

CAPITULO II. Ingeniería de Procesos

Los medios comerciales cada vez más complejos y el rápido cambio que tiene lugar en las estructuras del costo, plantean un gran reto a las empresas cuando se trata de determinar la ubicación de sus instalaciones y la planeación de sus procesos de fabricación. Es factible que las empresas de fabricación y de servicios, el gobierno y las instituciones financieras obtengan beneficios de examinar repetidamente y a fondo esas importantes decisiones.

2.1 Distribución de Plantas para la Manufactura de Productos

La distribución en planta es tan antigua como el hombre mismo, las primeras distribuciones las llevaban a cabo los hombres que hacían el trabajo o la persona que proyectaba el edificio, los documentos históricos que se han encontrado muestran el área de trabajo para un servicio específico, pero no se refleja la aplicación de ningún principio básico. Con la Revolución Industrial, se transformó en objetivo económico el estudio de las plantas, como se sabe, las primeras mejoras fueron dirigidas hacia la mecanización del equipo, también se pudo ver que un taller limpio y ordenado era una ayuda económica tangible.

El término fábrica o de una manera más general, planta fabril, significa un edificio o grupo de edificios provistos de equipos mecánicos, herramientas y otros medios materiales necesarios para la producción de mercancías y servicios. El tamaño más favorable de una fábrica, puede examinarse desde varios puntos de vista, ya que este puede variar mucho de una industria a otra. Una manera de averiguar este tamaño es hallar cual es la magnitud de la organización que utilizando los recursos, las técnicas de fabricación y la habilidad organizadora existentes, produce un costo unitario de producción mínimo, cuando se incluyen todos los costos que tienen que estar comprendidos a lo largo de la operación. El crecimiento (gradual o explosivo) y el cambio, son elementos esenciales en cualquier negocio, tanto las instalaciones dedicadas a producción, como los edificios en que se encuentran, deben expandirse en concordancia con el incremento de las necesidades de la producción, nunca debe darse por sentado que se tiene la distribución óptima, puesto que los métodos, el manejo de los

materiales y la ubicación de las máquinas siempre son susceptibles de mejoras. Así, el principal motivo del arreglo de la planta es optimizar la distribución de máquinas, recursos humanos, materiales y servicios auxiliares, de manera que el valor agregado por el sistema de producción sea elevado al máximo.

2.1.1 Objetivo de la Distribución

Determinar la disposición de una fabrica, existente o en proyecto, es colocar las máquinas y demás equipos de la manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación desde que se reciben las materias primas hasta que se despachan los productos terminados. Permitiendo así:

- Facilitar el proceso de manufactura.
- Facilitar y minimizar el movimiento y manejo de materiales entre operaciones.
- Asegurar una alta rotación de materiales en proceso.
- Encontrar una distribución de las áreas de trabajo y del equipo que sea la más económica para el trabajo.
- Optimizar la mano de obra.
- Minimizar la inversión en equipos.
- Optimizar el espacio disponible (en tres dimensiones).
- Mantener la flexibilidad adecuada, tanto en cantidad (por expansión ó aumentos de volumen), como en calidad (por cambios de diseño ó productos fabricados).
- Lograr una supervisión más efectiva y eficiente.
- Asegurar la eficiencia, seguridad y comodidad de los ambientes de trabajo.
- Reducir el inventario de artículos terminados requeridos para satisfacer la demanda de la clientela.

2.1.2 Necesidad de una Nueva Distribución

Existen una serie de signos o indicaciones que señalan si una distribución es deficiente: entrega de mercancías con demora, confusión o deformidad general de la planta, existencia de hombres y maquinaria parada, son algunos síntomas que indican la posibilidad de una economía en potencia susceptible de ser actualizada a través de una mejor distribución en planta.

El momento más lógico para un cambio en la distribución es cuando se estén realizando mejoras en los métodos o maquinaria. Los cambios de métodos y las mejoras en el proceso, maquinaria o equipo están estrechamente relacionados. Las buenas distribuciones se proyectan a partir de la maquinaria y el equipo, los cuales a su vez, están basadas en los procesos y métodos, siempre que un proyecto de distribución esté en su inicio, se deberán reexaminar los métodos y procesos, y siempre que se vayan a adoptar nuevos métodos o instalar nueva maquinaria, será un buen momento para evaluar de nuevo toda la distribución. Puesto que al mismo tiempo que se realiza una redistribución, se harán o podrán hacerse cambios en otras actividades, y deberán tenerse presentes las siguientes condiciones:

- Departamento de Recepción. Congestión de materiales. Problemas administrativos en el Departamento. Demoras de los camiones proveedores. Excesivos movimientos manuales. Necesidad de horas extras.
- Almacenes. Demoras en los despachos. Daños a materiales almacenados. Áreas congestionadas. Pérdidas de materiales. Control de inventarios insuficientes. Elevada cantidad de material. Piezas obsoletas en inventarios. Falta de materiales ó piezas solicitadas por producción y/o mantenimiento.
- Departamento de Producción. Operarios calificados que mueven materiales. Frecuentes redistribuciones parciales de los equipos. Materiales en el piso. Quejas de supervisores por falta de espacio. Congestión en pasillos. Disposición inadecuada del centro de trabajo. Tiempos de movimiento de materiales elevado, con respecto al tiempo de procesamiento. Maquinaria parada en espera del material a procesar. Frecuentes interrupciones en la producción por fallas de algunas máquinas.
- Expedición. Mala comunicación con el Departamento de Producción. Demoras en los despachos. Roturas o pérdidas de materiales, etc.
- Ambiente. Condiciones inadecuadas de iluminación, ventilación, ruido, limpieza, etc. Muchos accidentes. Alta rotación de personal.
- Generales. Programa de producción desorganizado. Poco interés del personal. Muchos gastos indirectos.

Otros momentos apropiados para llevar a cabo una redistribución de planta se presentan con:

- a. La expansión de la producción: muchas plantas pequeñas de la actualidad mañana serán sin duda, fábricas de tamaño medio, con un crecimiento gradual y constante.
- b. La introducción de nuevos productos: aún en el caso de que para su fabricación se utilicen las máquinas y los procesos existentes, pueden surgir nuevos problemas de manejo de materiales que, con toda seguridad, aumentarán la presión sobre el espacio para fabricación con que se cuenta.
- c. La adquisición de un edificio nuevo: en este caso se tiene la oportunidad de eliminar todos aquellos aspectos estructurales y de diseño que han venido afectando el edificio actual. El diseño del nuevo edificio debe facilitar el crecimiento y la expansión que lleguen a ser necesarios, y permitir toda la flexibilidad que se requiera.

2.1.3 Estudio de Distribución y el Espacio Físico

Las cuatro principales situaciones que se presentan en la práctica, que limitan un estudio de distribución según el espacio físico disponible, son:

- Proyecto de una Planta Completamente Nueva. Se trata de ordenar todos los medios de producción e instalaciones para que trabajen como conjunto integrado. En este tipo de proyecto el grupo de especialistas encargados de la distribución diseñará el edificio de la empresa desde el principio, considerando todos aquellos elementos que facilitan el flujo de hombres y materiales, tales como entradas y salidas, áreas de servicio, almacenes, etc. Este caso de distribución en planta se suele dar solamente cuando la compañía inicia un nuevo tipo de producción o cambia de producto, o cuando se traslada de área. Esta clase de misión raramente es realizada por una sola persona y generalmente incluye a varios especialistas.
- Traslado de una Planta ya Existente. En este caso, el trabajo es también de importancia, pero los edificios y servicios ya están allí limitando la libertad de acción del ingeniero. Aquí el problema consiste en adaptar el producto, los elementos y el personal de una organización ya existente en una planta distinta

que también ya existe. Este es el momento de mejorar métodos y abandonar viejas prácticas.

- Reordenamiento de una Distribución ya Existente. Es también una buena ocasión para adoptar métodos y equipos nuevos y eficientes. El ingeniero debe tratar de conseguir que la distribución sea un conjunto integrado. El problema consiste en utilizar el máximo de los elementos existentes compatibles con los nuevos planes y métodos, aunque en este caso se está limitado por las dimensiones del edificio, su forma y en general todas las instalaciones en servicio. Esta situación es más frecuente, sobre todo en los cambios de diseño del producto y en la modernización del equipo de producción.
- Ajustes Menores en una Distribución ya Existente. Esta causa es la más común, ya que se presenta cuando varían las condiciones de operación. Pero sean de la clase que sean, los problemas de distribución con que se tengan que enfrentar los ingenieros lo harán básicamente del mismo modo, se buscarán los mismos objetivos, aún a pesar de que estos y las consideraciones involucradas pueden ser de muy distinto calibre. Aquí se debe pensar en introducir diversas mejoras, cambiar el plan de distribución del conjunto, con un mínimo de costos, interrupción en la producción o ajustes en la instalación.

2.1.4 Beneficios para una Buena Distribución

Entre los principales beneficios obtenidos al realizar una distribución de planta, se tienen:

- Se reduce el manejo de materiales. Al reagrupar el equipo por procesos y operaciones, se acortan las distancias. Deben procurarse eliminar los almacenamientos intermedios, para obligar el flujo continuo del material.
- Se reduce el material en proceso. Al surgir una secuencia lógica y al disminuir las distancias, el material permanece menos tiempo en el proceso y se obtiene también otra meta: disminución de las demoras.
- Se fabrica más rápido. Al disminuir las distancias, demoras y almacenamientos innecesarios el producto estará listo para la venta más rápidamente, aumentando la productividad.

- Se obtiene un ahorro de espacio. Al disminuirse las distancias de recorrido y distribuir mejor los pasillos, almacenes, equipo y hombres se aprovecha mejor el espacio, y se tiene el espacio adecuado para cada operación. Al utilizar varios niveles se obtienen ahorros en las superficies.
- Se reducen los riesgos de deterioro del material y se aumenta la calidad del producto. Al separar las operaciones se reducen las influencias nocivas de unas a otras. Se separan las operaciones delicadas, de las que pueden causar daño.
- Se facilita el mantenimiento del equipo. Al reunir los equipos similares, y al separarlos de otros que los pueden dañar se aumenta la vida del equipo y se facilitan las reparaciones.
- Se reduce el trabajo de oficina, y se emplea mejor la mano de obra. Al seguir el proceso un flujo bien determinado, se puede reducir la preparación de órdenes y programas. Al disminuirse los acarreos y operaciones inútiles, se disminuye el trabajo indirecto.
- Se obtiene una vigilancia mejor y más fácil. Se aumenta el área de visión, necesitando los supervisores moverse menos, se puede determinar fácilmente en que punto del proceso se produce un retardo.
- Se mejora la moral y se da mayor satisfacción al obrero. Se muestra a los trabajadores que la Dirección se interesa por sus "pequeños problemas". Se evita el sol de frente, las sombras en el lugar de trabajo, etc.
- Se aumenta el número de obreros que pueden beneficiarse con sistemas de incentivos. Se les puede aplicar a operaciones que antes estaban desarticuladas. Es más fácil determinar la eficiencia y efectos de las operaciones de la mano de obra indirecta.
- Se obtiene un mejor aspecto de las zonas de trabajo. Mejorando la impresión que reciban los visitantes a la planta y obteniéndose un efecto psicológico muy favorable entre el personal.
- Se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo. Se eliminan las herramientas en los pasillos, los pasos peligrosos, la posibilidad de resbalones, lugares insalubres, la mala ventilación, etc.

- Se obtienen mejores condiciones sanitarias. Que son indispensables tanto para la calidad de ciertos productos, como los de la industria alimenticia, como para favorecer la salud de los empleados.

2.1.5 Errores más Frecuentes al Realizar una Distribución

Sería utópico presumir que pueden obviarse todos los errores en la distribución, pero también es cierto que gran parte de ellos pueden prevenirse, si se meditan suficientemente los problemas de la distribución, mientras ésta se halla todavía en fase de planificación (sobre el papel).

El siguiente análisis de los errores más frecuentes se ha dispuesto con referencia a ciertos factores principales. Se destacan seis sectores en los que los errores dan por resultado costos de producción más elevados.

a. Aprovechamiento del Espacio.

El espacio, sea superficie de suelo o espacio cúbico, es caro; pero parece ser uno de los puntos que pocas veces se planea cuidadosamente. Si se dispone de amplio espacio y puede planificarse en él una distribución sin dificultades, la postura que probablemente se tomará es de gran comodidad: < Hay abundancia de espacio ¿por qué, pues, procurar ahorrarlo? > Si el espacio es limitado, el orden de las máquinas se convierte en un problema serio, la reacción probable es de irritación, es decir; < ¿Cómo puede el jefe esperar que haga una distribución satisfactoria si no me concede suficiente espacio? > Ambas actitudes conducirán a un derroche de dinero.

El costo de espacio, bien en términos de alquileres o de depreciación del edificio, es precisamente un factor que interviene en todos los gastos. El espacio tiene que calentarse, iluminarse, limpiarse y estar bien conservado. Al aumentarse la cantidad de espacio por máquina, estos gastos crecen sin añadir valor alguno al producto. Tienden además a quedar fijos, de modo que una disminución en el volumen no vendrá acompañada por una disminución en tales gastos, un aumento del espacio concedido a cada máquina significará ciertamente un gasto adicional en el movimiento de materiales, más tiempo de camino para jefes de turno y empleados, y más tiempo para el personal de producción.

b. Situación de las Máquinas.

La situación de una máquina, refiriéndose a la ubicación con respecto a las demás, a los pasillos, columnas, lámparas, etc., no se refiere a la colocación de máquinas con vistas a la serie de operaciones de la cadena de producción o dentro de una sección de proceso como tal. Hay cierto número de factores de colocación con los que se consigue la máxima utilidad de las máquinas y un mínimo de interferencias; el reconocimiento de dichos factores conducirá a una mejor planificación de la distribución.

c. Comodidad de los Obreros.

La comodidad de los obreros es un factor importante en la colocación de las máquinas. El obrero pasa aproximadamente una cuarta parte de su vida de adulto junto a su máquina, naturalmente, será un obrero mejor y más activo si su puesto de trabajo es cómodo, que si es incómodo o desagradable. Este factor viene afectado por muchas consideraciones.

La fuente luminosa y su colocación con respecto a la posición normal de trabajo debe ser tal que el obrero pueda ver sin forzar su vista ni quedar deslumbrado. Cuando durante parte del día se aprovecha la luz natural, complementada con luz artificial durante todo el tiempo o parte de él, es importante que la posición normal de trabajo sea tal que reciba por igual la luz de ambas fuentes. Es bastante fácil colocar la fuente artificial de modo que permita una buena visión, pero la luz natural no puede combinarse fácilmente. Como consecuencia, es corriente hallar obreros de cara a las ventanas en las fachadas este, sur u oeste del edificio de la planta, debido a que se cree que la luz artificial es la más importante, el resultado es que el obrero se deslumbra cada vez que mira hacia las ventanas durante las horas de luz diurna y para realizar su trabajo necesita entonces disponer de mayor cantidad de iluminación artificial. La solución ideal es colocar la máquina de modo que el obrero dé la espalda a las ventanas cuando está en la posición normal de trabajo, formando el plano de su cuerpo un ángulo de 45 grados con ellas. La luz caerá sobre sus hombros y sobre su zona de trabajo.

La estructura de la máquina, la situación de los mandos y de las piezas a trabajar que requieran una buena visión y la forma en que se proyecten las sombras del cuerpo

del propio obrero y las diversas partes de la máquina, determinarán si la luz debe venir sobre el hombro derecho o el izquierdo.

El calor y los ruidos son factores que afectan seriamente la comodidad del obrero, pero con el simple cambio de la disposición de las máquinas dentro de la sección, sólo pueden conseguirse escasas mejoras. Es más importante la situación de la sección o área con respecto a los procesos que producen ruido o calor. Su proximidad debe tenerse en cuenta al determinar la disposición general de los departamentos dentro del edificio. Las paredes y techos pueden revestirse de materiales absorbentes del sonido para reducir el volumen del ruido, o colocar tabiques o mamparas que reflejen hacia su origen el sonido proveniente de las operaciones ruidosas.

Aunque se ha demostrado que las corrientes de aire no son causa de los resfriados, muchos obreros lo creen así, y no deben estar en la corriente directa de los ventiladores. Las corrientes de aire intensas son muy molestas para la mayoría del personal y deben evitarse mediante la acertada colocación de ventiladores, extractores e impulsores.

d. Alimentación y Evacuación de Materiales.

Los materiales y piezas deben llevarse a las máquinas y retirarse de las mismas; la posición de éstas con respecto a los pasillos o equipos de manejo de materiales afectará a la duración de aquellas operaciones y a la comodidad con que se efectúan. Los tornos revólver y las máquinas de tornillería, por ejemplo, requieren una acumulación de barras, normalmente largas y poco manejables, si las máquinas de la sección de tornos revólver se disponen paralelamente a los pasillos, el número de máquinas que pueden abastecerse mediante un pasillo de longitud dada será mínimo y el porcentaje de superficie que debe dedicarse a pasillos aumentará, además, las barras deben moverse lateralmente del pasillo a la máquina. Si los tornos se disponen formando un ángulo recto con los pasillos, deben ensancharse estos últimos para permitir girar las largas barras, pero pueden alimentarse un número de máquinas máximo para una longitud de pasillos dada. La mejor solución parece ser una posición intermedia entre éstas dos, la más conveniente es probablemente la de colocar cada torno formando un ángulo de 30 grados con el pasillo.

La posición de una máquina en relación con los pasillos en cuanto al abastecimiento de materiales y evacuación de piezas trabajadas, debe determinarse mediante un análisis de las condiciones de cada máquina, aunque el ejemplo precedente se refiere específicamente a tornos revólver, indica el tipo de análisis que generalmente debe hacerse. Es imposible predecir que una máquina dada deba tener siempre una posición determinada, o formar cierto ángulo con los pasillos.

Los factores más importantes a considerar son: tamaño, forma, cantidad y peso de los materiales empleados, el número de productos distintos que se elaboran en la máquina y el sistema de manejo de materiales. Si los tornos revólver del ejemplo anterior se emplearan para piezas fundidas o forjadas y no necesitaran acumulación de barras, probablemente sería más ventajosa una posición completamente distinta.

e. Almacenamiento.

El servicio de almacenamiento tiene la finalidad de guardar las herramientas, materiales, piezas y suministros hasta que se necesiten en el proceso de fabricación. Este objetivo puede enunciarse de forma más completa como la función de proteger las herramientas, materiales, piezas y suministros contra pérdidas debido a robo, uso no autorizado y deterioro causado por el clima, humedad, calor, manejo inapropiado y desuso.

Además, el almacenamiento cumple el fin adicional de facilitar un medio para recuento de materiales, control de cantidad, calidad y tipo, en cuanto a la recepción de los materiales comprados, y mediante el control de materiales, que las cantidades requeridas de los mismos se encuentren a mano cuando se necesiten.

Probablemente, los mayores errores observados en los almacenamientos son la falta de espacio suficiente y la colocación de las zonas de almacenamiento temporal demasiado lejos de los puntos en que se utilizan los materiales. La cantidad de espacio que debe destinarse puede calcularse muy fácilmente si se conocen la cuantía de los pedidos y las cantidades máximas en existencia de cada artículo.

f. Almacenamiento de Herramientas.

El almacenamiento de herramientas difiere del de materiales, pero ambos problemas pueden resolverse siguiendo el mismo procedimiento. La solución debe basarse en las necesidades de la planta y no en ideas preconcebidas de que las estanterías

o cuartos de herramientas han de ser todos semejantes. El almacenamiento de herramientas puede ser centralizado o descentralizado, puede estar combinado con el almacenamiento regular o bien operar en forma completamente independiente, existen argumentos de peso a favor de cada una de estas alternativas. El almacenamiento de herramientas precisa ordinariamente un servicio complementario, además del requerido por el almacenamiento normal de materiales: el préstamo, las herramientas se usan y se devuelven muchas veces. El personal del cuarto de herramientas ha de disponer de medios para poder inspeccionarlas con el fin de comprobar si requieren afilado o alguna otra reparación. Otra labor que se realiza a veces en los cuartos de herramientas es la de construir los útiles, troqueles, plantillas, etc., aunque este cometido, normalmente va separado del de dar entrada, salida y recontar las herramientas, y requiere mecánicos altamente especializados para su realización.

2.2 Tecnología de Grupos

La creciente necesidad de variar frecuentemente los sistemas de producción para fabricar nuevos productos, ha dado lugar a nuevos conceptos de sistemas de fabricación que permiten extender a series pequeñas las ventajas de fabricación de las grandes series.

En el trabajo por lotes normalmente las máquinas se ubican en planta por especialidades, lo cual obliga a mover las piezas de un sitio a otro del taller. Si se clasifican y agrupan las piezas de forma que sus características sean similares, se podrán colocar las máquinas en unidades de producción a donde se lleven las piezas en bruto y salgan completamente terminadas. Esta técnica se denomina Tecnología de Grupos o GT (de Group Technology), y va acompañada de implicaciones en el proceso de diseño y de producción.

La Tecnología de Grupos es una filosofía de fabricación en la que las piezas se identifican, agrupan y ordenan en familias con el fin de aprovecharse de sus similitudes en el proceso de diseño y fabricación, obteniendo en parte las ventajas de las grandes series en medianas o pequeñas. Por lo tanto la producción de cada miembro de una misma familia será similar, lo que puede utilizarse para mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de esa familia.

2.2.1 Creación de Familias de Piezas

Una familia de piezas es una colección de piezas que son similares, debido a su forma geométrica y tamaño, o a que los pasos requeridos para su fabricación son parecidos. Las piezas miembros de una misma familia son diferentes, pero sus similitudes son suficientes para que merezcan formar parte de una misma familia.

La semejanza en diseño puede ser de dos tipos: a nivel funcional y forma general de la pieza, y a nivel de detalles de diseño.

En cuanto a la semejanza desde el punto de vista de fabricación, esta puede ser: a nivel del proceso total, del proceso parcial y de operación.

Las ventajas que pueden obtenerse de la creación de familias de piezas son evidentes. Desde el punto de vista del diseño, un diseñador que se enfrenta a la tarea de realizar una nueva pieza puede, utilizando un sistema de recuperación, determinar si hay alguna similar que ya se está fabricando. Un simple cambio en una pieza ya existente será mucho más rápido y eficaz que realizar el diseño desde el principio.

Desde el punto de vista de fabricación, las ventajas obtenidas de la formación de familias de piezas pueden explicarse a partir de la distribución en planta de máquinas en celdas de manufactura, donde cada una de ellas está organizada para la fabricación de una familia de piezas en particular. Las ventajas que se obtienen son menor movimiento, menores tiempos de montaje, menores tiempos de fabricación, etc.

2.2.2 Métodos de Clasificación y Codificación de Familias

El mayor obstáculo en el cambio hacia la Tecnología de Grupos, a partir de un sistema tradicional de fabricación, es el problema de clasificar las piezas en familias. La clasificación se puede definir como la división de un conjunto en clases de acuerdo con sus características diferenciales, o como la combinación de elementos en clases de acuerdo con sus características comunes. Estas definiciones son importantes, pues orientan las formas de actuar: la primera definición da una visión analítica del problema y la segunda una visión sintética. La formación de familias puede llevarse a cabo básicamente a través de tres métodos: por inspección visual directa, a partir de una codificación previa de las características de las piezas o a partir del análisis del proceso.

a. Inspección Visual Directa.

En este sistema se van clasificando las piezas a partir del examen de planos y según sus procesos de fabricación en clases, subclases, grupos, subgrupos, etc. Pueden utilizarse las dimensiones necesarias hasta la formación de familias con el grado de semejanza requerido. El problema de la formación directa de familias de piezas estriba en la definición de los criterios de clasificación de la misma. Este problema es tanto más grave cuanto mayor sea el número de piezas y menor su semejanza.

El análisis de las características de las piezas a partir de un estudio estadístico de su distribución permite establecer los criterios básicos de clasificación. La formación directa de familias de piezas se facilita con una técnica de análisis - síntesis. En primer lugar se dividen las piezas de acuerdo con criterios de división y con un número suficiente para que las piezas comprendidas en cada familia final tengan una gran semejanza. En una segunda fase se pueden formar familias definitivas por síntesis de las familias previas.

Este método es el más barato, pero también el menos preciso, para la formación de familias de piezas.

b. Codificación.

La codificación en general, puede ser definida como la atribución de un símbolo a cada clase o característica de un elemento de modo que este símbolo recoge información acerca de la naturaleza o la clase de característica considerada. Muchos sistemas de codificación han sido desarrollados, pero ninguno de ellos ha sido adoptado universalmente. Una de las razones que explican este hecho es que el sistema de codificación adecuado para una industria puede no ser el más adecuado para otra.

Un sistema de codificación de piezas establece los códigos a asignar a cada característica o clase de piezas según su forma, dimensiones o proceso. Existen diversos sistemas de codificación, unos basados en los atributos de diseño de las piezas, otros en los de fabricación, y otros que combinan atributos de diseño y de fabricación. La formación de familias de piezas a través de un sistema de codificación parte de la idea de que piezas con el mismo código son iguales y que piezas comprendidas en un determinado sector de códigos serán semejantes, luego definiendo correctamente un

sector de números de código, las piezas que respondan a dicho sector podrán constituir una familia.

c. Análisis del proceso.

Este método permite formar simultáneamente las familias de piezas y los grupos de máquinas en que deben ser fabricadas estas familias. La información de base para la formación de las familias la constituyen las hojas de ruta en las que aparece recogida la lista de máquinas necesarias para la fabricación de cada pieza.

El principio de formación se concreta en que una familia está constituida por un conjunto de piezas que requieren para su fabricación un grupo de máquinas determinado.

El método de formación a partir del análisis del proceso comprende dos etapas: análisis del flujo en la industria y análisis del grupo.

El análisis del flujo de la industria trata de analizar, simplificar y definir el flujo de las piezas a través de las grandes secciones de fabricación, ya que en la mayor parte de los casos no es posible formar grupos de máquinas que incluyan instalaciones incompatibles.

Este análisis del flujo de la industria se lleva a cabo en una serie de etapas que conducen a la definición de las grandes secciones del taller y del flujo de las piezas a través de las mismas. Partiendo del flujo inicial se analiza éste y se simplifica por reunión de instalaciones compatibles o modificación del proceso hasta unificar y reducir al máximo el flujo de piezas.

El análisis del grupo se lleva a cabo dentro de cada una de las grandes secciones consideradas en la etapa anterior. El objetivo de este análisis es dividir las piezas en familias y dividir el equipo de máquinas de cada sección en grupos, de modo que las piezas de cada familia sean totalmente procesadas por un grupo.

Al formar los grupos de máquinas hay que tener en cuenta su saturación y las posibilidades de duplicar el equipo en algún caso. La formación de familias de piezas y grupos no es fácil aunque existan técnicas, como la síntesis nuclear, que la facilitan. Esta consiste, en esencia, en considerar en cada grupo una máquina clave. De esta forma se dispone de una serie de núcleos de máquinas y subfamilias que pueden ir completándose y combinándose entre sí para dar las familias correspondientes.

2.2.3 Aplicación de la Tecnología de Grupos

La tecnología de grupos consiste, como ya ha quedado establecido, en una serie de medidas de normalización encaminadas a hacer extensivas las ventajas de las grandes series a la pequeñas. La aplicación de la misma puede llevarse a cabo a tres niveles: de una sola máquina, de un grupo de maquina y de empresa, incluyendo no solo la fabricación, sino también el diseño y la preparación.

a. A nivel de máquina.

La tecnología de grupos aplicada a nivel de una sola máquina consiste en el trabajo por familias que puedan fabricarse en una sola máquina, con el mismo utillaje y con procesos semejantes. Se considera que el proceso de trabajo de la pieza más compleja incluye todas las operaciones necesarias para realizar el resto de piezas. La pieza más compleja puede ser una de la familia o una teórica que reúna todas las formas que la componen. Este planteamiento permite que las piezas que componen la familia tengan un proceso único, por lo que el utillaje también será único, la reducción de tiempos de preparación será importante, y así es posible que resulte rentable el utilizar máquinas de mayor grado de automatización que en el caso de fabricación individual.

b. A nivel de un grupo de máquinas.

La tecnología de grupos aplicada a un grupo de máquinas supone que éstas están agrupadas de forma tal que una determinada familia de piezas se trabaja dentro de este grupo, que incluye todas las máquinas necesarias para su fabricación.

En un grupo de máquinas quedan generalmente algunas máquinas sin saturar, por lo que el número de operaciones debe ser menor que el de máquinas y algunos operarios deben ser capaces de trabajar en otras máquinas. Cada grupo es una unidad de producción, y por lo tanto debe contar con todos los elementos necesarios: herramientas, prerreglaje y control de piezas acabadas.

Las piezas progresan en un orden que no está predeterminado, siendo una única persona responsable del plan de carga de las piezas en cada máquina. Algunas veces deben existir excepciones y el avance de las piezas debe seguir un orden determinado. En lo posible no deben darse estos casos, ya que de lo contrario el rendimiento baja rápidamente. En caso de que se den muchas excepciones de este tipo es preferible

preparar un grupo especial para este tipo de piezas, así como otra para retoques u operaciones especiales.

c. A nivel de empresa.

La tecnología de grupos en su más amplio sentido supone, no sólo la racionalización de la producción, sino también la del diseño, preparación del trabajo y planificación de la producción. Esta racionalización consiste, por una parte, en una reducción del número de piezas, en el establecimiento de normas internas de la empresa, y por otra, en simplificar y reducir el trabajo de información necesario para ejecutar una pieza, tratando el problema de planificación y preparación de trabajo en base a familias de piezas en lugar de en piezas individuales.

a. La tecnología de grupo aplicada al diseño.

A partir de una familia de piezas de formas y función semejante se puede racionalizar el diseño en base al establecimiento de:

- Catálogo de piezas de repetición para familias de formas simples. La probabilidad de repetición de este tipo de piezas es muy grande, y disponiendo de catálogos se puede simplificar el diseño e incluso puede existir planos generales en los que pueden ponerse las cotas de la pieza específica.
- Orientaciones constructivas para piezas más complejas. En este caso, si bien la probabilidad de repetición es más pequeña, la posibilidad de repetición a nivel de detalle es importante.
- Normalización interna de formas, dimensiones, etc.

b. La Tecnología de Grupos aplicada a la preparación del trabajo.

Con piezas agrupadas en familias es posible el desarrollo y estudio de procesos, considerando para cada familia un proceso que incluye los variantes que se pueden presentar. Por otra parte es posible establecer fórmulas y gráficos para estudiar los tiempos de fabricación.

2.2.4 Beneficios de la Tecnología de Grupos

Una vez que los distintos inconvenientes que dificultan la implantación de Tecnología de Grupos han sido resueltos, los beneficios que pueden obtenerse de su aplicación se sitúan en las siguientes áreas:

- **Diseño.** En el área del diseño del producto el principal beneficio deriva del uso de un sistema de clasificación y codificación. Cuando se requiere el diseño de una nueva pieza el ingeniero o diseñador puede recuperar diseños ya existentes correspondientes a piezas con códigos similares, lo que supone ahorros de tiempo importante a la hora del diseño. Otra ventaja es que el sistema de GT promueve por sí mismo la estandarización.
- **Preparación del trabajo.** La Tecnología de Grupos también tiende a promover la estandarización en las fases de fabricación, entre ellas la preparación de las herramientas y los montajes, esto se debe a que se tenderá a realizar montajes y utilizar herramientas que sean válidas para todas las piezas de una determinada familia. Aparte debido a la disminución del número de montajes necesarios se disminuye el tiempo de fabricación.
- **Movimiento de materiales.** La distribución de planta propia de la GT lleva a una reducción de los movimientos de material en curso de fabricación, muy importante con respecto al movimiento de piezas en un sistema de fabricación tradicional.
- **Control de la producción e inventarios.** Como consecuencia de la utilización de la Tecnología de Grupos el control de inventarios y de la producción puede llevarse a cabo de una manera más fácil. En efecto, el hecho de agrupar las máquinas disminuye el número de planificaciones distintas que hay que realizar. Se tiene un mayor control de la disponibilidad de tiempos y material en cada zona de la fábrica.
- **Planificación del proceso.** La planificación del proceso de fabricación se simplifica como consecuencia de la similitud entre los procesos para las piezas de la misma familia y de la normalización a que la Tecnología de Grupos conlleva.
- **Satisfacción de los empleados.** Los trabajadores, al ser capaces en muchos casos de realizar completamente una pieza perciben mejor su contribución a la obtención de un producto final. Esto tiende a mejorar la actitud de los mismos hacia el trabajo desarrollado. Otro beneficio es que la calidad del producto tiende

a mejorar, como consecuencia de que los defectos de una pieza son fácilmente atribuibles al lugar en el cual se fabricó.

2.3 Planificación de Procesos Asistida por Computador

En una empresa manufacturera típica, una vez que el diseño o los cambios en el diseño han sido completados se pasan los planos a expertos en los procesos de fabricación quienes, apoyándose en sus conocimientos y experiencia, generan las instrucciones para fabricar los productos basándose en las especificaciones de diseño y las instalaciones y operarios disponibles.

Durante los últimos años se han desarrollado herramientas de Planificación de Procesos Asistida por Computador o CAPP (de Computer Aided Process Planning) con el objetivo de ayudar en la realización de las tareas de planificación. Siendo las razones más importantes para este desarrollo, por una parte, la escasez de planificadores de proceso experimentados y, por otra, la necesidad de integrar el Diseño Asistido por Computador o CAD (de Computer Aided Design) y la Manufactura Asistida por Computador o CAM (de Computer Aided Manufacturing) para aumentar la productividad y la calidad en un entorno de Fabricación Integrada.

2.3.1 Planificación de Procesos

La finalidad de la planificación de procesos es seleccionar y definir, en detalle, el proceso que debe ser ejecutado con el fin de transformar un material en bruto en una forma dada. El objetivo primario es definir procesos factibles para que una unidad de producción efectiva pueda ser creada. El costo y la producción son objetivos secundarios, y los recursos disponibles (máquinas, herramientas, accesorios, etc.) actúan como restricciones.

La planificación de procesos, entendida en un sentido amplio incluirá:

- Reconocimiento de la información geométrica.
- Selección de las operaciones y su secuenciamiento.
- Selección de la máquina.
- Diseño de los utillajes.
- Selección de los juegos de herramientas.

- Selección de las puestas en máquinas.
- Cálculo de las condiciones de operación.

Finalizada esta tarea, se confeccionarán unos documentos donde se agrupen las decisiones tomadas durante el estudio y que sirvan de base para la documentación de fabricación y permitan el lanzamiento y control de los trabajos en el taller. El más importante de estos documentos es el Plan de Proceso u Hoja de Ruta, donde se detallan los procedimientos operativos, parámetros y equipos a utilizar.

2.3.2 Necesidad de incorporar la asistencia del computador a la tarea de planificación de procesos

Aparte de los datos facilitados por estos estudios, se puede citar otros muchos factores que pueden reforzar la oportunidad de incorporar la asistencia del computador a la tarea de planificar procesos.

- Poca eficacia. En termino medio sólo el 20% del tiempo de un planificador se dedica a la elaboración de procesos de fabricación, el resto del tiempo está directamente ligado al mantenimiento de la base de datos necesaria para esta función y en apoyar a la fabricación. El 30% de este 20% se utiliza escribiendo planes (a mano) y el resto pensándolo y probándolo.
- Carencia de profesionales calificados. La media de edad de los planificadores supera los 50-55 años, siendo además difícil conseguir que la gente joven que se está incorporando adquiera en poco tiempo la experiencia y conocimiento necesario para reemplazar con garantía a los que se pierden por jubilación. Los sistemas CAPP se convierten en un vehículo de adiestramiento, al transmitir a los nuevos planificadores, con el uso diario de estos sistemas, el conocimiento acumulado por los veteranos (planes de proceso estándar, reglas de procesamiento).
- Inconsistencia de los planes de fabricación. La mayoría de los Ingenieros de Fabricación estarían de acuerdo en que si diez planificadores diferentes realizaran la planificación del proceso de una misma pieza, obtendrían probablemente diez planes diferentes. Obviamente, todos estos planes no pueden reflejar el método de fabricación más eficiente, y además, esto no garantiza que

alguno de ellos sea el método óptimo de fabricar la pieza. Los planes de fabricación reflejan frecuentemente la experiencia del personal, preferencias, o incluso prejuicios de cierto planificador o un punto de vista cerrado a otros métodos alternativos disponibles en la misma empresa.

- Proliferación de planes de fabricación. Las oficinas muchas veces ignoran la necesidad de estandarizar los diseños, situación que también dará lugar a la falta de estandarización de los procesos. Pero aún en el caso de que se realice la estandarización de los diseños, la proliferación de planes de proceso es difícil de identificar y controlar, dificultad motivada por los cambios de última hora que realiza Ingeniería, e incluso debido a la tendencia, bastante frecuente, de efectuar planes diferentes debido a cambios en los programas de fabricación, modificaciones en el tamaño del lote, utilización de materiales en bruto alternativos, subcontratistas diferentes, utilización de máquinas alternativas, e incluso por tener en cuenta la localización de las mismas máquinas.
- Falta de capacidad para introducir nuevas tecnologías. En muchas fábricas se permite al personal de taller realizar modificaciones y mejoras en el proceso, sin que exista la obligación de informar a la Oficina de Métodos, con los problemas que esta actitud puede tener a la hora de contemplar el aprovisionamiento (de herramientas, etc.) y el consiguiente mantenimiento de planes obsoletos. Los sistemas CAPP facilitan la introducción de nuevas ideas y tecnologías, por cuanto permiten que los planificadores jóvenes se dediquen al trabajo tipo, que facilitará su aprendizaje, y liberan a los veteranos para que ejerciten la creatividad, incorporando procedimientos que mejoren la calidad, los retrasos y los costos.
- Dificultad de estimar los tiempos. La proliferación de planes hace prácticamente imposible mantener una base de datos de tiempos, con lo que los tiempos se estiman muchas veces a partir de planes poco especificados, que dan lugar a una gran variación en los tiempos asignados. La incorporación de sistemas de medida del trabajo en los sistemas CAPP permite mejorar estos aspectos.

- Dificultad para asegurar la calidad. Una consecuencia inherente a la proliferación de planes de fabricación es la coexistencia de planes con diferentes niveles de capacidad, y la obligada existencia de una ancha banda de tiempos y costes de fabricación. En alguno de estos procesos, la elección de un número excesivo de amarres o de una máquina no capaz, puede dar lugar a que no se respeten las especificaciones de diseño. En los sistemas CAPP esto no sucede, por cuanto antes de incorporar un método en el sistema se puede pedir la opinión de Ingeniería de Calidad, que realizará estudios de capacidad de los procesos alternativos, revisará antecedentes históricos, etc.
- Dificultad para la selección de equipos y su localización. Parece evidente que la proliferación de planes es la culpable de producir flujos de materiales aleatorios en la fabrica, y que el establecimiento de rutas estándar puede ayudar a identificar los flujos y a localizar los equipos en lugares adecuados, lo que puede simplificar el flujo. Por otra parte es frecuente encontrarse en el proceso de determinación del mejor método de fabricación para una pieza, que la máquina elegida es más grande, precisa y con más prestaciones que las impuestas por las piezas que se fabrican en ella. Los sistemas CAPP posibilitan el que las máquinas sean más pequeñas, menos caras, pero con capacidad suficiente.

2.3.3 Enfoques de los Sistemas CAPP

Los sistemas CAPP han ido evolucionando temporal y tecnológicamente, partiendo del enfoque tradicional/manual hacia los dos enfoques principales reconocidos: el variante y el generativo. Aunque con el desarrollo de nuevas técnicas muchos sistemas CAPP no encajan exactamente en esta clasificación y combinan ambos enfoques (semigenerativo).

a. Enfoque variante.

Este enfoque es comparable con el manual, donde un plan de proceso para una pieza nueva es creado para volver a llamar, identificar y reencontrar un plan existente para una pieza similar y haciendo las modificaciones necesarias para la pieza nueva. En algunos sistemas variantes las piezas son agrupadas en un número de familias de piezas,

caracterizadas por las similitudes en métodos de fabricación y por lo tanto relacionadas con la Tecnología de Grupos.

Para cada familia de piezas, un plan de proceso estándar, que incluye todas las operaciones posibles para la familia, es guardado en el sistema. Estos códigos a menudo son utilizados para identificar la familia de piezas y el plan estándar asociado. Así, el plan estándar es encontrado y reeditado para la nueva pieza.

b. Enfoque generativo.

En este enfoque los planes son generados por medio de lógicas de decisión, fórmulas, algoritmos tecnológicos y datos basados en geometrías para representar únicamente las decisiones para convertir una pieza desde el material bruto hasta el estado acabado. Las reglas de fabricación y las capacidades del equipo son guardadas en un computador, así un plan de procesos es generado sin la implicación de un planificador de proceso.

Para los sistemas generativos la entrada puede venir como: a) entrada de texto, donde el usuario responde a un número de preguntas como si fuera un diálogo (también definido como entrada interactiva); b) como entrada gráfica, donde la pieza es deducida de un módulo CAD.

El enfoque generativo es complejo y es difícil de desarrollar, incluso se llegó a plantear si era demasiado complejo para ser computarizado. No obstante, el rápido desarrollo de las técnicas de inteligencia artificial, el éxito de su aplicación en otras áreas, ha dado fuerzas para su aplicación en la planificación de procesos.

Algunas de las ventajas del enfoque generativo frente al variante son:

- Se apoya en menos grado en los códigos de Tecnología de Grupos, aunque el tronco del proceso, usualmente formado a través de árboles de decisión, presupone muchas veces la división de piezas en familias.
- No es necesario el mantenimiento y actualización de los planes de proceso almacenados.
- Deben mantenerse al día las reglas lógicas del proceso, circunstancia que asegura al planificador que el proceso generado refleja el estado actual de la tecnología.

Los sistemas generativos, aun siendo más complejos que los variantes, son más restrictivos en cuanto a la amplitud del campo de aplicación. Esta es una de las circunstancias por la que ciertos investigadores aún siguen apostando por la viabilidad de los sistemas variantes, aun cuando las ventajas de los generativos sean superiores.

c. Enfoque semigenerativo.

El término semigenerativo aplicado a la planificación implica que un plan de preproceso es desarrollado y modificado antes que sea utilizado en el ambiente de producción real. A primera vista los pasos del sistema de trabajo son los mismos que en el generativo pero el plan de procesos final debe ser examinado y deben corregirse los errores si no encaja con el ambiente de producción. La modificación es pequeña en comparación con la de un sistema variante.