

1. Selección y diseño de procesos productivos y tecnologías

Aguirre (1992) expone que las decisiones respecto a la selección y diseño de procesos productivos determinan el tipo de proceso que se va a utilizar y su extensión; son decisiones de carácter estratégico, a diferencia de otras decisiones menos cruciales como la distribución en planta.

Son decisiones que vienen determinadas por los pronósticos de demanda y su evolución a largo plazo, así como por la selección de los productos a fabricar, financiación disponible, etc.

Existen tres tipos fundamentales de diseño del proceso productivo, con características específicas: el **diseño por producto**, el **diseño por proceso** y el **diseño por proyecto** (Schroeder, 1983; Tarragó, 1986).

El **diseño por producto**:

-Es el adecuado para productos estables, poco variados y que se fabrican en grandes cantidades, bien de forma continua o en series largas (cemento, cerveza, electricidad, papel, panadería industrial, etc.)

-Se caracteriza por la existencia de un flujo continuo en una secuencia lineal de operaciones. Los puestos de trabajo, las máquinas, herramientas, almacenes intermedios, unidades de apoyo, etc., están ordenados según la secuencia de tareas que componen la actividad total de procesamiento.

El uso de maquinaria especializada requiere un gran volumen de inversión y cuando el nivel de ocupación es adecuado este tipo de diseño supone la ventaja de que los productos tienen un coste unitario bajo pero presenta el inconveniente de su poca flexibilidad ante los posibles cambios. Es, por tanto, un tipo de diseño altamente eficiente para productos estandarizados, de gran demanda, y estables.

La programación y el control de la producción son sencillos, ya que se realizan de una vez y para un horizonte temporal muy amplio y se requieren pocas modificaciones en los programas durante su ejecución. Plantean, en cambio, otro tipo de problemas, como los derivados de la insatisfacción en el trabajo, se dan riesgos de obsolescencia del producto o de la tecnología empleada.

El **diseño por proceso** o por función, también llamado por talleres:

-Resulta adecuado para la fabricación de lotes o series de tamaño reducido, de productos bastante variables con demanda relativamente pequeña (confección, artesanía, restaurantes, academias, etc.).

-Se caracteriza por ofrecer un flujo de producción en lotes o series cortas, a intervalos intermitentes, de forma que los equipos, la maquinaria y los puestos de trabajo se agrupan en unidades técnicas especializadas en la realización de unas clases de tareas homogéneas en sí y diferenciadas de las de otros grupos.

La programación de la actividad resulta bastante más complicada, ya que los lotes de productos requerirán programas específicos. Se plantean también problemas de secuenciación de actividades, de carga de trabajo, de asignación de tareas a personas y máquinas y de congestión. El control también se hace más complejo, ya que el flujo no es continuo y es más difícil detectar las irregularidades en el mismo.

En este tipo de diseño, se utiliza una menor cantidad de equipos, que son de uso general, polivalentes y por supuesto menos especializados que en los procesos por producto. La mano de obra debe ser, por el contrario, más abundante, altamente cualificada y flexible, para adaptarse a la realización de tareas diversas y variables.

Se configura así una estructura productiva con un grado de capitalización medio, en conjunto menos eficiente en relación a los costes, la calidad y la confiabilidad, que el diseño por producto, pero que posee la ventaja de su mayor flexibilidad para adaptarse a distintos tipos de productos y a cantidades variables.

El **diseño por proyecto**

-Es el utilizado para la fabricación de productos únicos u originales, que se elaboran por demanda de un cliente concreto y de acuerdo con sus especificaciones (construcción de edificios, buques, la confección a medida, la producción de películas, la preparación de una exposición, los proyectos de decoración).

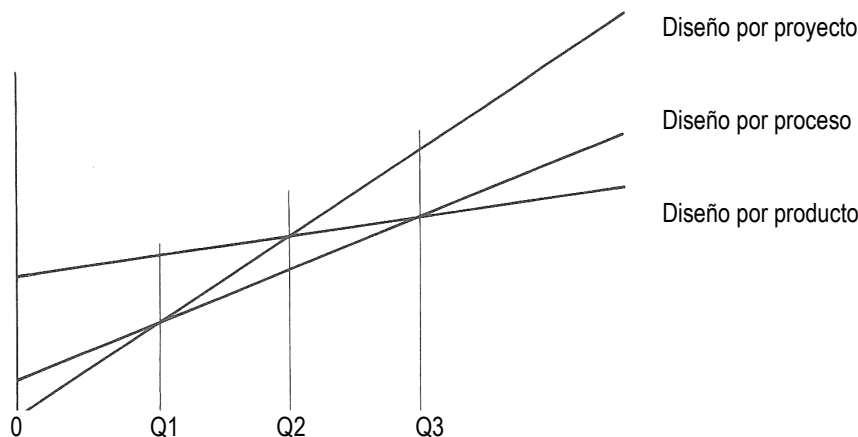
-No existe flujo de productos, ya que el producto es único pero sí existe una secuencia de operaciones individuales que debe realizarse de forma sucesiva y/o simultánea para concluir el producto final.

-El diseño por proyectos requiere un volumen considerable de mano de obra bien cualificada, poca cantidad de equipos humanos que suelen ser de usos generales y gran cantidad de herramientas.

Los productos resultan, por consiguiente, a un coste elevado. Se trata de una estructura productiva que se caracteriza, pues, por sus elevados costes, calidad y confiabilidad variables, pero que ofrece, en cambio, una gran flexibilidad.

El tiempo empleado en la elaboración de cada unidad es grande, por lo que el principal problema es la programación de actividades, máxime si se considera que no siempre los proyectos están perfectamente definidos de antemano y que los tiempos de ejecución de las tareas no están estandarizados. La programación se hace buscando la secuenciación que minimice el tiempo total de ejecución, tanto en el caso de tiempo ciertos, como si se trata de actividades de duración aleatoria.

Los costes totales de producción que se asocian a cada uno de los tipos de diseño mencionados pueden representarse según el siguiente gráfico (Aguirre, 1992 basado en Bueno, Cruz y Durán, 1989).



No obstante además de los costes habrá que evaluar toda una serie de factores: necesidades de capital, demanda actual y futura, tanto en su volumen como en lo relativo a la estabilidad de la misma, disponibilidades de mano de obra cualificada, materias primas y su coste, situación de la tecnología y previsible evolución, etc.

La tecnología, como expone Aguirre (1992), comprende todo el conjunto de procesos, métodos, procedimientos, herramientas, máquinas y equipo que se emplean para producir bienes o servicios. Incluye tanto la base física o como las habilidades y conocimientos necesarios para utilizarlos eficientemente.

Para la empresa, la tecnología disponible incluye tres tipos fundamentales (Schroeder, 1983): tecnología industrial o de fábrica, tecnología de oficinas y tecnología de servicios.

La tecnología **de fábrica** presenta tres niveles fundamentales:

- producción manual: se utiliza fuerza de trabajo y control humanos, como, por ejemplo, cavar una zanja con pico y pala
- producción con maquinaria, donde la mayor parte de la fuerza de trabajo la prestan las máquinas y el control lo realizan las personas, como cavar una zanja con una pala excavadora mecánica
- producción automatizada, donde tanto la fuerza de trabajo, como el control, son llevados a cabo por máquinas, como es el caso de la producción asistida por ordenador y de los sistemas productivos robotizados.

La tecnología **de oficinas** ha progresado extraordinariamente en los últimos años, gracias a la aplicación masiva de los ordenadores al trabajo administrativo.

La tecnología en las industrias **de servicios** es la que menos ha progresado en los últimos años, aunque es posible estandarizar actividades de servicios con sensibles mejoras en la eficiencia, del servicio y costes: los cajeros automáticos, máquinas expendedoras, cadenas de restaurantes de comida rápida, etc. (Aguirre, 1992)

2.Distribución en planta

Una vez elegido el tipo de diseño del proceso productivo y la tecnología, habrá que estudiar la cuestión de la disposición, distribución de la planta industrial o *lay-out*. Debemos determinar la disposición física óptima de máquinas, puestos de trabajo, servicios auxiliares, almacenes etc. (Aguirre, 1992)

Los **objetivos** que perseguimos serán:

- Integrar todos los factores productivos de forma eficiente.
- Que el sistema sea versátil y flexible por si se presentan cambios
- Mejorar el desempeño del sistema productivo
- Establecer áreas bien definidas de trabajo
- Conseguir una ordenación lógica de los flujos de trabajo.
- Minimizar el número de recorridos, las distancias y las esperas, tanto de los materiales como de los operarios.
- Seguridad en el trabajo, bienestar y satisfacción del personal.

La distribución en planta depende de la naturaleza y configuración del proceso productivo, ya que esta cuestión está estrechamente relacionada con el tipo de flujo de los materiales y productos. Como se ha comentado anteriormente, la distribución en línea o por producto genera un flujo lineal continuo; la distribución por proceso o por función da lugar a un flujo intermitente y variable; y la distribución en posición fija o por proyecto no genera flujo alguno de materiales, aunque sí un flujo o secuencia de operaciones (Aguirre, 1992).

En la distribución en planta intervienen un amplio número de factores, que han de ser considerados en tanto que afectan a la eficiencia del sistema: (Aguirre, 1992)

1. **Factor material:** materias primas, materias auxiliares, productos en curso, acabados, embalajes, etc., de los cuales hay que considerar las cantidades y los métodos de manipulación que cada uno requiera.
2. **Factor maquinaria:** equipo de proceso y tratamiento, herramientas, repuestos, etc., respecto de las cuales hay que analizar el tipo de maquinaria y el número necesario de cada una.
3. **Factor trabajo:** mano de obra directa e indirecta, en relación a la cual hay que tener en cuenta las condiciones de trabajo y seguridad, los aspectos de productividad y coste, la lucha contra la fatiga y la insatisfacción en el trabajo, etc.
4. **Factor movimientos:** todos los transportes internos y movimientos de materiales, máquinas, con la finalidad de eliminar y/o reducir movimientos, y minimizar las distancias.
5. **Factor esperas:** la optimización de los flujos mediante una correcta distribución en planta tiende a reducir los circuitos a un grado óptimo en el que, tanto los recorridos, como las esperas y detenciones, sean mínimos.
6. **Factor servicios:** son todas las personas, órganos, elementos y actividades que auxilian la producción y conservan y mantienen la actividad del sistema productivo. Incluye los servicios relativos al personal -aseos, vestuarios, accesos, etc.- y los relativos a la maquinaria -mantenimiento, repuestos, revisión, etc.
7. **Factor edificio:** es la estructura física que delimita y condiciona la distribución en planta. Hay que analizar si es de una o varias plantas, si es un edificio de uso general o específico, así como todas sus características.
8. **Factor cambios:** la distribución en planta debe ser flexible, para que pueda adaptarse a cambios de la actividad. Hay que considerar que el equipo sea desplazable, dotar de fácil accesibilidad a la planta, de suficientes tomas de corriente, agua, bocas de aire, etc., y de posibilidades de modificación o de ampliación para el caso en que sean necesarias.

Cuando el flujo de entrada es mayor que el flujo de salida, se produce una acumulación, que técnicamente se denomina cuello de botella; a la inversa, cuando el flujo de entrada sea menor que la capacidad de procesamiento de la unidad, es decir, menor que el flujo posible de salida, se producen tiempos ociosos en ese punto del sistema. Una adecuada distribución en planta debe diseñar y especificar correctamente las rutas o redes de flujos de manera que el ritmo sea óptimo, sin estrangulamientos ni ociosidades, uno de los principales criterios empleados se apoya en la minimización de las distancias recorridas y en la minimización de los costes de manejo y traslado (Bueno, Cruz y Durán, 1989):

$$\min C = \sum_{i,j} C_{ij} Q_{ij} D_{ij}$$

D_{ij} Distancia entre los centros de trabajo i y j .

Q_{ij} Volumen de material en circulación entre i y j por unidad de tiempo.

C_{ij} Coste unitario de traslado entre i y j .

C : Coste total de movimiento de materiales.

n : Número de centros de trabajo.

3. Estudio y mejora de métodos y estudios de tiempos

El estudio de los métodos de trabajo consiste en el registro, análisis y examen crítico y sistemático de los métodos existentes y de las propuestas para llevar a cabo un trabajo y en el desarrollo y aplicación de los métodos más sencillos y eficientes (OIT, 1959). Consiste, así pues, en ver el modo como se hace un trabajo, en mejorar la forma de realizarlo, en medir sus tiempos y en adiestrar al personal en los nuevos procedimientos.

Estos estudios comprenden o tienen implicaciones en el análisis de aspectos tales como:

- a) el conjunto de movimientos del operario en su trabajo
- b) el de la disposición del puesto de trabajo
- c) el del diseño del producto
- d) el del diseño de las herramientas
- e) el proceso de manejo de materiales.

El análisis y mejora de las actuaciones del operario en su trabajo se fundamentan en una serie de principios de economía y eficiencia de movimientos, propuestos entre otros por Gilbreth y por Barnes, cuya aplicación permite la realización de las tareas de forma que se requiera para ellas menos tiempo y esfuerzo.

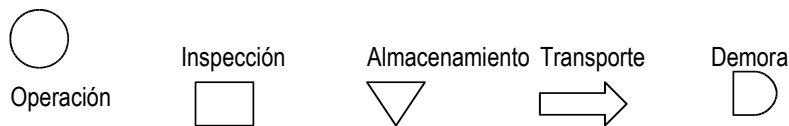
El proceso mediante el cual se lleva a cabo este tipo de estudios lo integran, por lo general, las siguientes etapas:

- 1) selección del trabajo objeto de estudio
- 2) registro de los hechos pertinentes correspondientes al método que se utiliza
- 3) examen de estos hechos empleando una técnica adecuada
- 4) el desarrollo o diseño del método más práctico, económico y eficaz teniendo en cuenta la situación
- 5) la adopción del nuevo método como práctica uniforme
- 6) el control de dicho método mediante comprobaciones regulares y habituales.

La exigencia de identificar las tareas y determinar y describir el método de trabajo para su análisis puede realizarse de

permanencia, una visión del conjunto muy útil para el estudio de un método y su comparación con otras alternativas (Aguirre, 1992).

Existen diferentes clases de diagramas que se adecuan a la naturaleza de la actividad que se está estudiando y a la cantidad de detalles que conviene incluir en la descripción. Entre los diagramas más empleados se hallan el diagrama de proceso operativo, el diagrama de circulación y el diagrama hombre-máquina. La simbología utilizada en ellos es muy diversa, dependiendo de la entidad que los promueve. Así, es muy conocida la simbología empleada en los diagramas de proceso de ASME (American Society of Mechanical Engineers) siendo los símbolos:



Para realizar dichos diagramas será necesario conocer los tiempos invertidos en las diversas operaciones así como para poder establecer programas óptimos de producción, prever el cumplimiento de los encargos, concretar las cargas de trabajo de los diversos puestos del proceso productivo y establecer sistemas de incentivos a la producción.

El conocimiento de los tiempos requeridos para ejecutar el trabajo según distintos métodos permite resolver cuál de ellos es el más conveniente, no obstante hay que considerar otros factores como las garantías de calidad del producto y de seguridad del trabajo, los costes del proceso productivo, etc.

Tradicionalmente las unidades de medida del tiempo de las operaciones son la hora, el minuto y el segundo. Sin embargo, han sido sugeridas otras unidades más cómodas de manejar como son la diezmilésima de hora (Hh^{00}) y la cienmilésima de hora (TMU, *time measurement unit*) (Aguirre, 1992).

Existen fundamentalmente cuatro métodos para el estudio de los tiempos:

a) El **método de estimación** se basa en la experiencia y el conocimiento del tiempo de trabajo que se realiza. Se utiliza para trabajos no repetitivos tales como reparaciones y grandes obras y proyectos. Es habitual su uso en las técnicas programación PERT y CPM (Aguirre, 1992).

b) El **método de cronometraje** se basa en la observación y medición directa de los tiempos de las diversas operaciones y movimientos que integran un trabajo mediante cronómetros especiales. Habitualmente estos cronómetros miden unidades del sistema decimal. Los conceptos básicos de este método son los siguientes:

Tiempo observado **tb**, que es el tiempo cronometrado de un movimiento concreto y aislado.

Actividad **a** es el ritmo de trabajo eficiente. Es una estimación sobre la velocidad con que se realiza el movimiento cronometrado. Existen diversas escalas, la más usual es la 0-100-140, en la que actividad 100 se considera como actividad normal mientras que actividad 140 se considera una actividad óptima. Una actividad 0 indica reposo absoluto o inactividad.

Tiempo normal **tn** es el tiempo que se considera se emplea en realizar un movimiento con actividad normal. Su valor se deduce del tiempo observado y de la actividad estimada en el cronometraje como sigue: (Aguirre, 1992)

$$tn = tb \frac{a}{100}$$

c) la **técnica de tiempos predeterminados** se basa en dividir el trabajo en micromovimientos o *therbligs*. Éstos *therbligs* se temporalizarán según condiciones recogidas en unas tablas denominadas MTM de estándares de tiempos de movimientos.

d) el **muestreo de trabajo** se utiliza en la determinación de los tiempos de producción cuando las tareas se presentan de forma totalmente aleatoria. Se realizan observaciones instantáneas de forma aleatoria para conocer el dato pertinente; por ejemplo, si un operario trabaja o no trabaja. Acumulando los datos de todas las observaciones realizadas se puede estimar el porcentaje **p** del tiempo en que está activo. Si al mismo tiempo se anota en cada observación el nivel de actividad **a** puede calcularse un nivel de actividad media **A** que desarrolle el operario cuando trabaja y, finalmente, conocido el tiempo **T** del período de observación y el número **n** de unidades de producto realizadas, puede calcularse el tiempo normal para la obtención de la unidad de producto:

$$Tn = \frac{TxPx A}{n}$$