



**Cátedra Nissan – UPC**

Innovación en la automoción

# ¿Qué es esa Cosa llamada Organización Industrial? Una reflexión desde la ETSEIB

*Joaquín Bautista Valhondo*

D-01/2009

(Rec. CU-230 / 2002-jbv)

*Departamento de Organización de Empresas*

Universidad Politécnica de Cataluña

**Publica:**

Universitat Politècnica de Catalunya  
[www.upc.edu](http://www.upc.edu)



**Edita:**

Cátedra Nissan-UPC  
[www.nissanchair.com](http://www.nissanchair.com)  
director@nissanchair.com

1 ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. UNA VISIÓN TRADICIONAL .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Una visión tradicional .....	1
2 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. UNA REVISIÓN SEMÁNTICA .....	6
12.1 Introducción .....	6
12.2 Una revisión semántica a través del análisis de las partes .....	6
3 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LA ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	11
3.1 Introducción .....	11
3.2 Una visión histórica de la Organización de la Producción .....	13
4 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LOS MÉTODOS CUANTITATIVOS DE GESTIÓN .....	40
4.1 Introducción .....	40
4.2 Una visión histórica de la Investigación Operativa ↔ Métodos Cuantitativos de Gestión .....	41
5 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LA TEORÍA DE LA ORGANIZACIÓN .....	55
5.1 Introducción .....	55
5.2 Una reseña sobre Modelos, Teorías, Enfoques y Escuelas del Pensamiento Organizativo .....	58
6 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL Y ALGUNAS DISCIPLINAS CONEXAS .....	74
6.1 Introducción .....	74
6.2 Concepto de Logística .....	75
6.3 Concepto de Gestión de la cadena de suministro .....	79
6.4 Concepto de Dirección de Operaciones .....	80
6.5 Comentarios finales .....	95
7 UN MÉTODO GENERADOR DE CONOCIMIENTOS EN LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL .....	97
7.1 Introducción .....	97
7.2 Fases de un método generador de conocimientos .....	99
8 ALGO PARA FINALIZAR (de momento) .....	103

## 1 ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. UNA VISIÓN TRADICIONAL

### 1.1 Introducción

Siendo uno de los objetivos de este escrito reflexionar sobre el concepto y el método relativos a la *Organización Industrial*, dedicamos este capítulo a ofrecer una visión, no negaremos que parcial, sobre cómo ha sido entendida esta disciplina, a lo largo de los años, por un colectivo de personas que han impartido docencia, han investigado y han tenido implicación institucional importante en el seno de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Industrial y otras instituciones relacionadas.

En dichas Escuelas, las enseñanzas sobre temas que se consideran propios de la *Organización Industrial*, vinculada a la disciplina relacionada con la expresión anglosajona *Industrial Engineering*, para la que no cabe la traducción literal, se remonta a más de medio siglo. Consideramos que la memoria es importante, y que también es importante reconocer el trabajo de un reducido grupo de ingenieros que, allá en el año 1958, enseñaban unos y aprendían otros, en sexto curso, Mejora de Métodos, Estudio de Tiempos, Seguridad e Higiene, Control Estadístico de la Calidad, y una serie de temas que hoy encuadraríamos en Administración de Empresas y Dirección de Operaciones.

Si la tradición es importante, también lo es inspeccionar en los orígenes.

“A partir de un huevo existen todas las cosas.” [William HARVEY (1578-1657)]

### 1.2 Una visión tradicional

El 17 de marzo de 1998 tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona el acto académico con motivo de la *Primera Promoción de titulados de Ingenieros en Organización Industrial*<sup>1</sup>. En el acto, las concisas “palabras del director”<sup>2</sup> contribuyeron a aclarar y dar a conocer el significado de la expresión *Organización Industrial*.

Antes de que existiera esta titulación, entre las funciones que realizaban los Ingenieros, especialmente los Ingenieros Industriales, estaban las de asesoría o de consultoría en organización, al igual que *l'Ingénieur-Conseil* en Francia. En los años que actuó el Servicio Nacional de Productividad Industrial del, entonces, Ministerio de Industria; este organismo pudo contar con la colaboración importante de ingenieros industriales, que

<sup>1</sup> El texto relativo a la Conferencia del acto, a cargo del profesor del Área 650, ALBERT COROMINAS SUBIAS, se recoge en el escrito: COROMINAS, A. (1998) *La reenginyeria: Vi vell en odres nous?*. UPC.

<sup>2</sup> Ibid. Palabras pronunciadas por el, a la sazón, director de la ETSEIB, RAMÓN COMPANYYS PASCUAL.

contribuyeron a la difusión del Estudio del Trabajo (básicamente, métodos y tiempos) a través de publicaciones<sup>3</sup>.

Hacia 1955 se fundó en Madrid, por acuerdo de los entonces Ministerios de Industria y de Educación, la *Escuela de Organización Industrial* (EOI)<sup>4</sup> bajo el impulso del profesor FERMÍN DE LA SIERRA y "para perfeccionar la formación del personal directivo de las empresas o la de aquéllos que, en un futuro, puedan llegar a puestos directivos". Es la primera escuela de dirección de empresas de España y una de las más antiguas de Europa, transformada en Fundación en marzo de 1997. Es quizás con el nombre de esta escuela donde se emplea por primera vez, en una institución académica de nuestro país, la expresión *Organización Industrial*.

Posteriormente, la reforma de las enseñanzas técnicas en 1964, sirvió para introducir nuevas especialidades en los estudios de Ingeniería Industrial, una de ellas recibió el nombre de *Organización Industrial*.

El curso 67-68 se impartió por primera vez 4º y por tanto las asignaturas *Investigación Operativa 1* y *Organización de la Producción*. Todavía no estaban definidos los Grupos de Cátedra.

El 20 de junio de 1969, el profesor RAMÓN COMPANYS PASCUAL termina los ejercicios de la oposición a cátedra del Grupo XIII, *Organización de la Producción*, y se convierte en su primer catedrático en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. A partir del curso 69-70, la cátedra de *Organización de la Producción* (Grupo XIII) se encarga de coordinar tres asignaturas de la especialidad *Organización Industrial*, a saber: *Organización de la Producción* (de duración anual), *Investigación Operativa 1* (cuatrimestral) e *Investigación Operativa 2* (anual).

*“Los temas de Investigación Operativa I (asignatura que dejé de dar) se estabilizaron en Introducción a la Teoría de la Decisión, Teoría de Grafos, Programación Lineal, Colas y Simulación. En Organización de la Producción las dos líneas eran “Diseño de Sistemas Productivos” (localización, distribución en planta, mejora de métodos, estudio del trabajo, fiabilidad, programación de proyectos, etc.) y “Dirección de Operaciones” (previsiones, planificación, stocks, programación, etc.); en Investigación Operativa II “Decisión” (decisión estadística, juegos, multicriterio, programación dinámica, modelos de stocks y renovación, etc.) y “Programación” (programación lineal entera y mixta, programación combinatoria, programación no lineal, etc.). En aquellas épocas los libros de cabecera eran el Wagner, el Hadley, el Johnson and Montgomery, etc. para investigación operativa y los varios Buffa, el Eilon, el Riggs y especialmente desde su aparición el Mize, White and Brooks (conocido como “el libro rojo de la producción”) para organización de la producción.”<sup>5</sup>*

<sup>3</sup> P. Ej.: *Planificación y control de producción*. Publicada por el Ministerio de Industria, Comisión Nacional de Productividad Industrial (1960). Entre los autores, 9 ingenieros: 7 industriales, 1 naval, 1 aeronáutico.

<sup>4</sup> Puede consultarse <http://www.eoi.es>.

<sup>5</sup> COMPANYS, R. (2001) “La Organización Industrial en la ETSEIB según la visión de Ramón Companys” Conferencia leída por el profesor FRANCISCO-CRUZ LARIO ESTEBAN, área 650, en la sesión plenaria del IV Congreso de Ingeniería de Organización (ADINGOR). Sevilla, 13-14 de septiembre de 2001.

Posteriormente, bajo el impulso del profesor JOSÉ DE ORBANEJA Y ARAGÓN, se constituyó el departamento de *Gestión Empresarial* en el que formaron parte, inicialmente, los Grupos XI (*Economía*), XII (*Administración*), XIII (*Organización*) y XVII (*Estadística*). Hacia el año 1983, los Grupos XIII y XVII se constituyen en un nuevo departamento que se denominó *Técnicas Cuantitativas de Gestión*.

En 1989 la *Cátedra de Organización* propuso y obtuvo el cambio de nombre de las asignaturas de *Investigación Operativa* por el de *Métodos Cuantitativos de Organización Industrial*.

*“Lo había propuesto con anterioridad [...]. Tengo remordimientos por este cambio de nombre, aunque pienso que otros deberían tener más por haber contribuido a vaciar del significado original la investigación operativa.”*<sup>6</sup>

Con la aplicación de la Ley de Reforma Universitaria (LRU)<sup>7</sup> se produce la nueva constitución de departamentos<sup>8</sup>; los Grupos IX, XII y XIII optan por el Área de Conocimiento *Organización de Empresas* y se constituyen en un departamento con la misma denominación.

*“Finalmente llegó el “instante de la verdad” de los departamentos y de las áreas de conocimiento; me tocaba elegir entre “Organización de Empresas” y “Estadística e Investigación Operativa”. En cualquiera de los dos ámbitos la situación de mi grupo era de frontera. Me decidí por organización y los que estaban conmigo, convencidos o no, me siguieron. No me he arrepentido nunca de esta decisión.”*<sup>9</sup>

La llegada del vigente Plan de estudios de 1994 del título de Ingeniero Industrial dio un impulso a nuestras asignaturas. Las tres asignaturas pioneras: *Organización de la Producción* y las de *Investigación Operativa*, han sido originarias de las dos actuales que forman parte de la troncalidad: *Organización Industrial* y *Optimización y Simulación*, que se unen a las también troncales *Economía* y *Administración de Empresas*. Las dos primeras se vieron arropadas por otras asignaturas optativas, en el marco de los nuevos planes de estudios, específicas para los estudiantes que cursan la intensificación *Gestión: Grafos y decisión*, *Métodos Cuantitativos de Gestión* y *Dirección de Operaciones*.

En el curso 1995-96 se pone en marcha la titulación de segundo ciclo *Ingeniero en Organización Industrial* que, tal como indicábamos al inicio de este apartado, ofrece sus primeros frutos en 1998.

En esta titulación, la *irradiación* del Grupo XIII también ha sido importante, pues, tanto las asignaturas obligatorias: *Modelos de decisión*, *Métodos cuantitativos de Organización*

<sup>6</sup> Ibid.

<sup>7</sup> LEY ORGÁNICA 25-8-1983, núm. 11/1983 BOE 1-9-1983, núm. 209.

<sup>8</sup> Artículo 8º, Punto 2.: “Los Departamentos se constituirán por áreas de conocimiento científico, técnico o artístico, y agruparán a todos los docentes e investigadores cuyas especialidades se correspondan con tales áreas.”

<sup>9</sup> COMPANYS, R. (2001). *Op. cit.*

*Industrial, Diseño de sistemas productivos y logísticos y Dirección de operaciones*, como las optativas: *Técnicas de Organización Industrial, Métodos cuantitativos de Gestión y Sistemas avanzados de producción*, tienen los mismos orígenes.

Como podemos ver, desde la reforma de 1964, en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales, las enseñanzas relacionadas con la producción, en su sentido estricto, en *Organización Industrial* han estado vinculadas a la de las técnicas cuantitativas, lo que ha tenido, sobre la forma de enfocar todas las asignaturas antes mencionadas, unos efectos indudables.

Tales efectos han sido también saludables, porque ha dado un carácter aplicado y realista a los temas propios de la Investigación Operativa y una impronta cuantitativa a los de la Organización de la Producción, y, también, porque, a la postre, ha resultado estar de acuerdo con una orientación que hace más de treinta años tan sólo se insinuaba y que ahora se puede considerar plenamente consolidada.

Esta convivencia entre los aspectos cualitativo y cuantitativo no sólo es, a nuestro modo de ver, de gran importancia en el progreso de las disciplinas, sino que también las consolida, plenamente, como ciencias (o saber riguroso), al menos, en nuestra tradición cultural.

*"Los hombres dieron un gran paso hacia adelante cuando se convencieron de que, para entender la naturaleza de las cosas, es preciso empezar por preguntar, no si algo es bueno o es malo, nocivo o beneficioso, sino: ¿qué clase de cosa es ésta, y en qué cantidad?. Entonces se reconoció que cualidad y cantidad son los rasgos primarios que la investigación científica debe descubrir."*

[J.C. MAXWELL (1831-1879)].

*"Tras una seria reflexión, comprendí, poco a poco, que todas las materias se reflejan en las matemáticas, las cuales se ocupan del orden de las medidas, ya se trate de números, figuras, estrellas y sonidos, o de cualquier otro objeto mensurable. En consecuencia, comprendí que debe haber alguna ciencia general que permita explicar aquello que suscita problemas de ordenamiento y medición. No otra cosa son las matemáticas. Esta ciencia debe contener los principios de la razón humana, y su competencia se debe aplicar al establecimiento de la verdad en cada materia."*

[R. DESCARTES (1596-1650)].

Aunque, en ocasiones, nuestra, digamos, herencia cultural contenga afirmaciones un tanto exageradas.

*"Las matemáticas son la puerta y la llave de las ciencias."*

*"Quien no sepa matemáticas no puede conocer ninguna ciencia y, más aún, no puede descubrir su propia ignorancia ni encontrar el remedio apropiado para ella."*

[R. BACON (1220-1292)].

*"Que nadie que ignore la geometría entre por mi puerta."*

[PLATÓN (427-347) a.n.e.].

Además, el enfoque cuantitativo es, probablemente, una buena vía de acceso a los problemas de organización y gestión para los estudiantes de una carrera técnica, con fuerte base científica, siempre que no se pierda de vista las características propias de tales problemas, que los distinguen claramente de los meramente tecnológicos.

La estrecha vinculación *Producción* ↔ *Técnicas-cuantitativas* se mantiene actualmente en las E.T.S. de Ingenieros Industriales; en concreto, en la Escuela de Barcelona, todas las asignaturas de Producción y de Métodos cuantitativos, vinculadas a través de la Organización Industrial, están asignadas al Departamento de Organización de Empresas y a cargo del mismo equipo de profesores.

## 2 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. UNA REVISIÓN SEMÁNTICA

### 2.1 Introducción

Dedicamos este capítulo a revisar el concepto de *Organización Industrial* a través del análisis del significado literal de la expresión compuesta "Organización Industrial", para, posteriormente, dar una posible definición. Nos preocuparemos, también, por el concepto de *Producción*, el de *Organización de la producción*, y el de *Dirección de operaciones*.

Por supuesto, somos conscientes, desde un principio, de que el significado de una expresión compuesta por más de un vocablo, no sólo depende del contexto en que actúa o se emplea, sino que también puede trascender al significado obtenido por la simple agregación de acepciones de los vocablos constituyentes. No obstante, pensamos que el ejercicio de aproximarnos al *todo* a través de sus *partes* puede ser de utilidad para aclarar algunos conceptos y resolver, también, algún que otro conflicto semántico que pueda surgir; en tal caso, recurriremos a su aclaración atendiendo a la tradición y al contexto.

*“Una partícula elemental no es una entidad independiente. Es, en definitiva, un juego de interrelaciones que se extiende a otras cosas que están fuera de ella”.*

[Henry STAPP]

### 2.2 Una revisión semántica a través del análisis de las partes

Una primera acepción del vocablo *Organizar* es "*establecer o reformar algo para lograr un fin, coordinando los medios y las personas adecuados*"<sup>10</sup>; es también: "*disponer y prepara un conjunto de personas, con los medios adecuados, para lograr un fin determinado*" o "*poner algo en orden*" o "*preparar alguna cosa disponiendo todo lo necesario*". Por tanto, si entendemos por *Organización* como la "*acción y efecto de organizar u organizarse*" y que la acción se ejerce sobre un conjunto de elementos para lograr un fin determinado, entonces, *Organización* es también la acción y el efecto de definir la estructura de un sistema, esto es, definir de qué elementos consta un ente concreto destinado a un fin y cuáles son las relaciones entre sus elementos; en nuestro caso, el fin perseguido es **producir** para satisfacer las necesidades humanas (concepto sobre el que más tarde incidiremos), el ente recibe el nombre de **sistema productivo**, y entre los elementos de dicho sistema hay que incluir a **personas, medios y conocimiento**.

El adjetivo *industrial* debe interpretarse aquí como "*perteneciente o relativo a la industria*"<sup>11</sup>, entendiendo por *Industria* como el "*conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales*"<sup>12</sup>. *Industria* es también el tradicional sector secundario<sup>13</sup>: el conjunto de

<sup>10</sup> *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española (vigésimo primera edición), 1992.

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> *Ibid.*



actividades económicas destinadas a la transformación de las primeras materias o productos naturales, mediante la utilización de procesos mecánicos y químicos con el fin de obtener productos manufacturados.

Obviamente, la parcelación tradicional de las actividades económicas en 3 grandes grupos: agricultura, industria y servicios, nos sitúa frente a una clasificación con fronteras poco nítidas. Por ello, es útil llegar a una definición de las actividades industriales a partir de la clasificación de actividades económicas; por ejemplo, las establecida en el año 1968 por las Naciones Unidas.

La llamada “Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas”<sup>14</sup> (vg.- CIIU-rev.2) incluye todo tipo de actividades<sup>15</sup>: agrarias, las industriales propias por tradición y de servicios. La clasificación propone 10 grupos en su primer nivel “gran división”, éstos son:

- Gran división 0: Actividades no bien especificadas.
- Gran división 1: Agricultura, caza, silvicultura y pesca.
- Gran división 2: Explotación de minas y canteras.
- Gran división 3: Industrias manufactureras.
- Gran división 4: Electricidad, gas y agua.
- Gran división 5: Construcción.
- Gran división 6: Comercio al por mayor y al por menor y restaurantes y hoteles.
- Gran división 7: Transportes, almacenamiento y comunicaciones.
- Gran división 8: Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas.
- Gran división 9: Servicios comunales, sociales y personales.

Dentro de la Industria se considera cuatro grandes divisiones: explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, electricidad, gas y agua, y construcción: “gran división” 2, 3, 4 y 5, respectivamente, si bien, las segundas son las que con mayor propiedad se consideran actividades industriales. Por otro lado, las restantes divisiones, denominadas en ocasiones industrias no manufactureras, se suelen incluir dentro de la Industria.

Por lo anteriormente dicho, en una primera revisión semántica a la expresión *Organización Industrial*, que se puede obtener agregando los significados de los vocablos constituyentes, podemos decir:

*La Organización Industrial se preocupa por la definición de las estructuras de los sistemas productivos, que incluyen personas, medios y conocimiento, y del*

<sup>13</sup> Teniendo en cuenta la división de la actividad económica en los tres sectores tradicionales: primario o agricultura, secundario o industria y terciario o servicios.

<sup>14</sup> Puede consultarse <http://unstats.un.org>.

<sup>15</sup> Que es acorde con la primera y genuina acepción de *Industria*: “maña y destreza o artificio para hacer una cosa”.

*conjunto de operaciones materiales y de gestión que se ejecutan para obtener, transformar o transportar productos.*

En cuanto a las definiciones de *producción* son numerosas, casi tantas como textos sobre el tema, pero suelen ser coincidentes y se distinguen casi siempre únicamente por el mayor o menor énfasis en unos u otros aspectos, según los objetivos de los autores. No parece necesario, aquí, reproducirlas y compararlas; para los propósitos de esta discusión basta, por ejemplo, con la siguiente:

*"La Producción es una función fundamental de toda organización. Comprende aquellas actividades responsables de la creación de los bienes y servicios que son las salidas o resultantes de toda organización. Puesto que toda organización tiene una salida que es un bien y/o un servicio, toda organización realiza una variedad de actividades productivas [...]. La producción concierne a la creación de bienes y servicios; implica el diseño, planificación, funcionamiento y control de los sistemas que producen bienes y servicios. Estos sistemas son cualquier proceso o procedimiento que transforma un conjunto de entradas (los recursos adquiridos por la organización o suministrados por la misma) en salidas (los productos que la organización vende o distribuye). Las entradas son alguna combinación de seres humanos, materiales, dinero, máquinas y métodos (tecnología). La transformación puede ser física, como en la manufactura, locacional, como en el transporte, temporal, como en depósito (almacenado), o transaccional como en la comercialización al detall. Las salidas pueden ser tangibles o intangibles, un bien o un servicio, o simplemente satisfacción." (TERSINE; Production / Operations Management: Concepts, Structure and Analysis).*

Sólo con esta definición de *Producción* ya queda claro que la *Organización de la Producción* es, también, una disciplina con un objeto propio, a saber, el estudio del diseño, planificación, explotación y control de los sistemas productivos. La *Organización de la Producción* (OP) se identifica con lo que los anglosajones denominan *Production-Operations Management*, POM de forma abreviada. Por supuesto, nuestra OP también se puede identificar con la disciplina denominada *Operations Management* (OM, abreviadamente).

Afortunadamente (y no sólo para las personas que de una u otra forma se dedican estrictamente a ella), cada vez hay más conciencia sobre la importancia de la producción (a nuestro parecer), y cada vez más se impone un concepto de la misma más amplio que el tradicional que identifica producción con manufactura.

La definición de TERSINE no establece jerarquía alguna entre la producción de bienes y la de servicios y este rasgo es común a todas las definiciones de producción modernas. A pesar de ello queda, en este último caso (los servicios), mucho camino por recorrer, puesto que todavía no resulta raro oír decir a responsables de gestión en empresas del sector terciario que la gestión de la producción no les interesa puesto que ellos se dedican a los servicios (no es éste el momento de comentar las consecuencias que se desprenden de una actitud como ésta, pero, en líneas generales, son bastante evidentes).

¿Qué diferencia hay entonces entre la *Organización Industrial* y la *Organización de la Producción*? Bien, ya augurábamos, en la introducción de este capítulo, la posibilidad de que pudiera surgir algún conflicto semántico, que, no obstante, es fácil de resolver si atendemos a la tradición y al contexto.

Tal como indicábamos en el capítulo precedente, la *Organización Industrial* está vinculada a la disciplina *Industrial Engineering*, para cuya expresión no cabe, obviamente, una traducción literal en las Escuelas de Ingeniería Industrial. Por otra parte, la *Organización de la Producción* está vinculada a la disciplina *Production-Operations Management*, o, simplemente, *Operations Management*, para cuya expresión no cabe, tradicionalmente, una traducción literal en las Escuelas de Ingeniería Industrial; sobre este punto, incidiremos más abajo.

Desde sus inicios en nuestro país, y sobre todo en las Escuelas de Ingeniería Industrial, la *Organización Industrial* se ha preocupado, en efecto, por un sistema tan complejo como lo es el productivo, en el que intervienen múltiples aspectos que no se incluyen, tradicionalmente y con la extensión y profundidad que requieren, ni en las asignaturas relacionadas con la *Organización de la Producción*, en nuestras Escuelas, ni en los textos, y por extensión asignaturas, relacionados con *Operations Management*, en el ámbito anglosajón (basta con consultar los temarios incluidos en los libros sobre POM o OM).

Entre estos aspectos importantes, destacamos los que conciernen directamente a los relativos al personal, a los financieros y a la función de ventas.

Dentro del término genérico Factor Humano son destacables algunos aspectos relacionados con el personal, tales como: selección de personal, valoración de puestos de trabajo, remuneración, motivación e integración y ergonomía. Todos estos temas eran impartidos, desde la puesta en marcha del plan 64, por la cátedra de Administración de Empresas (Grupo XII); algo similar ocurría en el resto de Escuelas de Ingeniería de España. A partir de la puesta en marcha del plan 94, las asignaturas derivadas de las originarias del Grupo XII adquirieron, de manera natural, la responsabilidad sobre estos temas; actualmente, existe incluso una Unidad Docente (entidades que, podríamos decir, substituyen administrativamente a los anteriores Grupos de Cátedra), la de Recursos Humanos, especializada en esta temática. Los aspectos financieros y la función de ventas, también, eran temas asignados al Grupo XII; actualmente, se encarga la Unidad Docente Administración de Empresas que hereda el nombre de su cátedra originaria.

Para finalizar el capítulo, dedicaremos unas líneas para justificar que no cabe, en las Escuelas de Ingeniería, la traducción literal de la expresión *Operations Management*, por *Dirección de Operaciones*, salvo que añadamos un par de calificativos para matizar.

En primer lugar, identificamos *Operations Management* con *Organización de la Producción*. En segundo lugar, porque nuestra agrupación de temas, que es coincidente con la de muchos autores, se basa en el criterio de magnitud del horizonte de repercusión de las decisiones.

Bajo esta perspectiva, consideramos dos grandes categorías de decisiones. A la primera categoría pertenece el conjunto de decisiones relacionadas con el *Diseño*, la *Planificación Estratégica* y la *Construcción* de sistemas destinados a producir bienes y servicios, son las que denominamos DECISIONES DE DIRECCIÓN DE DISEÑO o DECISIONES A MEDIO-LARGO PLAZO o DECISIONES ESTRATÉGICAS. La segunda categoría se corresponde con las decisiones relacionadas con el *Funcionamiento* y el *Control* del sistema productivo; éstas se enmarcan en: la DIRECCIÓN DE OPERACIONES o DECISIONES A MEDIO-CORTO PLAZO o DECISIONES TÁCTICAS Y OPERATIVAS.

Una alternativa para salvar este ligero conflicto terminológico es la que han adoptado algunos autores: nuestro primer grupo de decisiones se conoce bajo la denominación de *Dirección de Operaciones-Aspectos estratégicos*, en lugar de DECISIONES ESTRATÉGICAS; mientras que el segundo grupo adopta el nombre de *Dirección de Operaciones-Aspectos tácticos y operativos*, frente a DECISIONES TÁCTICAS Y OPERATIVAS o, simplemente, DIRECCIÓN DE OPERACIONES.

### **3 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LA ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

#### **3.1 Introducción**

Los sistemas industriales conllevan un acuerdo laboral en el que una serie de personas cooperan para producir bienes de consumo. Hoy en día, el término industria se emplea normalmente para referirse a un gran establecimiento que emplea a muchas personas para la producción en serie de bienes de consumo o industriales. Sin embargo, el sistema industrial existe desde hace mucho tiempo.

Se han descubierto alfarerías en Grecia y Roma. En varias zonas del Imperio romano las fábricas producían cristalería, artículos de bronce y otros productos similares, elaborados tanto para la exportación como para el consumo interno. En la edad media, en las ciudades de Antioquía y de Tiro existían grandes fábricas de seda; en Europa, durante la Baja Edad Media se instalaron fábricas textiles en varios países, fundamentalmente en Italia, Flandes (territorio en la actual Bélgica), Francia e Inglaterra.

Durante el Renacimiento los avances científicos, el contacto con el Nuevo Mundo y el desarrollo de nuevas rutas comerciales con el Lejano Oriente estimularon la actividad comercial y la demanda de bienes manufacturados, y de esta forma se promovió la industrialización. En Europa occidental, y concretamente en Inglaterra, durante los siglos XVI y XVII se crearon muchas fábricas para producir bienes tales como papel, armas de fuego, pólvora, hierro colado, vidrio, vestimentas, cerveza y jabón. Aunque en determinados establecimientos se utilizaban grandes máquinas, que funcionaban con sistemas hidráulicos en algunos lugares, los procesos industriales solían utilizar el trabajo como mano de obra y herramientas simples. A diferencia de las modernas fábricas mecanizadas con cadenas de montaje, la mayoría de fábricas eran meramente grandes talleres en los que cada trabajador operaba independientemente. Tampoco eran las fábricas los lugares de producción habituales; aunque algunos trabajadores podían utilizar las herramientas de su patrón y trabajaban en su local, la mayor parte de la producción se llevaba a cabo siguiendo un sistema doméstico, mediante el cual los trabajadores recibían las materias primas, trabajaban en su casa, devolvían los artículos manufacturados y se les pagaba su trabajo.

La división del proceso productivo en diferentes operaciones individuales realizadas por grupos de trabajadores es una de las características de las fábricas modernas, y constituye el punto de partida para la creación de cadenas de producción y de montaje. La principal ventaja de la división del trabajo es la mayor productividad, originada por diversos factores. El más importante se debe al considerable aumento de la eficiencia individual y colectiva a causa de la mayor calificación que permite una mejor especialización; el menor coste de formación de los trabajadores, sobre todo en lo que respecta a la reducción del tiempo; el

ahorro derivado de utilizar de modo continuo la maquinaria, que de otra forma permanecería inutilizada si los trabajadores sustituyeran un proceso de fabricación por otro; y la investigación y fabricación de herramientas productivas más especializadas.

La división del trabajo es una de las características de la producción desde la antigüedad. A medida que la civilización avanzaba se fue estableciendo una división del trabajo que dependía cada vez más de las aptitudes y la vocación de cada empleado. Las variadas actividades económicas eran realizadas por distintos grupos de productores. Con la creación de nuevas herramientas y técnicas productivas se generó una división entre trabajadores agrícolas y artesanos o trabajadores manuales. El crecimiento de las ciudades aceleró la especialización de los artesanos. La división del trabajo aumentó durante la Edad Media debido al desarrollo de los gremios y adquirió mayor importancia durante la Baja Edad Media debido al aumento de la producción de bienes de consumo. La Revolución Industrial de finales del siglo XVIII y principios del XIX dio lugar al moderno sistema industrial de la producción, que ha fortalecido todavía más el incremento de la división del trabajo. Esta división ha creado múltiples y complejos problemas técnicos, organizativos y de personal. Para poder resolverlos se han desarrollado técnicas de gestión industrial específicas y sofisticadas.

Pensamos que la incorporación de los avances científicos y tecnológicos en los sistemas productivos y logísticos propicia el desarrollo de nuevos métodos, técnicas y teorías en la Organización Industrial. En ocasiones, un conjunto de circunstancias puede dar lugar a la creación, sin ser producto de la aplicación de un método racional y sistemático de diseño, de un nuevo tipo de sistema industrial para el que no se haya desarrollado la mejor forma de organizar el trabajo que genera. También pensamos, obviamente, que la aplicación de métodos, técnicas y teorías propias de la Organización Industrial son fundamentales para el diseño, gobierno y control de sistemas industriales.

Existe, para nosotros, por tanto, una estrecha relación en las evoluciones de los dos componentes que, a nuestro entender, constituyen la Ingeniería Industrial enfocada a la Producción: un componente material, constituido por los factores de la producción y los productos; y un componente conceptual que alberga las ideas, prácticas, métodos y técnicas del bien organizar.

Por otra parte, cuando exploramos en la historia de la materia objeto de estudio, observamos que, en muchas ocasiones, las prácticas, basadas en la experiencia y la tradición, preceden a los principios generales propios de una teoría.

Los párrafos que inmediatamente siguen a esta introducción están dedicados a reseñar las grandes aportaciones que, a partir de los albores de nuestra Edad Moderna y de la mano de clérigos, artistas, militares, técnicos, científicos, empresarios, directivos y un largo etcétera

de profesionales, han nutrido los conocimientos de la Organización de la Producción y, por tanto, de la Organización Industrial.

Nuestro propósito es ofrecer una aproximación al concepto de *Organización Industrial* a partir de una visión histórica de una de sus partes más importantes: la *Organización de la Producción*.

*“Los grandes descubrimientos y perfeccionamientos implicaron siempre la cooperación de muchas mentes. Se me puede atribuir el mérito de haber encontrado una pista, pero cuando contemplo los desarrollos ulteriores, siento que el mérito es más de otros que mío.”*

[Alexander Graham BELL (1847-1922)]

*“Construiré un automóvil para la gran masa, a tan bajo precio que nadie se vea impedido de poseer uno, y de disfrutar con su familia de la bendición de los grandes espacios abiertos”*

[Henry FORD (1863-1947)]

### 3.2 Una visión histórica de la Organización de la Producción

En línea con la idea de que las prácticas, basadas en la experiencia y la tradición, preceden a los principios generales propios de una teoría, nos remontamos a 1494, año en el que se publica en Venecia la obra de Fray LUCA PACIOLI (1445-1517), titulada *"Summa de Arithmetica, Geometria e Proportionalita"*, dedicada en exclusiva a GUIDO UBALDO DA MONTEFELTRO, Duque de Urbino, su mecenas. Contiene en su seno el tratado de *"De Computis et Scripturis"*, que es considerado como la primera exposición impresa de la Contabilidad por Partida Doble. En este capítulo explica PACIOLI la forma de llevar las cuentas en las repúblicas italianas de aquella época. Pero esta explicación no la hacía Fray LUCA con grandes pretensiones científicas, sino, por el contrario, con el propósito inmediato de que los administradores de su mecenas registrasen correctamente todo lo que afectaba a la hacienda del noble.

A LUCA PACIOLI no le corresponde, pues, la paternidad de la contabilidad por partida doble, paternidad que el nunca reclamó, por otra parte; todo lo contrario, pues en su tratado especifica claramente que va a limitarse a explicar el método que usan los comerciantes para registrar sus anotaciones, exponiendo a estos efectos el *"método de Venecia, que es ciertamente el más recomendable de todos y que puede servir de orientación en todos los demás casos."* Lo que si le corresponde a PACIOLI es el mérito de haber publicado en forma impresa el primer trabajo sobre el tema. Sabemos ahora que la contabilidad por partida doble era conocida por los mercaderes italianos desde hacía por lo menos un par de siglos.

Casi al mismo tiempo, en la misma Venecia, nos encontramos con uno de los primeros ejemplos ilustrados de una línea de producción y montaje: el Arsenal de Venecia. Un observador de la época describe<sup>16</sup>:

*"Al pasar la puerta se ve una larga calle a cada lado, con el mar en medio y hay ventanas en las casas del arsenal, en cada lado de la calle, y ví una galera que entró a remolque, y desde las ventanas le pasaban, los cabos de una, de otra el pan, de otra las armas, y de otras las municiones y morteros, y así, de ambos lados, se le pasaba todo lo necesario, y cuando la galera llegaba al fin de esta calle, todos los hombres requeridos estaban a bordo, junto con el complemento de remos, y esta quedaba equipada de punta a punta. De esta manera, diez galeras, completamente armadas, salían entre las tres y las nueve horas".*

Este sistema productivo ocupó a más de 1000 trabajadores y su complejidad organizativa puede desprenderse de la diversidad de las operaciones que allí se llevaban a cabo: por un lado se realizaban operaciones de transformación física o producción ya que el Arsenal fabricaba armas y equipos, incluido el montaje o alistamiento; y, por otra parte, operaciones de localización y servicios, ya que la instalación operaba como almacén de los elementos que fabricaba y reparaba. En el Arsenal existían divisiones funcionales del trabajo y, muy probablemente, se utilizaba algún método de planificación y programación de la producción sostenido por un proceso de fabricación bien definido.

En cualquier caso, El Arsenal de Venecia no surge "de la noche a la mañana": fue hacia el año 1100 cuando el DUX FALIERO ordena su asentamiento, propiciando, así, una revolución en la organización de la construcción naval (en principio destinada a buques de combate y galeras de mercado en masa). El Arsenal, como casi todo sistema productivo industrial complejo, pasaría por procesos de mejora continua y reingeniería: Vecchio (1100-1300), Nuovo (1300-1400) y Novissimo (1473-1573); de hecho, la frenética actividad del Arsenal, en su renacer como Arsenal Nuovo a principios del siglo XIV, fue descrita con particular ingenio por un poeta florentino<sup>17</sup>:

*"Así de puente en puente, conversando de lo que mi Comedia no se ocupa, subimos, y al llegar hasta la cima nos paramos a ver la otra hondonada de Malasbolsas y otros llantos vanos; y la ví tenebrosamente oscura.*

*»Como en los arsenales de Venecia bulle pez pegajosa en el invierno al reparar sus leños averiados, que navegar no pueden; y a la vez quien hace un nuevo leño, y quien embrea los costados a aquel que hizo más rutas; quien remacha la popa y quien la proa; hacen otros los remos y otros cuerdas; quien repara mesanas y trinquetas; así, sin fuego, por divinas artes, bullía abajo una espesa resina, que la orilla impregnaba en todos lados."*

A LUCA PACIOLI y a NICOLÁS DE CUSA (1401-1464) debe precisamente LEONARDO DA VINCI (1452-1519) sus conocimientos matemáticos.

<sup>16</sup> Albers, Henry H. (1968) *Principios de administración y Dirección*. ED. LIMUSA, México.

<sup>17</sup> Dante Alighieri (1265-1321). Canto XXI - El Infierno (1304-1308). *La Divina Comedia*



Autodidacta en todos los saberes, LEONARDO es un práctico que se forma en un taller, la escuela de ANDREA VERROCCHIO (1435-1488), donde se aprende pintura, fundición, talla, planimetría, apertura de canales y obras públicas y arquitectura, cuyo aprendizaje y práctica implicaban la posesión de un voluminoso conocimiento científico y matemático. Por ello las aportaciones y las soluciones de Leonardo no son teóricas; su geometría es la propia de un mecánico y su ciencia está orientada a la acción. No es aventurado atribuir a LEONARDO los primeros desarrollos de los estudios de métodos y de movimientos. LEONARDO se consideró siempre más ingeniero que artista: algunos de sus diseños industriales<sup>18</sup> son extraordinariamente modernos.

También en el terreno técnico, BLAISE PASCAL (1623-1662) en 1642, a los 18 años, inventó la primera máquina sumadora mecánica, con el propósito de ayudar a su padre, ETIENNE PASCAL, nombrado fiscal en Normandía. Posteriormente, sus estudios de geometría, hidrodinámica y de las presiones hidrostática y atmosférica, le condujeron a inventar la jeringa y la prensa hidráulica, y a perfeccionar el barómetro de TORRICELLI.

Las primeras mediciones sobre la fuerza humana se realizaron en el siglo XVII por GUILLAUME AMONTONS (1663-1705). AMONTONS fue, ante todo, un físico experimental y constructor de instrumentos. Inventó y desarrolló diversos barómetros e higrómetros, un termómetro aerobio y un telégrafo óptico, una bomba rotativa y una máquina motriz de aire caliente.

Los primeros estudios de tiempos registrados se deben a VAUBAN (1633-1707), ingeniero militar que participó en la mayoría de la campañas de Louis XIV. Gobernador de Lille en 1668, determinó, por diversas experiencias, el trabajo que podía hacer un hombre en su jornada en operaciones de explanación.

PHILIPPE DE LA HIRE (1640-1719), geómetra<sup>19</sup>, realizaba, por esa misma época, experiencias para medir el esfuerzo medio de los peones y obreros empleados en la construcción de fortificaciones, y demostraba que el trabajo que se les imponía correspondía a un esfuerzo excesivo.

En la Enciclopedia de DIDEROT (1713-1784), se encuentra el artículo "Alfiler"<sup>20</sup> de ALEXANDRE DELEYRE (1726-1797), un profesional independiente al que DIDEROT encarga la observación directa y la descripción del proceso de fabricación de alfileres en un taller de Laigle<sup>21</sup> en Normandía. Desde 1756, DIDEROT mantenía una estrecha relación

<sup>18</sup> Hacia el año 1497 LEONARDO diseñó una máquina para cortar los hilos restantes en el tejido recién hilado. Era un trabajo tedioso y largo que el artista pretendía automatizar con una mentalidad abiertamente moderna (por no decir, orientada hacia el esfuerzo justo y necesario), puesto que aún no estaba arraigada la idea de industrialización del trabajo, con los presupuestos de ahorro de material, energía y operarios humanos.

<sup>19</sup> DE LA HIRE es, además, uno de los precursores de las lentes de contacto: sugirió utilizar un vidrio cóncavo sobre el globo ocular: la curvatura interna del vidrio debería ser igual a la curvatura de la córnea.

<sup>20</sup> Deleyre, A. (1755) "Epingle" en *Encyclopédie de Diderot*, Tomo 5, pp. 803 à 807. Cita de Peaucelle, J. L. (1999).

<sup>21</sup> Kafker F. A. (1996) *The Encyclopedists as a group : a collective biography of the authors of the «Encyclopédie»*, The Voltaire Foundation, Oxford. Cita de Peaucelle, J. L. (1999).

con JEAN RODOLPHE PERRONET (1708-1794), director y fundador de *l'École des Ponts et Chaussées*, que conocía bien las fábricas de alfileres: ya en 1740, PERRONET, había redactado una memoria sobre este tema<sup>22</sup> que, al parecer, fue entregada a DIDEROT en 1760 y publicada<sup>23</sup> en 1765. Estos escritos pueden considerarse como los primeros<sup>24</sup> que hablan de la División del Trabajo, en su forma moderna, tanto en sus aspectos de Estudio del Trabajo como de Costes de Producción. El artículo de PERRONET ofrece un interés mucho más considerable que el de DELEYRE: da los salarios y los ritmos de trabajo de todos los obreros en cada etapa y deduce el precio de coste y el margen comercial, según el modelo de alfiler. La fabricación de alfileres como ejemplo ilustrativo del concepto división del trabajo fue también recogido por ADAM SMITH:

*“Pongamos el ejemplo en una manufactura de pura bagatela fábrica de alfileres: un operario de éstos [. . . ] apenas podría acabar, aunque aplicase toda su industria, un alfiler al día, o por lo menos es cierto que no podría hacer veinte. Pero en el estado que hoy día se halla este oficio no sólo es un artefacto particular la obra entera o total de un alfiler, sino que incluye un cierto número de ramos, de los cuales cada uno constituye un oficio distinto y peculiar. Uno tira el metal o alambre, otro lo endereza, otro lo corta, el cuarto lo afila, el quinto lo prepara para ponerle la cabeza; y el formar ésta requiere dos o tres distintas operaciones; el colocarla es otra operación particular; es distinto oficio el blanquear todo el alfiler; y muy diferente, también, el de colocarlos ordenadamente en los papeles. Con que el importante negocio de hacer un alfiler viene a dividirse en diez y ocho o más operaciones distintas, las cuales en unas cosas se forjan por distintas manos y en otras una mano sola forja tres o cuatro diferentes. He visto un laboratorio de esta especie en que sólo había empleados diez hombres, de los que cada uno, por consiguiente, ejercía dos o tres distintas operaciones de ellas. Pero aunque eran muy pobres, y muy mal provistos de las máquinas necesarias, cuando se esforzaban a trabajar hacían cerca de doce libras de alfileres al día. En cada libra habría más de cuatro mil de mediana magnitud y, por consiguiente, estas diez personas podían hacer cada día más de cuarenta y ocho mil alfileres, cuya cantidad partida entre diez tocaría a cada uno hacer al día cuatro mil ochocientos.”*

ADAM SMITH (1723-1790) en su obra *Investigación sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones*<sup>25</sup>, publicada en 1776, indicó tres ventajas, desde el punto de vista económico, que resultan de la división del trabajo: (1) desarrollo en el obrero de gran habilidad cuando realiza repetidamente la misma tarea, (2) ahorro de tiempo al pasar de una actividad a otra (en caso de polivalencia) y (3) la innovación de máquinas y herramientas que facilitan el trabajo especializado:

<sup>22</sup> Perronet J. R. (1740) “Description de la façon dont on fait les épingles à Laigle, en Normandie”, manuscrit in-4°. Cita de Peaucelle, J. L. (1999).

<sup>23</sup> Perronet J. R. (1765) “Epinglier”, en *Encyclopédie de Diderot*, recueil des planches, troisième livraison, pages 1 à 8, plus trois planches. Cita de Peaucelle, J. L. (1999).

<sup>24</sup> Peaucelle, J. L. (1999) “Le coût de revient des épingles en Normandie au 18° Siècle”, IAE de Paris - GREGOR - cahier de recherche 1999.04: Un interesante escrito que narra los orígenes de la fabricación de alfileres en masa en la población de Laigle, en el norte de Francia; el autor relaciona los trabajos de Perronet y Deleyre como encargos de Diderot, para su Enciclopedia, con los de Smith.

<sup>25</sup> Smith A. (1776) *Inquiry into the nature and causes of the Wealth of Nations*, London. En Marzo de 1776 se publicó finalmente *La Riqueza de las Naciones*. La obra tuvo un éxito inmediato y duradero: la primera edición se agotó en seis meses, y durante la vida de Smith se publicaron cinco ediciones (1776, 1778, 1784, 1786, y 1789). Además, en cuestión de tres décadas se había traducido a por lo menos seis idiomas extranjeros: danés (1779-80), tres versiones francesas (1781, 1790, y 1802), alemán (1776-78), italiano (1780), español (1794) y ruso (1802-06).

*“[Primero] de la mayor destreza de cada obrero en particular, segundo, del ahorro e tiempo que comúnmente se pierde al pasar de una ocupación a otra, y por último, de la invención de un gran número de máquinas, que facilitan y abrevian el trabajo, capacitando a un hombre para hacer la labor de muchos.”*

Estas conclusiones no fueron fruto de la especulación, sino de la observación de lo que estaba ocurriendo en las emergentes fábricas formadas por la agrupación de obreros trabajando cooperativamente: la práctica estaba precediendo a la teoría.

SMITH, también, se dio cuenta de que la división del trabajo era una de las bases para propiciar la automatización, no obstante, alertaba sobre las consecuencias de una excesiva división del trabajo:

*“En los progresos que realiza la división del trabajo, la ocupación de la inmensa mayoría de los que viven del trabajo, es decir, de la masa del pueblo, se limita a un reducidísimo número de operaciones simples, casi siempre una o dos. Ahora bien, la inteligencia de la mayoría de los hombres se conforma casi siempre a través de sus ocupaciones ordinarias. Un hombre que se pasase toda la vida realizando un pequeño número de operaciones simples, cuyos efectos quizá también sean los mismos o muy similares, no tendrá ocasión de desarrollar su inteligencia, ni de ejercitar su imaginación en busca de recursos para superar dificultades que nunca se presentarán; perderá pues naturalmente el hábito de mostrar o ejercer estas facultades, convirtiéndose por lo general en un individuo tan estúpido e ignorante como puede llegar a serlo una criatura humana.”*

Una figura destacable, por sus aportaciones a todas las ramas de la Ingeniería Industrial, incluida la Organización, es CHARLES AGUSTÍN COULOMB (1736-1806). Natural de Angoulême, sigue en su adolescencia los cursos del *Collège Mazarin* y del *Collège de France*, en París, con el propósito de estudiar matemáticas. En 1757 es nombrado miembro adjunto de la *Société des Sciences* de Montpellier, ciudad a la que se había trasladado con su padre: Henry Coulomb<sup>26</sup>. En febrero de 1760 es admitido en *l'École du Génie* de Mézières, de la que sale en noviembre de 1761 con el grado de “*lieutenant en premier*” del cuerpo de ingenieros, desarrollando, entre 1764 y 1772, su primer trabajo importante en este campo con la construcción, en la Martinica, del fuerte Bourbon que debía proteger la isla de la flota inglesa. Tras su vuelta a Francia, en precario estado de salud que le afecta el resto de su vida, sirve sucesivamente, entre 1773 y 1781, en Bouchain, Cherbourg, Besançon, Rochefort y Lille. En 1773 es admitido<sup>27</sup> en *l'Académie des Sciences* (más tarde, *Institut de France*). Entre 1773 y 1806, lee 32 memorias científicas –obteniendo el primer premio en dos ocasiones<sup>28</sup>– entre las que destacan sus famosas 7 sobre electricidad y magnetismo (1785 a 1791). En julio de 1784 ocupa el puesto hereditario de *Intendente des Eaux et Fontaines*, responsabilizándose del control y

<sup>26</sup> Militar de profesión y, posteriormente, Inspector de los *Domaines du Roi*. retorna a Montpellier (ciudad en la que la familia Coulomb había desempeñado un papel importante) tras una serie de reveses financieros.

<sup>27</sup> Memoria de admisión: *Sur une application des règles de maximis et de minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture*.

<sup>28</sup> En 1777, por *Recherches sur la meilleure manière de fabriquer les aiguilles aimantées*; y en 1781 por la memoria *Théorie des machines simples: en ayant égard au frottement de leurs parties et à la raideur des cordages*.

la administración de acueductos, bombas, fuentes y conducciones de agua de los ámbitos reales; y a partir de 1802 desempeña un papel importante en la instauración del sistema de enseñanza francés al ocupar el cargo, hasta su muerte, de Inspector General de *l'Instruction publique*, quizás uno de los orígenes de la enseñanza superior, pública, civil y laica.

El 24 de febrero de 1798, COULOMB leía en *l'Institut* su memoria "*Sur la force des hommes, ou les quantités d'action qu'ils peuvent fournir*"<sup>29</sup>, en la que introduce y emplea los conceptos de eficiencia y rendimiento en el trabajo<sup>30</sup> que pueden interpretarse como aportaciones formalizadas a la Ergonomía y al Estudio del Trabajo un siglo antes que TAYLOR. En este terreno, los estudios anteriores a los de COULOMB sobre el concepto de productividad de hombres y animales daban resultados exagerados a causa de la brevedad del tiempo empleado en los experimentos. COULOMB, más realista, estudia distintos parámetros asociados al trabajo y establece la distinción entre el rendimiento útil (de las máquinas) y el rendimiento de las "máquinas vivas" ligado a la fatiga. Observa también la influencia beneficiosa sobre el rendimiento global de frecuentes períodos de descanso en algunos trabajos. Fija la duración máxima deseable del trabajo diario entre 7 y 8 horas (algo insólito para la época), cuando se requiere esfuerzo físico, y en 10 horas para los restantes. Proporciona el primer estudio formal de los aspectos prácticos de la asignación del trabajo.

ELI WHITNEY (1765-1825), a finales del siglo XVIII, introducía aspectos que serían de suma importancia para la producción industrial en masa. En una visita a una plantación de algodón en Georgia en el año 1792, WHITNEY comprendió lo necesaria que resultaba una máquina que separase la fibra de algodón de la semilla; en pocas semanas, inventa la *cotton gin* (desmotadora de algodón), ingenio consistente en una tolva que dirigía las cápsulas de algodón a una rejilla atravesada por los ganchos de alambre de un cilindro giratorio; los ganchos tiraban del algodón a través de la rejilla, mientras que ésta impedía que pasasen las semillas; junto a la rejilla, un cepillo giratorio recogía el algodón. A partir de aquel momento, una persona con una desmotadora podía multiplicar, por un factor superior a 100, su capacidad de producción diaria<sup>31</sup>.

*"Antes de que Eli Whitney, en 1793, inventara la cotton gin (desmotadora de algodón), separar de las semillas 1 libra de algodón insumía, término medio, una jornada laboral. Merced a ese invento una negra pudo desmotar 100 libras de algodón por día, y desde entonces la eficacia de la gin ha aumentado considerablemente. Una libra de fibra de algodón, producida antes a 50 cents (centavos de dólar), más tarde se vendía, con un beneficio mayor esto es, incluyendo más trabajo impago a 10 cents."*

<sup>29</sup> En una nueva edición (Bachelier, Paris, 1821) de *Théorie des machines simples*, se adjuntan otras 5 memorias de Coulomb: (1) *Sur le frottement de la pointe des pivots*, (2) *Sur la force de torsion et sur l'élasticité des fils de metal*, (3) *sur la force des hommes, ou les quantités d'action qu'ils peuvent fournir*, (4) *Sur l'effet des moulins à vent et la figure de leurs ailes*, y (5) *Sur les murs de revêtemens et l'équilibre des voûtes*.

<sup>30</sup> Estudia las condiciones de trabajo del campesino y hace destacar que a veces éste introduce demasiado la azada en el suelo y la levanta demasiado alta cuando está cargada de tierra, realizando así, un esfuerzo inútil.

<sup>31</sup> Marx, K. (1867) *El Capital*, Tomo I: "El Proceso de Producción del Capital", cap. 13, "Maquinaria y gran industria".

En 1798, WHITNEY escribe<sup>32</sup> a Oliver Wolcott, Secretario del Tesoro de los EEUU:

*"Me gustaría emprender la manufactura de 10 a 15000 armas portátiles. Estoy persuadido que las máquinas movidas por vapor, adaptadas a los negocios deberían disminuir grandemente el trabajo y facilitar grandemente la manufactura de estos artículos..."*

Seguidamente explica el concepto de partes intercambiables; concepto que hoy en día resulta habitual, pero entonces la producción estaba en manos de artesanos. Cada parte de un conjunto era ajustada al conjunto, como si fuera un traje hecho "a medida", resultando muy difícil que el componente de un conjunto funcionase correctamente y sin ajustes en otro conjunto. La *intercambiabilidad* no sólo cumple un fin funcional, sino que hace posible la estandarización o normalización de los componentes en el proceso productivo, propiciando la coordinación del trabajo de los operarios y la racionalización del trabajo.

En 1800, JOSEPH MARIE JACQUARD<sup>33</sup> (1752-1834) obtiene la patente de una máquina destinada a cambiar el trabajo de los tejedores en los telares; este primer telar, presentado en *l'Exposition des produits de l'industrie*, no funciona de forma correcta y abandona los trabajos sobre su patente. En 1803, se traslada a París donde tiene la oportunidad de conocer los trabajos sobre el telar automático de JACQUES DE VAUCANSON<sup>34</sup> (1709-1782). Basándose en estos trabajos, JACQUARD se dedica, a partir de 1804, con el apoyo de varios fabricantes, a la construcción de un telar automático con una importante aportación: implementa un sistema automático con el fin de poder tejer piezas de dibujo complicado; el dispositivo se gobierna mediante un paquete de tarjetas de cartón perforadas<sup>35</sup>.

En 1829, FRANCOIS MARIE CHARLES FOURIER (1772–1837), en *[Le] nouveau monde industriel et sociétaire ou Invention du procede d'industrie attrayante et naturelle*, proponía<sup>36</sup> efectuar la división del trabajo según las disposiciones naturales del hombre, fomentando la necesidad de mudanza y el espíritu de asociación; en su propuesta, los trabajadores se debían distribuir en equipos homogéneos, hecho que debía favorecer el aumento del rendimiento en el trabajo.

<sup>32</sup> Whitney, solicitó un contrato oficial para acometer la fabricación de diez a quince mil equipos de armamento, constituido cada uno por un mosquete, una bayoneta, una baqueta, sacatrapos y un destornillador. Whitney ofreció también fabricar cajas de cartuchos, pistolas y otros artículos, empleando "máquinas para forjar, torneear, revestir, perforar, vaciar, pulir, etc."

<sup>33</sup> Nacido en Lyon, en una familia de tejedores, su padre, maestro fabricante, es propietario de tres talleres de producción de telas y sedas.

<sup>34</sup> Nacido en Grenoble, Ingeniero mecánico e inspector de manufacturas de seda bajo el reinado de Louis XV. En 1748 propone la construcción de un telar automático.

<sup>35</sup> Las tarjetas se cambian accionando un pedal y activan un mecanismo de cuerdas y platinas que elevan, de forma alternativa, un número diferente de hilos de urdimbre para la colocación de los hilos de la trama. Hasta 1807, año en que se consolida el telar automático de Jacquard, se empleaba un procedimiento manual cada vez que quería cambiarse el dibujo del tejido. En 1812, se habían vendido en Francia 11000 unidades del telar automático de Jacquard, y más de 1000 en el resto de Europa.

<sup>36</sup> Fourier imagina una sociedad cooperativa constituida por comunidades de unas 1800 personas, reunidas en *falansterios* bajo un régimen global de vida y de trabajo compartido, y en la que dice que el producto del trabajo debe asegurar la existencia digna de los miembros de la comunidad, y el beneficio restante repartirse equitativamente entre tres factores: el trabajo, el capital y el talento. *Livret d'annonce*.

*“Este será el resultado del método societario natural: en Francia, en el primer año de régimen societario, el producto anual, evaluando en 60 mil millones aumentaría hasta 240 mil millones; en los demás estados se daría la misma proporción.*

*[...] Antes he hecho observar que, si el pueblo civilizado disfrutase de una abundancia mínima, de una garantía de sustento y de mantenimiento decentes, se entregaría al ocio, porque la industria civilizada es muy repugnante en efecto. Será, por ende, necesario hacer que, en el régimen societario, el trabajo sea tan atractivo como atractivos son hoy nuestros banquetes y nuestros espectáculos. En tal caso, el reembolso del mínimo anticipado estará garantizado por la atracción industrial o la pasión del pueblo por los trabajos muy placenteros y muy rentable: pasión que podrá ser sostenida solamente cuando se disponga de un método de reparto equitativo, que proporcione a todo individuo, hombre, mujer o niño tres dividendos concedidos a sus tres facultades industriales, capital, trabajo y talento; dividendos éstos susceptibles de satisfacerlo completamente.”*

En la breve obra *“L'organisation du travail”*<sup>37</sup>, publicada en París (1840) en *Revue du Progrès*<sup>38</sup>, LOUIS BLANC (1811-1882) denuncia los abusos que pueden darse en una industria sometida al régimen “du laissez faire et du laissez passer”.

*“[...] Mais nous avons pour but avoué de miner la concurrence, de soustraire l'industrie au régime du laissez faire et du laissez passer? Sans doute; et, loin de nous en défendre, nous le proclamons à voix haute. Pourquoi ? Parce que nous voulons la liberté. [...] La liberté de l'état sauvage n'était, en fait, qu'une abominable oppression, parce qu'elle se combinait avec l'inégalité des forces, parce qu'elle faisait de l'homme faible la victime de l'homme vigoureux et de l'homme impotent la proie de l'homme agile.”*

Años más tarde, en *“Le Droit au travail”* (1848), una ampliación del folletón anterior, BLANC formula su principio “de cada uno según sus habilidades; a cada uno según sus necesidades”.

Muchos de nosotros consideramos a CHARLES BABBAGE (1792-1871) como el precursor de las ciencias informáticas; tanto por establecer los conceptos teóricos en que se basa actualmente la arquitectura de computadores, como por diseñar sus máquinas diferencial y analítica<sup>39</sup>, auténticas pioneras de las calculadoras digitales, pese a basarse en principios puramente mecánicos, lo que constituye todo un alarde de ingeniería.

En 1832 se edita *On the Economy of Machinery and Manufactures*<sup>40</sup>; su prefacio, fechado el 8 de junio de 1832, nos descubre a un BABBAGE que pretende aplicar los principios de sus investigaciones científicas a la organización de talleres y fábricas.

<sup>37</sup> Bibliothèque nationale de France.

<sup>38</sup> *Revue du Progrès* fue fundada en 1839 por Blanc.

<sup>39</sup> En 1822 había construido una máquina para trabajar con números de 6 cifras y capaz de evaluar funciones con segunda diferencia constante; escribe a Sir Humphrey Davy, presidente de la Royal Society, describiendo su máquina como “capaz de producir cifras a razón de 44 por minuto y capaz de realizar con rapidez y precisión todos los cálculos para los que fue diseñada”. En 1823 le concedieron 1500 libras (añade entre 3000 y 5000) para construir una máquina más potente en 2 o 3 años. Después de más de 10 años de trabajo con serios problemas de financiación, Babbage abandona el proyecto de la *Difference Engine*. Hacia 1834, Babbage había desarrollado la teoría y los principios de la *Analytical Engine*, y a su construcción, también sin éxito, se dedicó desde 1835 hasta 1848.

<sup>40</sup> Babbage, Ch. (1832) *On the Economy of Machinery and Manufactures*, Charles Knight, London. La 4ª edición (1835) fue traducida al francés, alemán, italiano, español, ruso y sueco.

*"El presente volumen puede considerarse como una de las consecuencias de los resultados derivados de la máquina calculadora, la construcción de la cual me ha llevado un intenso esfuerzo intelectual. Habiendo sido inducido durante los últimos diez años a visitar un número considerable de talleres y fábricas, tanto en Inglaterra como en el continente, con el fin de ponerme al corriente de los varios recursos del arte mecánico, sin darme cuenta me llevó a aplicarles aquellos principios de generalización que mis otras investigaciones habían alcanzado de manera natural"*

En dicha obra, BABBAGE nos recuerda de nuevo alguna de las ventajas que proporciona la división del trabajo, tal como la posibilidad de asignar tareas a los operarios en función de las habilidades de éstos y los requerimientos de aquéllas<sup>41</sup>.

*"Como el trabajo se divide en varias operaciones diferentes, cada una de las cuales requiere grados diversos de destreza y fuerza, el patrón manufacturero puede procurarse la cantidad exacta de fuerza y destreza que es necesaria para cada operación. Si, por el contrario, un obrero tuviera que ejecutar todo el trabajo, el mismo individuo tendría que poseer la destreza suficiente para las operaciones más delicadas y la fuerza bastante para las que requieren más esfuerzo."*

BABBAGE sugiere, también, la posibilidad de conseguir (aunque sea a través de la experiencia) una división y asignación óptimas (minimización de costes) de las tareas; y considera este hecho como una de las causas de la expansión de la industria<sup>42</sup>.

*"Cuando la experiencia, según la naturaleza especial de los productos de cada manufactura, ha dado a conocer cuál es la manera más ventajosa de dividir la fabricación en operaciones parciales, así como el número de obreros necesarios para las mismas, todos los establecimientos que no empleen un múltiplo exacto de ese guarismo producirán a costos más altos [...] Es ésta una de las causas de la colosal expansión experimentada por los establecimientos industriales."*

BABBAGE realizó una serie de propuestas, sin gran repercusión durante su vida, que le avalan como organizador; entre ellas encontramos:

- Analizar los procesos y el coste de producción.
- Utilizar técnicas de estudios de tiempos.
- Utilizar formas impresas estandarizadas para investigación.
- Usar el método comparativo para estudiar prácticas de negocios.
- Estudiar los efectos de los diferentes matices de papel y colores de tinta para Determinar cuál es el que menos fatiga la vista.
- Determinar la mejor manera de hacer preguntas.
- Determinar la demanda a partir de las estadísticas basadas en el ingreso.
- Centralizar los procesos de producción para economizar.
- Iniciar investigación y desarrollo.

<sup>41</sup> Babbage, op. cit., cap. XIX.

<sup>42</sup> Babbage, op. cit., cap. XXI.

- Estudiar la localización de la planta con respecto a la materia prima, considerando si la materia prima ganó o perdió peso en relación con el producto terminado.
- Utilizar un beneficioso sistema de sugerencias.

Probablemente, la Dirección Científica (*Scientific Management*) es una de las escuelas de pensamiento que más influencia directa o indirecta ha tenido en la actuación de las empresas preocupadas por conseguir una adecuada calidad y una elevada productividad.

Se considera a FREDERICK WINSLOW TAYLOR (1856-1915) como el padre de la Administración o Dirección Científica. Nacido en Germantown (Pennsylvania), entró a trabajar de peón, destinado a un torno, en la Midvale Steel en el año 1874. Posteriormente, fue encargado de torneros, maestro mecánico, encargado de mantenimiento e ingeniero jefe.

El trabajo se pagaba a destajo y, al principio, TAYLOR trabajó intensamente y ganó un buen jornal. Los obreros sabían por experiencia que, si se incrementaba la producción, la empresa reducía el pago por pieza fabricada y acababan ganando lo mismo; por ello, habían decidido limitar su producción a una cantidad determinada que nadie debía superar. TAYLOR fue convencido por sus compañeros (posiblemente, a través del diálogo activo) de que no convenía alterar las reglas del juego; reflexionando le pareció que debía existir algún método para evitar que el ritmo de trabajo fuese bajo, como consecuencia de la defensa de la retribución (a destajo).

Encargado de la vigilancia del almacén de utillajes, se sorprendió por la pérdida de tiempo que representaba un afilado defectuoso; consideró que sería mucho más ventajoso para la empresa que los torneros se dedicaran a sus máquinas, y que obreros especializados se cuidaran de afilar los útiles. Fue nombrado jefe de equipo y encargado; cambió el régimen de trabajo, y en tres años dobló el rendimiento del taller. Considerando deficiente su formación, siguió cursos nocturnos y logró el diploma de ingeniero, siendo ascendido a ingeniero jefe de los talleres.

TAYLOR describe<sup>43</sup> detalladamente sus estudios acerca del transporte de hierro en lingotes y de las paladas más convenientes para mover los diversos materiales en la empresa Bethlehem Steel:

*“Encontramos que esta cuadrilla cargaba, en promedio, cerca de 12 toneladas y media de lingotes por hombre y día. Nos sorprendimos al encontrar, después de estudiar el problema, que un operario de primera clase podía trasladar, diariamente, entre 47 y 48 toneladas de lingotes, en lugar de 12 toneladas y media. La diferencia era tan grande que nos vimos obligados a repasar nuestro trabajo varias veces hasta asegurarnos. [...]*

<sup>43</sup> Taylor, F.W. (1911) *The Principles of Scientific Management*, New York: Harper Bros.



*“Para un paleador de primera calidad, existe una palada óptima que le permitirá realizar el máximo trabajo diario. ¿Cuál es esta palada? Un obrero idóneo ¿hará más trabajo por día con paladas de 5, 10, 15, 20, 25, 30 ó 40 libras? He aquí una pregunta a la que sólo puede responderse después de efectuar cuidadosos experimentos. Primeramente, seleccionamos dos o tres paleadores de primera calidad y les pagamos salarios extras para que hiciesen un trabajo leal. Luego hicimos variar gradualmente la carga de cada palada. Durante varias semanas hombres acostumbrados a dirigir experimentos observaron atentamente todas las circunstancias relacionadas con el trabajo y, finalmente, se constató que un obrero de calidad alcanzaría su máximo rendimiento diario efectuando paladas del orden de 21 libras. O sea, que este obrero traspasaría un mayor tonelaje diario con paladas de 21 libras que con paladas de 24 ó de 18 libras. Es evidente que ningún paleador puede cargar siempre con su pala un peso exacto de 21 libras, pero, de todas formas, aunque esta carga puede variar 3 ó 4 libras, más o en menos, de una palada a la otra, su rendimiento diario será máximo cuando la palada media sea de 21 libras.”*

En “*Fundamentals of Scientific Management*” (Primer capítulo de *The Principles of Scientific Management*), TAYLOR muestra su visión sobre la gestión científica:

*“El objeto principal de la gestión es asegurar la prosperidad máxima para el patrón, conjuntamente con la prosperidad máxima para los empleados. “Prosperidad máxima” debe interpretarse en sentido amplio, no sólo significa importantes dividendos para la compañía o dueño, sino también el desarrollo de cada rama del negocio para alcanzar su estado máximo de excelencia, de modo que la prosperidad pueda ser permanente.”*

TAYLOR establece 4 principios para su Administración Científica:

- *Principio de planificación:* evitar en el trabajo el criterio individual del obrero, la improvisación y la actuación empírico-práctica; considerar siempre los métodos basados en procedimientos científicos frutos de reflexión: se debe sustituir la improvisación por la ciencia, mediante la planificación del método.
- *Principio de formación:* seleccionar científicamente a los trabajadores de acuerdo con sus aptitudes, prepararlos y entrenarlos para producir más y mejor, de acuerdo con el método planificado. Además de la preparación de la mano de obra, hay que instruirse también sobre las máquinas y equipos de producción, sobre la distribución física y sobre la disposición de las herramientas y materiales.
- *Principios de control:* controlar el trabajo para certificar que está siendo ejecutado en conformidad con el plan previsto y con las normas establecidas. La gerencia debe cooperar con los empleados para que la ejecución sea lo más fiel posible a lo establecido.
- *Principios de ejecución:* distribuir y diferenciar las atribuciones y las responsabilidades, para que la ejecución del trabajo sea disciplinada.

Algunas propuestas de TAYLOR para su Organización Científica del Trabajo, con relativa vigencia, se pueden resumir así:

- La *separación* entre la concepción (Organización) de las tareas y la ejecución de las mismas. Ya en aquella época era muy difícil realizar ambas cosas a la vez (hoy, algunos planteamientos japoneses vuelven a una cierta unificación de ambas funciones).
- La *especialización* es otra característica ligada a la Organización Científica del Trabajo de TAYLOR (también en este caso, las técnicas japonesas de gestión proponen, hoy en día, modificaciones tendentes a la figura del operario multifunción).
- La *atomización* propiciada por la búsqueda de tareas extremadamente simples.
- La *jerarquización* en varios niveles que, en cierta forma, facilita la coordinación de las tareas compensando la atomización.

La división de las tareas es la consecuencia, al más bajo nivel de ejecución, de la especialización, de la cual resulta la calificación obrera y el establecimiento de los tiempos elementales para el trabajo, que refuerza el sistema productivo e individualizan (no personalizan) al obrero productivo.

Para TAYLOR, la Organización Científica del Trabajo se caracteriza por el desarrollo de los siguientes elementos:

- la medida,
- la racionalización,
- un esfuerzo en el ahorro de materiales,
- la reducción de stocks,
- la simplificación de circuitos,
- la especificación de los tiempos y tareas,
- el estudio riguroso de tiempos y tareas,
- del trabajo en serie, y
- de la fabricación en cadenas de montaje.

Otros principios que aparecen implícitamente y de forma dispersa en la obra de TAYLOR se resumen a continuación:

- Estudiar el trabajo de los obreros, descomponerlo en sus movimientos elementales y cronometrarlo para, después de un análisis cuidadoso, eliminar o reducir los movimientos inútiles y perfeccionar y racionalizar los útiles.
- Estudiar cada trabajo antes de fijar el modo de realizarlo.
- Seleccionar científicamente a los trabajadores de acuerdo con las tareas que les serán asignadas.

- Dar a los obreros instrucciones técnicas sobre el modo de trabajar: entrenarlos adecuadamente.
- Separar las funciones de planificación de las de ejecución, dando atribuciones precisas y delimitadas.
- Especializar y entrenar a los trabajadores, tanto en la preparación y control del trabajo como en su ejecución.
- Planificar la producción y establecer premios e incentivos para alcanzar los estándares establecidos, así como otros premios e incentivos mayores para superar los estándares.
- Estandarizar los instrumentos, los materiales, la maquinaria, el equipo, los métodos y los procesos de trabajo que van a utilizarse.
- Dividir proporcionalmente entre la empresa, los accionistas, los trabajadores y los consumidores las ventajas que resulten del aumento de producción proporcionado por la racionalización.
- Controlar la ejecución del trabajo para mantenerla en los niveles deseados, perfeccionarla, corregirla y premiarla.
- Clasificar de forma práctica y simple los equipos, procesos y materiales que se emplean o producen, de forma que sea fácil su manejo y uso.

Es digna de mención la constitución por TAYLOR de un equipo de trabajo integrado por hombres de tendencia y formación distintas, pero todos ellos de gran trascendencia y prestigio posterior, como WHITE, GANTT, BARTH, entre otros.

Un discípulo de TAYLOR, HENRY LAURENCE GANTT (1861-1919) hizo diversas aportaciones al estudio de métodos y tiempos y al cálculo de incentivos; no obstante, la aportación por la que se le recuerda principalmente es por su gráfico o diagrama de barras con el que queda patente que un proceso consiste en una sucesión de operaciones. Su forma de entender la gestión, se refleja en su afirmación:

*"las diferencias esenciales entre los mejores sistemas del día de hoy y los del pasado radican en la forma en que las tareas son programadas y la forma en la cual su ejecución es recompensada "*

Siguiendo las ideas TAYLOR, GANTT trató de mejorar los sistemas o las organizaciones mediante innovaciones en la programación de las tareas y compensaciones o premios.

El Estudio de Movimientos, tal como lo entendemos actualmente, fue iniciado por el matrimonio GILBRETH (1904): FRANK BUNKER GILBRETH (1868-1924) y LILLIAN EVELYN MOLLER (1878-1972). Su aportación se relaciona con Organización Científica del Trabajo, pero se puede considerar en cierta manera independiente. Las aportaciones de los GILBRETH a la organización industrial fueron numerosas e importantes, aunque la

más conocida fue el estudio de los movimientos elementales<sup>44</sup>; definen una lista *micromovimientos* o "therbligs" que permiten describir cualquier proceso de trabajo con gran detalle. La idea fue presentada por primera vez en 1912 en una reunión de la *American Society of Mechanical Engineers*, sentando las bases de los sistemas de tiempos predeterminados.

Los GILBRETH también desarrollaron diagramas para la descripción de procesos parecidos a los que se utilizan actualmente; son sistemas precursores de los de valoración de méritos aplicables a diversos campos: manufactura, construcción, cirugía, armamento. Es importante hacer notar que la conjunción de la formación técnica de FRANK GILBRETH con la de LILLIAN MOLLER, psicóloga, propiciaba el desarrollo de un trabajo en equipo bajo dos enfoques: el humano y el tecnológico que requiere el conocimiento de herramientas, materiales y procesos.

HARRINGTON EMERSON (1853-1931), uno de los principales auxiliares de TAYLOR, desempeña un papel importante en la popularización de la Administración Científica y desarrolla los primeros trabajos sobre selección y entrenamiento de personal. EMERSON considera que la eficiencia es el principal valor en el que la administración de las organizaciones se debe basar. La eficiencia es analizada desde el punto de vista ingenieril: producir con el mínimo gasto de energía; y establece una serie de principios en los cuales debe basarse el trabajo con el objeto de lograr incrementar la eficiencia<sup>45</sup>:

- Trazar un plan bien definido con objetivos claros, de acuerdo con los ideales.
- Establecer el predominio del sentido común.
- Mantener una orientación y supervisión competentes.
- Mantener disciplina.
- Mantener honestidad en los acuerdos: justicia social en el trabajo.
- Mantener registros precisos, inmediatos y adecuados.
- Fijar una remuneración proporcional al trabajo.
- Fijar normas estandarizadas para las condiciones de trabajo.
- Fijar normas estandarizadas para el trabajo.
- Fijar normas estandarizadas para las operaciones.
- Establecer instrucciones precisas.
- Fijar incentivos eficientes para el mayor rendimiento y eficiencia.

<sup>44</sup> A Frank Gilbreth también se le recuerda por el desarrollo de técnicas para el estudio del trabajo relacionadas con la filmación. En sus películas "ciclográficas" colocaba bombillas en puntos estratégicos del trabajador para registrar los movimientos, y en sus películas "cronociclográficas" utilizó bombillas intermitentes para medir la velocidad de los movimientos.

<sup>45</sup> Emerson, H. (1919) *The Twelve Principles Of Efficiency*. The Engineering Magazine Co., New York.

A HENRY FORD (1863-1947) se le recuerda por la invención de la cadena de montaje móvil y por conseguir el primer producto producido según este procedimiento: el Ford T<sup>46</sup>, que alcanzó costes unitarios tales que lo pusieron al alcance de un mercado muy amplio. La cadena de montaje fue posible gracias a la división del trabajo en numerosísimas operaciones elementales:

*“[...] hice clasificar todas las operaciones distintas en la fábrica, según la índole de máquina y del trabajo, teniendo en cuenta si la labor física era fácil, mediana o pesada; era un trabajo en seco o en húmedo, y en caso de ser en húmedo, qué clase de líquido intervenía. Si era limpio o sucio; si se desempeñaba cerca de una estufa de aire; si precisaba el uso de una o ambas manos; si el empleado guardaba posición derecha sentada durante su operación; si se armaba ruido o el trabajo era silencioso; si era trabajo de gran precisión; si la luz era artificial o natural; qué número de piezas se manejaban hora; cuál era el peso del material manejado. Además, los datos exactos sobre el esfuerzo que requería el trabajo por parte del operador. La estadística demostró que entonces contaban en la fábrica 7882 clases distintas de operaciones; entre las cuales 949 estaban clasificadas como trabajo pesado que requería hombres sanos y forzudos en perfecto estado físico; 3338 clases suponían desarrollo físico corriente y fuerza normal. Entre el resto de 3595 clases de trabajo ninguno requería esfuerzo físico, de modo que hubiera podido efectuarlos el hombre más caco y débil. Realmente, varios de ellos los hubieran desempeñado, a ser preciso, mujeres o niños algo crecidos. Los trabajos más fáciles eran clasificados, a su vez, para comprobar cuáles requerían el uso completo de las facultades; se comprobó entonces que 670 trabajos podían confiarse a hombres faltos de ambas piernas; 237 requerían el uso de una sola pierna; en dos casos se podía prescindir de ambos brazos; en 715 casos, de un brazo, y en 10 casos, la operación hubiera podido corresponder a un ciego”*

Haciendo recapitulación sobre la corriente que más ha influido en la Organización de la Producción y el Estudio del Trabajo, pasamos a analizar brevemente los pros y contras del taylorismo. El taylorismo se identifica con la parcelación extrema del trabajo, aunque, por supuesto, hay otros aspectos y matices que lo caracterizan. TAYLOR era lo que ahora se denominaría un ingeniero de organización y su persona jugó un papel clave en lo relativo al diseño de métodos industriales, pero no se trata de una figura aislada; de hecho, las bases de taylorismo fueron establecidas, antes de TAYLOR, por muchos otros teóricos y prácticos:

*“El taylorismo se puede considerar como el resultado de la convergencia entre el desarrollo general del método científico, concretamente, del método cartesiano, y el desarrollo de la división técnica y social del trabajo en los sistemas productivos, [...] Fue, seguramente, CHARLES DE FRÉMINVILLE (1856-1936) el primero en señalar el método cartesiano como una de las fuentes intelectuales del taylorismo [...] No tenemos, sin embargo, ningún indicio de que Taylor fuera consciente de esta deuda intelectual con Descartes”<sup>47</sup>*

Las características destacables del Taylorismo son:

<sup>46</sup> Ford T (1908-1927): La mejora de los procesos de producción en línea supuso una notable reducción de costes. Mientras que las ventas de las primeras unidades (1908) estaban vinculadas a 825\$ la unidad, en 1925 el precio del modelo T, con notables mejoras respecto a sus predecesores, estaba alrededor de los 260\$.

<sup>47</sup> Companys, R.; Corominas, A. (1994) *Organización de la producción I. Diseño de sistemas productivos* 3. Edicions UPC, Barcelona.

- Diseño de los métodos de trabajo por personas diferentes a las que lo ejecutarán.
- Selección y formación de los trabajadores.
- Control de que el trabajo se realice de acuerdo con el método establecido.
- Cronometraje de elementos
- Utilización de sistemas de incentivos basados en este cronometraje.

Como aportaciones concretas de TAYLOR se puede destacar:

- Estudios de tiempos, con los instrumentos y métodos para efectuarlos apropiadamente.
- Supervisión funcional o dividida y su superioridad sobre la supervisión única antigua.
- La estandarización de todas las herramientas e instrumentos utilizados en los oficios y también las acciones o movimientos de los trabajadores para cada clase de trabajo.
- La deseabilidad de un departamento de planificación.
- El uso de reglas de cálculo e instrumentos similares para ahorrar tiempo.
- Tarjetas de instrucción para los trabajadores.
- La idea de tareas en la administración, acompañadas por una alta bonificación por la realización exitosa de la tarea.
- Sistemas mnemotécnicos para clasificar productos manufacturados así como los instrumentos utilizados en la manufactura.
- Un sistema de rutas.
- Sistemas modernos de costes, etc.

Por otro lado, TAYLOR investigó los motivos que influyen en las personas y alcanzó a entender la importancia que suponía la fijación de objetivos. Pero en el planteamiento que el propio TAYLOR realizó de sus teorías, aparecen con claridad algunos de los aspectos que desde sus contemporáneos hasta la actualidad han sido criticados, he aquí una de sus citas<sup>48</sup>:

*“La dirección de obreros consiste esencialmente en la aplicación de tres ideas elementales: en primer lugar, tener delante de ellos un señuelo que los haga trepar; en segundo lugar, hacer restallar el látigo sobre ellos y tocarlos de tanto en tanto con el mismo; en tercer lugar, trabajar codo con codo con ellos, empujar firmemente en la misma dirección y no dejar nunca de instruirlos, ayudarlos y guiarlos. La dirección actual consiste en una combinación de los dos primeros de estos elementos, en donde la prima se revela más eficaz que el látigo, si bien éste se usa en muchas ocasiones. La dirección científica, la dirección del futuro consiste en la aplicación de los*

<sup>48</sup> La cita se recoge de Companys, R.; Corominas, A. (1994) *Organización de la producción I. Diseño de sistemas productivos 3*. Edicions UPC, Barcelona.

*tres elementos a la vez de los que el látigo, sin embargo, quede relegado fuera de la vista.”*

El taylorismo conoció, desde sus inicios, una fuerte oposición por parte de políticos, sociólogos, escritores y sindicalistas (no faltaron razones); su modelo prescinde de la posible satisfacción que las personas puedan obtener por el mero hecho de alcanzar un alto nivel de ejecución en un trabajo complicado<sup>49</sup>.

*“Como puede apreciarse, en este modelo normativo el aspecto de la satisfacción de los trabajadores no juega ningún papel. La hipótesis de Taylor al respecto es que el trabajador estará satisfecho tanto en cuanto tenga una tarea minuciosamente definida y se le pague una elevada remuneración”*

La oposición a la que hacíamos referencia anteriormente era de dos tipos:

- La que discrepa con los propios objetivos del taylorismo a lo que se suma una visión muy distinta a la de esta escuela sobre la dignidad del ser humano y su trabajo.
- La que comparte objetivos con el taylorismo, pero discrepa de los análisis de esta escuela por considerarlos excesivamente simplistas.

Entre los autores críticos a TAYLOR, destaca GEORGE ELTON MAYO (1880-1949) con sus estudios sobre el ambiente social en la empresa. Bajo predominio de las corrientes tayloristas, MAYO, entre otros, plantea una serie de experimentos para ver los efectos de una variación de condiciones físicas sobre el trabajo. El estudio se realizó, de 1927 a 1932, en la factoría Hawthorne, de la Western Electric Co. (firma de ATT) y el resultado sorprendió a los investigadores: la producción aumentó en lugar de bajar, como se había previsto por tener que realizar interrupciones en el trabajo, y perturbar su desarrollo.

La hipótesis elaborada por los investigadores dirigidos por MAYO fue que el rendimiento o output no sería pues mera función de condiciones objetivas de trabajo sino que dependería de elementos subjetivos, trato humano del personal etc; con esta hipótesis se modificó el primer plan de estudio. Así se permitió a las trabajadoras poder manifestar sus opiniones y mantener durante el trabajo contactos interpersonales. El efecto fue una actitud básica más positiva en el personal y una mayor productividad. Los investigadores vieron pronto que carecían del instrumental adecuado para analizar situaciones de ese tipo, aparte de trabajar con un grupo de control y otro sometido a los cambios, sólo poseían instrumentos para medir lo físico: luz, temperatura, etc. Pero no sabían como penetrar en los sentimientos de una persona. Por ello, en la segunda fase prepararon cuestionarios para pasar entrevistas (algo poco frecuente, entonces). Gracias a los experimentos y a su interpretación se llegó a la constatación de un nexo entre las actitudes emocionales del trabajador y su rendimiento, constituyendo esas actitudes

<sup>49</sup> Genescá, E. (1977) Motivación y enriquecimiento del trabajo. Sus repercusiones sobre la productividad. Editorial Hispano Europea, Barcelona.

internas la variable que modificaba el influjo de los elementos materiales sobre las reacciones a la tarea en la persona. La dimensión emocional se vió además vinculada a las relaciones en el grupo "informal".

La pregunta que podemos hacernos es ¿qué resultado hubiera dado el experimento en caso de que las "observadas" hubieran descubierto la existencia del "grupo observador"? Quizás, los investigadores dirigidos por MAYO hubieran acabado descubriendo un principio físico establecido por WERNER HEISENBERG en 1925, con posibles aplicaciones para la conducta humana.

En Francia, GEORGES FRIEDMANN (1902-1977) es un punto de partida, sobre todo a partir de 1959 con la fundación de la revista *Sociologie du Travail*, para la renovación de ideas sobre los beneficios, desde el punto de vista humano, que proporciona el taylorismo. En colaboración con PIERRE NAVILLE (1904-1993), FRIEDMANN cuestiona las ventajas de la estandarización de movimientos y el carácter científico sobre los estudios relativos a la fatiga<sup>50</sup>.

HYACINTHE DUBREUIL (1883-1971) propone otras alternativas para el diseño de métodos de trabajo que no se basen en la parcelación. DUBREUIL defiende el concepto de integración de tareas (opuesto a la división del trabajo), y considera que el trabajo debe satisfacer tres tipos necesidades humanas:

- Las materiales (satisfechas a través de la remuneración)
- Las intelectuales (satisfechas a través de la supresión de trabajos aburridos)
- Las morales (satisfechas a través de un trabajo responsable y solidario).

Para DUBREUIL, la satisfacción de estas necesidades se puede conseguir a través de la creación de equipos autónomos de trabajo (idea abiertamente antitaylorista). Tras las propuestas de Dubreuil es fácil reconocer el principio de subsidiariedad aplicado a la organización de la producción en la empresa; éste consiste en dar a cada persona o grupo los poderes que corresponden a su ámbito de responsabilidad.

RENSIS LIKERT (1903) defiende también la organización por grupos, para solucionar los principales defectos de una organización individual: no incluir en una decisión a todas las personas involucradas; limitar la comunicación entre los miembros de la organización y dar soluciones que responden a puntos de vista parciales. LIKERT establece cuatro tipos de sistemas de dirección:

- Sistema 1: autoritario explotador.
- Sistema 2: autoritario paternalista.

---

<sup>50</sup> Friedmann, G.; Naville, P. (1963) *Tratado de sociología del trabajo*. FCE: Fondo de Cultura Económica. México [Edición francesa: 1961].



- Sistema 3: consultivo.
- Sistema 4: de participación por grupos.

ABRAHAM HAROLD MASLOW (1908-1970) establece en la persona una escala funcional de necesidades<sup>51</sup>, diferenciando, en principio, entre las básicas y las superiores. Las necesidades básicas tienen un carácter instintivo y se ordenan por sí mismas en una jerarquía perfectamente definida según un principio de potencia relativa: la satisfacción de cualquier necesidad permite que otras más débiles que habrían sido desplazadas pasen a primer plano para presentar su motivación: la satisfacción de una necesidad crea otra en un proceso que no conoce fin.

MASLOW distingue cinco grupos de necesidades básicas jerarquizadas funcionalmente, según el principio anteriormente citado, una necesidad de necesidades suscitará una motivación consolidada sólo cuando su nivel inmediato inferior esté saturado, los grupos son:

- Necesidades fisiológicas, asociadas al equilibrio normal y constante del organismo humano.
- Necesidades de seguridad o de preferencia por la pervivencia estable en el mundo.
- Necesidad de posesión y amor, ligadas al deseo del individuo de establecer relaciones afectivas con su entorno humano.
- Necesidades de estima personal o auto-aprecio, reflejo de la evaluación que la persona hace de sí misma con respecto a los otros.
- Necesidad de auto-desarrollo o realización producidas por el impulso del hombre a manifestar sus potencialidades creativas.

Para MASLOW, cuanto más inferior sea la necesidad más individualista y egoísta es el sujeto que persigue satisfacerla, sin embargo, la búsqueda y satisfacción de necesidades superiores requiere el concurso de un grupo social y, por tanto, tienen un carácter cívico y de convivencia deseables.

FREDERICK EDMUND EMERY (1925-1997) entiende la organización del trabajo bajo una perspectiva socio-técnica. Su propuesta se basa en el establecimiento de un conjunto de requisitos para el trabajo desarrollado cuya presencia favorecen el equilibrio psíquico de la persona:

- Necesidad de tener un esquema de trabajo relativamente exigente (pero no en términos físicos) con una variedad de tareas mínima.
- Necesidad de conocer la naturaleza del trabajo efectuado.

---

<sup>51</sup> Maslow, A.H. (1963) *Motivación y personalidad*. Sagitario, Barcelona.

- Necesidad de aprender durante el trabajo.
- Necesidad de poseer un área mínima de decisión e iniciativa.
- Necesidad del reconocimiento social en el seno de la empresa.
- Necesidad de ubicar su trabajo en relación con los objetivos de la empresa.
- Necesidad de sentir que su tarea conduce a un futuro deseable, aunque no necesariamente en términos de promoción.

EMERY define, también, las reglas que, bajo su punto de vista, permiten cubrir dichas necesidades en el marco del diseño de un trabajo:

- Regla\_1: Mezclar las tareas auxiliares con las principales y colocar los trabajos absorbentes junto con otros más descansados.
- Regla\_2: Las diversas tareas de un puesto deben constituir una unidad.
- Regla\_3: El ciclo de trabajo debe tener una duración óptima: ni demasiado breve (embrutece), ni demasiado largo (sin ritmo).
- Regla\_4: Debe existir cierta libertad en la fijación de normas de cantidad y calidad: los obreros deben sentir que ejercen influencia sobre sus normas.
- Regla\_5: Los resultados del trabajo deben ser comunicados a los obreros.
- Regla\_6: Las tareas deben apelar a las facultades (atención, habilidad, conocimientos, etc. ) estimadas por la colectividad que es la empresa.
- Regla\_7: Cuando las tareas no pueden tener las características precedentes, es necesario organizar una rotación de los puestos y reagruparlos de forma tal que configuren una actividad de conjunto en la que la contribución hacia el producto final sea clara, que deje una cierta libertad para la fijación de normas.

FREDERICK IRVING HERZBERG (1923-2000) propugna el enriquecimiento del trabajo analizando los ejes satisfacción / no\_satisfacción, por una parte, e insatisfacción / no\_insatisfacción, por otra. Para HERZBERG, la satisfacción está ligada a los factores intrínsecos al trabajo (logro, reconocimiento, trabajo en sí mismo, posibilidad de promoción, responsabilidad), y la insatisfacción a los extrínsecos (retribución, condiciones de trabajo, equidad). Si los factores extrínsecos no son adecuados, el trabajador estará insatisfecho, pero si están presentes simplemente pasará a estar no\_insatisfecho, sin alcanzar la satisfacción, pues ésta está ligada a la presencia de los factores intrínsecos.

La Teoría Socio-técnica del Trabajo propone que debe realizarse un arbitraje permanente entre los factores humanos, sociales, y las condiciones técnicas, en un entorno dinámico y cambiante. Las relaciones sistemáticas establecidas entre la naturaleza de la operaciones y las características psicológicas del trabajador que las realiza, constituyen un considerable avance en la ciencia del hombre y la mujer en el trabajo. La humanización del trabajo, que no se efectuó teniendo en cuenta las condiciones humanistas, morales o psicológicas,

se plantea en este momento como un imperiosa necesidad frente a las nuevas condiciones económicas.

Las denominadas Nuevas Formas de Organización se basan en un modelo reformado del hombre y la mujer en el trabajo. Entre las características de estas nuevas formas, se encuentran:

- Lazos existentes entre la naturaleza de la persona y su trabajo. Existe una relación de causalidad entre el desarrollo de la persona, y el de su trabajo.
- Revalorizar la organización espontánea, garantizando una mejor adaptación del trabajo a la persona, y de éste al trabajo.
- La segmentación de los roles por la división del trabajo y la especialización en exceso no respeta el carácter global de la personalidad, valdrá la pena potenciar los trabajos en grupo y a distinto nivel frente al trabajo excesivamente individualizado.
- Conocimiento de los efectos del trabajo para una mayor integración con la tarea. La Organización Científica del Trabajo no respondía a la necesaria identificación de la persona con el proceso y el producto.
- Satisfacción del carácter sociable en la persona.

El objetivo de la Escuela de Relaciones Humanas fue reconocer las exigencias afectivas de la persona, exigencias que no es posible descuidar sin riesgo de perturbar el proceso productivo. En el trabajo, la persona persigue cubrir, entre otras, las siguientes necesidades:

- De comunicación y de expresión; posibilidad de la que carecen en gran medida el trabajo en línea, las cadenas de montaje o la organización parcial.
- De seguridad (empleo, medio de trabajo, etc.).
- De reconocimiento del trabajo realizado.

A finales de los años cuarenta, nuevos fenómenos precipitan la evolución y conducen a poner en marcha la aplicación de Nuevas Formas de Organización. Hasta esa época, el razonamiento sobre la producción y el de los defensores de los trabajadores seguían vías diferentes; a partir de entonces, se acentúa una línea teórica de trabajo en común.

Hay que adaptarse a la evolución de la demanda, y consiguientemente hay que reformar también el Sistema de Producción, no solamente producir más. Se piensa que la organización clásica no es capaz de acompañar la dinámica del cambio, se observa que una racionalización parcial de la producción tiene un coste excesivo. El menor fallo de cantidad o calidad repercute sobre el producto final, apareciendo pérdidas debidas al encadenamiento en los sistemas mejor equilibrados.

Durante los sesenta los trabajadores, influenciados por su nivel de vida y protegidos contra el despido (por la gran demanda de trabajo existente), pierden el sentido de la asiduidad al trabajo, e incluso el propio sentido del trabajo, debido a los empleos que se les proponen en múltiples sectores industriales. Se hace necesario un nuevo sistema de Organización.

Otra idea que prevalece es que la persona tiene por naturaleza una necesidad de terminar actividades y conocer el resultado de sus esfuerzos; por lo tanto, deberá poseer una visión global de su actuación e incluso permitírsele el conocimiento de los resultados obtenidos y una cierta participación en las tareas de control (en este marco están las actuales técnicas de gestión a la japonesa).

Queda suficientemente comentado que los Nuevos Métodos de Organización del Trabajo deben situarse en el entorno organizacional y social, que los condiciona en ciertos aspectos y de los que se derivan numerosas repercusiones. Un análisis con mayor profundidad implicaría una consideración más exhaustiva del Entorno de la Empresa, y por lo tanto debería tener en cuenta tanto la evolución de las distintas Escuelas de Administración, como la de la Tecnología.

También entre la Tecnología y las formas de Organización hay lazos evidentes, si bien sería exagerado pretender que la Tecnología determina rígidamente la Organización.

Precisamente en un punto intermedio entre la Organización Científica del Trabajo, las Escuelas de Administración de Empresas y la Tecnología, se encuentra el área de Valoración y Retribución del Personal. En los aspectos referidos al diseño Socio-técnico, y desde el momento que se trata de armonizar los factores humanos y sociales con las condiciones técnicas, son de aplicación la "JOB Evaluation" y la Valoración por el Mérito. Por otra parte uno de los sistemas de reconocimiento de la labor realizada es la Retribución con que se paga; por lo tanto una Política de Retribución del personal no puede plantearse independientemente de la Organización del Trabajo, y más según las nuevas formas de ésta.

En el siglo XX se añadió una nueva dimensión a todos estos trabajos cuando se acepta el hecho de que el riesgo y la incertidumbre tiene un importante papel en todo trabajo de programación, y pronto dichos conceptos se introdujeron en el mundo industrial. En este orden de cosas, WALTER ANDREW SHEWHART (1891-1967) desarrolla en 1920 el Control Estadístico de la Calidad; gracias al mismo, era posible resolver algunos problemas que presentaba la puesta en práctica del concepto de intercambiabilidad de piezas; la normalización y las tolerancias pudieron analizarse en términos de coste y beneficio.

La famosa fórmula del "Lote económico" fue hallada por FORD W. HARRIS<sup>52</sup> de la Sociedad Westinghouse en 1913, aunque parece que fue establecida posteriormente, en forma independiente, por varios autores; muchas veces se la llama fórmula de Wilson en honor a R. H. Wilson<sup>53</sup> que la utilizaba como propiedad fundamental en los sistemas de gestión que vendió a varias empresas.

En 1930, L.H. TIPPETT, en Inglaterra desarrollaba una nueva aplicación de la Estadística en producción, el muestreo de trabajo; por estas fechas, un Ingeniero y profesor en Columbia, WALTER RAUTENSTRAUCH, desarrolla el diagrama del punto muerto.

En 1959 BOWMAN<sup>54</sup> publica "The schedule-sequencing problem", y WAGNER<sup>55</sup> "An integer linear-programming model for machine scheduling". En ambos casos, se utiliza la programación matemática como herramienta de modelización y resolución de problemas operativos de Gestión de Producción, si bien con las dificultades derivadas de su resolución (no existen todavía ordenadores apropiados, ni, mucho menos, PCs).

Al mismo tiempo, aparecen los enfoques de Programación-Secuenciación ligados a la Investigación Operativa, como los de JOHNSON<sup>56</sup>, para el caso de 2 máquinas y de 3 máquinas en condiciones especiales; posteriormente la aplicación del Branch and Bound da paso al algoritmo de LOMNICKI<sup>57</sup> y a las heurísticas, donde se centra el problema de taller mecánico en su entorno determinista.

Por otra parte, fue importante el reconocimiento de que el taller de producción intermitente pudiera representarse como un Sistema o Red de Colas, y dio lugar a gran cantidad de investigaciones básicas que aún hoy continúan. ROEWE en 1958 presentó la primera evaluación en gran escala de seis Reglas de Servicio, utilizando una simulación del taller de producción intermitente de una planta de General Electric; aunque el estudio de ROEWE incluía tanto al personal como las máquinas, no contenía supuestos relativos a la tasa de llegada de las piezas.

CONWAY y MAXWELL publican en 1962 su artículo<sup>58</sup> sobre el lanzamiento de operaciones en un sistema siguiendo unas reglas; posteriormente, junto con MILLER, desarrollan una primera teoría para la programación de operaciones<sup>59</sup>, en un marco conceptual secuenciación-temporización, tanto para el tratamiento de los problemas en

<sup>52</sup> Harris, F.W. (1913 "How Many Parts to Make at Once". *Factory, The Magazine of Management*, 10(2):135-136, 152.

<sup>53</sup> Wilson, R.H. (1934) "A Scientific Routine for Stock Control". *Harvard Business Review*, 13:116-128.

<sup>54</sup> Bowman, E.H. (1959) "The schedule-sequencing problem". *Operations Research*, Vol. 7, pp 621-624.

<sup>55</sup> Wagner, H.M. (1959) "An integer linear-programming model for machine scheduling," *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 6, pp. 131-140.

<sup>56</sup> Johnson, S.M. (1954) "Optimal Two and Tree-stage Production Schedules with Setup Times Included", *Naval Research Logistics Quarterly* vol.1 n°1, 61-68.

<sup>57</sup> Lomnicki, Z.A. (1965) "A branch and bound Algorithm for the exact solution of the tree machine scheduling problem", *Operational Research Quarterly*, 16, 89-100.

<sup>58</sup> Conway, R.W.; Maxwell, W.L. (1962) "Network dispatching by the shortest operation discipline". *Operations Research*, 10, 51-73.

<sup>59</sup> Conway, R.W.; Maxwell, W.L.; Miller, L.W. (1967) *Theory of scheduling*. Addison-Wesley.

contexto determinista (Programación Entera), como en entornos aleatorios (Colas y Redes de Colas, y Simulación).

Ligado a los problemas de Estructura de los Productos (Lista de Materiales), y ante la necesidad de herramientas que permitiesen la explosión a distintos niveles ( conjuntos, subconjuntos, ensambles, piezas, etc. ), el matemático ANDREW VAZSONYI desarrolla<sup>60</sup> un procedimiento sistemático basado en el Álgebra Matricial, que dio un marco conceptual para ejecutar la etapa de planificación detallada (cálculo de necesidades), necesaria para empresas con productos de estructura complicada. No obstante la complejidad real de su utilización (inversión de matrices, que con una elevada dimensión, representan la estructura del producto) y la inadecuación de los métodos de cálculo disponibles, hicieron que este tema no tuviera un amplio desarrollo y utilización hasta la aparición de las técnicas MRP.

Desde el ámbito de la Gestión de Producción, en su visión táctica, empiezan a plantearse los temas de Planificación Agregada, en general mediante modelos de Programación Matemática: BOWMAN utiliza el Algoritmo del Transporte<sup>61</sup>; HOLT, MODIGLIANI, MUTH y SIMON definen las reglas lineales de decisión<sup>62</sup> que aplicaron a una empresa de fabricación de pinturas (con una función objetivo no-lineal).

Posteriormente aparece la aplicación del concepto de Sistema Empresa como tal, compuesta de diferentes subsistemas, uno de los cuales es precisamente la Producción. Esta idea enfoca las preocupaciones hacia la búsqueda de mejoras de la fabricación, hacia la determinación de óptimos (o mejores soluciones) desde el punto de vista global.

En 1971, MIZE WHITE y BROOKS publican su texto sobre planificación y control de operaciones<sup>63</sup> que enfoca la Dirección de Operaciones desde la óptica, no ya de Programación y Control (que era la habitual, además centrada en Taller mecánico) sino como su nombre indica desde la visión de Sistema, y utilizando los conceptos de función de transferencia, entradas y salidas de cada subsistema. Introducen las etapas de Previsión, Planificación y Gestión de Stocks, quedando de esta forma definida, en su estructura actual, la Planificación y Control de Operaciones. Posteriormente, KOCHHAR utiliza una estructura similar para plantear el marco en el que desarrollar los instrumentos informáticos de Planificación y Control de Producción<sup>64</sup>.

<sup>60</sup> Vazsonyi, A. (1958) *Scientific Programming in Business and Industry*. Wiley, NY.

<sup>61</sup> Bowman, E.H. (1956) "Production scheduling by the transportation method of linear programming," *Operations Research*, vol. 4, no. 1.

<sup>62</sup> Holt, C.C.; Modigliani, F; Muth, J.; Simon, H.A. (1960) *Planning Production, Inventory and Workforce*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

<sup>63</sup> Mize, J.H.; White, Ch.R.; Brooks,G.H. (1971) *Operations Planning and control*. Prentice-Hall, N.Y.

<sup>64</sup> Kochhar, A.K. (1979) *Development of Computer-Based Production Systems*. John Wiley & Sons.

Con la aparición en 1974 del texto de JOHNSON y MONTGOMERY referente a la planificación, programación y el control de inventarios en producción<sup>65</sup>, se estructura el marco teórico-conceptual de relación de los Métodos Cuantitativos (no sólo de la Programación matemática) con la Dirección de Operaciones; a partir de ese momento queda definida la potencia y utilización de la Investigación Operativa como herramienta para modelizar y resolver problemas relacionados con la Dirección de Producción a nivel operativo y táctico. No obstante la consideración de la empresa como sistema, y la necesidad de utilizar la más amplia diversidad de Métodos Cuantitativos para la resolución de los problemas de gestión en sistemas hombre-máquina amplia los enfoques iniciales de la Investigación Operativa e incluso los del *Management Science*.

También en los setenta, ORLICKY publica su texto sobre Planificación de requerimientos de materiales<sup>66</sup> (MRP), donde aparecen por primera vez los planteamientos de Explosión y Cálculo de Necesidades de Materiales, a través de métodos informáticos y mediante la utilización de archivos y bases de datos; se inaugura una nueva visión de la Gestión de Producción, la de Gestión de Materiales o Logística Industrial (en su acepción de Planificación de Producción-Compras). En una segunda fase, se incorpora la planificación de requerimientos de capacidad (CRP), que da lugar a la visión integral, propuesta por WIGHT<sup>67</sup>, sobre la planificación de requerimientos de fabricación que se consolida bajo el acrónimo MRP-II<sup>68</sup>. Con la incorporación de la informática a la Dirección de Operaciones se abre una nueva línea que irá desarrollándose hacia los sistemas integrados de fabricación asistida por ordenador (CIM).

La amplitud del catálogo de productos (en empresas industriales), respuesta a la diversificación y personalización de los gustos del consumidor, dificulta la obtención del Plan Maestro de Producción; como consecuencia la coordinación entre el Plan Agregado y el Plan Maestro se hace cada vez más difícil. A lo largo de los setenta, ARNOLDO HAX y su grupo del MIT – BITRAN, HASS, GOLOVIN y MEAL, entre otros- introducen planteamientos jerárquicos en la planificación<sup>69</sup>, y desarrollan su metodología jerárquica, en cuanto a la toma de decisiones, para la Planificación de Producción<sup>70</sup>.

También a finales de los setenta, SVEN AXSÄTER introduce los conceptos de agregación - jerarquía<sup>71</sup> en los equipos e instalaciones productivas, incorporando además el planteamiento matricial, tanto en la definición de las matrices de agregación de los

<sup>65</sup> Johnson, L.A.; Montgomery, D.C. (1974) *Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*. John Wiley & Sons.

<sup>66</sup> Orlicky, J. (1975) *Material Requirements Planning : The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw Hill.

<sup>67</sup> Wight, O.W. (1981) *Mrp Two : Unlocking America's Productivity Potential*. Van Nostrand Reinhold.

<sup>68</sup> Wight, O.W. (1985) *Manufacturing Resource Planning M.R.P. II : Unlocking America's Potential*. Revised edition, Oliver Wight Ltd Pub.

<sup>69</sup> <http://web.mit.edu/orc/www/papers/tr70.html>

<sup>70</sup> Hax, A.C.; Meal, H.C. (1975) "Hierarchical Integration of Production Planning and Scheduling" En M.A.Geissler (ed): *Logistics, TIMS Studies in the Management Sciences*, Vol. 1, pp 53-69. Amsterdam.

<sup>71</sup> Axsäter, S. (1979) "On the Design of the Aggregate Model in a Hierarchical Production Planning System". *Engineering and Process Economics*, Vol. 4, No. 2/3, June 1979, pp. 89-97.

productos como en las de la estructura de los productos, e incluso en el consumo de recursos.

Desde mediados de los setenta en Japón, y finales de los setenta y principio de los ochenta en USA y Europa, aparecen las inicialmente denominadas tarjetas kanban, como apoyo al sistema de información para el control de inventarios, y el concepto de fabricación Just-In-Time (Toyota) o Douki Seisan (Nissan). Se consolidan los llamados sistemas de Gestión a la Japonesa bajo la idea del *Continuous Flow Manufacturing* (CFM).

La necesidad de incrementar la competitividad de la empresa reduciendo costes y aumentando la rotación de los activos, entre otros mecanismos, plantea la reducción de los stocks; ésta se ve favorecida por el establecimiento de sistemas de producción con flujo de material lo más continuo posible; para ello se hace preciso la reducción de tiempos de cambio de partida de las variantes de los productos y un estricto control de calidad (*Total Quality Control*: TQC). Entre los autores que han divulgado estas técnicas destacan, YASUHIRO MONDEN<sup>72</sup>, el académico que ha dotado al sistema de producción de Toyota<sup>73</sup> de un marco conceptual y formativo empresarial y de gestión; SHINGEO SHINGO<sup>74</sup>, el técnico que participó en su desarrollo en empresas del Grupo Toyota y otras; y ROBERT W. HALL<sup>75</sup> que, con el soporte de la APICS, ha planteado su conexión con la estrategia industrial y la excelencia.

Desde los años sesenta, y en el ámbito de la Ingeniería mecánica, aparece una preocupación por la estandarización, codificación y clasificación de las piezas, que permita la agrupación de estas en familias, que por sus similitudes puedan ser mecanizadas en grupos de máquinas; se trata de resolver los temas de fabricación (mecanización) optimizando la ocupación de máquinas (sobre todo con la aparición de la maquina herramienta de control numérico computerizado, y el control numérico dirigido) con elevado valor económico. Esta problemática se traduce en la Tecnología de Grupos, que tras un periodo de relativa calma esta viendo incrementada su importancia en el ámbito de los sistemas de fabricación flexible (FMS: *Flexible Manufacturing Systems*). Dichos sistemas son la respuesta a las necesidades de competitividad de la empresa industrial bajo la perspectiva de la productividad y la flexibilidad.

Finalmente, es importante señalar la aproximación, a través de problemas, de áreas como la ingeniería mecánica, la ingeniería de diseño e ingeniería del proceso, la logística de materiales o, en un ámbito más amplio, la gestión de la cadena de suministro, la gestión de producción asistida por ordenador, e incluso las tecnologías de la información; y, como no,

<sup>72</sup> Monden, Y. (1981) "What Makes the Toyota Production System Really Tick?" *Industrial Engineering*. Vol.13. No.1, pp.36-46.

<sup>73</sup> Monden, Y. (1983) *Toyota Production system*. Industrial Engineering and Management Press (Institute of Industrial Engineers).

<sup>74</sup> Shingo, S. (1989) *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. 2<sup>nd</sup> edition, Productivity Press.

<sup>75</sup> Hall, R.W. (1983) *Zero Inventories*. Dow Jones-Irwin, Homewood. Illinois.



añadir los más importantes: los problemas relativos a Recursos Humanos. Todos estos ámbitos de conocimiento científico-técnico deben ser plataformas que propicien el desarrollo futuro de la Organización Industrial y, particularmente, de la Organización de la Producción y de la Dirección de Operaciones.

## 4 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LOS MÉTODOS CUANTITATIVOS DE GESTIÓN

### 4.1 Introducción

Una de las posibles definiciones que admite la Investigación Operativa es la siguiente: “*aplicación del método científico al proceso de toma de decisiones que trata de determinar la mejor manera de diseñar y operar un sistema, usualmente bajo unas condiciones que requieren la distribución de unos recursos escasos entre diversas alternativas*”<sup>76</sup>. Entendida como una rama con cuerpo propio dentro de la ciencia, la Investigación Operativa<sup>77</sup>, tal como la entendemos, tardó en desarrollarse y apareció a partir de la demostrada utilidad de su aplicación durante las operaciones militares de la Segunda Guerra Mundial, y sólo posteriormente se implantó en el campo industrial.

Una de las causas más argumentadas para explicar el nacimiento, y su posterior consolidación con éxito, de la Investigación Operativa es el ritmo con el que se desarrolló la tecnología durante el periodo comprendido entre el fin de la Primera Guerra Mundial y el inicio de la Segunda: un ritmo superior al adecuado para que los avances tecnológicos irradian en el terreno militar e industrial. Por ello, no resulta extraño que ejecutivos y gestores militares británicos recurrieran a los científicos en busca de ayuda para obtener una ventaja competitiva durante una guerra con malos augurios. Se inicia, entonces, la colaboración entre científicos y el ejército británico y, además, con éxito, pues a ella se atribuye un papel importante en la victoria de los aliados sobre los ejércitos de Hitler.

Posteriormente, el espíritu de la Investigación Operativa llega a Estados Unidos, los nombres de las disciplinas sobre las que se arrojan los grupos de trabajo son distintos en la distintas Fuerzas Armadas, pero, en cualquier caso, prevalece la idea original de constituir grupos interdisciplinarios<sup>78</sup> de científicos. Idea que más tarde y durante unos cuantos años se mantiene en la Industria.

*“La utilización de equipos mixtos de científicos de varias disciplinas es probablemente la característica más obvia de la escuela cuantitativa del pensamiento administrativo. Denominada indistintamente como investigación de operaciones, investigación operacional y ciencia administrativa, esta escuela consiste en unir el conocimiento de varias disciplinas al estudio y la solución efectiva de un problema.”*

Las posibilidades que ofrece la interdisciplinariedad son indudables, y el hecho de poder formar parte de equipos con tal cualidad supone, a nuestro entender, un enriquecimiento constante del que pueden disfrutar todos los miembros del grupo<sup>79</sup>.

<sup>76</sup> Wayne L. WINSTON (1991) *Operations research: applications and algorithms*, 2nd ed. PWS-Kent Pub. Co., Boston.

<sup>77</sup> Para describir el desarrollo de la Investigación Operativa se ha utilizado: *Handbook of industrial engineering technology and operations management*; edited by Gavriel SALVENDY, 3rd ed. New York, John Wiley & Sons cop. 2001.

<sup>78</sup> GEORGE, C.S. (1972) *Historia del Pensamiento Administrativo*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

<sup>79</sup> GEORGE, C.S. (1972) (op. cit.)

*“Puede unir, por ejemplo, a un matemático, un científico físico, un economista, un ingeniero y un estadístico para estudiar un problema en, digamos, administración de inventarios. A través del estudio de este problema desde el punto de vista de investigación de operaciones o ciencia administrativa, la solución resultante podría ser mucho mejor que la que podría lograrse de otra manera. Es, por tanto, un método científico utilizando todas las herramientas científicas pertinentes que provee una base cuantitativa para decisiones administrativas. Surgió del reconocimiento de líderes administrativos de la necesidad de equipos de investigación integrados para profundizar en las diversas ramificaciones de los caminos alternativos de acción”*

Pensamos, también, que sin interdisciplinariedad, la Investigación Operativa pierde su verdadera razón de ser: no es ni mejor ni peor, es, sencillamente, diferente.

Los párrafos que aparecen tras esta introducción los dedicaremos a reseñar algunas aportaciones importantes en el campo de la Investigación Operativa y su integración a la Organización Industrial, como herramientas para ayudar a resolver problemas con posteriores teorizaciones sobre los métodos desarrollados, bajo la denominación de métodos cuantitativos de gestión (OR/MS).

Nos proponemos ofrecer una aproximación al concepto de *Organización Industrial* a partir de una visión histórica de otro de sus principales pilares: la Investigación Operativa ↔ Métodos Cuantitativos de Gestión.

*“Que todo joven científico lo recuerde [...] que no deje de tener los ojos abiertos a la posibilidad de que el irritante fallo de un instrumento puede conducir, una o dos veces en la vida, a un descubrimiento capital”*

[Patrick Maynard Stuart BLACKETT (1897-1974)]

## **4.2 Una visión histórica de la Investigación Operativa ↔ Métodos Cuantitativos de Gestión**

A partir de 1937, los científicos británicos iniciaron su colaboración con los militares a fin de poner en marcha un nuevo invento: el radar. Durante la Segunda Guerra Mundial algunos militares de alto rango solicitaron a científicos e ingenieros que analizaran problemas militares. Estos problemas incluían el aprovechamiento de las ventajas ofrecidas por el radar, su utilización efectiva en misiones militares, y, posteriormente, la distribución física de equipos, misiones de bombardeo, la guerra antisubmarina y las operaciones con minas llevadas a cabo durante la campaña bélica.

El término *Investigación de Operaciones* se atribuye a A.P. ROWE, un oficial de aviación británico que por la época constituyó equipos para lo que denominó “investigación de operaciones” en el sistema de comunicación y la sala de control de la estación británica de radares. Lo que ROWE entendía como operaciones eran las acciones que se realizaban para comunicar las diferentes informaciones, más o menos importantes, obtenidas por las

estaciones radar y que debían comunicarse a diferentes lugares con diferentes prioridades para su aprovechamiento.

La figura más destacada de aquel proceso de integración de científicos en el esfuerzo militar fue PATRICK M. S. BLACKETT que se había unido a la sección de instrumentación de la RAF<sup>80</sup>. BLACKETT fue designado consejero científico del mariscal de la aviación en la comandancia costera Joubert a principios de 1940. Inicia allí un estudio analítico de la guerra contra los U-boats, formando un grupo de trabajo posteriormente bautizado como el “Circo BLACKETT”. El mismo año es designado Director del grupo de investigación de operaciones navales: *Operational Research*, a cargo del almirantazgo, y a finales del mismo año es designado como consejero científico del general PILE que estaba a cargo de misiones antiaéreas en plena batalla de Gran Bretaña.

El papel de este grupo, denominado el “Circo de Blackett” era inicialmente la coordinación entre el equipo de radares y los puestos de artillería<sup>81</sup>. Este trabajo puede considerarse como el primer estudio en investigación operativa conocida como tal de la historia.

El Circo BLACKETT era un grupo heterogéneo, constituido por tres psicólogos, dos físico-matemáticos, un astrofísico, un oficial del ejército, un topógrafo, un físico y dos matemáticos<sup>82</sup>, pero con una sólida formación científica y con pocos conocimientos sobre aspectos militares, incluso de la tecnología que pretendían aprovechar: el radar. Su labor, principalmente, era la de aportar rigurosidad científica a muchas de las decisiones militares de tipo operativo, y sin duda alguna la mayor aportación de BLACKETT fue convencer a las autoridades de la necesidad de gestionar operaciones complejas utilizando el método científico. Es por ello que en muchos círculos es calificado como el primer investigador operativo de la historia.

Poco después, y visto el buen resultado ofrecido por estos grupos en el ejército británico, la investigación Operativa hizo su entrada en los Estados Unidos, según narran autores ingleses, como Sir ROBERT WATSON-WATT<sup>83</sup>, por sugerencia británica. Tras el inicio de la participación americana en la guerra, se propuso a los norteamericanos que introdujeran también grupos de civiles científicos para el estudio de operaciones militares.

Su primera actuación al otro lado del Atlántico fue a través del recién constituido grupo de investigación de operaciones de minas de la marina de Estados Unidos; que eventualmente se amplió hasta constituir el grupo de investigación de operaciones de

<sup>80</sup> RAF: Royal Air Force

<sup>81</sup> GUE, Ronald and Michael THOMAS (1968) *Mathematical Methods in Operations Research*. New York: Macmillan.

<sup>82</sup> GUE, Ronald and Michael THOMAS (*op. cit.*)

<sup>83</sup> 'Three steps to victory'

guerra antisubmarina dirigido por PHILLIP MORSE<sup>84</sup>. Más adelante se amplió el radio de acción de este grupo y se renombró como el grupo de investigación de operaciones, para indicar su mayor alcance. Al igual que BLACKETT en Gran Bretaña, los americanos ven a MORSE como el "padre" de la investigación de Operaciones (que en Estados Unidos fue denominada Operations Research). Años más tarde, en 1952, sería el primer presidente de la sociedad norteamericana de Investigación Operativa (ORSA) y muchos de los científicos y de los matemáticos distinguidos a los que él dirigió durante aquella época fueron, una vez acabada la guerra, los pioneros del área en los Estados Unidos.

Al finalizar la guerra, las circunstancias en Gran Bretaña y Estados Unidos hicieron que ambos grupos se desarrollaran de forma distinta. En Estados Unidos, los fondos para la investigación en el campo militar se incrementaron, por lo que la mayoría de los grupos se consolidaron, creciendo en número y tamaño. Un ejemplo es la RAND Corporation, fundada por DONALD DOUGLAS en 1946, que colaboró de forma significativa al desarrollo de la Investigación Operativa. Al parecer, los primeros cursos sobre Investigación Operativa se impartieron en el M.I.T. en 1948, y un año después hubo un ciclo de conferencias en el University College de Londres. Poco después, se ofrecían programas específicos completos en las Universidades Case Western Reserve, Johns Hopkins y North-Western de USA y en el Imperial College y la London School of Economics de Inglaterra. Aún así, en la primera conferencia sobre la Investigación Operativa en la Industria, que tuvo lugar en el Case Institute of Technology de Cleveland en 1951, fue casi imposible encontrar aplicaciones industriales de carácter no militar.

Sin embargo en Europa, donde la prioridad era la reconstrucción de la maltrecha economía, se produjo un incremento en el interés en la Investigación Operativa debido en buena parte a la observación de los científicos que los principios desarrollados eran igualmente aplicables a muchos problemas del sector civil, desde problemas a corto plazo como la gestión de inventarios o la secuenciación hasta problemas a largo plazo como la planificación estratégica o la asignación de recursos. En esta nueva era, la segunda revolución industrial, las máquinas empezaron a reemplazar a las personas y “este efecto, junto al desarrollo de la electrónica y la creciente complejidad de los procesos de gestión, fue el terreno fértil en que creció de la Investigación Operativa”<sup>85</sup>

El final de la década de los 40 también aportó un incremento en el estudio de las herramientas matemáticas que se han transformado en sinónimo de la Investigación Operativa. Durante la Segunda Guerra Mundial, principalmente la estadística y otras herramientas provenientes de diversos campos científicos apoyaron los esfuerzos de guerra, pero en 1947 GEORGE DANTZIG<sup>86</sup>, trabajador de la RAND Corporation, desarrolló

<sup>84</sup> Dr. Morse fue además coautor, con George Kimball, del primer libro sobre el área: *Methods of Operations Research*, el primer libro americano sobre Investigación Operativa basado en el trabajo de la marina.

<sup>85</sup> GUE, Ronald and Michael THOMAS (*op. cit.*).

<sup>86</sup> Para obtener una visión histórica de la PL, a través del propio Dantzig, se puede consultar: George B. DANTZIG "Linear Programming: The Story About How It Began". *Operations Research*. January-February 2002. Volume 50, Number 1, pp 42-47.

el denominado algoritmo **Simplex** para la programación lineal que rápidamente se convirtió en un hito en esta nueva disciplina científica. El método Simplex fue presentado en público por primera vez en el 1949<sup>87</sup>, y aún hoy en día es uno de los métodos más utilizados dentro del área y el mismo algoritmo, aunque con diversas mejoras, continua siendo ampliamente utilizado.

La programación lineal permite resolver problemas matemáticos enunciados de la siguiente forma: Minimizar o maximizar una función lineal sujeta a una serie de restricciones lineales. Esta técnica permitía resolver, entre otros, tres problemas que habían sido enunciados anteriormente y de interés para la Investigación Operativa<sup>88</sup>: (1) el problema de asignación, (2) el problema de transporte y (3) la resolución de los juegos entre dos jugadores de suma nula de teoría de juegos.

El primero de ellos, el problema de asignación, fue estudiado por primera vez por MONGUE en el siglo XVIII que planteó el problema en el área del transporte de tierras en un contexto continuo. El problema, relacionado con el problema del matching bipartito y la teoría de grafos, fue estudiado a principios del siglo XX por FROBENIUS, entre 1912 y 1917, KÖNING, entre 1915 y 1931, y EGERVÁRY en 1931 que fundamentó las bases del posterior método húngaro enunciado en 1955 por KUHN<sup>89</sup>, una vez DANTZIG ya había formulado la utilidad de la programación lineal para la resolución del problema<sup>90</sup>. Aparte de la utilidad práctica del problema, la asignación de recursos a diferentes actividades, este problema permitió comprender que un algoritmo finito no tiene por qué ser útil para la resolución de problemas reales, que hay una diferencia importante entre aquellos algoritmos cuyo tiempo de ejecución tiende a requerir un tiempo exponencial de resolución y aquellos que requieren un tiempo polinomial, fomentando así el nacimiento posterior de la teoría de la complejidad<sup>91</sup>.

Otra de las primeras aplicaciones que ofreció DANTZIG para su método era la resolución del problema del transporte, consistente en dados unos centros de fabricación con una capacidad de producción, unos centros de demanda con un consumo y una tabla con los costes asociados a proveer a un centro de demanda por parte de uno de los centros de

<sup>87</sup> G.B. DANTZIG (1949) "Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities", en: *Activity Analysis of Production and Allocation – Proceedings of a Conference* (Proceedings Conference on Linear Programming, Chicago, Illinois, 20-24 Junio, 1949; Tj.C. Koopmans, ed.), Wiley New York 1951, pp. 339-347.

<sup>88</sup> Para las descripciones relativas a la historia de la optimización combinatoria, se ha empleado como fuente el excelente escrito, en constante actualización, de Alexander SCHRIJVER "On the history of combinatorial optimization (till 1960)".

<sup>89</sup> H.W. KUNH (1956) "The Hungarian method for the assignment problem", *Naval Research Logistics Quarterly* 3 (1956) 253-258.

<sup>90</sup> G.B. DANTZIG (1949) "Application of the simplex method to a transportation problem", en: *Activity Analysis of Production and Allocation – Proceedings of a Conference* (Proceedings Conference on Linear Programming, Chicago, Illinois, 20-24 Junio, 1949; Tj.C. Koopmans, ed.), Wiley New York 1951, pp. 359-373.

<sup>91</sup> Una referencia a este hecho puede encontrarse en un documento enviado a la Comisión Cowles en la que Beckmann y Koopmans ("On some assignment problems", Cowles Comisión Discusión Paper: Economics No. 2071, Colwles Comisión for Research in Economics, Chicago, Illinois, 2 de abril de 1953) escriben: "Debe añadirse que en todos los problemas de asignación discutidos anteriormente siempre hay, por supuesto, la alternativa de utilizar un método enumerativo basado en la fuerza bruta consistente en evaluar todas las asignaciones posibles y seleccionando la mejor. Esto es demasiado costoso en la mayoría de casos prácticos y por método de resolución sólo deben tenerse en cuenta aquellos procedimientos que reduzcan el trabajo computacional a proporciones manejables para una amplia clase de problemas"

fabricación, encontrar el sistema de aprovisionamiento de mínimo coste. Este problema es un caso específico de la programación lineal, que había sido estudiado con anterioridad a la aparición de ella. El primer trabajo sobre el área proviene de la planificación del transporte realizada en la Unión Soviética. A.N. TOLSTOÏ, formuló el problema en un artículo titulado “Métodos para encontrar el kilometraje mínimo total en la planificación del transporte de cargas” y posteriormente mostró su utilidad para problemas de transporte de sal, cemento y otros bienes a través de la red ferroviaria soviética. Curiosamente el método heurístico propuesto por TOLSTOÏ obtenía el óptimo en todos los problemas no triviales que planteó<sup>92</sup>. Posteriormente, KANTOROVICH estudiando una clase de problemas más general planteado por diversos ingenieros encargados de la producción en algunas fábricas soviéticas desarrolló un método semejante al Simplex en 1938 que no llegó a publicar de forma completa, según dice él en sus memorias: “*debido al interés por parte del gobierno de no mostrar los resultados de sus investigaciones para su uso fuera de la Unión Soviética*”. Europeos y Norteamericanos empezaron a estudiar el problema durante la Segunda Guerra Mundial de manos de HITCHCOCK<sup>93</sup> y KOOPMANS<sup>94 95</sup> que mostraron la importancia práctica del problema y alentaron a DANTZIG<sup>96</sup> una vez desarrollado el método Simplex basará la efectividad de su propuesta en la capacidad del método para resolver el citado problema.

Posteriormente a la publicación de los trabajos de DANTZIG, VON NEUMANN observó la relación entre la programación lineal y el teorema Mínimax para encontrar la estrategia óptima en juegos competitivos. En realidad observó que el método propuesto por él y por BROWN<sup>97</sup> podía resolver también el problema de asignación y que en realidad este método era capaz de resolver una gama de casos especiales de los problemas de programación lineal.

VON NEUMANN había desarrollado su teoría de juegos sujeta a las decisiones que adoptan diversos jugadores delante de una partida de póker. Su primer estudio data de 1928<sup>98</sup>, aunque la publicación que se acostumbra a utilizar como referencia para el nacimiento de la teoría es la publicación conjunta de MORGENSTEIN y VON NEUMANN del libro “*Teoría de Juegos y comportamiento Económico*” del 1944<sup>99</sup>

<sup>92</sup> Tolstoi definió las condiciones necesarias que debía cumplir una solución para ser el óptimo del problema, aunque sin saber que esta condición aparte de ser necesaria era suficiente.

<sup>93</sup> F.L. HITCHCOCK (1941) “The distribution of a product from several sources to numerous facilities”. *Journal of Mathematics and Physics* 20 (1941) 224-230.

<sup>94</sup> T.C. KOOPMANS (1939) “Tanker Freight Rates and Tankship Building – An Análisis of Cyclical Fluctuations”. Publication Nr. 27, Netherlands Economic Institute, De Erven Bohn, Haarlem, 1939.

<sup>95</sup> T.C. KOOPMANS (1942) “Exchange rations between cargoes on various routes (non-refrigerating dry cargoes)” Memorandum for the Combined Shipping Adjustment Board, Washington D.C. 1942, 1-12.

<sup>96</sup> G.B. DANTZIG (1951) “Application of the simplex method to a transportation problem”, en: *Activity Analysis of Production and Allocation – Proceedings of a Conference (Proceedings Conference on Linear Programming, Chicago, Illinois, 20-24 Junio, 1949; Tj.C. Koopmans, ed.)*, Wiley New York 1951, pp. 359-373.

<sup>97</sup> G.W. BROWN, J. von NEUMANN (1950) “Solutions of games by differential equations”, en: *contributions to the Theory of Games* (H.W. Kuhn, A.W. Tucker, eds.) Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1950, pp. 73-79.

<sup>98</sup> J. von NEUMANN (1928) “Zur Theorie der Gesellschaftsspiele, *Mathematische Annalen*” 100, 295-320. (Traducido como “On the Theory of Games of Strategy”, pp.13-42 in *Contributions to the Theory of Games, Volume IV (Annals of Mathematics Studies, 40)* (A. W. Tucker y R. D. Luce, eds.), Princeton University Press, Princeton, 1959).

<sup>99</sup> J. von NEUMANN, O. MORGENSTERN (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.

La teoría de juegos forma parte del campo de la investigación Operativa interesado por la toma de decisiones, y su desarrollo teórico ha sido uno de los campos de investigación importantes dentro de la economía, lo que ha llevado a que en 1994 se otorgara a JOHN C. HARSANYI, JOHN F. NASH Y REINHARD SELTEN el premio Nobel de Economía por sus avances en la teoría de juegos, tanto en el análisis de las situaciones de equilibrio, los juegos cooperativos y sus implicaciones en la economía de libre mercado, y son los únicos científicos que han obtenido este premio tan significativo por sus aportaciones en el área de la Investigación Operativa, aunque no los únicos en haberlo recibido<sup>100</sup>.

Entre las aportaciones que hizo VON NEUMANN a las ciencias modernas, no sólo cabe contar la teoría de juegos. Sus aportaciones son muy variadas y pasan desde su propuesta de arquitectura para ordenadores de propósito general, utilizada aún hoy en día, pasando por sus estudios prácticos con los primeros ordenadores y su propuesta de división entre los datos y programas, software, la arquitectura informática de soporte, el hardware, hasta la teoría sobre números pseudo-aleatorios y la simulación de Montecarlo que permitió en su momento la resolución de las integrales necesarias para resolver problemas relacionados con la física atómica y nuclear.

La simulación de Montecarlo, aparte de su aportación en la creación del arma más mortífera que ha utilizado la humanidad en una guerra, es también la madre de una de las técnicas en que se apoya la Investigación Operativa, la simulación, utilizada como herramienta de análisis de sistemas. Su base consiste en utilizar métodos de “sampling” estadístico a partir de números generados aleatoriamente. A pesar de ser una técnica intensiva computacionalmente, permitía la resolución de problemas de difícil resolución mediante métodos más formales. Tanto KOLMOGOROV como anteriormente HALL habían utilizado esta técnica para resolver problemas matemáticos como la determinación del número pi, pero la técnica que se había utilizado durante principios del siglo XX para descubrimientos tan importantes como la distribución de la t-Student por parte de WILLIAM SEALY GOSSET, no estaba suficientemente formalizada.

Se considera que VON NEUMANN y ULAM refinaron los métodos de simulación para su utilización en problemas probabilísticos concernientes a la difusión de un neutrón en un material fisible, y sentaron las bases para que HARRIS y KAHN<sup>101</sup> en 1948 formalizaran la técnica. También en el mismo año FERMI, METRÓPOLIS y ULAM utilizaron la técnica efectivamente para calcular los valores asociados a la ecuación de SCHRÖDINGER.

---

<sup>100</sup> P.M.S. BLACKETT obtuvo este galardón en el apartado de física y debido a sus trabajos en el estudio de ondas posteriores a la Segunda Guerra Mundial.

<sup>101</sup> H. KAHN (1956) "Use of different Monte Carlo sampling techniques," en: Monte Carlo Methods, ed. H. A. Meyer (Wiley, New York, 1956).



La utilización de esta técnica a problemas industriales debe esperar hasta 1961 cuando FORRESTER la utiliza para estudiar la dinámica de sistemas<sup>102</sup>, donde se definen las bases de la simulación asistida por ordenador.

Estas técnicas, adoptadas de la estadística para usar en Investigación Operativa no son las únicas técnicas procedentes de la teoría de números aleatorios. El campo de la teoría de colas, cuyos antecedentes se encuentran en ERLANG y MARKOV, también ha realizado aportaciones importantes a la Investigación Operativa.

MARKOV, que tuvo su desarrollo profesional dentro del mundo académico, realizó los primeros estudios sobre las posteriormente denominadas cadenas de MARKOV: secuencias de variables aleatorias cuyas variables futuras dependen probabilísticamente de las variables actuales, representadas por estados, a través de vías aleatorias. ERLANG, por el contrario, basó sus trabajos en teoría de la probabilidad dentro de la compañía telefónica Copenhagen Telephone Company (CTC), en la que estuvo empleado casi 20 años; estudió allí los tiempos de espera entre llamadas. Ambos trabajos fueron el inicio de la teoría de procesos estocásticos en la que se basa la teoría de colas, y que también se introdujeron en la teoría de inventarios que se desarrolló a partir de la fórmula EOQ propuesta por HARRIS en 1913.

Pero volviendo al método Simplex, este método pronto se encontró con dos limitaciones básicas: primero, sólo se podían resolver ecuaciones de tipo lineal, y segundo, las variables obligatoriamente debían ser continuas. En muchos problemas prácticos esto no era ningún inconveniente, e incluso en alguno de los problemas en los que debía comportar dificultades, como era el caso de la resolución del problema de asignación, se detectó de forma empírica que las soluciones obtenidas siempre eran enteras, demostrándolo mediante el teorema de BIRKHOFF.

Es por ello que se ha tenido que seguir desarrollando el campo de la programación no lineal (PNL) vinculado a aquellos problemas donde la función objetivo y/o las restricciones no son de tipo lineal. Los resultados fundamentales proceden del desarrollo del cálculo matemático en el siglo XVIII, siendo la Lagrangiana un pilar básico. La caracterización de las condiciones necesarias de optimalidad en PNL, se concretan, a partir de los resultados de LAGRANGE, en las condiciones de KHUN y TUCKER<sup>103</sup> (1951), que recopila y estructura un conjunto de investigaciones llevadas a cabo por numerosos autores en los años cuarenta. La Programación no Lineal progresó durante los años sesenta y setenta, pudiendo enfrentarse a la resolución de problemas de tamaño medio con varias decenas de restricciones y algunos cientos de variables. No obstante, la investigación en la búsqueda de algoritmos eficientes seguía siendo muy activa, pues los existentes no eran plenamente satisfactorios.

<sup>102</sup> FORRESTER, J. W. (1961) *Industrial Dynamics*. Cambridge MA: Productivity Press.

<sup>103</sup> (abreviado KT – a veces abreviado. KKT, para acreditar a Karush, que había definido las condiciones en su tesis doctoral anterior a los enunciados de 1951.

Por otra parte se desarrollaron técnicas para la resolución de problemas cuyas variables estaban restringidas a adoptar valores de tipo entero o binario. Muchos de ellos provienen de la teoría de grafos, como el problema del viajante de comercio, el cálculo de caminos mínimos, el árbol parcial mínimo, los problemas de flujos, otros del área de la secuenciación y otros debidos a la indivisibilidad de ciertos elementos en la realidad<sup>104</sup>.

Algunos de estos problemas son resolubles mediante algoritmos eficientes desarrollados durante los años cincuenta y sesenta, como el problema del árbol parcial mínimo, mediante los algoritmos de KRUSKAL<sup>105</sup> o PRIM<sup>106</sup>, los problemas de flujo máximo, cuyo primer algoritmo de resolución se debe a FORD y FULKERSON<sup>107</sup>, el problema de flujo de mínimo coste, por FORD y FULKERSON<sup>108</sup>, y los problemas de caminos mínimos, FORD<sup>109</sup>, BELLMAN<sup>110</sup>, DANTZIG<sup>111</sup>, DIJKSTRA y MOORE<sup>112</sup>.

El problema de cálculo de caminos extremos ha tenido gran utilidad teórica para una gama de problemas vinculados con la teoría de grafos, pero, también ha tenido utilidad práctica en problemas de secuenciación de actividades y gestión de proyectos (CPM).

Se considera como primera aportación analítica a la gestión de proyectos singulares el diagrama debido a GANTT<sup>113</sup> (1910), que es una buena herramienta de representación, sobre todo si permite la adición, supresión y desplazamiento de actividades a ejecutar en sintonía con los recursos utilizados; probablemente, uno de los primeros programas con estas funciones fue creado por GARMAN<sup>114</sup> a finales de los años 60.

<sup>104</sup> Gomory comenta en "Collection of Personal Reminiscences", (1991) en History of Mathematical Programming, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnoy Kan y A. Schrijver (eds.) que su interés por la programación lineal entera provenía de su relación como consultor de la armada cuando exponiendo un modelo lineal para la división de la fuerza de trabajo, uno de los asistentes a la charla le insinuó que para ellos una respuesta del tipo 1,3 portaviones no significaba nada.

<sup>105</sup> J.B. KRUSKAL, Jr. (1956) "On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem", Proceedings of the American Mathematical Society 7 (1956) 48-50.

<sup>106</sup> R.C. PRIM (1957), "Shortest connection networks and some generalizations". The Bell System Technical Journal 36 1389-1401

<sup>107</sup> FORD L.R., D.R. FULKERSON "Solving the Transportation Problem", Research Memorandum RM-1736, The RAND Corporation, Santa Monica, California, [20 de Junio], publicado en Management Science 3 (1956-1957) 24-32.

<sup>108</sup> FORD L.R., D.R. FULKERSON, "Construction of Maximal Dynamic Flows in Networks", Paper P-1079, Research Memorandum RM-1981, The RAND Corporation, Santa Monica, California, [7 de mayo], publicado en Operations Research 6 (1958) 419-433.

<sup>109</sup> L.R. FORD Jr. (1956) "Network flow Theory". Paper P-923, The RAND Corporation, Santa Monica California, 14 de Agosto.

<sup>110</sup> R. BELLMAN (1958) "On a routing Problem" Quarterly of Applied Mathematics 16 (1958) 87-90

<sup>111</sup> G.B. DANTZIG (1957) "Discrete-variable extremum problems". Operations Research 5, 266-277

<sup>112</sup> E.F. MOORE "The shortest path through a maze", en: Proceedings of an international symposium on the Theory of Switching, 2-5 April 1957, Part II (The annals of the Computation Laboratory of Harvard University Volume XXX) (H. Aiken, ed.) Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1959, pp. 285-292.

<sup>113</sup> H. L. Gantt. (1910) "Work, Wages, and Profits" The Engineering Magazine, New York, 1910.

<sup>114</sup> M. GARMAN (1970) Solving Combinatorial Decision Problems via Interactive Computer Graphics with Applications to Job-Shop Scheduling. PhD thesis, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh (PA),

No obstante, fueron el método CPM<sup>115</sup>, el método PERT y el método de los potenciales de BERNARD ROY las primeras herramientas, basadas en grafos, utilizadas para la programación de actividades de un proyecto.

El problema de programación de actividades con recursos limitados, una extensión natural y realista de los trabajos anteriores, es uno de los afectados por la teoría de la complejidad, de la que se deduce, a efectos prácticos, la existencia de problemas para los cuales no es posible encontrar un algoritmo que garantice la obtención de soluciones óptimas para cualquier ejemplar en un tiempo de ejecución expresable mediante una función polinómica de los parámetros del problema. Esta teoría, ni rechazada ni demostrada, ha favorecido la proliferación y empleo de los algoritmos heurísticos.

La programación lineal con variables enteras se remonta a 1954, cuando DANTZIG, FULKERSON y JOHNSON<sup>116</sup>, grupo de trabajo de la RAND Corporation, resuelven de forma exacta el mayor problema del viajante de comercio resuelto hasta ese momento y consistente en encontrar el camino más corto que atravesara todas las capitales de estado de los Estados Unidos, en aquel momento 48, y Washington DC., y que ya recogía gran parte de las ideas que más adelante darían paso al nacimiento de los algoritmos de Branch and Cut<sup>117</sup>.

En 1958 GOMORY<sup>118</sup> extiende la idea utilizada por DANTZIG, FULKERSON y JOHNSON y demuestra la posibilidad de resolver un problema de programación lineal entera mediante la resolución iterativa de programas lineales relajando restricciones de integridad. En cada iteración un número de restricciones, llamadas cortes, violadas por la solución óptima del problema relajado, pero no por cualquiera de las soluciones enteras presentes en el problema, son añadidas a la formulación para su nueva resolución. Si bien GOMORY<sup>119</sup> demostró que el procedimiento converge en un número finito de pasos, el procedimiento era inaplicable para la resolución de problemas con dimensiones realistas.

Al parecer, no es hasta 1978, que bajo el nombre de Branch and Cut<sup>120</sup>, la generación de planos cortantes no se transforma en una herramienta útil para la resolución de problemas con grandes dimensiones, no sólo utilizando cortes de tipo general sino también cortes

<sup>115</sup> El método CPM, *Critical Path Method*, fue desarrollado en los años cincuenta por J. E. KELLY, trabajador de Remington-Rand, y M. R. WALKER, de Du Pont, para su uso en las plantas de tratamiento químico: J. KELLEY (1961). "Critical path planning and scheduling: Mathematical basis". *Operations Research*, 9(3):296--321.

<sup>116</sup> G. DANTZIG, R. FULKERSON and S. JOHNSON (1954) "Solution of a large-scale traveling-salesman problem", *Operations Research* 2, 393-410.

<sup>117</sup> M. GRÖTSCHEL (1977) *Polyedrische Charakterisierungen kombinatorischer Optimierungsprobleme*, Anton Hain Verlag, Meisenheim/Glan.

<sup>118</sup> GOMORY, R.E: (1958) "Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs". *Bulletin of the American Mathematics Society*. 64, pp. 275-278

<sup>119</sup> GOMORY, R.E: (1963) "An algorithm for integer solutions to linear programs". R.L. Graves, P.Wolfe, eds. *Recent Advances in Mathematical Programming*, McGaw-Hill, New York, 269-302

<sup>120</sup> M. GRÖTSCHEL and M. PADBERG, "On the symmetric traveling salesman problem: theory and computation", en: *Optimization and Operations Research* (R. Henn, B. Korte, and W. Oettli, eds.), *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 157, Springer, Berlin, pp. 105-115.

específicos y definidores de facetas del poliedro de soluciones, y sólo en combinación con otro procedimiento conocido como Branch and Bound.

Posiblemente, una de la primeras referencias sobre las ideas contenidas en B&B la encontramos en 1963 de la mano de BEALE<sup>121</sup>. En 1966, LAWLER y WOOD<sup>122</sup> muestran la utilidad de este procedimiento en la resolución de programas lineales enteros, utilizando como valor de acotación el valor obtenido a partir del programa lineal relajado. La aplicación de este método crea una representación implícita del árbol de exploración del problema que dependiendo del tipo de problema y del ejemplar del problema convendrá recorrer de una manera u otra. Las técnicas básicas de exploración son la denominada *Depth-First* (primero en profundidad), consistente en escoger para la ramificación siempre el subproblema más cercano a la construcción de una solución completa del problema, *Breadth-First* (primero en amplitud), consistente en escoger para la ramificación todos los vértices del árbol de exploración de una etapa antes de pasar a la etapa siguiente y *Best-First* (primero el mejor, conocido en el mundo de la Inteligencia Artificial como A\*) consistente en escoger siempre para ramificar el subproblema con mejor cota (a veces predictor) sobre la solución del problema.

Otro procedimiento exacto y muy extendido es la Programación Dinámica<sup>123</sup>, que se apoya en el principio de optimalidad de BELLMAN<sup>124</sup> para evitar la enumeración explícita de todas las soluciones de un ejemplar del problema.

Los métodos exactos citados, incluso el método Simplex, no aseguran la obtención de una solución óptima en tiempo polinomial. Esta observación podría interpretarse como un serio problema de operatividad computacional, sin embargo, la realidad es otra. Por ejemplo, existen procedimientos para resolver programas lineales con garantías de tiempo de ejecución polinómico, cual es el caso de los denominados algoritmos de punto interior propuestos por KAMARKAR<sup>125</sup>, que, todavía, no han desbancado al método simplex y sus variantes.

En otros casos, sí que es cierto que los algoritmos exactos no son capaces de resolver ejemplares de tamaño industrial en tiempos aceptables, y además existen algoritmos heurísticos capaces de obtener soluciones satisfactorias e incluso el óptimo (sin garantizarlo) en tiempos mucho menores. Un ejemplo paradigmático de este hecho es el problema del ciclo euleriano cuya primera formalización puede encontrarse en los trabajos

---

<sup>121</sup> E.M.L. BEALE (1963) "Two Transportation Problems". En Actes de la Beme Convergence International de Recherche Operational, Oslo, 1963,

<sup>122</sup> E.L. LAWLER and D.E. WOOD (1966) "Branch and bound methods: A survey". Operations Research, 14(3): 699-719, 1966.

<sup>123</sup> Una reciente reseña histórica sobre Programación Dinámica se encuentra en: Stuart DREYFUS (2002) "Richard Bellman on the Birth of Dynamic Programming". Operations Research. January-February 2002. Volume 50, Number 1, pp 48-51.

<sup>124</sup> Richard E. BELLMAN (1957) *Dynamic Programming*. Princeton University Press, 1957

<sup>125</sup> JOOKER, J.N. (1986) "Kamarkar's Linear Programming Algorithm". Interfaces 16: 75-90.

de EULER<sup>126</sup>; el ejemplar más famoso de este problema es el conocido problema de los puentes de Königsberg, que EULER<sup>127</sup> demostró, a través de un sencillo razonamiento, que no tenía solución.

El problema de viajante de comercio (TSP), consistente en encontrar un ciclo hamiltoniano de coste mínimo, es uno de los más estudiados. Al principio del siglo XXI el algoritmo exacto más eficiente disponible para su resolución, llamado Corcorde<sup>128</sup> y basado en las técnicas de branch and cut<sup>129</sup>, era capaz de resolver de forma óptima un problema de 15.112 ciudades tras 22,6 años de tiempo de computación calculado a través de la suma de tiempos de computación de toda la red de ordenadores utilizada para la computación en paralelo de la solución, mientras que el mejor algoritmo heurístico<sup>130</sup> disponible obtenía la misma solución en un tiempo inferior a una hora, y soluciones a menos de un 0,2% de la mejor cota inferior conocida para problemas de mayor tamaño<sup>131</sup> presentado en la literatura.

Los primeros estudios sobre heurísticas se centraron en problemas concretos, como el viajante de comercio<sup>132</sup> o problemas que actualmente tienen un algoritmo eficiente para su resolución, por ejemplo las heurísticas de THORNDIKE<sup>133</sup> para el problema de asignación, y llevaron en algunos casos al desarrollo de algoritmos muy eficientes para ciertos problemas<sup>134</sup>.

Básicamente, las ideas para el diseño de estos algoritmos son dos. Primera, la construcción de una solución de forma secuencial amparada por una regla, en principio determinista. Segunda, el empleo de algún procedimiento determinista de mejora local, *algoritmos de descenso*, definiendo un vecindario y una regla para pasar de una solución (denominada solución en curso) a otra vecina de igual o mejor calidad (que pasa a ser la solución en curso) hasta que se alcanza un óptimo local, momento en el que se produce la parada del algoritmo. Desafortunadamente, estas heurísticas que fueron pensadas para la

<sup>126</sup> N. L. BIGGS, E. K. LLOYD and R. J. WILSON (1976) *Graph Theory 1736-1936*. Clarendon Press, Oxford, 1976. En él pueden verse algunos de los textos originales de Euler como el famoso problema de los puentes de Königsberg.

<sup>127</sup> Otro de los problemas que trató Euler es conocido con el nombre "problema del movimiento del caballo" que reza así: andar con el caballo por todas las casillas del tablero sin estar dos veces en ninguna de ellas. Euler realizó un extenso análisis sobre el problema y creó una serie de conceptos que se convirtieron en parte de la piedra angular de la teoría de grafos, pero no fue ni el único ni el primero de los matemáticos que trataron de resolverlo; entre ellos: Taylor (1685-1731), de Moivre (1667-1754) y Lagrange (1736-1813). Euler dio una solución al ejemplar de 64 casillas del "problema del movimiento del caballo" que a su vez es solución del ejemplar de orden 8 del "problema de los cuadrados mágicos" ( $S_8=260$ ).

<sup>128</sup> David APPLGATE, Robert BIXBY, Vašek CHVÁTAL, William COOK (1998) "On the solution of traveling salesman problems". *Documenta Mathematica Journal der Deutschen Mathematiker-Vereinigung International Congress of Mathematicians (1998)* 645-656.

<sup>129</sup> David APPLGATE, Robert BIXBY, Vašek CHVÁTAL, William COOK (1995) "Finding cuts in the TSP (A preliminary report)". DIMACS Technical Report 95-05, March.

<sup>130</sup> K. HELSGAUN (2000) "An Effective Implementation of the Lin-Kernighan Traveling Salesman Heuristic". *European Journal of Operational Research* 126 (1), 106-130.

<sup>131</sup> Para un problema de 1.904.711 ciudades el resultado obtenido se encuentra a sólo un 0.19% de la cota inferior del problema.

<sup>132</sup> G.A. CROES (1958) "A method for solving traveling-salesman problems". *Operations Research* 6, 791-812.

<sup>133</sup> R.L. THORNDIKE (1950) "The problem of the classification of personnel". *Psychometrika* 15 (1950) 215-235.

<sup>134</sup> S. LIN and B.W. KERNIGHAN (1973) "An effective heuristic algorithm for the traveling-salesman problem". *Operations Research* 21, 498-516.

potencia computacional de la época y, por tanto, enfatizadas hacia el diseño de la regla determinista constructora de la solución inicial, caen fácilmente en óptimos locales y ofrecen siempre (salvo sorteo) la misma solución, no obstante, mostraron su capacidad de resolver eficientemente aquellos problemas para las que habían sido diseñadas.

A lo largo de los años 80, aparecen heurísticas de propósito general para intentar enriquecer la generación de soluciones. Las heurísticas de propósito general, llamadas metaheurísticas, fijan un marco de trabajo lo suficientemente extenso como para permitir su aplicación a problemas muy distintos y con condiciones diferentes. Muchas de las metaheurísticas se basan en analogías con procesos naturales, como el recocido simulado, los algoritmos genéticos o la optimización por colonias de hormigas, o bien en intentar imitar el comportamiento asociado a la decisión humana frente a la resolución de problemas, como el GRASP o la búsqueda Tabú.

Por orden cronológico, a principios de los setenta nacen los algoritmos genéticos<sup>135</sup> (*genetic algorithms* o, abreviadamente, GA), una metaheurística basada en una analogía del proceso de selección natural de DARWIN. La idea es muy simple: la población de soluciones en curso es sometida a una serie de operadores de reproducción (generación de soluciones descendientes a través de la combinación de partes de soluciones originarias), de mutación (modificación, normalmente con empleo del azar, de una parte de una solución) y de selección, con objeto de crear una nueva población en curso de mejor calidad a la anterior.

El recocido simulado (*simulated annealing*, o abreviadamente, SA), introducido por KIRPATRICK et al.<sup>136</sup>, se basa en una analogía termodinámica del proceso de recocido metalúrgico, y se inspira en el modelo de simulación de éste ofrecido por METRÓPOLIS et al.<sup>137</sup>. La idea básica es también muy sencilla: dada una solución en curso, obtenemos, como solución tentativa, una vecina de la misma; si la solución tentativa es mejor (o igual) que la solución en curso, la substituye como tal; si es peor puede pasar a ser la solución en curso con una probabilidad que depende de la diferencia entre el valor de la solución en curso y el de la tentativa, y del valor de un parámetro de control regulable (denominado originariamente *Temperatura*) que, en la versión *ortodoxa* del SA, decrece monótonamente a lo largo de la ejecución del algoritmo. Evidentemente, el algoritmo debe retener, a lo largo del proceso, la mejor solución hallada (que no es necesariamente la última solución en curso): la *solución preferible*<sup>138</sup>.

<sup>135</sup> HOLLAND J. (1973) "Genetic algorithms and the optimal allocation of trials". SIAM J. Computing 2 (2), 88-105.

<sup>136</sup> S. KIRPATRICK, C.D. GELLAT, Jr. and M.P. VECCHI (1983) "Optimization by simulated annealing" Science, pages 671-680, May 1983..

<sup>137</sup> N. METROPOLIS, A. ROSENBLUTH, M. ROSENBLUTH, A. TELLER and E. TELLER (1953) Simulated annealing. Journal of Chemical Physics, 21:1087,

<sup>138</sup> *Incumbent Solution*.

La búsqueda tabú (*tabu* o *taboo search* o, abreviadamente, TS), debida a Glover<sup>139 140 141</sup>, es un procedimiento de búsqueda en el espacio de soluciones que está guiado por una memoria a corto y a largo plazo. Su idea básica es aún más sencilla que la del SA: se trata de incorporar a un algoritmo de descenso, exhaustivo o no, un mecanismo de aceptación restringida de soluciones vecinas con calidad inferior a la de la solución en curso, tratando de evitar, lógicamente, la reiteración y dando la oportunidad de obtener soluciones preferibles con calidad monótonamente creciente a lo largo de la ejecución del algoritmo, para ello se aplican dos ideas: la *lista tabú* y el *nivel de aspiración*.

La combinación de un algoritmo *greedy* aleatorizado con un procedimiento de optimización local da lugar a los algoritmos de búsqueda *greedy* aleatorizada y adaptativa<sup>142</sup> (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* o, abreviadamente, GRASP). Lo específico de los GRASP es la utilización del azar; la estructura general de tales algoritmos es la misma que la de los algoritmos *greedy* deterministas, pero en cada iteración la decisión parcial se adopta eligiendo, mediante el azar, una de las que figuran en una lista de decisiones candidatas; una vez determinada una solución, se busca un óptimo local asociado a la misma.

Finalmente, para concluir esta reseña sobre las principales metaheurísticas, aunque dejando otras muchas en el tintero, nos encontramos con los algoritmos de colonias de agentes cooperativos, llamados coloquialmente algoritmos de hormigas<sup>143</sup> (*Ant System: colony of cooperating agents* o, abreviadamente, AS), introducidos por MARCO DORIGO, VITTORIO MANIEZZO y ALBERTO COLORNI. Los AS se basan en una analogía del comportamiento de algunas colonias de hormigas para la obtención de alimento de manera eficiente. Las ideas básicas de esta metaheurística son también muy sencillas: se construyen soluciones bajo un esquema *greedy* aleatorizado de forma que, en cada iteración particular de una solución, la decisión parcial se adopta eligiendo, mediante el azar, una de las que figuran en una lista de decisiones candidatas, pero dando mayor preferencia a aquellas decisiones parciales que han conducido previamente a soluciones de mayor calidad, tratando de evitar, lógicamente, el estancamiento de la población de soluciones, para ello se aplican dos ideas: la *matriz de rastro* y el *factor de evaporación*. Por supuesto, también cabe la posibilidad de buscar un óptimo local para cada solución determinada.

<sup>139</sup> GLOVER, F. (1987) "Tabu Search Methods in Artificial Intelligence and Operations Research". ORSA Artificial Intelligence, Vol. 1, No. 2, 6.

<sup>140</sup> GLOVER, F. (1989) "Tabu search-Part I". ORSA Journal on Computing, Vol. 1, No. 3, pp 190-206.

<sup>141</sup> GLOVER, F. (1990) "Tabu search-Part II". ORSA Journal on Computing, Vol. 2, No. 1, pp 4-32.

<sup>142</sup> Quizás la primera referencia sobre GRASP es J.P. HART, A.W. SHOGAN (1987) "Semi greedy heuristics: An empirical study". Operations Research Letters, 6:107-114. A pesar de su origen reciente, existe una abundante literatura al respecto; en <http://www.research.att.com/~mgcr/doc/graspbib.pdf>, -rev. 20090327- Mauricio G.C. RESENDE nos ofrece una selección extensa de referencias sobre el tema.

<sup>143</sup> M. DORIGO, V. MANIEZZO, A. COLORNI (1996) "The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B. Vol. 26, No. 1, pp.1-13.

Tras esta breve visión histórica, invitamos a reflexionar sobre la posible evolución futura de la Investigación Operativa y, en general, de los Métodos Cuantitativos; un tema muy discutido en muchas ocasiones. ELIEZER NADDOR, uno de los primeros profesores que obtuvo el doctorado en esta disciplina (1957), definía: “*la investigación de Operaciones es aquello que hacen los investigadores operativos*”.



## 5 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL ASISTIDA POR LA TEORÍA DE LA ORGANIZACIÓN

### 5.1 Introducción

La *Teoría de la Organización* se ocupa fundamentalmente de los problemas relativos a los procesos internos y la estructura organizativa, así como de los aspectos relacionados con el comportamiento de los individuos y de los grupos en la empresa, ya sea en el ámbito industrial o fuera de él.

En la actualidad se tiene un cuerpo de conocimiento acumulado desde finales del siglo XIX hasta el presente, que recoge las aportaciones de muchos autores en los diferentes campos objeto de estudio de la Teoría, ya sea en el terreno de los procesos internos o estructuras en las organizaciones o, también, en los estudios sobre el comportamiento humano.

Las aportaciones individuales al denominado *Pensamiento Organizativo* son claras, también lo son las aportaciones realizadas por grupos formalizados de trabajo que de una forma u otra han contribuido con el estudio de algún aspecto considerado importante en la disciplina. Obviamente, algunos de estos autores, que a veces han creado escuela, han contribuido también al desarrollo de la *Organización Industrial*, ya que estaban vinculados a la Industria; basta pensar en las aportaciones relacionadas con el diseño, gobierno y control de sistemas productivos e, incluso, en el desarrollo de instrumentos para resolver problemas; pongamos por caso: F.W. TAYLOR, H. GANTT, FRANK y LILLIAN GILBRETH, H. EMERSON y H. FORD, H. FAYOL, E. MAYO, K. LEWIN, M. P. FOLLET, CH. I. BARNARD, A. H. MASLOW, F. HERZBERG, D. MCGREGOR, R. LIKERT, C. ARGYRIS, DOUGLAS MCGREGOR, E. B. WILSON, K. J. ARROW, R. BELLMAN, C. W. CHURCHMAN, R. L. ACKOFF, E. H. BOWMAN, E.S. BUFFA, L. VON BERTALANFFY, y un largo etcétera.

Algunos de ellos ya han sido mencionados en secciones anteriores dedicadas a ofrecer las visiones históricas de la *Organización de la producción* y de los *Métodos cuantitativos de gestión*, por ello, no es nuestra intención volver a insistir en ellos; pero sí queremos ofrecer una visión integradora de aportaciones mediante la recopilación y reseña de algunas Escuelas, Enfoques, Teorías y Modelos, que han sido objeto de estudio de pensadores dedicados al esfuerzo de organizar el *Pensamiento del Organizar*. Tema éste, por otra parte, cuyo desarrollo se aleja de nuestras humildes pretensiones, pues pensamos que con poder llegar a entender y sistematizar “cómo Organizar de forma eficiente aquéllo que es Industrial”, tangible o no, ya es suficiente por el momento.

Para la recopilación y descripción mencionadas, nos basaremos en los trabajos de KOONTZ, LUSSATO, ROBBINS, CHIAVENATO y KOONTZ y WEHRICH, recogidos, en gran

parte y de forma sintética, por el profesor BUENO CAMPOS<sup>144</sup>. Todos ellos se han preocupado por poner orden a las contribuciones de Escuelas, Enfoques, Teorías y Modelos del Pensamiento Organizativo.

Sobra decir, que entre ellos no existe un consenso en cuanto al número de “unidades”<sup>145</sup> existentes y a los “objetos”<sup>146</sup> constituyentes de cada “unidad”. Este hecho puede parecer paradójico en un principio, pues estamos hablando, en parte, de Organizar el Pensamiento sobre Organización, pero resulta a la vez evidente el fracaso sobre un consenso ya que dichos autores no parecen emplear ni un mismo “criterio de relación”<sup>147</sup> ni un mismo “criterio de vinculación”<sup>148</sup> para establecer las “unidades”, ni un mismo número de “unidades” que, en ocasiones, se establece a priori conjuntamente con sus nombres.

Por ejemplo, la forma de “unificar”<sup>149</sup> que propone CHIAVENATO<sup>150</sup> es clara y fácil de formalizar, tal como la interpretamos. Primero, se consideran cinco subsistemas<sup>151</sup>: (1) las tareas, (2) la estructura, (3) las personas, (4) el ambiente y (5) la tecnología; estos 5 subsistemas dan su nombre a las 5 “unidades” a formar. Segundo, se establece un “criterio de vinculación” entre las “unidades” a formar y los “objetos”<sup>152</sup>. Para poder hacer efectiva dicha vinculación, se puede enunciar: un “objeto” está en una “unidad”, si su preocupación prioritaria es el estudio del Subsistema que da nombre a la “unidad”.

KOONTZ<sup>153</sup>, por ejemplo, propone, en 1961, la existencia de seis Enfoques<sup>154</sup>: Del proceso administrativo, Empírico, Del comportamiento, Del sistema social, Matemático y De la teoría de la decisión.

Y el mismo KOONTZ, junto a WEHRICH, establece 30 años más tarde, un total de 11 Enfoques: Empírico, Del Comportamiento interpersonal, Del Comportamiento grupal, De los Sistemas sociales cooperativos, De los Sistemas sociotécnicos, Matemático, De la teoría de la decisión, De sistemas, De contingencias, De los estilos directivos y De la teoría operacional.

Es fácil ver, a través de estos dos ejemplos, que las formas de dar estructura al *Pensamiento Organizativo* de CHIAVENATO y de KOONTZ son muy distintas.

<sup>144</sup> Ver, P. Ej. BUENO, E. (1996) *Organización de empresas. Estructura, procesos y modelos*. Madrid: Ediciones Pirámide.

<sup>145</sup> Empleamos aquí el término “unidad” para significar “un conjunto de objetos agrupados en función de algún criterio”. El criterio puede ser simple o compuesto, y la composición de criterios puede ser jerárquica o ponderada.

<sup>146</sup> Empleamos aquí el término “objeto” para significar “todo lo que puede ser materia de conocimiento científico sobre el Pensamiento Organizativo por parte del pensador”.

<sup>147</sup> Entenderemos por “criterio de relación” o “criterio relacional” como “aquél que establece una relación  $R$  en el conjunto de los objetos”. Si la relación es de equivalencia, las unidades serán disjuntas y recibirán el nombre de “clases”.

<sup>148</sup> Entenderemos por “criterio de vinculación” o “criterio vinculante” como “aquél que sirve para decidir si un objeto está incluido o excluido de una unidad”.

<sup>149</sup> Entenderemos aquí por “unificar” como “hacer unidades”.

<sup>150</sup> Chiavenato, I. (1987) *Introducción a la Teoría General de la Administración*. McGraw Hill Lat.

<sup>151</sup> Emplearemos para este concepto el término “subsistema”.

<sup>152</sup> En el caso de CHIAVENATO, los objetos corresponden a Teorías.

<sup>153</sup> Ver, P. Ej. BUENO, E. (1996) *Organización de empresas. Estructura, procesos y modelos*. Madrid: Ediciones Pirámide.

<sup>154</sup> En el caso de KOONTZ, los Enfoques son y dan nombre a las “unidades”.

CHIAVENATO está “clasificando” en el sentido de la teoría de conjuntos: sus “unidades” son efectivamente “clases de equivalencia”, ya que es imposible que una Teoría “enfátice prioritariamente” en más de un subsistema a la vez y toda Teoría, para ser considerada, debe enfatizar en algún subsistema; o, si se prefiere, se puede establecer fácilmente una relación de equivalencia, que ofrecerá el mismo resultado, en el conjunto de “objetos” (Teorías en su caso) así: *dos Teorías están relacionadas si y sólo si enfatizan prioritariamente en el mismo subsistema*. No obstante, detectamos algunos problemas: primero, si el autor quiere “clasificar” de manera estricta, los “objetos” también deben ser disjuntos; segundo, ¿cómo distinguimos el énfasis sobre un subsistema?; tercero, ¿en qué momento se decide, y quién, que hay un nuevo “objeto”?; cuarto, ¿cómo se incluyen las nuevas aportaciones al Pensamiento Organizativo en un “objeto” ya existente?, quinto, ¿siempre habrá 5 “unidades”? En cualquier caso, estamos de acuerdo en que las “unidades” son estables y claras.

KOONTZ, por su parte, a nuestro entender, da mucha facilidad a la creación de nuevas “unidades”, basta con que sea reconocido un nuevo Enfoque. También, nos parece peligroso que no quede bien definido lo que “clasifica” o “unifica”, es decir, no queda claro el contenido de los “objetos”, lo cual puede dar lugar a “unidades” (Enfoques en este caso) sin estructura interna. Finalmente, la naturaleza de las “unidades” nos parece muy dispar y sin fronteras nítidas, por ejemplo: Enfoque Matemático versus Enfoque de la Teoría de la Decisión versus Enfoque de Sistemas versus Enfoque de los Estilos directivos.

Tras esta breve reflexión, proponemos recopilar y reseñar algunas aportaciones importantes al Pensamiento Organizativo que han influido, de una forma u otra, en la Organización Industrial. Los “objetos” seleccionados son de distinto tipo, pues corresponden a Escuelas, Enfoques, Teorías y Modelos; estos son:

- La Administración Científica del Trabajo
- La Teoría del Proceso Administrativo
- La Teoría de la Burocracia
- La Escuela de Relaciones Humanas
- La Escuela de la Ciencia de la Conducta
- La Teoría de los Sistemas Sociales Cooperativos
- La Escuela Neoclásica
- La Teoría del Comportamiento Administrativo
- El Enfoque cuantitativo o matemático
- La Teoría General de Sistemas
- La Teoría de la Contingencia o Situacional
- La Escuela de los Sistemas Sociotécnicos
- El enfoque de los Estilos Directivos

- El Enfoque de la Teoría Operacional
- El Enfoque de la Estructura de McKinsey
- El Modelo de Ecología de las Poblaciones
- El Modelo de Dependencia de Recursos
- La Teoría Institucional.

No pretendemos establecer una “clasificación” de los “objetos” anteriores, pues es evidente que no son disjuntos ni homogéneos. No obstante, para dar un hilo al discurso, hemos “alineado” los “objetos”, no de manera estricta, en orden cronológico y por afinidad.

*“La confirmación de las teorías depende de si sus elementos se pueden acoplar de modo que, como en un arco o una cúpula, se sostengan mutuamente, formando un todo coherente”*

[Francis BACON (1561-1626)]

*“Puede haber tantas clasificaciones de series de cuerpos naturales como propiedades hay que los relacionan entre sí o con otras cosas; o también, puede haber tantas clasificaciones como modo de ver estos cuerpos mentalmente; en lo que se refiere a clasificar en el reino animal, más apropiado sería hablar de una clasificación que de la clasificación”*

[Thomas Henry HUXLEY (1825-1895)]

## 5.2 Una reseña sobre Modelos, Teorías, Enfoques y Escuelas del Pensamiento Organizativo

### La Escuela Administración Científica del Trabajo

De la obra de FREDERICK W. TAYLOR (1856-1915), *The Principles of Scientific Management* (1911), surge de la Administración, Gestión o Dirección Científica del Trabajo, conocida coloquialmente como “taylorismo”. Esta escuela, muy condicionada inicialmente por el entorno industrial, se ha constituido como una de las más influyentes en las prácticas directivas y de organización del trabajo de las empresas industriales de producción en serie, desde el auge de la Revolución Industrial y la difusión de la especialización del trabajo.

El nombre de la Escuela obedece al intento de aplicar los principios de la ciencia a la finalidad de alcanzar una elevada eficiencia. Siguiendo como eje central el estudio y normalización de los procesos de trabajo, se trata de analizar las tareas realizadas con el fin de racionalizarlas para conseguir maximizar sus resultados. Esta racionalización de procesos, más ampliamente detallada en el próximo capítulo, se realiza fundamentalmente en las operaciones, pero también hasta cierto punto en el trabajo directivo, estableciendo procedimientos analíticos y científicos para mejorarlo.

Además de F. W. TAYLOR, cabe mencionar como integrantes y continuadores a sus colaboradores, H. GANTT, FRANK y LILLIAN GILBRETH, H. EMERSON y HENRY FORD.

### **La Teoría del Proceso Administrativo**

El enfoque de HENRY FAYOL<sup>155</sup> (1841-1925) difiere sustancialmente del de TAYLOR, aunque ambos buscaban racionalizar los procesos. Mientras que TAYLOR y su Escuela se concentraron en analizar fundamentalmente las tareas básicas de operaciones y organización del trabajo, FAYOL y sus seguidores teorizaron sobre la forma de racionalizar, organizar y dirigir la organización en el conjunto de la empresa. La aportación de FAYOL es importante porque desarrolla, por primera vez, una Teoría General sobre la Administración. Además de crear una división en las operaciones en seis tipos (técnicas, comerciales, financieras, de seguridad, de contabilidad y de administración), en éstas últimas establece que la Administración se sustenta en cinco funciones: previsión, organización, dirección, coordinación y control.

Este enfoque es normativo y universalista, y propone una serie de principios y normas sobre como administrar adecuadamente las empresas, que se consideran universalmente aplicables. FAYOL plantea 14 principios generales para el desarrollo de la función administrativa:

- La División del Trabajo: especialización de funciones para disponer de recursos humanos más experimentados y productivos.
- La Autoridad: consiste en el derecho a impartir órdenes y el poder de hacerse obedecer.
- La Disciplina: obligación de obedecer según los convenios establecidos.
- La Unidad de Mando: para realizar una acción, cualquier persona debe recibir sólo órdenes de un jefe.
- La Unidad de Dirección: un solo jefe y un solo programa para un conjunto de operaciones que tienden al mismo fin.
- La Subordinación de los intereses particulares al interés general: los intereses de la empresa tienen prioridad.
- La Remuneración al personal: debe ser proporcional a los esfuerzos realizados.
- La Centralización: obedece a la reacción en que las sensaciones convergen en el cerebro, o dirección, y de éste parten las órdenes para poner en movimiento todas las partes del organismo.
- La Jerarquía: surge como necesidad de una pirámide jerárquica de autoridad.

---

<sup>155</sup> HENRY FAYOL. Nacido en el seno de una familia burguesa, se graduó como ingeniero civil de minas en 1860 y desempeñó el cargo de Ingeniero en el grupo minero-metalúrgico Commentry Fourchambault. En 1878, en el Congreso de París de la Sociedad Industrial Minera, presentó un informe sobre la combustión espontánea de la hulla expuesta al aire, consagrándose como hombre de ciencia. En 1888 alcanza la dirección general de Commentry Fourchambault. Se jubiló en 1918.

- Orden: simplemente “un lugar para cada persona y cada persona en su lugar”.
- Equidad: la justicia es la aplicación de los convenios establecidos, pero es insuficiente porque no todo puede ser convenido; la equidad va más allá, pues combinación de la benevolencia con la justicia.
- La Estabilidad del personal: se requiere tiempo para aprender una función y desarrollarla satisfactoriamente; la estabilidad del personal será un factor de éxito para la empresa.
- La Iniciativa: “concebir un plan y asegurar su éxito es una de las más vivas satisfacciones que puede experimentar el hombre inteligente (...). La iniciativa de todos yendo a complementar la del jefe, y en caso de necesidad supliéndola, es una gran fuerza para las empresas (...). Es necesario estimular y desarrollar esta facultad en el mayor grado posible”.
- La Unión del personal: la armonía y la unión del personal de una empresa constituyen una gran fuerza para ella.

Estos principios y enunciados se basan en la observación y el sentido común y no en trabajos empíricos o en aplicar métodos rigurosamente científicos, pero, a pesar de sus limitaciones, la aportación de este enfoque es indudablemente muy valiosa para el desarrollo de la teoría de la Organización de Empresas. Precisamente, la obra de FAYOL recibe críticas como la ausencia de contraste empírico u otras, como la simplificada concepción de la estructura formal.

### **La Teoría de la Burocracia**

Los estudios sobre la estructura burocrática realizados por MAX WEBER (1864-1920), desde el campo de la Sociología, han constituido una de las teorías más influyentes en los análisis posteriores sobre organizaciones.

El modelo organizativo burocrático propuesto por WEBER, la burocracia, se plantea como forma de organización eficaz y eficiente, que permite evitar los defectos de otros sistemas administrativos. La meta es conseguir la racionalidad en las tareas administrativas, al ser un sistema más ordenado.

En la burocracia la autoridad y la responsabilidad de cada miembro están señaladas con claridad: son racionales. El poder de decisión se orienta a alcanzar objetivos prefijados y a administrar eficientemente los recursos disponibles. El poder de decisión también depende de la cadena de mando, o sea, en función del puesto que se ocupa en la jerarquía y no por otros motivos.

Este tipo de autoridad se contraponen a otras formas de autoridad menos racionales y con una toma de decisiones más arbitraria, como la autoridad tradicional, basada en el pasado, conservadora y hereditaria, o la autoridad carismática, basada en las características

personales del líder. Con esta autoridad propuesta por WEBER se da mayor estabilidad y predictibilidad a la toma de decisiones y permite a los subordinados mayor independencia y protección frente a posibles arbitrariedades.

El comportamiento directivo en la burocracia es racional e imparcial, pero además el comportamiento de todos los miembros individuales de la organización, como de la organización en su conjunto, tiene un gran carácter predecible, ya que se ha dividido sistemáticamente el trabajo y, además, se han establecido reglas y normas técnicas específicas para cada cargo.

Algunos autores han puesto de manifiesto las limitaciones de la burocracia, pero es interesante el valor que se le atribuye como adecuada respuesta organizativa a determinadas condiciones del entorno<sup>156</sup>. Por ello, esta teoría se somete a una revisión que considera las consecuencias no previstas de la burocracia, como la respuesta a los requerimientos de los clientes<sup>157</sup>.

### **La Escuela de Relaciones Humanas**

La Escuela de las Relaciones Humanas tiene su origen en las conocidas investigaciones realizadas en la planta Hawthorne de la Western Electric Company en la década de 1920 por un equipo de psicólogos industriales (MAYO, ROETHLISBERGER Y WARNER) de la Universidad de Harvard.

El estudio, del que ya hablamos en el apartado dedicado a la Organización de la Producción, se planteó, en un principio, con el objetivo de conocer hasta qué punto los factores ambientales del puesto de trabajo, como la iluminación, afectaban al rendimiento de los empleados. El análisis de los resultados de estos experimentos, dirigidos por ELTON MAYO (1880-1949), arrojaron importantes conclusiones que sentaron las bases para un cambio de rumbo en la Teoría de la Organización y la Administración. Tres aspectos especialmente relevantes se ponen de manifiesto en estas conclusiones:

- El cambio en la concepción mecanicista del hombre del modelo racional, cobrando gran importancia el comportamiento humano y, por lo tanto, los factores psicológicos y sociales.
- La importancia del grupo social y las normas del grupo para explicar el comportamiento individual y organizativo, implica que se comience a estudiar los aspectos informales de la organización.
- Las bases para diferentes corrientes de investigación y estudios del comportamiento humano en las organizaciones quedan sembradas, con lo que se establece una tradición en estos estudios que cobra creciente importancia.

<sup>156</sup> MINTZBERG, H. (1984). *La Estructuración de las Organizaciones*. Colección Ariel economía Barcelona: Ariel.

<sup>157</sup> MENGUZZATO, M.; RENAU, J. J. (1991). *La Dirección Estratégica de la empresa. Un enfoque innovador del management*. Colección Ariel economía. Barcelona: Ariel.

La Escuela de las Relaciones Humanas ha sido objeto de diversas críticas, entre las cuales su falta de atención a los aspectos estructurales y técnicos de la organización, a sus relaciones con el entorno, y por introducir la “humanización” de la empresa como un instrumento para seguir manteniendo el sistema tradicional de dirección, sin el propósito real de una democratización de la misma.

Sin embargo, pese a las críticas, este enfoque ha supuesto una aportación fundamental para introducir en la Teoría de la Organización los aspectos de comportamiento humano y la organización informal. Además, sirvió para mostrar las ventajas de la aplicación en esta disciplina de los métodos de investigación propios de las ciencias sociales, al poner de manifiesto la importancia de la comprobación empírica de los principios sobre Organización de Empresas.

### **La Escuela de la Ciencia de la Conducta**

Este enfoque también ha recibido el nombre de “Nueva Escuela de Relaciones Humanas”, ya que continúa la línea abierta por la escuela precedente. Se pueden citar como precursores de este enfoque a KURT LEWIN (1890-1947), MARY PARKER FOLLET (1868-1933) y CHESTER I. BARNARD (1886-1961). Asimismo, algunos de los más característicos autores, continuadores en esta línea de trabajo, son A. H. MASLOW, F. HERZBERG, D. MCGREGOR, R. LIKERT y C. ARGYRIS.

En resumen, esta corriente se fundamenta en la idea central que los trabajadores producirán mayores beneficios a la empresa si se sienten motivados, que si se siguen criterios únicamente burocráticos.

Uno de los autores más conocidos de esta escuela es DOUGLAS MCGREGOR, creador de las Teorías X e Y. MCGREGOR define la primera como el enfoque tradicional de dirección, basada en una concepción del ser humano proclive a la aversión al trabajo. La segunda, en cambio, se basa en la concepción del ser humano con una tendencia natural al trabajo y a asumir responsabilidades.

Finalmente, no debe olvidarse que los miembros de esta escuela han realizado enormes contribuciones a la comprensión de la motivación individual del comportamiento de los grupos, de las relaciones interpersonales en el trabajo y de la importancia del trabajo para el ser humano.

### **La Teoría de los Sistemas Sociales Cooperativos**

CHESTER I. BARNARD (1886-1961) entiende a la organización empresarial como un sistema de cooperación. Define la organización formal como “*esa clase de cooperación*”



*entre los hombres que es consciente, deliberada e intencionada*". En este marco, concede una gran importancia a la organización informal y a su interconexión con la organización formal, pues la segunda surge de la primera; y además, cuando la organización formal funciona, requiere y crea organizaciones informales. Esto se debe a que las estructuras informales mantienen la cohesión gracias a facilitar la comunicación; por tanto, la organización informal es necesaria para que funcione cualquier organización formal.

Según BARNARD, una organización surge si unas personas quieren unirse a otras, colaborar en una actividad y que ésta tenga una finalidad común. Los tres aspectos son condiciones inicialmente necesarias y suficientes, que se encuentran en todas las organizaciones. Esta visión del funcionamiento de la organización se complementa con sus condiciones de supervivencia y desarrollo: para existir una organización de manera continuada cree que es necesaria su eficacia o su eficiencia; y para una vida más prolongada, las dos.

El planteamiento de BARNARD es realmente revolucionario para su época. En los años en que publica sus ideas, todavía no han sido traducidas al inglés ni la obra de WEBER ni la de FAYOL y los planteamientos que dominan la dirección en las grandes empresas industriales de su tiempo son en gran medida *tayloristas*.

Sus ideas sobre la organización formal e informal son articuladas paralelamente a las investigaciones de MAYO y sus colaboradores<sup>158</sup>. comenta la importancia que BARNARD dedica a la dirección de los esfuerzos hacia un propósito común: "*La inculcación de la creencia en la existencia real de un propósito común es una función esencial de los ejecutivos*". De esta forma se erige precursor también de los numerosos estudios sobre el compromiso y de la importancia dada al propósito común y al proyecto común de futuro de la moderna Dirección Estratégica.

Las aportaciones realizadas han ejercido una gran influencia en los desarrollos posteriores, según VICENS<sup>159</sup>. Su énfasis en la cooperación sitúa su obra también como precursora de la moderna Gestión de la Calidad Total, ya que uno de los ejes centrales de este enfoque de dirección es la cooperación, tanto interna entre los miembros de la organización, como con proveedores y clientes. Para BARNARD la cooperación es la base de la gestión. La existencia de un propósito común puede calificarse más bien moral, de servicio, que de tipo económico.

Un último aspecto que se plantea también es el concepto de autoridad aceptada, muy diferente del concepto de autoridad legal de WEBER, que conecta con los modernos trabajos sobre la importancia de liderazgo para el ejercicio de la autoridad formal.

<sup>158</sup> VICENS, E. (1999) *Proyecto Docente y de Investigación*. CU-9/99 UPV. Área de conocimiento 650: Organización de Empresas. Alcoy.

<sup>159</sup> Ibid.

## La Escuela Neoclásica

Según algunos autores, este enfoque surge como respuesta al excesivo formalismo que estaban adquiriendo los nuevos enfoques de la organización. Se trata de una vuelta al estudio de las actuaciones de los directores de la empresa en el campo de la Administración, lo que permite obtener una serie de principios de validez general que orientan las futuras actuaciones de los dirigentes.

En definitiva, el enfoque neoclásico, aunque conserva los principios básicos de la organización clásica de empresas, los adapta tanto a la dimensión de los problemas administrativos actuales, como al tamaño de las organizaciones contemporáneas. Una de sus principales aportaciones es la Gestión o Dirección por objetivos, lo demuestra la definición sobre objetivos del profesor DRUCKER: *“Los objetivos no representan un destino; configuran una orientación. No son órdenes, son compromisos. No determinan el futuro; son medios para movilizar los recursos y las energías de la empresa en la preparación del recurso”*<sup>160</sup>.

Como representantes más destacados de este enfoque, cabe citar a E. DALE, P. F. DRUCKER, A. SLOAN JR., A. D. CHANDLER JR. y H. KOONTZ.

## La Teoría del Comportamiento Administrativo

HERBERT A. SIMON (1916-2001) plantea que, en realidad, las decisiones se fundamentan en un comportamiento humano basado en la **satisfacción** más que en la optimización, ya que la racionalidad está limitada. SIMON indica que el comportamiento humano, base del proceso real de toma de decisiones en la organización, está más cerca de un sistema de estímulo más respuesta que de una elección entre alternativas<sup>161</sup>. La teoría de la racionalidad intencionada y limitada del comportamiento de los seres humanos surge porque no tienen inteligencia necesaria para conseguir el máximo, y se dan por satisfechos: *“Toda la racionalidad en el proceso de decisión es limitada. El gerente no maximiza, toma decisiones que lo satisfacen, descubre soluciones aceptables para problemas bien reales. Se contenta con alternativas satisfactorias”*. La racionalidad exige una elección entre todos los posibles comportamientos alternativos, pero en el comportamiento real sólo se piensa en pocas de estas posibles alternativas.

La formación de SIMON en Psicología y Matemáticas, además de Economía y Administración, le permite una visión amplia de los procesos de toma de decisiones dentro de las organizaciones. Esto le lleva a profundizar en el comportamiento administrativo, y a estudiar qué formas o mecanismos se utilizan en las organizaciones para influir en las decisiones de sus miembros y garantizar su compatibilidad con los

<sup>160</sup> MARTÍNEZ MARTÍNEZ, M.A. (1996) *Casos prácticos de Management estratégico*. Madrid: Díaz de Santos.

<sup>161</sup> BUENO, E. (1996) *Organización de empresas. Estructura, procesos y modelos*. Madrid: Ediciones Pirámide.

objetivos generales de la organización. Sus trabajos en el *Carnegie Institute of Technology* le proporcionan reconocimiento académico y social con el premio Nobel de Economía en 1978. Se genera así una escuela de pensamiento centrada en el estudio del comportamiento.

MARCH y SIMON<sup>162</sup> amplían y mejoran la propuesta sobre los límites cognitivos de la racionalidad y los factores que condicionan a los miembros de participar en la organización, y no abandonarla.

Asimismo, plantea el conflicto en las organizaciones, tanto entre individuos como entre grupos, e incluso entre organizaciones. El objetivo es responder tres preguntas:

- ¿En qué condiciones aparece el conflicto? Sería importante predecir dónde y cuándo se va a producir el conflicto de organización o el individual.
- ¿Cuáles son las reacciones de los individuos y las organizaciones frente al conflicto? En general, se espera que la respuesta al conflicto sea un intento para resolverlo; sería deseable especificar qué forma tomará este intento.
- ¿Cuál es el resultado del conflicto? Particularmente, en una situación de negociación, se tiene interés por saber quién obtiene qué.

Esta escuela, por tanto, concibe a la organización como un sistema social. Por eso, a veces se la llama Escuela de los Sistemas Sociales. Su principal limitación es precisamente ésta, ya que se omite elementos importantes en las organizaciones como la tecnología, al concebir la organización únicamente como un sistema social.

### **El Enfoque cuantitativo o matemático**

Este enfoque, al que hemos dedicado el capítulo 4, parte de la existencia de un decisor racional, cuya conducta sigue un criterio de optimización. El desarrollo de las técnicas cuantitativas (fundamentalmente la Investigación Operativa) tiene sus orígenes en Gran Bretaña durante la II Guerra Mundial. Ante la necesidad bélica, se recurre a modelos matemáticos para el análisis de operaciones y la toma de decisiones en problemas de asignación recursos y programación de actividades. Las soluciones alcanzadas, aplicando una serie de técnicas matemáticas y algoritmos que se adaptan a los casos planteados, las obtienen grupos de científicos que aglutinan a expertos de diferentes disciplinas.

Se trata de un conjunto de métodos cuyo objetivo es construir modelos abstractos, fundamentados en la lógica y en la matemática, que recogen parte de la amplia problemática empresarial tratando de obtener soluciones óptimas mediante el uso de procedimientos formalizados. Para cumplir este objetivo, la Investigación Operativa cuenta con un conjunto de técnicas matemáticas entre las que se podría resaltar la programación lineal, no lineal y dinámica, la teoría de juegos, la teoría de redes en grafos,

<sup>162</sup> MARCH, J. G.; SIMON, H. A. (1981) *Teoría de la organización*. 5ª ed. Ariel Economía. Barcelona: Ariel.

la teoría de los procesos estocásticos (en particular, la teoría de colas) y un conjunto de métodos experimentales como la simulación, entre otros.

En este campo, que podría decirse que emana de los principios teóricos de TAYLOR, cabe citar a investigadores como E. B. WILSON, K. J. ARROW, R. BELLMAN, C. W. CHURCHMAN, R. L. ACKOFF, E. H. BOWMAN o E. S. BUFFA.

Las principales críticas que ha tenido este enfoque por parte de algunos autores<sup>163</sup> es la reducción de la realidad a datos y modelos, en que puede despreciarse información no formalizable y la dificultad de plasmar aspectos de la administración en modelos.

### La Teoría General de Sistemas

El origen de la Teoría General de Sistemas se asocia a los trabajos de L. VON BERTALANFFY. Este autor, preocupado por la excesiva parcelación del conocimiento en las diversas disciplinas científicas, demostró que los conceptos, principios y métodos de algunas ciencias podían ser integrados en parte, gracias a la Teoría General de Sistemas. La definición sobre sistema de TERSINE<sup>164</sup> destaca por su simplicidad: “Algo que tiene muchas partes o componentes (subsistemas) interrelacionados”.

Las principales aportaciones de la Teoría General de Sistemas al estudio de las organizaciones y la dirección han sido de dos tipos: a nivel conceptual y a nivel de desarrollo de técnicas cuantitativas de apoyo a la toma de decisiones (aspecto que se tratará con mayor profundidad posteriormente).

Por un lado, la empresa se concibe a nivel conceptual como una organización con estructura social completa y agente de producción, lo que equivale a un sistema abierto, ligado por múltiples relaciones con su entorno. La forma de entender los sistemas, la jerarquía de sistemas y subsistemas, sus relaciones de interdependencia, tanto en su estructura interna como con su entorno, o su orientación hacia los objetivos, ha tenido una profunda influencia en los estudios posteriores. Con este enfoque, se ha colaborado a comprender la realidad multidisciplinar de la Organización de Empresas.

Según LUSSATO<sup>165</sup> “la Teoría de Sistemas parece realizar la síntesis de los movimientos que la han precedido”, o como indican KOONTZ Y WEHRICH<sup>166</sup>, “difícilmente se puede considerar un nuevo enfoque a la administración”. Por otro lado, la terminología utilizada, así como la forma de conceptualizar la empresa, ha impregnado los estudios de

<sup>163</sup> KOONTZ, H.; WEHRICH, H. (1991) *Elementos de Administración*. 5ª ed. Madrid. McGraw-Hill.

<sup>164</sup> TERSINE, R.J. (1985). *Production/operations management: concepts, structure, and analysis*. 2ª ed. New York: Elsevier Science Pub., cop.

<sup>165</sup> LUSSATO, B. (1977). *Introduction critique aux théories d'organisation*. 2ª ed. París: Dunod.

<sup>166</sup> KOONTZ, H.; WEHRICH, H. (1991) Op. cit.

la disciplina, al concebir de manera generalizada la empresa como sistema, inmerso en un suprasistema ambiental, y divisible en subsistemas de acuerdo a diferentes criterios.

MENGUZZATO Y RENU<sup>167</sup> definen la empresa como un sistema compuesto por un conjunto de elementos interdependientes relacionados en función de un fin u objetivo general que se fija de acuerdo con el sistema socioeconómico en el que se desarrolla la actividad y según las aspiraciones de sus miembros integrantes. Por tanto, la empresa es un sistema abierto que interactúa con el entorno.

Por otro lado, el enfoque de sistemas también ha impulsado el desarrollo de técnicas cuantitativas de apoyo a la toma de decisiones (sus primeros seguidores consideraban que la Teoría General de Sistemas comprendía la Investigación Operativa, la Teoría de la Información o la Cibernética). El desarrollo de estas técnicas más sofisticadas, basadas a menudo en la simulación y el análisis de sistemas, permite reflejar mejor la complejidad de los problemas organizativos.

### **La Teoría de la Contingencia o Situacional**

La Teoría de la Contingencia, derivación de la Teoría General de Sistemas, constituye una aplicación de algunos conceptos y categorías genéricas de ésta última al estudio del conjunto de posibles influencias de las circunstancias, contingencias o situaciones, que afectan a las organizaciones, consideradas como sistemas abiertos y complejos.

Esta teoría, más operativa, pretende conocer cómo funciona un sistema organizativo bajo diversas condiciones o contingencias y así, establecer los diseños estructurales y las acciones directivas más adecuadas a cada caso.

GALBRAITH<sup>168</sup> expone las dos premisas básicas que subyacen en este enfoque: no existe ninguna estructura óptima de organizar; y que forma de organizar no es igualmente válida o eficiente para cualquier tipo de empresa.

De acuerdo a estas premisas, no sería válido un planteamiento de tipo universal defendido por algunos autores, sean cuales sean las características de la organización y de su entorno. Este enfoque pretende establecer las principales interrelaciones entre una organización, sus componentes y su entorno, para proponer una estructura organizativa acorde a cada situación o contingencia (entorno, estrategia, tecnología y tamaño).

P. R. LAWRENCE y J. W. LORSCH<sup>169</sup> confirman desde un punto de vista empírico la afirmación de J. BURNS y G. M. STALKER, que eran necesarios dos tipos de estructuras:

<sup>167</sup> MENGUZZATO, M.; RENU, J. J. (1991). *La Dirección Estratégica de la empresa. Un enfoque innovador del management*. Colección Ariel economía. Barcelona: Ariel.

<sup>168</sup> GALBRAITH, J. R. (1973). *Designing complex organizations*. Addison-Wesley.

<sup>169</sup> LAWRENCE, P. R.; LORSCH, J. W. (1973) *Organización y ambiente*. Barcelona: Labor.

mecanicistas (con buenos resultados en entornos más bien estables) y orgánicas (convenientemente para empresas con cambios rápidos en el entorno). Para establecer estas relaciones entre variables, que puedan ser probadas empíricamente y sirvan de base para la teoría, se utilizan relaciones contingentes o funcionales del tipo “sí X entonces Y”. Su aplicación sistémica permite aplicar los resultados de investigaciones empíricas sobre relaciones entre las variables a la práctica directiva. La influencia de este enfoque ha sido muy grande en la literatura sobre Diseño Organizativo y Dirección Estratégica desde los años setenta hasta nuestros días.

No obstante, algunas limitaciones observadas en este enfoque son, por ejemplo, tratar de especificar cada posible contingencia ya que esto puede ser muy complejo y distraer del esfuerzo de encontrar conceptos capaces de guiar la práctica, que los conceptos no estén claramente especificados en muchas investigaciones, o que al partir de concepciones diferentes de las variables investigadas, las investigaciones no son comparables.

A veces, en este enfoque se incluye los dos siguientes: el Enfoque de los Sistemas Sociotécnicos y el de las Configuraciones Organizativas.

### **La Escuela de los Sistemas Sociotécnicos**

La Escuela de los Sistemas Sociotécnicos, que observa las influencias del sistema técnico sobre el sistema social que definen las organizaciones, surge a partir de los trabajos de un grupo de investigadores del *Tavistock Institute of Human Relations* de Londres. E. L. TRIST y F. E. EMERY, influidos por los trabajos de la Escuela de Relaciones Humanas y a su vez buenos conocedores y defensores del enfoque de sistemas abiertos, les permite destacar la importancia del medio desde un punto de vista teórico.

El origen de los trabajos es un estudio de las minas de carbón inglesas, sobre las consecuencias que un cambio técnico en los sistemas de extracción del carbón tendría en el comportamiento humano. Su conclusión fue que efectivamente se producían fuertes interrelaciones entre el sistema técnico y el sistema social, de manera que el sistema social explica la forma en que se adapta el sistema técnico. O sea, el sistema social, o la forma organizativa, es un factor importante en la tecnología o en como se usa el sistema técnico.

Esta escuela da gran importancia a la influencia mutua entre los aspectos sociales y psicológicos de los individuos que forman parte de la organización y los aspectos técnicos del trabajo que realizan, siendo ambos relevantes para explicar los resultados alcanzados. Por ello, se concluye con la necesidad de una optimización conjunta de dichos subsistemas, ya que una optimización parcial de uno de ellos podría conducir a desajustes serios en el conjunto de la organización, como recuerda VICENS<sup>170</sup>. Todo esto

<sup>170</sup> VICENS, E. (1999) Op. cit.

siempre se ve bajo el prisma de sistema abierto, es decir, concediendo gran importancia a la influencia del entorno.

Finalmente, dada la procedencia científica de los investigadores y del propio instituto, con una tradición exclusivamente psicológica, es destacable la importancia que se concede a los aspectos técnicos. Ello pone de relieve el loable interés de estos investigadores para que sus resultados reflejasen la realidad estudiada en todas sus dimensiones, sin sesgar los resultados hacia su propia disciplina.

### **El Enfoque de los Estilos Directivos**

Este enfoque, conocido también como “Enfoque de los Roles Administrativos”, trata de analizar las características del trabajo que realmente realizan los administradores o directores generales. El autor que ha popularizado esta corriente es HENRY MINTZBERG, especialmente con su primer libro sobre este enfoque.

Conforme al estudio de la literatura sobre el tema y a las observaciones sistemáticas realizadas sobre la actividad de cinco directores generales, MINTZBERG<sup>171</sup> identifica diez roles administrativos, agrupados en tres:

- Roles de tipo interpersonal: cabeza visible, líder y enlace.
- Roles de tipo informativo: monitor, difusor y portavoz.
- Roles de tipo decisional: emprendedor o empresario, gestor de anomalías, asignador de recursos y negociador.

La principal conclusión de este estudio es que los directivos actúan con brevedad, fragmentación y variedad; por lo tanto, su trabajo no puede explicarse únicamente en términos de las funciones clásicas de planificación, organización y control.

El enfoque de MINTZBERG ha sido criticado desde diversas perspectivas. Por un lado, se ha argumentado que la muestra utilizada en el estudio es demasiado reducida para una conclusión tan rotunda. Por otro lado, se argumenta que muchas de las actividades que MINTZBERG descubrió son evidentes como resultado de la planificación, la organización y el control. Esto contrasta con importantes actividades administrativas que se han dejado a un margen.

### **El Enfoque de la Teoría Operacional**

El Enfoque de la Teoría Operacional, propuesto por HENRY KOONTZ (1908-1984) y HEINZ WEIHRICH, trata de reunir el conocimiento pertinente a través de su relación con el

---

<sup>171</sup> MINTZBERG, H. (1991) *La Naturaleza del trabajo directivo*. Colección Ariel economía Barcelona: Ariel. Título original: *The Nature of Managerial Work*.

trabajo que los administradores realmente hacen. Se trataría de una visión ecléctica de la organización, en palabras del profesor BUENO<sup>172</sup>, que integra de forma sistemática conceptos, principios, técnicas y conocimientos de otros campos y enfoques propios e la tarea de administración<sup>173</sup>.

En este caso se distingue entre los conocimientos administrativos, propiamente dichos, y los no administrativos, desarrollando un sistema de clasificación alrededor de las funciones de planificación, organización, dirección, integración y control.

### **El Enfoque de la Estructura de McKinsey**

Este enfoque, también recibe el nombre de las “Siete eses de McKinsey”, revisa el enfoque neoclásico integrando otras teorías, a través de siete conceptos que avalan la excelencia empresarial. Los citados siete conceptos básicos empiezan por la letra ese en lengua inglesa: estrategia (*strategy*), estructura (*structure*), sistemas (*systems*), estilo directivo (*style*), funciones directivas o *staffs*, valores compartidos o cultura (*share values*) y habilidades (*skills*).

### **El Modelo de Ecología de las Poblaciones**

Este enfoque, al igual que los dos siguientes, son bastante recientes, y tienen en común una atención prioritaria a los efectos del entorno en las organizaciones.

El Modelo de la Ecología de las Poblaciones aplica los modelos propios de la selección natural, propios de la biología y de la ecología, al estudio de las organizaciones. Las organizaciones, agrupadas en poblaciones o conjuntos de organizaciones con similares características a los organismos vivos, sobreviven o mueren en virtud de su buena o mala interacción y adaptación al entorno. Por tanto, propone que el entorno selecciona a aquellas organizaciones que mejor se adaptan a él<sup>174</sup>.

Este enfoque está más centrado en el análisis de poblaciones que en las organizaciones individualmente consideradas. Las “poblaciones” son grupos de organizaciones con “formas” similares, siendo estas “formas” consecuencia de sus estructuras, la tecnología que utilizan, sus objetivos, sus productos, sus mercados y su personal. Las poblaciones de organizaciones tienden a situarse en “nichos”, que son espacios del entorno en que se da una determinada combinación de recursos con los que dicha población puede sobrevivir y reproducirse.

<sup>172</sup> BUENO, E. (1996) Op. cit.

<sup>173</sup> KOONTZ, H.; WEHRICH, H. (1991) Op. cit.

<sup>174</sup> HANNAN, M.T.; FREEMAN, J. (1977). “The population ecology of organizations”. *American Journal of Sociology*, 83, pp. 929-984. Citado en FERNÁNDEZ, Z. (1999) “El estudio de las organizaciones (La jungla dominada)”, *Papeles de Economía Española*, nº 78-79, pp. 56-77.



Las organizaciones, como miembros de las poblaciones, nacen, encuentran sus nichos ecológicos, en los cuales viven, y finalmente mueren a consecuencia de los procesos de sustitución y selección dentro de las poblaciones. La escasez de recursos supone que no puedan sobrevivir todas las organizaciones y solamente lo hagan aquellas formas organizativas capaces de aprovechar los nichos de la mejor manera posible. Entonces se plantea la cuestión de cómo puede la empresa impedir, a través de los cambios en sus estrategias y estructuras, la muerte provocada por el proceso de selección natural.

Este enfoque es bastante controvertido. Por un lado, los numerosos trabajos en revistas especializadas son muestra del interés despertado en la comunidad científica. Pero, por otro lado, ha suscitado numerosas críticas y reacciones, ya que el enfoque sobrevalora el entorno, e ignora los cambios individuales en las organizaciones. Además, este modelo no sólo ignora la complejidad y el carácter humano de las organizaciones, sino también el carácter complejo y humano del entorno.

### **El Modelo de Dependencia de Recursos**

El Modelo de Dependencia de Recursos asume que existe una distribución asimétrica de recursos en el entorno, lo que coloca a unas organizaciones en relación de dependencia respecto de las que controlan los recursos que ellas necesitan<sup>175</sup>. Es decir, se da mayor consideración a las decisiones y acciones organizativas, enfocando la capacidad de adaptación de la organización a su entorno, a diferencia del Modelo de la Ecología de las Poblaciones preocupado básicamente por la selección del entorno. Los trabajos de ALDRICH<sup>176</sup> junto al de PFEFFER y SALANCIK<sup>177</sup> son referentes clásicos de este enfoque.

Las organizaciones tratan de cambiar el entorno para su propia conveniencia, o sea, toman decisiones estratégicas para adaptarse al entorno en lugar de ser pasivas receptoras de las fuerzas presentes en éste, para lo cual el papel de la dirección de la empresa se convierte en crucial.

El Modelo de Dependencia de Recursos, aún desde una perspectiva distinta al de Ecología de las Poblaciones, comparte con éste aspectos comunes como: la importancia del entorno como fuente de limitaciones, incertidumbres y contingencias que afrontan las organizaciones, y la dependencia del entorno por parte del comportamiento organizativo.

Este enfoque parte del supuesto que la organización no puede generar toda la variedad de recursos que necesita, ni se puede ser autosuficiente, lo que supone una dependencia de

---

<sup>175</sup> FERNÁNDEZ, Z. (1999) "El estudio de las organizaciones (La jungla dominada)", *Papeles de Economía Española*, nº 78-79, pp. 56-77.

<sup>176</sup> ALDRICH, H. (1979). *Organizations and Environments*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Citado en FERNÁNDEZ, Z. (1999). El estudio de las organizaciones (La jungla dominada), *Papeles de Economía Española*, nº 78-79, pp. 56-77.

<sup>177</sup> PFEFFER, J.; SALANCIK, G. (1978). *The external control of organizations. A resource dependence perspective*. New York: Harper and Row. Citado en FERNÁNDEZ, Z. (1999). "El estudio de las organizaciones (La jungla dominada)", *Papeles de Economía Española*, nº 78-79, pp. 56-77.

su entorno por parte de las organizaciones, a causa de sus recursos. Los recursos necesarios pueden ser de todo tipo: materias primas, finanzas, personal o servicios, e incluso operaciones de producción que en ocasiones a la empresa no le conviene o no puede realizar. Se asume que el entorno no fuerza a la organización hasta el punto de que no haya elección posible.

Este enfoque destaca la importancia del poder que una organización puede tener sobre otras, por causa de los recursos que controla y que faltan en las segundas, ya que al no controlarlos se produce dependencia del entorno.

El análisis de los mecanismos de poder dentro de la organización y en su entorno, realizado fundamentalmente por PFEFFER, proporciona una visión de la organización y de su entorno más compleja y real que con el enfoque de Ecología de las Poblaciones.

Este modelo representa una destacada aportación a la Teoría de la Organización. Su análisis de las relaciones de las organizaciones y las unidades organizativas con sus entornos, los fenómenos de dependencia surgidos por la falta de control sobre los recursos necesarios y la influencia sociopolítica en la toma de decisiones permiten entender mejor el funcionamiento real de las organizaciones.

No obstante, este modelo no está exento de limitaciones, como que considera la toma de decisiones, pero esas decisiones no se orientan hacia la consecución de objetivos.

### **La Teoría Institucional**

Este enfoque, el Institucionalismo, parte de la idea que las organizaciones tratan de ganar legitimidad, y posibilidades de supervivencia, en lugar de mejorar su eficiencia interna. Para ello, tienden a adoptar los mismos diseños estructurales, sean o no mejores, siempre pensando que las organizaciones son sistemas sociales<sup>178</sup>. En la Teoría Institucional, próxima a la Sociología y donde coexisten diferentes corrientes de investigación, se considera la institucionalización como medio para ganar valor y promover la estabilidad y permanencia de la propia organización.

Las organizaciones son, por tanto, instrumentos técnicos, diseñados para llevar a cabo un proyecto y conseguir unos objetivos. En este sentido, su razón de ser acaba cuando finaliza el proyecto, lo que justifica que sean perecederas. Junto a esta dimensión racional, existe otra dimensión natural, ya que la organización se va estructurando en un proceso adaptativo en relación a las características y compromisos de los participantes así como de las influencias y restricciones del entorno en el que se mueve. Este proceso supone una institucionalización de la organización: la organización ya no es sólo un instrumento técnico, se transforma en una comunidad natural preocupada por su propia autoconservación como fin en sí mismo, y así ha adquirido valor.

---

<sup>178</sup> FERNÁNDEZ, Z. (1999) Op. cit.

En el Enfoque Institucional, una teoría que ha despertado bastante interés, desarrollada por DIMAGGIO y POWELL<sup>179</sup>, justifica la configuración de las estructuras organizativas como adaptación a las exigencias del entorno. Estos autores asumen que las organizaciones no existen de forma aislada, sino dentro de “campos” junto a otras organizaciones. Entonces, definen campo organizativo como “*aquellas organizaciones que, a nivel agregado, constituyen un área reconocida de vida institucional: proveedores clave, consumidores de recursos y de productos, agencias reguladoras y otras organizaciones que producen servicios y productos similares*”.

Las organizaciones de un mismo “campo” adoptan formas bastante similares. Este isomorfismo institucional es la principal razón por la cual las organizaciones de un cierto ámbito adoptan estructuras similares. Así, este isomorfismo se observa en las escuelas públicas, hospitales o clubes deportivos, entre otros. Según FERNÁNDEZ<sup>180</sup>, el predominio de organizaciones no lucrativas tal vez tenga que ver con los postulados de la teoría que indican que las organizaciones en un entorno institucional tienden a parecerse más. En general, las empresas se preocupan por alcanzar una eficiencia elevada en sus resultados y no por gozar de mayor aceptación social. Esto limita la aplicación de la Teoría Institucional a gran amplitud de situaciones y organizaciones, a las que no se puede aplicar porque no se produce el proceso de institucionalización.

---

<sup>179</sup> DI MAGGIO, P.; POWELL, W. (1983). The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields, *American Sociological Review*, 48, pp. 147-150. Citado en FERNÁNDEZ, Z. (1999). “El estudio de las organizaciones (La jungla dominada)”, *Papeles de Economía Española*, n° 78-79, pp. 56-77.

<sup>180</sup> FERNÁNDEZ, Z. (1999) Op. cit.

## 6 LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL Y ALGUNAS DISCIPLINAS CONEXAS

### 6.1 Introducción

En este punto parece apropiado, para evitar la invención de *nuevas disciplinas* cosa ésta a la que propende la naturaleza del ser humano, introducir una breve discusión sobre las relaciones, en las ETS de Ingeniería Industrial, de la *Organización Industrial* (OI) con la *Organización de la Producción* (OP), los *Métodos Cuantitativos de Gestión* (MCG) y la *Dirección de Operaciones* (DO), y con la *Organización de Empresas* (OE), y con términos de mayor o menor tradición como son la *Logística* y la *Gestión de la cadena de suministro* (*Supply Chain Management*).

Una relación sencilla es la que existe entre la OI y la OE: la primera es un subconjunto de la segunda. Ésta comprende al menos, además de la OI, la teoría económica de la empresa, el estudio del entorno económico, de los conceptos de sistemas de información y de las funciones financiera, comercial y de dirección general, así como diversos aspectos de la gestión de recursos humanos.

Otra relación sencilla es la que existe entre la OP y la OI: la primera está contenida en segunda. La OI comprende además los MCG, ya sean desarrollados en su seno, o bien, adoptados o adaptados, principalmente, de la *Investigación Operativa* (IO), de la *Inteligencia Artificial* (IA) o de las *Ciencias de la Computación* (CC). Los MCG sirven de apoyo para resolver problemas de OP.

También es sencilla<sup>181</sup> la relación entre la DO y la OP: la primera es un subconjunto de la segunda. La OP comprende, además de la DO, la Dirección de Decisiones de diseño de sistemas productivos (DDSP) y aspectos que vinculan el diseño del producto con su posible fabricación en masa.

Los párrafos que suceden a esta introducción los dedicaremos a resaltar lo que entendemos por *Logística*, *Gestión de la Cadena de suministro* y *Dirección de Operaciones*. Veremos también que las tres se preocupan por problemas similares y que pueden evolucionar convergentemente bajo uno de los posibles enfoques para gestionar el sistema productivo.

*“Observa sin cesar que todas las cosas suceden mediante el cambio; acostúmbrate a pensar que a la Naturaleza lo que más le gusta es cambiar las cosas existentes y hacer cosas nuevas, parecidas a éstas.”*

[MARCO AURELIO (121-180)]

<sup>181</sup> Insistimos en que nuestra visión está ligada a las ETS de Ingeniería Industrial.

## 6.2 Concepto de Logística

### 6.2.1 Sobre sus inicios

El concepto civil de Logística aparece en los Estados Unidos a mitad de los años sesenta inspirándose, en parte, en ideas ampliamente extendidas en ambientes militares, donde tenían una larga tradición.

Históricamente, ya en los ejércitos romanos existía la figura del logista, que era el intendente de abastecimientos: su labor consistía en procurar los suministros necesarios para el desarrollo de campañas en función de los objetivos establecidos por el mando.

En 1837 el general barón ANTOINE HENRI JOMINI<sup>182</sup> publica su libro *Précis de l'art de la guerre ou nouveau tableau analytique des principales combinaisons de la strategie, de la grande tactique et de la politique militaire*, entendido en algunos ambientes como una respuesta al tratado, sobre Los Principios de la Guerra, de CARL VON CLAUSEWITZ<sup>183</sup>. JOMINI define, en su libro, la Logística como el arte práctico de mover los ejércitos.

Con posterioridad cristalizó, en el ámbito militar, la distinción entre la estrategia, que se interesa sobre qué hacer y define planes, la táctica, que se interesa en cómo hacerlo y define métodos y reglas, y la Logística, que se interesa por el dónde, cuándo y con qué hacerlo y define los medios.

La forma que adquiere la Logística empresarial en los años sesenta refleja los conocimientos existentes en ese momento sobre gestión de stocks y sobre gestión de transportes.

El concepto de Logística en estos años se centra en considerar de una manera global o

---

<sup>182</sup> ANTOINE HENRI JOMINI (1779–1869): General francés que sistematiza los principios del arte de la guerra consagrándose finalmente como uno de los fundadores de la guerra moderna. JOMINI empieza su carrera militar como voluntario del staff del ejército francés en 1798. Vuelve a la vida civil en 1800 tras la paz de Armines, escribiendo el libro *Traité des grandes opérations militaires* (5 vol., 1805), volviendo a alistarse en 1804, siendo nombrado coronel del staff por Napoleón. En 1810 entra en el ejército ruso (por aquel entonces aliado de Napoleón), abandonándolo en 1813 cuando es ascendido a general en Francia. Poco después y al ser arrestado, abandona Francia y sirve de nuevo en el ejército ruso como teniente general y ayudante de campo del Zar en contra de Francia. Desde entonces sirve a la familia real rusa, tanto como general, o como tutor del hijo del Zar, escribiendo el libro *Précis de l'art de la guerre* (1838). La gran aportación de JOMINI es la de fijar la línea divisoria entre estrategia, táctica y logística, siendo la primera persona en utilizar este último término.

<sup>183</sup> CARL VON CLAUSEWITZ (1780-1831): Militar profesional, considerado como uno de los estrategas más importantes de la historia. Entra en el ejército como cadete a los 12 años y en batalla a los 13. A los 15 es destinado a la guarnición de Neuruppin y nombrado teniente. Seis años después es admitido en la academia militar de Berlín donde se gradúa como número uno de promoción en 1804, y es nombrado ayudante de campo del príncipe. En 1806 es capturado por el ejército francés que no lo libera hasta el fin de la guerra en 1808. Una vez liberado desempeña labores de docencia en la academia militar de Berlín, como maestro del príncipe y reorganizando el ejército pruso. Al negarse a ayudar al ejército francés en 1812, abandona Prusia para combatir en las filas rusas dejándolo el libro "Principios de la Guerra" al príncipe heredero en forma de consejo. En el ejército ruso, y tras conseguir la desertión de varios Cuerpos Prusos, toma su mando. En 1814, una vez acabada la alianza entre Prusia y Francia, es readmitido en el ejército pruso con el que combate en Waterloo como jefe del staff del ejército. En 1818 es designado director de la escuela militar de Berlín hasta 1830 cuando vuelve al servicio activo para morir un año más tarde de cólera contraída en el campo de batalla. Sus obras son publicadas a su muerte por su mujer.

sistémica todas las actividades dedicadas a ordenar el movimiento de los productos acabados desde el final del sistema productivo (en sentido restringido: taller, línea de montaje, etc.) hasta el punto de consumo o utilización. Bajo este enfoque, se integra la gestión de stocks, la gestión del transporte, el almacenamiento, y la mayoría de las actividades ligeras de transformación y de acondicionamiento.

La ventaja de este enfoque reside en la visión de conjunto. Es decir, se pretende aumentos reales de eficiencia en todo el sistema, y las medidas aptas para obtener mejoras deben ser acordes con este objetivo; se descartan, por tanto, o aplican con precaución aquellas medidas aptas para mejorar la eficiencia de cada actividad por separado que pueden dar lugar, por neutralización de unas con otras, a un resultado global nulo o incluso negativo. En general, en lugar del nombre Logística se prefería utilizar el de gestión de la distribución física ("*physical distribution management*").

Nótese aquí la presencia indirecta del holismo o enfoque holístico relativo al estudio sobre el comportamiento de un sistema complejo adaptativo: las funciones que ofrece el todo superan a las, que en suma, ofrecen los elementos del mismo.

Pocos años más tarde se produce, mimética y simétricamente, la era de la gestión de materiales (muchos jefes de compras o de aprovisionamiento pasan a denominarse, entonces, jefes de materiales). La gestión de materiales está orientada a ordenar el flujo (aprovisionamiento, transportes y almacenes) de materia prima, componentes y materiales de procedencia exterior necesarios para la producción.

Finalmente, y como resultado de la extensión del enfoque global o sistémico al conjunto de los movimientos de materiales, llega la era de la Logística integral, basada en la idea de servicio al cliente y orientada a ordenar los flujos de materiales desde el proveedor hasta el consumidor.

Existen muchas definiciones de Logística en la literatura, con aciertos y desaciertos. En nuestra concepción<sup>184</sup>:

*La Logística se ocupa de la gestión global, eficaz y eficiente de las actividades requeridas para crear, mantener y controlar los flujos de materiales (materias primas, piezas de procedencia exterior, piezas semielaboradas, subconjuntos y productos) desde el proveedor hasta el punto de consumo o utilización. El objetivo perseguido es alcanzar al mínimo coste o con la máxima eficiencia unos niveles de servicio predeterminados.*

*La gestión a la que hacemos referencia presupone la consideración adecuada del flujo de información que la permite, el análisis de los procesos de decisión oportunos y el establecimiento de la organización idónea. También presupone la coordinación con otros niveles, con acciones, con procesos y con aspectos empresariales. La Logística es,*

<sup>184</sup> BAUTISTA, J; COMPANYS, R. (2000) "Logística y Dirección de Operaciones: Una visión sobre su evolución convergente". *Manutención y almacenaje*. Vol. XXXVI, Nro. 347. Pag: 60 – 70.

*antes que una disciplina, una función, una actividad o un departamento, un enfoque globalista a compartir por diversas disciplinas, funciones, actividades y departamentos.*

A pesar del acuerdo casi universal, salvo ligeros matices, sobre el significado de la Logística, es fácil comprobar que en muchos ambientes sigue asociándose a su primera concepción: la distribución física de los productos.

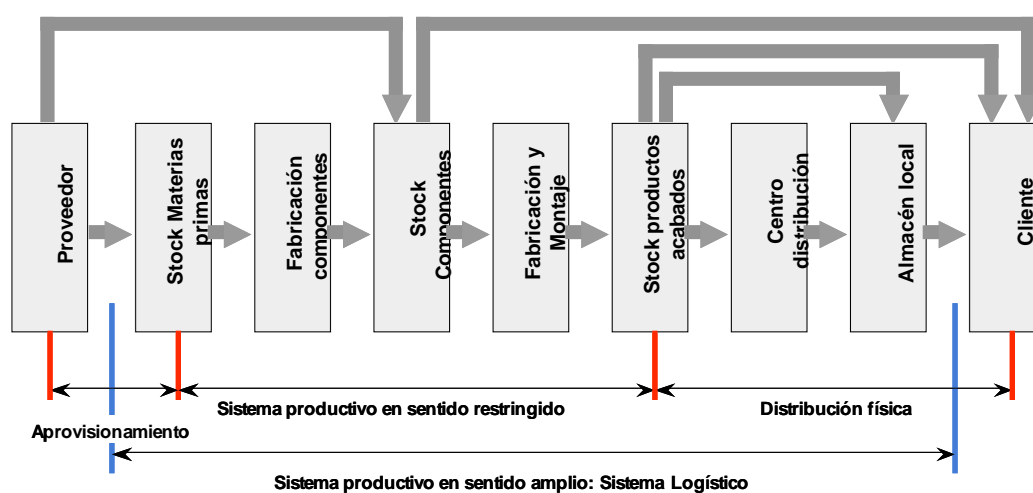


Figura 6.1: Flujo de materiales tipo en un sistema productivo

Al considerar íntegramente el flujo de materiales desde el proveedor hasta el usuario o consumidor, la Logística debe tener presente el flujo a través del sistema productivo propiamente dicho. Por ello el sistema logístico o productivo ampliado comprende las actividades asociadas al mantenimiento de dicho flujo en el ámbito comprendido desde el proveedor hasta el usuario o consumidor final. A esta concepción se opone la estructura organizativa habitual en la que las actividades productivas están bajo la responsabilidad de un Director de Producción y las de distribución de un Director Comercial del mismo rango lo que acaba por establecer una frontera en el flujo de materiales. En lo que sigue consideraremos básicamente el sistema productivo aunque la extensión de las ideas al sistema logístico es inmediata.

Un esquema genérico e incompleto, pero útil, del sistema físico es el representado en la figura 6.1 que se centra en el flujo de materiales desde el proveedor hasta el cliente, y las distintas fases que lo componen:

- El flujo de materiales se inicia en los proveedores, de los que parte la materia prima, y todos los materiales de procedencia exterior, y a través de la fase de aprovisionamiento se encaminan hacia el sistema productivo, en donde inicialmente constituyen el stock de materia prima.
- Esta materia, a través de diversas transformaciones, que denominamos fabricación, se convierte en componentes y piezas que alimentan el stock correspondiente. Se

ha incluido aquí, por una parte, el aprovisionamiento directo a dicho stock desde los proveedores de aquellos componentes que se precisan para la fase posterior de transformación, pero que no son elaborados en la fase fabricación; por otra parte, estos componentes, con ligeras transformaciones, pueden, actualmente, encontrar su canal directo hacia el cliente.

- Posteriormente, se realiza una nueva transformación, que denominamos montaje, la cual permite pasar de los componentes a productos terminados, que alimentan el correspondiente stock de productos acabados o terminados. Los aquí denominados productos terminados constituyen el nivel último de transformación física en el sistema productivo y son los bienes que solicitan, usualmente, los clientes.
- El flujo de materiales se prolonga con el recorrido desde el sistema productivo hasta los clientes, que puede constar de un solo tramo, entrega directa, o bien de varios, si existen varios escalones de distribución. En el esquema se han representado dos escalones o niveles intermedios entre el stock o almacén de productos terminados y el cliente: los Centros de Distribución y los Almacenes Locales.

Aunque los sistemas reales pueden diferir del esquema indicado, por existir más o menos niveles de aprovisionamiento, de fabricación, de montaje o de distribución, por ejemplo, éste es lo suficientemente característico como para servirnos de referencia.

### **6.2.2 Visión actual de las actividades y decisiones logísticas**

Una forma de entender el ámbito en que se desenvuelve actualmente la Logística consiste en conocer las actividades que son objeto de su preocupación. Siguiendo y adaptando la lista de actividades propuesta por JAMES L. HESKETT<sup>185</sup>, encontramos:

- Realización de previsiones
- Gestión de pedidos
- Planificación maestra
- Expedición de productos de los depósitos al consumidor
- Gestión de stocks de productos acabados
- Manutención en los depósitos de distribución
- Transporte de la planta a los depósitos
- Acondicionamiento y embalaje
- Programación de la fabricación
- Gestión de los stocks y almacenes de fábrica de piezas y sub-conjuntos fabricados
- Control de la obra en curso
- Suministro a línea

<sup>185</sup> <http://www.hamiltonco.com/facultybios/heskett.html> (rev. 20090327).



- Transporte interplantas de semi-elaborados
- Control de las fases de elaboración exterior
- Gestión de los almacenes de materias primas y componentes de procedencia exterior
- Transporte de materias primas y componentes del proveedor a la planta
- Gestión de stocks de materias primas y componentes de procedencia exterior
- Cálculo de necesidades
- Aprovisionamiento

El orden propuesto por Heskett intenta seguir el flujo de información de arriba abajo y, por tanto, el flujo de materiales corresponde al orden de abajo arriba (aunque los diversos planos temporales distorsionan el resultado)

En otra categoría conceptual, a la relación anterior se pueden añadir también un cierto número de decisiones estratégicas en las que la Logística participa:

- Localización de una nueva planta
- Definición de los estándares de servicio a la clientela
- Cambio de la estructura de precios por zonas geográficas
- Definición de los territorios de ventas
- Negociación de los contratos de compras a largo plazo con los proveedores importantes
- Introducción de una nueva línea de productos
- Reorganización de los procedimientos de gestión de stocks
- Reorganización de los procedimientos de gestión de pedidos
- Elección de un modo de transporte
- Localización de un depósito

Aquí, después de nuestra adaptación, el orden propuesto por HESKETT intenta seguir un grado de participación creciente de arriba abajo, y por tanto un grado creciente del impacto sobre las funciones logísticas de abajo arriba.

### 6.3 Concepto de Gestión de la cadena de suministro

La *Gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management)* es una idea<sup>186</sup>, no nueva en su totalidad, que sintoniza con el enfoque sistémico. Su propósito es gestionar los flujos de materiales, de información y los servicios, de un sistema productivo constituido por toda la red que forman proveedores, procesos de transformación, depósitos

<sup>186</sup> Pensamos que aún es precipitado catalogarla como disciplina consolidada, todo dependerá de sus aportaciones futuras.

y clientes. Su preocupación se centra en la buena gestión de las operaciones a medio-corto plazo (tácticas y operativas). Sus funciones: previsión de la demanda, planificación agregada, planificación detallada (gestión de stocks con demanda independiente y dependiente), y programación de operaciones. Sus herramientas: los sistemas ERP que deben incluir, al menos, el software de gestión de operaciones, una base de datos común y un sistema de comunicaciones ágil. Su objetivo: reducir la incertidumbre y el riesgo el sistema productivo.

## 6.4 Concepto de Dirección de Operaciones

### 6.4.1 Un repaso al concepto original de Dirección de Operaciones

Una forma conveniente de clasificar el conjunto de problemas de gestión de los sistemas productivos (ampliados o no) es la que utiliza como referencia las dos mayores categorías de decisiones involucradas:

- Las decisiones relacionadas con el diseño, planificación y construcción de sistemas destinados a producir cierto bien y/o servicio;
- Las decisiones relacionadas con el funcionamiento y control del sistema.

A *grosso modo* las primeras son decisiones a plazo medio-largo y las segundas son decisiones a plazo medio-corto. La presente clasificación del conjunto de problemas no produce una separación neta de los temas que abarca cada clase a causa de la jerarquización de los plazos. Aunque no podemos hablar de un continuo en la jerarquía de decisiones, si puede hablarse de más niveles que pueden interferir unos con otros (por ejemplo, un problema de diseño como es la modificación del producto, interfiere con un problema de funcionamiento, en este caso la fabricación de dicho producto).

Como ya dijimos, llamaremos a las primeras decisiones de **Dirección de diseño** y a las segundas de **Dirección de operaciones**. En este texto nos centraremos en las segundas.

La labor de producción suele involucrar un gran número de actividades que deben contemplarse al mismo tiempo, bien porque se ejecutan simultáneamente bien porque la situación temporal de las mismas está dentro de un intervalo razonablemente corto de tiempo y ello implica posibles interrelaciones.

Las actividades productivas y logísticas afectan a un número elevado de recursos de diversos tipos. Además, están sujetas a un gran número de restricciones, principalmente las de tipo tecnológico, que, en parte, condicionan la organización de las tareas y la utilización de los recursos.

Nos enfrentamos al concurso de diversos grupos humanos, con escalas de valores no totalmente concordantes, que se ven afectados por la realización de las actividades.

A todo lo anterior hay que añadir, y no como aspecto menos importante, la dinámica cambiante del entorno y del propio sistema productivo que hace que las solicitudes a producción y la disponibilidad de los recursos se modifiquen en el tiempo.

Todo ello contribuye a que el trabajo de los responsables de la función producción sea extremadamente complejo, especialmente en unos tiempos en los que los clientes exigen mayor calidad, plazos reducidos, variedad y personalización, y menor precio.

Por tanto podemos considerar que la dirección de operaciones es un tema importante y complejo. Su plasmación en el diseño, construcción e implantación de un sistema integrado de gestión productiva o logística en una empresa, acostumbra a ser uno de los proyectos industriales más difíciles de desarrollar con éxito hasta su término.

Podemos preguntarnos ¿cuál es el fin de la dirección de operaciones?

En nuestro ideario<sup>187</sup>, la finalidad marcada a la dirección de operaciones es la de contribuir a alcanzar los objetivos fijados al sistema logístico (que son la traducción de los objetivos generales de la empresa al área de producción y distribución) en la forma más eficiente posible, mediante la adopción de las políticas, estrategias, decisiones y acciones oportunas. Generalmente los objetivos del sistema logístico estarán centrados en aspectos de cantidad, calidad, plazos y coste, mientras que la eficiencia se referirá al consumo de recursos.

En algunas circunstancias, pocas, podremos traducir la medida en que se alcanzan los objetivos en unidades monetarias (por ejemplo asociando un coste a la distancia entre los resultados alcanzados y los resultados ideales) y análogamente el consumo de los recursos realizado para lograr dichos resultados lo podremos también traducir en un coste. En dicho caso podremos definir formalmente: *La finalidad de la dirección de operaciones es la minimización del coste global, respetando las restricciones impuestas por el sistema físico, las políticas de la empresa, y resto de condicionantes.*

Pero, generalmente, no será posible reducir todos los objetivos del sistema productivo o logístico a una medida monetaria simple. Algunos objetivos se traducirán en el mantenimiento de unos indicadores representativos dentro de ciertos límites preestablecidos; se comportarán en forma similar a restricciones adicionales. Deberemos describir, en este caso: *La finalidad de la dirección de operaciones es la minimización del coste correspondiente al consumo de recursos y a la satisfacción del resto de objetivos (los que permitan su traducción a coste), respetando las restricciones de todo tipo: adicionales, estructurales, políticas, etc.*

<sup>187</sup> BAUTISTA, J; COMPANYS, R. (2000) "Logística y Dirección de Operaciones: Una visión sobre su evolución convergente". *Manutención y almacenaje*. Vol. XXXVI, Nro. 347. Pag: 60 – 70.

La dirección de operaciones tiene por objeto la planificación y el control de las actividades del sistema productivo, o sistema físico (ver figura 6.1). Ésta se interesa por todos los elementos operativos (los transportes, los almacenajes, las fabricaciones y los montajes) del sistema logístico comprendidos desde la adquisición de las materias primas y los materiales de procedencia exterior hasta la entrega de los productos terminados a los clientes.

Designaremos estos elementos operativos genéricamente como operaciones. Existen tres tipos de enfoque elemental posible al considerar la problemática relativa a la gestión de las operaciones:

- El enfoque flujo de materiales a través del sistema
- El enfoque conjunto de actividades u operaciones de proceso que transforman los productos al ser realizadas simultánea o sucesivamente
- El enfoque utilización de la capacidad limitada de los recursos productivos y de distribución del sistema

#### 6.4.2 Enfoques en la Dirección de Operaciones

La dirección de operaciones debe tener en cuenta estos tres enfoques, que están, como es obvio, altamente relacionados, por ello podemos decir: *La dirección de operaciones es la gestión simultánea del flujo de materiales, de las actividades de proceso y de la capacidad de los recursos, estableciendo un equilibrio adecuado entre los tres aspectos gestionales en función de los objetivos de la empresa.*

Es peligroso primar un enfoque respecto a los demás, pues puede hipertrofiarse un aspecto de las operaciones en detrimento de los otros, y por tanto, caer en el peligro de sub-optimizar, abandonando la eficiencia global, como punto de mira, en aras de una eficiencia local. Por ello, es útil estudiar cada uno de los enfoques para hacer aflorar sus características, cualidades y problemas específicos.

##### Enfoque flujo de materiales

El concepto flujo de materiales es útil para adquirir una idea intuitiva de las transformaciones de los materiales a medida que avanza el proceso productivo. El seguimiento del material permite detectar las convergencias de varias ramas del flujo en una sola, cuando varios materiales o componentes distintos se engarzan entre sí; también permite reconocer las ramificaciones de flujo que dan lugar a transformaciones de material distintas. La representación de la topología de los flujos de materiales conducirá a una estructura de grafo, generalmente sin bucles ni circuitos, en ocasiones tan simple como un árbol, que mostrará la composición productiva de los productos de la empresa, se trata del concepto BOM (*Bill of material*): Lista de Materiales.

Los flujos se moverán a una cierta velocidad (o gasto), que se expresan habitualmente en tasas de producción (número de unidades de componente o producto transformados por unidad de tiempo). Es clara la diferencia entre dicha tasa y el plazo de fabricación, tiempo que media entre la entrada de los materiales de procedencia exterior en el sistema productivo y la salida de los mismos transformados en productos, a pesar de su evidente relación. El plazo será mayor cuanto mayor sea el camino que debe recorrer el flujo entre la entrada y salida antes aludidas, como consecuencia de la tradicional relación: espacio igual a velocidad por tiempo.

Este espacio a recorrer está ocupado mayoritariamente por materiales a medio transformar en productos, es decir por el tipo de stock denominado WIP (*Work in Progress*): Obra en Curso.

La obra en curso puede estar circulando (transformándose) o detenida en remansos o stocks intermedios. A igual tasa de producción, la obra en curso total, medida en una unidad adecuada, es proporcional al plazo total, por lo que habrá que reducir éste para hacer lo propio con aquélla.

Las detenciones temporales indicadas de los flujos de materiales constituyen stocks y suelen servir para regular las fluctuaciones diferentes de dos tramos del flujo, el tramo de entrada al stock y el tramo de salida; la gestión de los stocks intermedios implica la gestión de los flujos y viceversa.

El flujo de materiales sugiere, adicionalmente, la conexión estrecha entre las diferentes fases del sistema productivo y la repercusión de las decisiones adoptadas en una respecto al comportamiento y prestaciones obtenidas en las demás. Por ejemplo, para obtener una cierta tasa en el flujo de salida de los productos terminados será preciso imponer una tasa adecuada tanto en los flujos de entrada de materiales de procedencia exterior como en las diversas ramas del flujo interno del sistema productivo.

Esta imposición puede resultar de un encadenamiento formal de los flujos, tal como el procedimiento *Kanban*; de una planificación centralizada, tal como el procedimiento para la planificación de necesidades de materiales denominado MRP o, su homólogo, para la planificación de recursos de distribución conocido con las siglas DRP; o de la utilización de otros métodos de regulación menos explícitos, como son algunos procedimientos de gestión de stock clásicos.

En cualquier caso, las repercusiones que pueden producirse aconsejan que los aspectos gestionales en cada fase se establezcan teniendo en cuenta su influencia en las fases

anteriores y siguientes, o lo que es lo mismo, que la dirección de operaciones contemple *globalmente el conjunto de los problemas adoptando un enfoque sistémico*<sup>188</sup>.

Esta es la razón última de que empleemos habitualmente los términos *sistema de dirección de operaciones o sistema de gestión logística*, puesto que promocionamos el que todos los aspectos gestionales sean elementos o piezas de un esquema general, y que se hayan concebido, diseñado, construido e implantado en función del mismo (lo que no significa que se construyan e implanten a la vez).

### **Enfoque operaciones**

El enfoque operaciones de proceso nos acerca, a través de las ligaduras, especialmente las de precedencia entre operaciones, a los conceptos utilizados en la planificación de proyectos.

El proceso de fabricación o ruta de fabricación es la sucesión de operaciones. Dicha sucesión admite, al menos, dos formas de representación si acudimos a los grafos como soporte de modelos:

- Grafo PERT, con las actividades representadas en los arcos.
- Grafo BERNARD ROY, con las actividades representadas en los vértices.

La estructura de convergencias y divergencias deberá ser similar a la existente en la lista de materiales (enfoque flujo de materiales), por lo que en la práctica la ruta global se describe por tramos o rutas parciales conteniendo las operaciones que significan una transformación con cierta entidad dentro del proceso productivo. Componiendo todos los grafos PERT/ROY de las rutas parciales obtendríamos el grafo PERT/ROY del proceso de fabricación, y eventualmente, si asociáramos duraciones a los arcos, su camino crítico que nos indicaría el tiempo operatorio mínimo estrictamente necesario para fabricar un producto partiendo de cero.

Las operaciones consumen tiempo de proceso, y las diferentes actividades que concurren a un resultado común deben armonizarse (para que los caminos subcríticos no se conviertan en críticos). Un alto nivel de eficiencia exige la coordinación y sincronización de las operaciones, a través de programas en los que se establezca la temporización de las mismas.

### **Enfoque gestión de recursos**

El enfoque gestión de recursos está ligado necesariamente con las restricciones impuestas por la capacidad limitada de los mismos y por la idea de *cuello de botella: el elemento del*

---

<sup>188</sup> Observe el lector las conexiones conceptuales entre este enfoque (flujo de materiales) y las ideas que promulga la *Gestión de la cadena de suministro*.

*sistema productivo que más limitaciones marque al flujo de materiales o a la realización de operaciones definirá la tasa máxima de producción del sistema.*

Si esta tasa máxima está a poca distancia de la tasa necesaria para satisfacer los objetivos del sistema, la utilización de los elementos de menor tasa del sistema es un aspecto crítico de la gestión.

Los cuellos de botella pueden ser intrínsecos al sistema productivo, lo que puede simplificar la gestión del sistema, o bien pueden ser tributarios del programa productivo, sobre todo cuando existe una alta variedad de producto.

En cualquier caso, suscribimos una máxima utilizada como provocación por ELIYAHU GOLDRATT en su *Theory of Constraints* y anteriormente en OPT (su reflejo en un software), que a pesar de constituir una verdad universal, no siempre es asumida por los responsables de producción: *"una hora perdida en un recurso crítico es una hora perdida para el sistema productivo, una hora perdida en un recurso no crítico no repercute necesariamente en el sistema"*

La evolución del entorno del sistema logístico y de las solicitudes que transmite al mismo, a la que se ha aludido ya, exige la evolución del propio sistema logístico así como de su sistema de gestión; por consiguiente nunca podrá considerarse definitivamente establecido ni el sistema logístico ni el sistema de gestión. Un concepto asociado a este hecho, que ha adquirido creciente difusión en los últimos años, es el correspondiente a la denominada a veces *mejora continua*, concepto introducido por MASAOKI IMAI<sup>189</sup> bajo la denominación genuina *Kaizen*<sup>190</sup>, cuya máxima, con la cual sintonizamos, se puede resumir así: *el sistema productivo y su gestión deben estar sometidos a una perpetua evaluación para detectar las disfunciones y puntos débiles, y determinar las acciones de cambio que lo vayan conduciendo hacia un sistema ideal, tal vez inalcanzable, pero paulatinamente más cercano a ese ideal que sólo existe en nuestra mente.*

Muy posiblemente, como una reacción al conformismo de ciertas mejoras de poca trascendencia, se ha contrapuesto, a la mejora continua, *la reingeniería*, término acuñado por MICHAEL HAMMER y JAMES CHAMPY, que se puede definir como: *La reestructuración de raíz de procesos importantes con el fin de alcanzar mejoras cuantiosas.*

Sin entrar en la batalla de los nombres asociados a los conceptos, nuestra convicción es que deben ponerse en cuestión continuamente todos los supuestos, ideas, procedimientos, etc. ya que siempre es posible mejorar.

<sup>189</sup> <http://www.kaizen-institute.com/indx-a.htm> (rev. 20090327).

<sup>190</sup> <http://www.kaizen-institute.com/> (rev. 20090327).

### 6.4.3 Tipología de las decisiones de la Dirección de Operaciones

En general, se puede considerar en todo sistema de gestión de operaciones de producción o logístico, una jerarquía de decisiones que requieren una revisión en el tiempo con diversas frecuencias. Estas decisiones se toman a varios niveles, hecho que permite reducir su variedad y, por tanto, aumentar la facilidad de control del sistema.

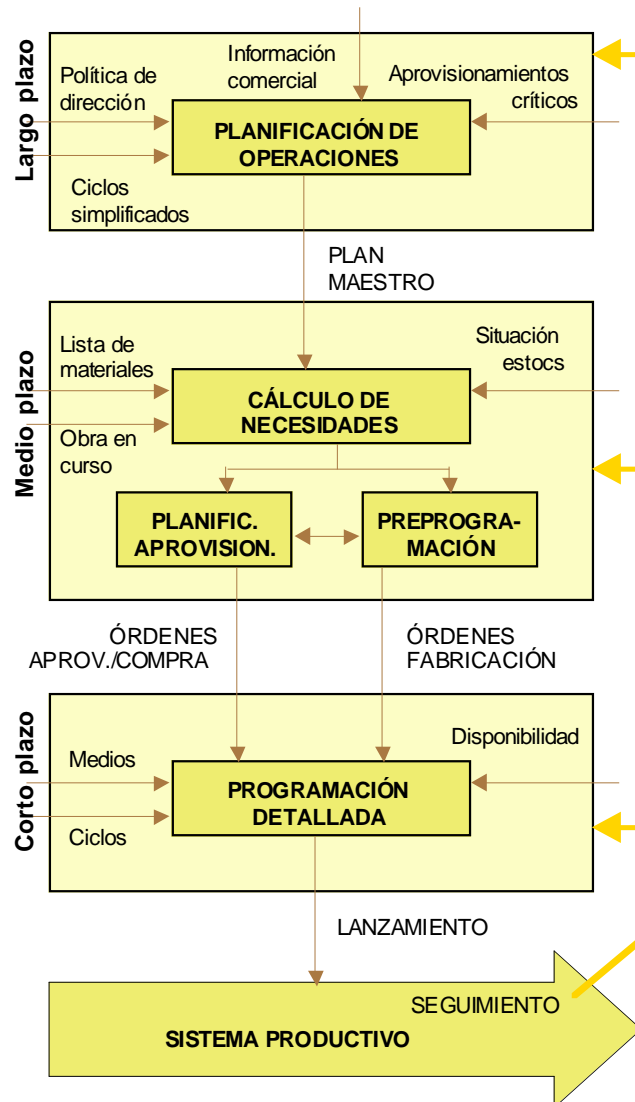


Figura 6.2: Esquema representativo de la toma de decisiones en dirección de operaciones jerarquizada en tres niveles

Un modelo de referencia muy útil nos permite establecer tres niveles jerárquicos de toma de decisiones, de acuerdo a lo que se describe en la figura 6.2. Estos niveles, que responden aproximadamente a una toma de decisiones a largo, medio y corto plazo (relativamente entre sí), corresponden a las siguientes funciones:



- Planificación de operaciones
- Cálculo de necesidades de materiales y de carga
- Programación de operaciones

En cada uno de los niveles, todas las decisiones deben adaptarse a la orientación y posibilidades de variación señaladas por el nivel anterior y, además, condicionan o fijan las decisiones en los niveles siguientes.

Además, y como función complementaria, pero estrictamente necesaria para cerrar el ciclo de gestión, existe en todo sistema la función:

- Seguimiento y Control

Es posible imaginar y construir el sistema de gestión de operaciones productivas y logísticas tratando cada uno de estos niveles aisladamente, aunque estrictamente las interrelaciones existentes en los mismos exigirían su consideración simultánea en cada una de las decisiones adoptadas.

### **Planificación de operaciones.**

De forma breve, podemos definir la planificación de operaciones, atendiendo a su objeto, de la forma siguiente: *La planificación de operaciones se encarga de realizar la distribución de los recursos productivos (y logísticos en general), en principio escasos o limitados, entre las diferentes actividades productivas y logísticas que compiten por los mismos, con el fin de cumplir los objetivos fijados por la empresa al sistema logístico producción/ventas.*

El resultado de la planificación de operaciones se materializa habitualmente en un **Plan Maestro** o **Director de Producción factible**, que indica directamente (en la mayoría de los casos) las cantidades de productos terminados a producir en cada uno de los intervalos del horizonte de planificación.

El Plan Maestro de Producción estará asociado a un Plan Maestro de Ventas, y en su caso a un Plan Maestro de Stocks de Productos Terminados que los conecta. Puesto que para poder garantizar la factibilidad del plan maestro de producción se deben tomar decisiones relativas a la asignación de recursos, asociada a la relación de cantidades de productos está la de las modalidades precisas de utilización de los recursos críticos para obtener dicha producción.

Veamos algunos aspectos significativos de la planificación:

- La planificación se nutre de lo que genéricamente hemos llamado aquí informaciones comerciales, y que puede asimilarse a lo que denominaremos

previsión de la demanda, a la que se añaden los datos disponibles sobre la cartera de pedidos existente (compromisos ya establecidos con los clientes).

- La planificación debe hacerse de acuerdo a las políticas fijadas por la dirección, y en base a las disponibilidades de recursos críticos se adoptan las decisiones oportunas en cuanto a la cantidad de productos terminados a fabricar en cada uno de los intervalos.
- Los planes se desarrollan a lo largo del tiempo y durante un plazo denominado horizonte de planificación. En muchos sectores es normal utilizar un horizonte de un año, dividido en doce intervalos de un mes. La frecuencia de actualización del plan suele ser mensual. El plan maestro puede reflejar sensibles diferencias respecto a la demanda tal como la define la información comercial.

A priori, podemos pensar que el Plan de Producción coincide con el Plan de Ventas e incluso con las Informaciones comerciales (Previsión + Cartera). Hagamos algunas consideraciones para entender que esto no es siempre así, o no es siempre posible.

- Si existen stocks de productos terminados como regla comercial para un mejor servicio, el departamento comercial atenderá preferentemente la demanda a partir de éstos, orientándose la producción a satisfacer los aspectos de la demanda no solubles mediante el stock y a preparar la futura composición de dicho stock de productos terminados.
- Las limitaciones en los medios productivos pueden obligar a que las cantidades o la composición de la producción no sigan exactamente el esquema de la demanda. Esto ocurrirá, por ejemplo, si los productos se producen en lotes, en cuyo caso entrarán en un almacén de productos terminados a partir del cual se irá atendiendo la demanda cuya distribución será más o menos regular en el tiempo.
- En la tecnología tradicional la producción alcanza su plena eficiencia cuando es homogénea, uniforme y permanente, lo que aconseja una producción continua de los productos de gran demanda o por lo menos la producción en lotes muy grandes. Esto no es posible siempre ya que la variedad que el mercado exige cada vez con mayor intensidad a los productos, lleva a la atomización de la demanda individualizada de los mismos, y por consiguiente a lotes de producción muy pequeños de algunos de ellos, que sin embargo son capaces de atender la demanda durante períodos largos.
- Hasta el momento en que la nueva tecnología de los sistemas productivos los convierta en lo suficientemente flexibles como para fabricar indistintamente un producto u otro, en cantidades grandes o pequeñas, sin pérdida de eficiencia, los lotes de fabricación de tamaño predeterminado de los productos se traducirán en un stock de productos terminados y marcarán una distorsión entre el plan y la previsión.
- Otro efecto de las limitaciones de los medios de producción es el de que la capacidad productiva, en volumen y variedad, también está limitada. En caso de gran variabilidad o estacionalidad de la demanda, o incluso de la oferta (no hay que olvidar los avances sociales y su traducción en la extensión de los períodos vacacionales, por lo que las posibilidades productivas de los diversos meses son muy diferentes) el sistema productivo habitualmente no puede seguir el ritmo de la

demanda en los períodos de demanda alta, teniendo sobre capacidad en los períodos de demanda baja.

- También cabe la posibilidad de no poder atender toda la demanda existente, lo que marcaría ya una diferencia entre producción y demanda, circunstancia que no suele ser del agrado de la dirección ¿Hay alguna alternativa para conseguir la deseada adaptación oferta/demanda? Por supuesto, una de ellas vuelve a ser la constitución de stocks de productos terminados, alimentados en los períodos de demanda baja para hacer frente a los picos de demanda, pero existen otras, relacionadas con la modificación de la capacidad productiva a lo largo del tiempo, como son la subcontratación, el empleo de trabajo temporal, utilización de horas extra o turnos extra, etc.

Todos los procedimientos mencionados anteriormente gozan de ventajas y adolecen de inconvenientes, tanto económicos como de otra índole, por lo que la actuación más satisfactoria consistirá en una adecuada combinación de todos ellos. La elección de la combinación de los procedimientos elementales que mejor se adapta a los objetivos empresariales puede ser una decisión delicada y muy importante. En cualquier caso todos los procedimientos tienen algo en común: *La decisión respecto a la puesta en práctica de los procedimientos de adaptación oferta/demanda debe tomarse con la debida antelación respecto a las circunstancias a las que deben hacer frente. Por ello el horizonte de planificación debe estar convenientemente dimensionado.*

Generalmente la planificación de operaciones se desarrolla a dos niveles (por lo menos):

- El primer nivel conduce a la obtención del normalmente denominado plan maestro (agregado) de producción, en el cual se recogen las cantidades a producir de los diferentes productos agrupados en grandes clases (familias de productos) en todos los intervalos de un horizonte medio (doce meses, con intervalos mensuales).
- El segundo nivel, de menos horizonte, típicamente cuatro meses y división más fina en intervalos, típicamente semanas, desagrupa las familias en clases más reducidas; su finalidad es poder determinar las necesidades de componentes exteriores y la carga de las líneas de producción.

En algunas circunstancias el plan maestro se establece en artículos diferentes de los productos terminados (artículos de plan maestro), lo que lleva a complementarlo mediante un plan de Montaje Final (FAS = Final Assembly Schedule)

### **Cálculo de necesidades**

Una vez adoptada la decisión básica relativa a la cantidad de productos terminados a fabricar en cada intervalo de tiempo, es preciso establecer que comporta la misma en cuanto a actividades de aprovisionamiento y de fabricación. Es decir, el plan maestro debe transformarse en órdenes de producción y de aprovisionamiento que conducirán a su realización.

¿Cómo se procede? En primer lugar, debe realizarse el Cálculo de las Necesidades, efectuando la "explosión" de los productos terminados del plan maestro en las operaciones que deben realizarse para fabricarlos y en los materiales (subconjuntos, semi-elaborados, componentes, materia prima, etc.) que se van a consumir. Este cálculo de necesidades suele realizarse en dos fases:

- Primero se determinan las necesidades brutas, independientemente de las disponibilidades en stock y de las órdenes en curso ya lanzadas en firme.
- A continuación se determinan las necesidades netas, teniendo en cuenta tanto las disponibilidades, como lo que está en proceso.

Estas necesidades netas se someten a las reglas de producción y se transforman en órdenes, que según el origen de los artículos a que hacen referencia, se clasifican en órdenes de aprovisionamiento (materiales de procedencia exterior al sistema) y en órdenes de producción (internas al sistema). Habitualmente, estas dos categorías de órdenes están administradas por departamentos diferentes. Puesto que las órdenes no son independientes entre sí, ya que la realización de algunas está condicionada a que antes se hayan cumplimentado otras, es preciso establecer muy cuidadosamente un procedimiento de sincronización de las mismas ¿podemos imaginar lo que puede ocurrir si la información no está integrada?

Asociado al cálculo de necesidades de materiales suele realizarse un cálculo de necesidades de recursos de fabricación, que determina el consumo de éstos periodificado en el tiempo en virtud de las órdenes planificadas por el sistema (planificación a capacidad infinita).

En caso de desajuste entre la necesidad y la disponibilidad se deberán realizar las modificaciones necesarias, bien sea en el plan maestro detallado, bien en la ubicación temporal de las órdenes de producción (planificación a capacidad finita o pre-programación). Una orden de producción (o de aprovisionamiento) queda así definida por el código del artículo al que hace referencia, la cantidad necesaria a producir y la fecha de vencimiento o límite de cumplimiento en la que la orden debe estar realizada por ser necesario disponer del artículo.

Las actividades de cálculo de necesidades suelen desarrollarse con un horizonte menor que la planificación, típicamente de seis a dieciséis semanas, los intervalos en que se divide el horizonte, por lo menos los más inmediatos, son semanas y se realizan las actualizaciones con una frecuencia semanal.

Es habitual la utilización para el cálculo de necesidades de las técnicas conocidas bajo las siglas MRP I (*Material Requirements Planning* = Planificación de Necesidades de

Materiales) y MRP II (*Manufacturing Resource Planning*<sup>191</sup> = Planificación de Recursos de Producción): núcleo de los sistemas ERP<sup>192</sup>.

### Programación de operaciones

Brevemente: *La programación de operaciones consiste en establecer detalladamente dónde y cuándo va a realizarse cada operación en que se descompone una orden dada. Su resultado se denomina programa e indica qué operación específica se va a realizar en un medio específico durante un intervalo de tiempo concreto.*

Esta función tiene aparentemente cierta similitud con la planificación de operaciones, salvo que el objeto sobre el que actúa, **órdenes** de producción, constituyen una descomposición más fina de la actividad productiva.

Existen otras diferencias entre planificación y programación que conviene tener en cuenta:

- La planificación de operaciones, debido a que opera con un horizonte extenso, se desarrolla a nivel agregado y considera habitualmente tasas de producción medias.
- La programación de operaciones debe desarrollarse a un nivel más concreto, y por consiguiente debe trabajar con valores reales de las tasas e incorporar todas las incidencias reales que se van produciendo.
- El tipo de enfoque a utilizar desde el punto conceptual es distinto para la planificación que para la programación, pasando del campo de lo continuo al de lo discreto.

Teóricamente el problema de la programación es de una gran complejidad, que suele ser manejada en la práctica a través de dos procedimientos:

- El sobre-equipamiento, con lo que desaparecen muchas de las incompatibilidades que complican la determinación de un programa.
- La jerarquización, estableciendo el programa definitivo por etapas, cada una de las cuales se encuentra con una problemática que exige más concreción (y por tanto más difícil) pero en un ámbito más reducido (lo que la hace abordable).

La materialización del programa mediante órdenes al sistema productivo se realiza a través de la **función lanzamiento**. La programación detallada tiene habitualmente un horizonte de unos pocos días, sus intervalos se miden en horas, y la actualización se realiza con frecuencia diaria

<sup>191</sup> <http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/0133741583/manufacturiandin/102-1257367-2562534> (rev. 20090327).

<sup>192</sup> [http://www.wbh.com/BOOKSTORE/MFG/x\\_req\\_plng.html](http://www.wbh.com/BOOKSTORE/MFG/x_req_plng.html) (rev. 20090327).

## **Seguimiento y control**

Hasta el momento hemos pasado revista a las actividades de gestión relacionadas con la preparación de las órdenes a transmitir al sistema productivo.

Obviamente, la ejecución de las órdenes puede coincidir con los resultados esperados o las previsiones efectuadas, pero en algunos casos se producirán desviaciones, que convendrá conocer y, en su caso, corregir. De ello se encarga la función seguimiento y control, que a su vez puede descomponerse en las subfunciones que se detallan a continuación.

### *- La colecta de datos:*

Para conocer la situación exacta de la realización del conjunto de operaciones planificadas y programadas es preciso obtener informaciones, lo más directa y puntualmente posible, del comportamiento del sistema productivo. Las informaciones pueden ser regulares, cuando se comunican al sistema de información en todas las ocasiones, y singulares, cuando correspondan a situaciones de excepción.

Son informaciones regulares, el cumplimiento de las órdenes programadas, las llegadas de los aprovisionamientos, el comienzo y finalización de las operaciones. Entre las informaciones singulares, cabe citar la avería de una instalación o máquina, los tiempos de preparación superiores a los acostumbrados y los fallos de calidad.

### *- La evaluación de la ejecución:*

Se compara la ejecución con lo programado, detectando las desviaciones. Dichas desviaciones pueden ser no significativas, puesto que los sucesivos valores de las mismas se compensan manteniéndose dentro de un margen aceptable. Es importante llegar a identificar las desviaciones significativas que responden a un comportamiento del sistema productivo netamente distinto del previsto en la programación.

### *- Las acciones correctivas:*

Las acciones correctivas tiene por objeto volver a obtener la coherencia entre los planes y programas y la realidad. En ocasiones actuarán sobre dicha realidad, es decir, se forzará la situación para cumplir con los planes y programas. En otras ocasiones, se actuará sobre los planes y programas correspondientes a los nuevos ciclos de planificación y programación. Según su ámbito de actuación temporal las acciones correctivas pueden ser a corto, medio o largo plazo.

Las acciones correctivas a corto plazo suelen adoptarse informalmente por los responsables directos de la buena marcha del sistema productivo. Por ejemplo, si por la mañana a primera hora no se ha recibido un aprovisionamiento crítico necesario para la producción del día, el responsable del aprovisionamiento en cuestión contactará

directamente al proveedor, y buscará la solución más conveniente dentro de los resortes que corresponden a su nivel; si una máquina sufre una avería, el encargado lo comunicará inmediatamente al departamento de mantenimiento, etc. Si la corrección de la incidencia se produce en un plazo razonable, las informaciones relativas a la misma circularán por el sistema informativo establecido (en caso de que circulen) sólo a posteriori.

A medio plazo las distorsiones permanentes de la realidad respecto a planes y programas producirán que las condiciones iniciales en los nuevos ciclos de planificación o programación difieran, ligeramente o no, de las tenidas en cuenta en los planes y programas del ciclo anterior. Dichas condiciones iniciales aportarán a los nuevos planes las correcciones necesarias, por lo que los nuevos planes y programas, en ocasiones, se apartarán significativamente de lo señalado en forma indicativa en los anteriores. En condiciones excepcionales podrá ser necesario realizar una actualización de los programas o de los planes fuera del ciclo regular, lo cual no deberá considerarse un fallo del sistema sino una de sus posibilidades mientras la proporción de ciclos en que esto ocurra sea todo lo reducida que corresponde a una excepción.

A largo plazo, la continuidad de las distorsiones puede llevar a poner en duda los procedimientos y o bien a modificar los valores de los parámetros considerados en la planificación y la programación, o incluso a modificar los mismos procedimientos utilizados en la realización de los planes y programas.

#### **6.4.4 El Sistema Físico y el Sistema de Gestión**

Aunque las funciones y subfunciones descritas anteriormente pueden identificarse en cualquier sistema de gestión de la producción la naturaleza del sistema productivo y de las solicitaciones de su entorno influyen en su plasmación concreta y en su importancia relativa.

Un elemento fundamental a tener en cuenta en el establecimiento del sistema de gestión es la incertidumbre existente en el momento de tomar las decisiones y por consiguiente el riesgo inherente a las mismas. Un indicador muy importante, por consiguiente, puede construirse a través de la relación entre dos plazos: el tiempo que está dispuesto a esperar el cliente desde el momento en que formula su solicitud y aquél en el que dispone del producto solicitado por una parte, y el tiempo que precisa el sistema logístico para desarrollar todas sus actividades conducentes al suministro del producto por otra.

Consideremos cuatro situaciones distintas y del todo básicas en la relación entre el plazo de entrega exigido por el mercado y los plazos de aprovisionamiento, fabricación o montaje, y distribución, propios del sistema logístico o productivo en sentido amplio, centrándonos en productos bien definidos que los clientes solicitan de un catálogo:

- En una primera situación, supongamos que el plazo de entrega exigido por el mercado es igual o superior a la suma de plazos aprovisionamiento más el de fabricación más el de distribución. Tal caso permite planificar a partir de los pedidos, salvo, claro está, que se produzcan desajustes entre la capacidad de producción disponible y la necesaria.
- En una segunda situación, en la que el plazo de entrega es superior a la suma de plazos de fabricación más distribución, pero inferior a la suma de los tres plazos del sistema logístico, es preciso cubrir mediante previsiones la fase de aprovisionamiento de algunos materiales, mientras que la fabricación y la distribución pueden planificarse a partir de los pedidos.
- La tercera situación corresponde al caso en que el plazo de entrega supera sólo al plazo de distribución. En tal caso, sólo es posible definir la distribución a partir de los pedidos, lo que llevará a realizar previsiones para los aprovisionamiento y la fabricación, y en su caso a establecer stock de los subconjuntos y componentes que entran en el montaje.
- Finalmente puede darse una cuarta situación, en la que el plazo de entrega sea tan reducido que exija una planificación basada en previsiones de todas las actividades productivas y logísticas.

¿Podemos, entonces, prescindir de las previsiones, y pensar que se puede atender la demanda, basándonos sólo en la información de una Cartera de pedidos? ¿Podemos conseguir reducir los stocks a cero en cualquier situación y en todas las fases del sistema productivo?

Se han realizado diversos intentos para relacionar las características de la empresa con la tipología del sistema de gestión de producción más adecuado, sin que los resultados obtenidos sean enteramente satisfactorios, generalmente a causa de que es difícil mediante pocos parámetros caracterizar en forma definitiva la problemática de una empresa.

Como ilustración hemos incluido una clasificación inspirada en SVEN AXSÄTER (figura 6.3) en la que los parámetros elegidos son la complejidad de las estructuras (composición de los productos) y la complejidad de las rutas (secuencias de operaciones para pasar de la materia prima a los productos). Ello conduce a cinco zonas, las tres más definidas son:

- Zona 1: estructuras y rutas sencillas, suele corresponder a la fabricación en líneas dedicadas de productos con pocos componentes; su gestión podrá utilizar técnicas asociadas con procedimientos de flujos regulares o JIT.
- Zona 3: estructuras y rutas de complejidad media, suele corresponder a la fabricación de productos con cierto número de variantes a partir de un número importante de componentes; su gestión podrá utilizar técnicas similares a las conocidas como MRP.
- Zona 5: estructuras y rutas complejas, suele corresponder a la realización de un conjunto singular (proyecto singular) y la gestión de la producción podrá inspirarse



en las técnicas adecuadas a tal efecto: PERT/ROY. Nos encontramos ante problemas de programación de actividades con ligaduras potenciales y disyuntivas y con recursos limitados.

Las fronteras corresponden a otras zonas que hemos denominado Zona 2 (JIT + MRP) y Zona 4 (MRP + PERT) presentan una complejidad de gestión que aconsejan utilizar técnicas mixtas.

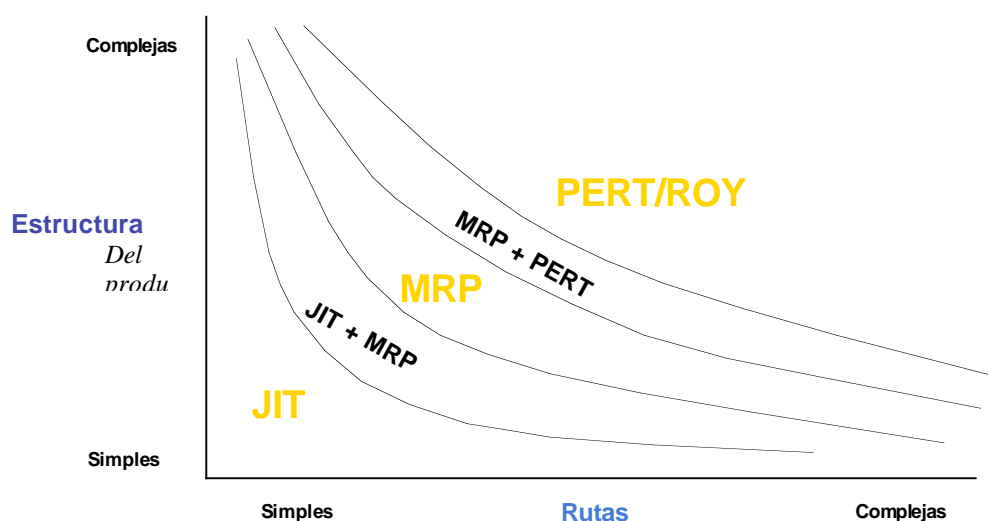


Figura 6.3: Tipología del sistema de gestión de la producción en función de la complejidad de rutas y estructuras

## 6.5 Comentarios finales

El término *Logística* tiene, como hemos visto, un origen militar, pero se ha introducido en la industria con mucho empuje (aunque no siempre con todo rigor). En este contexto no es necesario, pero cuando cabe la confusión, es mejor hablar de Logística Industrial. Ésta se puede definir como el estudio completo del movimiento de materiales en la industria, que comprende el de las materias primas desde su origen hasta la expedición del producto terminado a fin de hacerlo llegar al mercado o al cliente. Así pues, la logística se refiere fundamentalmente a las actividades manufactureras (en las de servicios el flujo de materiales suele tener poca importancia) con énfasis en el movimiento de los materiales, parte del cual se realiza dentro del sistema productivo en sentido estricto. De hecho, la óptica logística da una visión más amplia del sistema productivo que arranca desde los proveedores y las fuentes de materias primas y desemboca en los mercados o clientes.

La *Logística* y la *Dirección de Operaciones*, tienen, por tanto, una importante intersección, aunque la Logística es más un enfoque que una disciplina. Este enfoque, que denominamos flujo de materiales, es uno de los a tener en cuenta en Dirección de

Operaciones. Enfoque que fue adoptado, sin renunciar a otros, tanto en nuestros trabajos como en nuestras enseñanzas hace ya algún tiempo.

*"Dada nuestra vocación generalista (a causa de la IO) y gestional (OP), somos unos logísticos de primera línea. Ya estamos haciendo Logística, en nuestros trabajos, y la enseñamos, en nuestras asignaturas."*

*"Sólo cabe ponerlo más en evidencia: a) Citar el nombre de Logística más frecuentemente; b) Discutir en OP (y tal vez en IO) algunos temas de compras, de almacenes, de manutención y de distribución física. De esta forma los alumnos quedarán más satisfechos de la 'modernidad' de nuestros planteamientos."<sup>193</sup>*

También es fácil ver la importante intersección entre *Logística* y *Gestión de la cadena de suministro*. En definitiva, se trata del mismo enfoque, aunque la primera se preocupa originariamente por el flujo de materiales y la segunda incorpora la preocupación por los flujos de información y el resto de servicios, además de tratar de vincular a clientes y proveedores en una misma red con información adecuadamente compartida.

Por su parte, la Dirección de Operaciones además de poseer este enfoque, y por tanto tener una visión del sistema productivo basada en el movimiento y seguimiento del material, observa el sistema como un conjunto de actividades de transformación con ligaduras entre ellas y sobre ellas, y también lo observa como un conjunto de recursos con capacidad limitada, cuyo fin es transformar el material añadiendo valor, sobre los que continuamente hay que actuar para evitar los conflictos que surgen entre lo que se exige al sistema y lo que éste puede ofrecer.

<sup>193</sup> COMPANYYS, R. (1989) "El Emperador de todas la cosas". *Documento Interno de Trabajo*. Departamento de Técnicas Cuantitativas de Gestión ETSEIB (a la sazón).

## 7 UN MÉTODO GENERADOR DE CONOCIMIENTOS EN LA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

### 7.1 Introducción

Pensamos que nuestra adopción del enfoque cuantitativo está más que justificada; sin embargo, es conveniente hacer alguna matización sobre este punto. En ningún momento debe olvidarse el carácter aplicado y realista de la Organización Industrial y de toda la ingeniería en general; por ello, el hecho de conferir a la Organización Industrial una impronta cuantitativa no debe significar que ésta prevalezca sobre el conceptual. La Organización Industrial se nutre de problemas reales y verdaderas necesidades que surjan en la sociedad; por ello, en nuestro caso concreto, la enseñanza y la investigación deben inspirarse en las empresas dedicadas a la producción de bienes y/o servicios.

Entendemos que el avance de la Organización Industrial en la Universidad está ligado al conocimiento que ésta tenga sobre el mundo industrial y, por supuesto, el avance en la Industria depende de los conocimientos generados y, con posterioridad, adquiridos en la Universidad (los gestores de producción han cursado, en general, estudios universitarios). Normalmente, las necesidades y los problemas surgirán en las empresas; éstas obtendrán soluciones, más o menos adecuadas, según el grado de formación de sus técnicos y de la importancia que dé la propia empresa al estudio riguroso. La Universidad, tras ser consciente de un problema, podrá y deberá emplear sus conocimientos de dos formas. Primera, elaborando herramientas útiles (métodos, técnicas, algoritmos, programas, etc.). Segunda, transmitiendo su experiencia por dos vías: (1) los estudios de carrera dirigidos a alumnos potencialmente profesionales en fase de formación y (2) los programas de máster y de doctorado, destinados al reciclaje de profesionales parcial o completamente consolidados.

A nuestro parecer, la forma en que debe producirse el avance de la Organización Industrial está conceptualmente ligada a las interacciones entre las partes de un sistema, *Empresa* ↔ *Universidad*, que es capaz de: crear expectativas → detectar problemas-necesidades → crear-adaptar herramientas → resolver problemas → detectar problemas-necesidades, cíclica y continuamente.

Por consiguiente, la relación *problema - resolución* invita, y, razonablemente, obliga a estrechar fuertemente los lazos entre Empresa y Universidad. De hecho, esta ligadura es cada vez mayor, permitiendo que el mundo académico adopte una actitud más práctica y el mundo empresarial utilice, cada vez más, técnicas con alto grado de rigor científico.

*"En el mundo académico se ha producido un cambio radical en el planteamiento de estos temas y en las expectativas sobre la utilidad de sus enseñanzas. Hace veinte años el planteamiento consistía en el desarrollo de las técnicas para analizar, mediante modelos matemáticos, los problemas de producción con la esperanza de que su difusión entre los directivos de las empresas, y la posterior aplicación que de ellas hicieran, traería*

*consigo un gran incremento de la productividad. Hoy en día se ha abandonado este punto de vista, a la vez estrecho e ingenuamente optimista. En la actualidad reconocemos que la enorme complejidad de los problemas que se presentan en producción no hace posible la existencia de panaceas que, a modo de caja negra, los resuelvan casi automáticamente.*

*[...]. La influencia de sociedades como IEE, APICS y otras, cuestionando la razón de ser de las enseñanzas tradicionales y señalando los problemas reales que han de abordar los responsables de la producción, han actuado introduciendo mayor realismo en los planteamientos académicos."*

[LARRAÑETA, ONIEVA, LOZANO (1988)]  
*Métodos modernos de gestión de la producción*

Como se ha dicho, los problemas que trata de resolver la Organización Industrial surgen ante la necesidad de tomar decisiones para diseñar y gestionar sistemas productivos. Diseñar y gestionar correctamente no son cuestiones fáciles y menos aún si estas acciones se centran en los sistemas productivos, cuya riqueza de aspectos da lugar a problemas de muy distinta naturaleza. Por este motivo, son muchas las herramientas empleadas en el ámbito de la Organización Industrial; sin embargo y a pesar de esta diversidad, la actitud que ha servido para abordar la materia que nos ocupa ha sido, desde sus inicios, siempre la misma.

Nombrar algunos autores de la organización considerados como clásicos (con los que se puede estar o no de acuerdo) puede servir de ayuda para comprender el espíritu que ha movido a los pioneros, cuya contribución ha servido para establecer un camino para detectar y resolver problemas; DESCARTES, BABBAGE, TAYLOR, GILBRETH, FORD, HARRIS y WILSON, SHEWHART, DANTZIG, BUFFA, son algunos de los nombres que deberían figurar en esta lista, que se podría alargar con los de otros profesores o profesionales demasiado recientes todavía. Lo que hay en común es *"pensar científicamente en vez de seguir la tradición o la costumbre sobre los procesos implicados en el control de los grupos sociales que cooperan en la producción y la distribución."*<sup>194</sup>

Entre los trabajos de COULOMB o BABBAGE en el campo de la organización y los modelos matemáticos más recientes para la gestión de sistemas productivos hay, indudablemente, una gran distancia; pero son la expresión, en su época respectiva y con el distinto bagaje de todo tipo que ello supone, de una misma actitud ante la producción: la de considerarla como objeto de estudio científico y susceptible por tanto de análisis, modelización, cuantificación y crítica orientada a la mejora.

Se trata de adoptar una actitud basada en: *la duda, el análisis, la síntesis y la comprobación sistemática*. Tal como hicieron, en su momento, BABBAGE, TAYLOR y los autores de su escuela, iniciadores de la corriente cuantitativa en la que se ha insertado de

<sup>194</sup> URWICK L.F., BRECH E.F.L. (1984). *La historia del management*. Orbis.

forma natural la utilización de medios informáticos, los modelos matemáticos y, más recientemente, las ciencias de la computación. Sociedades como APICS<sup>195</sup> o POMS<sup>196</sup> o INFORMS<sup>197</sup> o ADINGOR<sup>198</sup> (en España), se sitúan en esta trayectoria, tal como indican LARRAÑETA, ONIEVA Y LOZANO "señalando los problemas reales que han de abordar los responsables de la producción."

Se trata, por tanto, de abordar los problemas de diseño y de gestión que surgen ante la evolución de los sistemas productivos (y elementos constituyentes) adoptando la actitud del método cartesiano descrito con cuatro "preceptos":

*"...creí que me bastarían los cuatro siguientes, supuesto que tomase una firme y constante resolución de no dejar de observarlos una vez siquiera.*

*Fue el primero no admitir como verdadera cosa alguna, como no supiese con evidencia que lo es; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención, y no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentase tan clara y distintamente a mi espíritu, que no hubiese ninguna ocasión de ponerlo en duda.*

*El segundo, dividir cada una de las dificultades que examinare en cuantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución.*

*El tercero, conducir ordenadamente mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos, e incluso suponiendo un orden entre los que no se preceden naturalmente.*

*Y el último, hacer en todos unos recuentos tan integrales y unas revisiones tan generales, que llegase a estar seguro de no omitir nada."*

[René DESCARTES (1596-1650)]

*Discurso del Método*

## 7.2 Fases de un método generador de conocimientos

En cualquier sistema productivo, podemos observar la complejidad de sus características debido a las íntimas relaciones que existen entre todas sus partes, que se afectan y relacionan mutuamente de forma continua y dinámica.

Los preceptos cartesianos nos proporcionan las pautas de comportamiento que podemos adoptar ante un problema específico al que tratamos de dar una solución desde un punto de vista científico; no obstante si deseamos establecer un método (ya que el camino a seguir no es único) será preciso establecer unas fases que servirán de guía para alcanzar el objetivo perseguido.

Las fases que proponemos deben entenderse en un marco de interacciones entre las partes de un sistema *Empresa* ↔ *Universidad*, y responden al aspecto gestional de la generación de conocimientos.

<sup>195</sup> Association for Operations Management : <http://www.apics.org> (rev. 20090327).

<sup>196</sup> Production and Operations Management Society : <http://www.poms.org> (rev. 20090327).

<sup>197</sup> Institute for Operations Research and the Management Sciences : <http://www.informs.org> (rev. 20090327)

<sup>198</sup> Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización: <http://www.adingor.es> (rev. 20090327).

### FASE 0: Reconocer la existencia de un *ante-problema*

En esta fase, el término *problema* debe entenderse como *una cuestión que se trata de aclarar o como un conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin*. Pero, antes de poder responder a una cuestión ya formulada y tratar de aclararla, o antes de conocer, tras un análisis, qué hechos y/o circunstancias están imposibilitando la consecución de un fin, ALGUIEN<sup>199</sup> está insatisfecho con una determinada situación o con una determinada concepción de un fenómeno: para ALGUIEN algo no acaba de encajar y le resulta molesto: ALGUIEN tiene un *ante-problema*.

El *ante-problema* puede ser reflejo de una inquietud del CIENTÍFICO<sup>200</sup> o de un CLIENTE<sup>201</sup>, que puede solicitar el concurso del CIENTÍFICO: he aquí el momento en que el CIENTÍFICO puede empezar a formar parte del juego de interacciones entre las partes del sistema *Empresa* ↔ *Universidad*.

Aquí nos encontramos en la fase primitiva del proceso de generación de conocimientos, para fijar ideas sirvan los siguientes ejemplos: “la factoría no alcanza los niveles de producción exigidos por la dirección, aunque esta está sobre-capacitada”; “los clientes nos rechazan los pedidos”; “las expediciones no llegan nunca a tiempo”; “el próximo año se despliega el PNRU que obliga a la recogida selectiva de residuos en nuestro municipio, el sistema que tenemos no nos sirve”; “doblamos en días de stock la media de la compañía”, “los agentes no están satisfechos con los turnos actuales”, “no tenemos claro qué tamaño de lotes son los más apropiados en la planta de estampación; la dirección nos pide reducirlos, pero sospechamos que incrementaremos los costes de producción”, etc.

Una cosa pendiente, si hay voluntad en ello, es convertir un *ante-problema* en un *problema*.

### FASE 1: Delimitación del Problema

Se puede considerar una primera fase consistente en el establecimiento de un acuerdo con los responsables de producción, sea de bienes o servicios, para definir cuál es el problema. Sobra decir que en esta fase no siempre se consigue definir cuál es el verdadero problema, el CLIENTE, cuya VOZ hay que escuchar, ayudará a definir el problema, pero, en ocasiones, mostrará otras preocupaciones inmediatas o recurrentes, alejadas del verdadero problema, al CIENTÍFICO.

<sup>199</sup> Nos estamos refiriendo a una persona o colectivo.

<sup>200</sup> Debe entenderse en sentido amplio: una persona o un colectivo mono o pluridisciplinario.

<sup>201</sup> Debe entenderse en sentido amplio: la sociedad, una organización, etc.

En este punto, es conveniente que el CIENTÍFICO documente su interpretación del problema y la someta al juicio del CLIENTE. Si las interpretaciones de ambos llegan, tras una o varias etapas de aproximación, a ser coincidentes, ha llegado el momento de enmarcar la situación que se desea alcanzar una vez que el problema haya sido resuelto.

El estado a alcanzar debe ser exigente, pero también debe ser realista, y debe estar en consonancia con el plazo fijado para su consecución.

#### *FASE 2: Análisis de causas potenciales generadoras del problema*

Aquí ya tenemos definida la situación deseable: hemos definido el fin. Por tanto, es el momento de identificar qué hechos y circunstancias, en definitiva, causas, nos impiden alcanzar el objetivo.

Tras la identificación de causas potenciales, es conveniente clasificarlas en varias categorías, por ejemplo 3. Algunas serán fundamentales o muy probables, otras serán probables y las últimas serán las poco probables o improbables. Para ello, se puede buscar apoyo en diferentes herramientas, desde diagramas de causa y efecto, hasta un programa matemático si es posible representar las relaciones causa-efecto a través de un modelo de estas características.

#### *FASE 3: Proponer soluciones generales posibles*

En esta fase se buscan soluciones generales sin que sea necesaria su evaluación a través de una medida de eficiencia; para ello, se pueden emplear técnicas como el *brainstorming*. En definitiva, se trata de ofrecer un conjunto de soluciones posibles y de él extraer las denominadas soluciones potenciales.

Por ejemplo, ante un ante-problema como “el próximo año se despliega el PNRU que obliga a la recogida selectiva de residuos en nuestro municipio, el sistema que tenemos no nos sirve”, se puede proponer distintas alternativas: un servicio puerta a puerta, un sistema de recogida neumática, ampliar el servicio con el sistema de recogida en vigor que emplea la técnica camión-contenedor, decidir que sea el ciudadano quien decida, etc.

#### *FASE 4: Seleccionar la solución general más satisfactoria*

Estamos en un punto en el que hay que tomar una decisión, en consecuencia, es preciso establecer un criterio. Frecuentemente, nos encontraremos, sobre todo en un grupo de trabajo, con criterios diferentes, con diferentes puntos de vista que pueden conducir a que la solución general más satisfactoria no sea la misma para todos los miembros del equipo. En tal caso, es conveniente enunciar los criterios y asignarles un peso; el resto del proceso es conocido.

#### *FASE 5: Proyecto, plan de trabajo y Lanzamiento*

Hasta este punto el problema sigue sin resolverse; es el momento de hacer una propuesta de Proyecto de Investigación o de Transferencia Tecnológica. Deben definirse las tareas a realizar, asignar recursos, establecer un calendario y un presupuesto, etc. También es conveniente desarrollar planes alternativos para salvar las posibles incidencias que puedan surgir a lo largo del desarrollo de Proyecto.

El enfoque que proponemos adoptar en esta fase de Estudio es el de la Escuela Cuantitativa, cuyas etapas son muy conocidas:

- Enunciar el problema en el marco de la propuesta de Proyecto aceptada.
- Analizar alternativas.
- Construir un modelo analítico para representar el sistema objeto de estudio.
- Determinar soluciones.
- Validar el modelo y las soluciones resultantes. Comprobar que las predicciones del modelo se ajustan a la realidad.
- Poner en marcha: Explotar.
- Mantener.

#### *FASE 6: Seguimiento y control del Proyecto*

Esta fase requiere la colecta de datos que deben ser útiles para el seguimiento y control del proyecto. También deberán desplegarse los planes alternativos si es el caso. Y, finalmente, se han de evaluar resultados desde un punto de vista gestional.



## 8 ALGO PARA FINALIZAR (de momento)

A estas alturas, el lector o lectora habrá llegado a la evidente conclusión que no es fácil ofrecer una definición sobre *Organización Industrial* que pueda satisfacer, por completo, a todos los agentes implicados en *Ella*.

Este hecho sería irrelevante a no ser por las circunstancias actuales, en las que es preciso contar con ideas claras sobre los contenidos que, en las ETS de Ingeniería Industrial, conformarán las nuevas titulaciones o renovarán las ya existentes.

En cuanto a la *Organización Industrial*, la opción más sencilla es poner el punto de mira al otro lado del Atlántico y reconocer, con sabiduría, que en cierto momento histórico no pudimos ser capaces de trasladar adecuadamente la denominación sajona *Industrial Engineering*. Ciertamente sus contenidos quedaron bajo el cuidado de esa *Cosa* llamada *Organización Industrial*, pero el nombre del continente que, por obra y gracia del proceso de traducción, le hubiera tocado llevar a esa *Cosa*, ya estaba ocupado.

Para centrarnos en cuáles son los contenidos de *Industrial Engineering*, bastaría con revisar la temática de uno de sus clásicos; sirva, para el caso, el *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management* de GAVRIEL SALVENDY. Para rebautizar el continente en nuestras lenguas, la tarea puede ser mucho más delicada.

En cualquier caso, lo que es evidente e importante es que los contenidos de la *Cosa*, que alguien tendrá que explicar, se tendrán que ir ajustando a los nuevos tiempos.

En los días que corren, ya no es tan evidente que la *Industria* (esa “*maña y destreza o arteificio para hacer una cosa*”) sea un tema que sólo preocupe a los países emergentes: Occidente no parece estar dispuesto a perderse la diversión de vivir una nueva revolución industrial, eso sí: con nuevos productos – bienes y servicios -; con nuevos procesos; con nuevos artefactos e inventos dedicados en parte a la fabricación; con más respeto al medio ambiente; quizás, con un sistema de transporte y movilidad más racional y menos agresivo; posiblemente, con una mejorada y renovada distribución de la generación de la energía entre sus diversos vectores, la cual esté en consonancia con las necesidades y las posibilidades de cada país; y, por qué no, con un sistema financiero con restricciones sobre aquellas operaciones de alto riesgo allende la preocupación de facilitar la existencia a ese conjunto de elementos, variable en el tiempo, al que denominamos Ser Humano.