de proceso de las tareas es menor o igual que la amplitud del intervalo. Este tipo se denomina *Variable job scheduling problem (VSP)*.

Con respecto a los objetivos, la optimización se orienta en dos direcciones:



- **Planificación táctica de la capacidad:** Se optimiza el uso de los recursos necesarios para atender todas las tareas.

- **Planificación operacional de la capacidad:** A partir de un conjunto de recursos, la planificación operacional es la asignación de recursos a tareas con objeto de maximizar el peso total de las tareas completadas.

También se presenta, para el caso de varias clases de trabajos y recursos, un problema de factibilidad consistente en averiguar si, para un conjunto de recursos dado, es posible realizar todos los trabajos existentes.

De acuerdo al número de clases de recursos o recursos, los primeros trabajos sobre el problema consideraron una única clase de recurso, de forma que cada tarea podía ser procesada por cualquier recurso. Sin embargo, el caso más interesante es considerar varias clases de recursos. En este caso dos variantes se establecen:

- ***License Class Scheduling:*** Los recursos están disponibles durante todo el horizonte de planificación. La compatibilidad entre tareas y recursos está motivada por aspectos técnicos.

- ***Shift Class Scheduling:*** Cada recurso está sólo disponible en un intervalo o conjunto de intervalos de tiempo. Un recurso puede procesar únicamente las tareas que se producen dentro de su intervalo de tiempo.

Otros parámetros que pueden también presentarse en el problema son los siguientes:

- **El valor del trabajo:** El caso general es la asignación de un valor  $w_i$  a cada trabajo que mide el beneficio por completar dicho trabajo. A pesar de ello, en ocasiones se asigna el mismo valor a todos los trabajos, o lo que es lo mismo, el valor de cada trabajo es la unidad. Considerar un valor del trabajo diferente para los trabajos influye en la consideración del problema. Cuando no se consideran valores para los trabajos, los



problemas tanto FSP como VSP con objetivo operacional pueden ser modelados como un problema de conjunto independiente de nodos en un grafo.

- **La propiedad de interrumpir (*preemption*)** el procesamiento del trabajo en un recurso: Aunque las características del problema obligan a que no existan pausas en el procesamiento de un trabajo, puesto que el tiempo de proceso coincide con el intervalo de procesamiento, el caso de *preemption* se plantea en algunos escenarios en los que se considera admisible que el trabajo puede ser procesado por más de un recurso (el trabajo puede saltar de un recurso a otro).

- **Restricciones de *Spread-time*:** Consideran un tiempo límite desde que se inicia la actividad de cada recurso.

- **Restricciones de *Working-time*:** Consideran un tiempo límite de actividad de cada recurso. Tanto esta restricción como la anterior aparecen en los casos en los que los recursos son consumibles o representan entidades humanas.

La figura 3 resume la clasificación de los sistemas logísticos con restricciones de tiempo.

En ocasiones toda esta clase de problemas ha recibido el nombre genérico de *Interval scheduling problem*. Sin embargo, como veremos en posteriores apartados, se han utilizado diversos nombres para denominar esta clase de problemas, dependiendo del escenario concreto. Los escenarios que han recibido más atención en la literatura han sido los de tipo FSP, incluyendo aquéllos con varias clases de recursos y trabajos. Estos últimos poseen una dificultad mayor y los métodos de resolución han ido encaminados tanto a una resolución exacta como aproximada. En las secciones siguientes se presenta el estudio de algunos de ellos incluyendo métodos de solución. Los escenarios con trabajos variables han recibido una atención más somera. Son los que ofrecen mayor complejidad, incluso sin considerar clases de recursos.

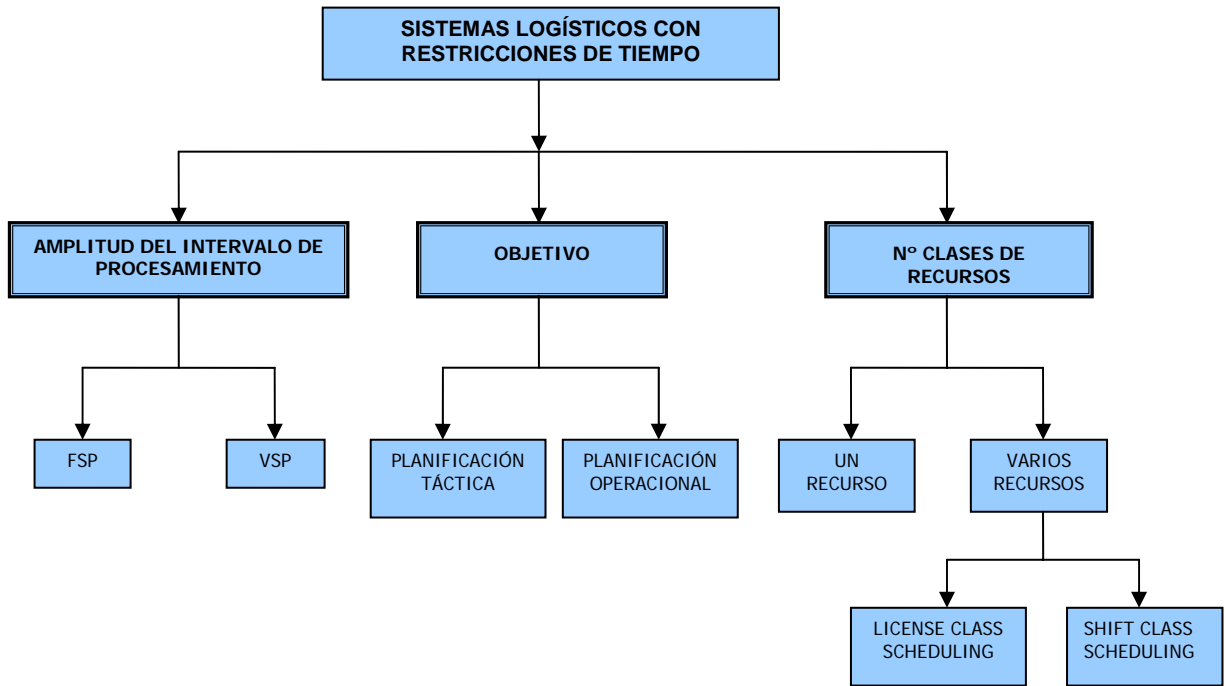


Figura 3. Clasificación de los problemas en sistemas logísticos

### 3.3 Aplicación al Problema

El problema planteado y en estudio en este trabajo, encaja perfectamente dentro de la programación de trabajos en intervalos, por lo que vamos a analizar las distintas clasificaciones de problemas aplicadas a nuestro problema.

En función de la amplitud del intervalo de procesamiento, en este trabajos nos vamos a centrar únicamente considerando el problema como un FSP, ya que vamos a considerar que todos los trabajos tienen definidos su instante de inicio y de final, ya que como se explicó en capítulos anteriores, se había comunicado al Organismo competente la duración del mismo. Queda por tanto fuera de este estudio, el análisis del problema como un VSP, si bien también podría aplicarse, ya que la empresa distribuidora podría comunicar al Organismo competente un horario superior al real, para tener así cierto margen en la realización del trabajo, por lo que si se operara así, el problema pasaría a considerarse como un VSP, ya que se dispone de un intervalo de tiempo para la





realización del trabajo, superior a la duración de este. Dada la relevancia de esta casuística, proponemos su estudio más detallado para futuros trabajos a realizar.

En función del objetivo, distinguíamos entre objetivo operacional y táctico. En este trabajo, estudiaremos y desarrollaremos los modelos para los dos objetivos, en función de que queramos minimizar los recursos para ejecutar todos los trabajos o por el contrario pretendamos obtener el máximo beneficio con los recursos disponibles.

Teniendo en cuenta las clases de recursos de que disponemos, como se comentó en capítulos anteriores, consideraremos dos clases de recursos, los cualificados para realizar maniobras y los que no. Sin embargo, existen situaciones en las que las empresas distribuidoras sólo contratan una parte de los trabajos, por lo que no cabe lugar la distinción entre clases de recursos, ya que para cada empresa (distribuidora y contratista) su trabajo a realizar no hace distinción de recurso. Por este motivo, también analizaremos la posibilidad de una única clase de recurso. Dentro de la casuística con varias clases de recursos, al tratarse de recursos humanos, debemos de considerar el problema con *Shift Class Scheduling*, sin embargo, podríamos considerar los recursos como *License Class Scheduling* sin que se viera considerablemente modificado el problema, ya que la mayoría de los trabajos programados se realizan durante la jornada laboral, pudiendo considerar por tanto la disponibilidad total.

Por último, es significativo la excepcionalidad de los trabajos a realizar, ya que éstos se encuentran separados geográficamente. En la literatura actual, no aparece nada referente a este tipo de problemas, ya que la mayoría se trata de programación de trabajos dentro de un mismo espacio físico, una fábrica, un aeropuerto, un colegio... Sin embargo en nuestro caso, los trabajos a realizar se encuentran separados geográficamente, por lo que se ha de considerar los tiempos de desplazamientos entre ambos para ver si el recurso es capaz de atender un trabajo al finalizar otro, así como para asignar de manera eficaz el recurso a desplazar.



### **3.4 Aplicaciones Prácticas del FSP**

Los sistemas logísticos en los que las tareas poseen restricciones de tiempo son numerosos. En general, aparecen en la organización de muchos servicios públicos. A continuación comentamos algunos de ellos, organizándolos en transporte, logística de aeropuertos y otros.

#### **3.4.1 Gestión de líneas de autobuses: Fishetti (1987, 1989,1992)**

La variable a considerar en este caso es la planificación de los horarios de trabajo de los conductores de autobuses de tal modo que se minimicen los costes asociados para dotar de servicio a todas las líneas de transporte existentes, entendiendo como costes el número de vehículos y conductores a utilizar. El problema corresponde con un problema FSP con objetivo táctico. Las tareas son todos los horarios de autobuses predefinidos. Son trabajos fijos puesto que los horarios de salida y llegada poseen un instante fijo en el tiempo. En principio, sólo se considera el objetivo táctico, puesto que todos los viajes tienen que estar disponibles diariamente. Esta aplicación ha sido considerada con restricciones de working time y spread time, con objeto de tener en cuenta las condiciones de trabajo de los conductores.

#### **3.4.2 Gestión de Aeropuertos. Proceso de mantenimiento de aviones en aeropuertos mediante la asignación de técnicos a tareas: Kolen y Kroon (1991/92/93/94); Janson (1994).**

Cada día, en todos los aeropuertos del mundo, son miles los aviones que aterrizan y despegan. Estos aparatos, por razones obvias de seguridad, deben ser sometidos a operaciones de mantenimiento durante el periodo de tiempo que permanecen en el aeropuerto. Dado que los horarios de salidas y llegadas de los aviones son conocidos de antemano, el problema planteado consiste en minimizar el número de operarios de forma que se garantice el mantenimiento de todos los aparatos que pasen por el aeropuerto de la forma lo más satisfactoriamente posible. Este caso correspondería con un problema FSP o VSP con objetivo táctico y varias clases de trabajos y máquinas.



El hecho de considerar varias clases de máquinas radica en la especialización de los operarios o técnicos. Generalmente, no todos el personal de mantenimiento esta especializado en todas las operaciones, por lo que se hace necesario considerar clases. También se pueden considerar disponibilidad temporal de las máquinas. Este problema admite tanto la versión fija o variable tareas.

Incluso, también ha sido considerado en la bibliografía el objetivo operacional. En este caso, los pesos de las tareas equivalen a prioridades de proceso o importancia de la tarea. Algunas de estas tareas, las de menor prioridad, pueden esperar para ser realizadas en otro aterrizaje del avión, por lo que se permite su no realización.

### **3.4.3 Gestión de Aeropuertos. Asignación de puertas a vuelos en aeropuertos con el objeto de reducir el traslado de pasajeros hasta la terminal: Kroon (1991).**

El modelo consiste en asignar a aviones de diferentes tipos una puerta de embarque durante un intervalo de tiempo fijo. Dado que cada tipo de avión presenta unas características técnicas especiales, aparecen restricciones de compatibilidad entre las puertas de embarque y los aviones. Si no se consigue asignar una puerta a un avión, los pasajeros deben ser transportados hasta el mismo en autobús, con la consiguiente disminución de la calidad del servicio. El objetivo en este caso, consiste en encontrar la mejor solución para la asignación de puertas de embarque, para así minimizar el número de aeronaves que queden fuera de esta asignación y de este modo evitar el uso de autobuses. Obviamente, se trata de un objetivo operacional. Las puertas de embarque corresponderían con las máquinas del sistema, mientras que los vuelos serían las tareas. Se consideran varias clases de máquinas, debido a que las puertas de embarque poseen capacidades diferentes y también porque los aviones pueden poseer características técnicas diferentes que impidan la conexión con determinadas puertas.



#### **3.4.4 Planificación de satélites de Observación terrestre: Gabel (1995), Wolfe y Sorensen (2000)**

Consideremos un satélite que describe una órbita alrededor de la tierra y cuya misión es realizar distintas operaciones, como pueden ser por ejemplo la captura de imágenes de la superficie terrestre, mediciones (atmosféricas o de La Tierra), operaciones de telecomunicaciones, etc. Dado que son numerosas las zonas que demandan alguna de las operaciones mencionadas por parte del satélite, se plantea el problema de seleccionar cuál debe ser la secuencia de tareas a realizar durante un horizonte temporal dado, de manera que se maximice el número de trabajos ejecutados por cada satélite (problema operacional), siendo las restricciones del problema las siguientes:

- Un satélite sólo podrá realizar tareas referidas a la parte de la superficie terrestre expuesta al sol.
- Debido al movimiento del satélite, la ejecución de cada tarea requerida sólo podrá comenzar en una ventana de posibles instantes de tiempo determinados, dentro del horizonte temporal considerado.
- El satélite sólo puede procesar una tarea en cada instante, teniendo además que dejar un tiempo de transición, supuesto constante, entre dos tareas pertenecientes a la misma secuencia. Ya que los recursos no se encuentran disponibles durante todo el horizonte de planificación es un problema del tipo “Shift Class Scheduling”.

También se puede buscar objetivo que pondere las tareas realizadas, ya que puede considerarse que cada operación ejecutada aporta un beneficio, económico o de otro tipo.

Según lo descrito anteriormente se trata de un problema operacional, con trabajos con instantes de comienzos variables (ya que el instante de comienzo de ejecución de cada



tarea puede variar en el tiempo) y recursos no disponibles durante todo el horizonte de planificación (el satélite tiene unos tiempos de transición entre tarea y tarea).

La programación implementada de un satélite procede a capturar tantas imágenes (solicitudes de observación determinadas) con prioridad alta como le sea posible, dentro de un período del tiempo fijo, con la ayuda de un sistema fijo de sensores que está incorporado al satélite. Por ejemplo, se considera que el planificador del satélite *Landsat 7* ha actuado eficientemente si se hacen cada día al menos 250 observaciones. La manera de programar o planificar la realización de tareas del satélite es complicada debido a un número importante de restricciones. Potin (1998) enumera algunas de ellas:

1. Limitaciones de vista posterior. Las blancos de la observación deben estar dentro de la vista del satélite. Los satélites del EOS viajan en órbitas fijas, generalmente cerca de 800 kilómetros sobre la superficie del planeta, y vienen a tardar unos 100 minutos en recorrer el perímetro de la tierra cada vez. Estas órbitas pasan sobre cualquier lugar concreto de La Tierra en un número limitado, aunque predecible, de veces; por ello hay solamente algunas ventanas panorámicas para un blanco y dentro de un período de tiempo dados.
2. Tiempo requerido para tomar cada imagen. La mayoría de los satélites que observan La Tierra toman una imagen unidimensional y utilizan el movimiento orbital de la nave espacial para barrer fuera del área que será capturada. Por ejemplo, una imagen de Landsat requiere 24 segundos de movimiento orbital.
3. Almacenaje de datos a bordo limitado. Las imágenes se almacenan típicamente en un registrador de datos (Solid State Recorder, SSR), hasta que dichas imágenes pueden ser enviadas a La Tierra.
4. Disponibilidad de la estación terrestre. Los datos del SSR se envían a la tierra cuando el satélite pasa sobre una estación de tierra.



5. Ángulo de apunte. Las imágenes de más alta resolución se toman cuando el blanco está directamente debajo del satélite. Otros ángulos de apunte son a veces requeridos para propósitos específicos.
6. Disponibilidad de la energía. La mayoría de los satélites tienen una capacidad energética muy restrictiva.
7. Control térmico. Debido a que los satélites se encuentran en un determinado instante dentro de la sombra de La Tierra y, seguidamente, lo hacen fuera de ella, resulta que el ambiente térmico cambia radicalmente y de forma continua. Esto añade restricciones al uso del sensor del satélite.
8. Interposición de nubes. Algunos sensores de satélites no pueden ver a través de las nubes.
9. Observaciones múltiples del mismo objetivo por diversos sensores o el mismo sensor en diversos instantes.

Este tipo de restricciones acomodan el problema en el tipo *Shift Class Scheduling*, con restricciones de uso de las máquinas y algunas específicas para estos sistemas. La utilización de los modelos VSP pueden ser de gran ayuda para una planificación inicial de los satélites.

#### **3.4.5 Asignación de aulas de clase: Carter (1989).**

El problema de la asignación de aulas de clase es un problema del tipo FSP, puesto que los horarios de clase son fijos. El número de aulas de clases o salas disponibles en cualquier edificio es limitado y las clases o sesiones se encuentran planificadas previamente. Se necesita una asignación de aulas que tenga en cuenta las siguientes restricciones:

- La capacidad del aula tiene que ser suficiente para acoger al número de alumnos matriculados o un porcentaje de ello.



- Algunas clases pueden necesitar aulas con recursos audiovisuales.

Estaríamos por tanto en el caso de varias clases de máquinas y un objetivo operacional. Sin embargo, es necesario atender todas las clases. Es un problema un tanto especial puesto que estaríamos más ante un problema de viabilidad, es decir, el problema de determinar si es posible acoger todos las clases con las aulas disponibles. En caso de que no puedan atenderse todas, sería necesario, ocupar otro edificio o bien replantear el programa de clases. Además, en el problema se pueden plantear otro tipo de restricciones, como la de mantener el aula para un mismo curso durante el periodo, e incluso tener en cuenta en la función objetivo la minimización del número de cambios de aula.

#### **3.4.6 Otras aplicaciones.**

Otras aplicaciones en las puede verse reflejados esta clase de sistemas en cierta forma son el control del tráfico aéreo, la asignación de habitaciones en hoteles o la distribución de productos perecederos bajo pedido.

### **3.5 Aplicaciones de nuestro caso**

Además de la aplicación aquí tratada, como es el caso de la gestión de trabajos programados en una empresa distribuidora eléctrica, se podría aplicar este modelo a la **Gestión de las rutas las líneas de autobuses**, problema que ya ha sido tratado en la literatura en multitud de ocasiones, pero sin considerar los desplazamientos que existen entre las distintas rutas.

La variable a considerar en este caso es la planificación de las rutas de los autobuses de tal modo que se minimicen los costes asociados para dotar de servicio a todas las líneas de transporte existentes. El problema corresponde con un problema FSP con objetivo táctico, ya que las rutas están preestablecidas y se han de completar. Las tareas son



todas las rutas de autobuses predefinidas. Son trabajos fijos puesto que los horarios de salida y llegada poseen un instante fijo en el tiempo. Como hemos comentado, todos los viajes tienen que estar disponibles diariamente, por lo que sólo consideraremos el objetivo táctico. Esta aplicación ha sido considerada con restricciones de working time y spread time, con objeto de tener en cuenta las condiciones de trabajo de los conductores. Al introducir los desplazamientos, nos garantizamos que, por ejemplo las compañías de autobuses que además de realizar determinadas rutas entre pueblos o ciudades, se dediquen a realizar también rutas para los colegios por ejemplo, utilicen el mínimo número de autobuses para cumplir con los servicios, garantizándonos que llegará a tiempo sus compromisos. Este caso entraría perfectamente a este estudio y podría resolverse con el modelo aquí descrito.