

DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES

AUTOR: JHON CIFUENTES



San Marcos

Introducción	3
Distribución de instalaciones	4
Principios de la distribución de planta	5
Factores que afectan la distribución de planta	5
Requerimientos de espacio	7
Tipos de distribución	8
Centro de trabajo (distribución por proceso)	9
Celdas de manufactura	10
Línea de ensamble	11
Distribución por proyecto	12
Métodos para el diseño de instalaciones	14
Análisis de secuencia de Buffa	14
Ejemplo de aplicación	15
Método de planeación sistemática de la producción (SLP)	17
Método del centroide	18
Creación de celdas de manufactura	18
Ejemplo de aplicación	19
Bibliografía	21

¿Cómo se tipifican los sistemas productivos?

El problema de la distribución de instalación (*facility layout*) consiste en determinar la disposición de las instalaciones dentro de una planta de producción, con la idea de lograr una utilización efectiva y mayor eficiencia en el uso de los recursos (espacio, equipos, fuerza laboral, inventarios, etc.). La distribución de instalaciones ha sido un elemento de estudio desde hace muchos años, ha permitido ser abordada desde diferentes perspectivas, las cuales desarrollan elementos como la formulación de modelos matemáticos hasta la aplicación de técnicas de aproximación o heurísticas.

De manera más específica, el problema de distribución de instalaciones, aborda elementos como dónde ubicar departamentos o secciones funcionales de la empresa, los grupos de trabajo de dichos departamentos, las estaciones de trabajo y los lugares de almacenamiento donde se ubiquen diferentes tipos de inventarios. El principal objetivo entonces, es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo dentro de la organización.



Inventarios

Relación detallada, ordenada, clasificada y valorada de las materias primas, insumos y productos terminados.

Distribución de instalaciones



Principios de la distribución de planta

- Inicialmente Muther (1970), indica que es posible definir un conjunto de principios los cuales sirven de base para establecer una metodología y tratar los problemas de distribución de planta como ejercicio ordenado y sistemático, dichos principios son:
- **Principio de integración total o de unidad total:** busca que tanto hombre, materiales, máquinas y servicios se acoplen de manera racional con la idea de que funcionen como un equipo único.
- **Principio de la mínima distancia:** propone que el material sea transportado a la distancia más corta posible entre operaciones consecutivas.
- **Principio del recorrido:** propende por buscar aquella distribución que ordene las áreas de trabajo en la misma secuencia en que se transforman o montan los materiales.
- **Principio del espacio cúbico:** plantea la necesidad de buscar distribuciones que utilicen el espacio horizontal y verticalmente, dado que se obtiene economías en su uso.
- **Principio de satisfacción y seguridad:** será aquella mejor distribución que proporcione a los trabajadores seguridad y confianza para el trabajo satisfactorio de los mismos.
- **Principio de flexibilidad:** la efectividad de la distribución se dará en la medida que pueda ser ajustada o reordenada con el mínimo de interrupciones y al costo más bajo posible.

Factores que afectan la distribución de planta

De igual forma existen 8 factores que se deben considerar en los procesos de distribución de planta, estos según Muther (1970), son:

- 1. Material:** este factor parte de la premisa en la cual el objetivo de producción es transformar un material con la idea de obtener un bien terminado. En este ejercicio, es necesario considerar elemento como materias primas, material en proceso, chatarra, materiales de embalaje, productos terminados, etc.
- 2. Maquinaria:** es necesario conocer en detalle las tecnologías de producción, en aras de desarrollar adecuadamente los procesos de distribución, para ellos se deben considerar distintos tipos de maquinaria como la de producción, mantenimiento, transporte, limpieza, almacenamiento, etc.

3. Hombre: es el factor más flexible dentro del proceso de distribución, lo anterior, debido a la **capacidad** de movilidad y adaptabilidad de los seres humanos. Para el proceso de diseño de **layout** es necesario considerar elementos como la buena distribución de los puestos de trabajo, el manejo de cargas, las dimensiones de los lugares de trabajo y los diagramas de hombre máquina entre otros.



Capacidad

Máxima cantidad de fabricación que tiene una maquina o sistema productivo.

4. Movimiento: la movilidad de alguno de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinarias) es determinante en el proceso de diseño.

5. Espera: en distribuciones de planta diseñadas correctamente, los circuitos de flujo (materiales, hombre, máquina) se reducen logrando bajar la espera e incrementando la productividad de la planta. En este sentido, este factor busca que una distribución esté correctamente planeada, para mejorar circulaciones.

6. Servicio: este factor busca considerar todos los elementos de apoyo que tanto los hombres, máquinas y material necesitan para el adecuado funcionamiento del sistema productivo, algunos de los elementos a considerar pueden ser vías de acceso, instalaciones para el uso del personal, protección contra incendios, iluminación, mantenimiento, distribución de líneas de servicios auxiliares, etc.

7. Edificios: la infraestructura física en donde operará la planta, influirá en su distribución, y mucho más si este espacio ya existe. Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución son edificio especial o general, un piso o varios, formas, ventanas, suelos, cubiertas y techos, etc.

8. Cambio: este elemento considera que todo es dinámico, por esto continuamente deben estarse monitoreando elementos como cambio en los materiales (**diseño del producto**, materiales, **demanda**, variedad), cambio en la maquinaria (proceso y métodos), cambio en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades), cambio en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio), cambio externos y limitaciones debidas a la instalación.



Diseño del producto

Gestión de ideas que identifica elementos técnicos para crear o mejorar un producto.

Demanda

Cantidad de productos que requiere un mercado enmarcado en unos precios y costos.

Requerimientos de espacio

Según Bermúdez y Guillen (2016), se describen por lo general cuatro métodos para determinar las necesidades de espacio en una distribución de planta, estos métodos son:

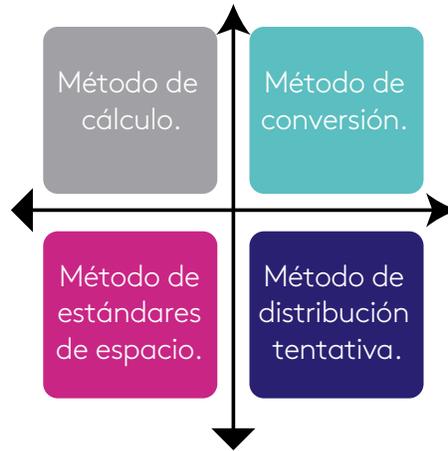


Figura 1.
Fuente: propia

Por ejemplo, el método del cálculo implica el dividir cada actividad o áreas en subáreas y elementos de espacio individuales que proporcionan el espacio total. Por lo anterior, en el caso de una planta predeterminada, es necesario definir la maquinaria y los equipos necesarios para el proyecto mediante un inventario físico. Posteriormente, es necesario calcular la cantidad de espacio para cada elemento y a partir de allí, hacer una sumatoria de todos los elementos a ubicar en la planta.



Lectura recomendada

Para ahondar en este y los demás métodos, es necesario que revise el capítulo 10 del documento:

Evaluación del modelo actual de distribución de planta en el proceso productivo en la empresa café FENIC, comarca las Tejas II, en la ciudad de Matagalpa

Bermúdez y Guillen

Tipos de distribución

Según Muther (1970), los siguientes tipos de distribución en planta son:

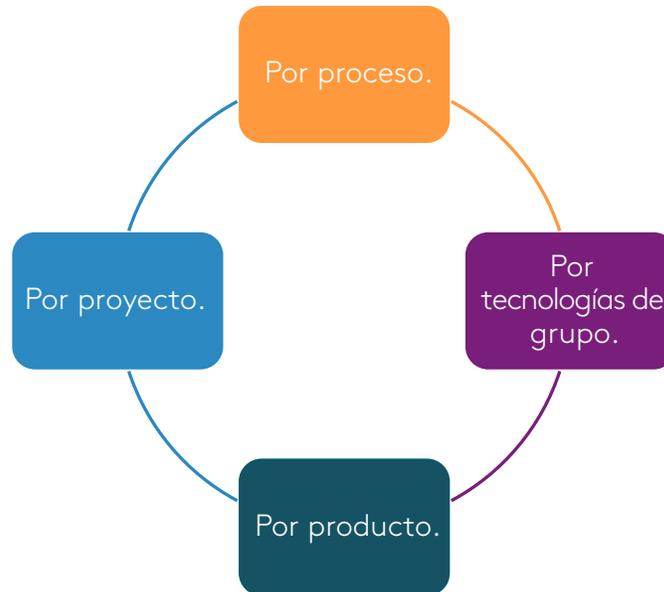


Figura 2.
Fuente: propia

En complemento, Chase, Jacobs y Aquilano (2006), aseguran que los avances en la tecnología, el desarrollo de nuevos productos, y las nuevas estructuras del flujo de trabajo, han hecho que, con el mismo objetivo, estos tipos de distribución hayan sido denominados de formas diferentes:

- Centro de trabajo (también llamado taller de trabajo o distribución por funciones).
- Celda de manufactura.
- Línea de ensamble (también llamada distribución de flujo del trabajo).
- Por proyecto.

Con base en lo anterior, se hará una breve descripción de cada una de ellas.

Centro de trabajo (distribución por proceso)

Como lo plantean Chase, Jacobs y Aquilano (2006) y la Universidad Tecnológica del Salvador (2016), este tipo de distribución es habitual cuando la empresa maneja su sistema en lotes de producción en bajos volúmenes. Algunos ejemplos de esto, serían los procesos de reparación de vehículos, la fabricación de muebles o algunas empresas de fabricación de juguetes; inclusive, en el sector servicios se pueden encontrar algunos ejemplos como el de los hospitales.

Este tipo de distribución permite la organización de tareas agrupadas, las cuales son desarrolladas sobre los diferentes tipos de materiales, estos recorren las instalaciones en función de su secuencia de procesamiento generando diversos flujos de producto al interior de la planta.

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2006), respecto a otras distribuciones, estas presentan gran flexibilidad y su efectividad radica en los tamaños de lotes y la especialidad del proceso, por lo anterior, su ventaja supone la fabricación de muchos productos diferentes.

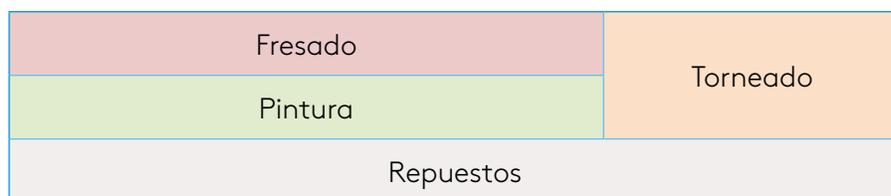


Figura 3. Ejemplo centro de reparación de vehículos
Fuente: propia

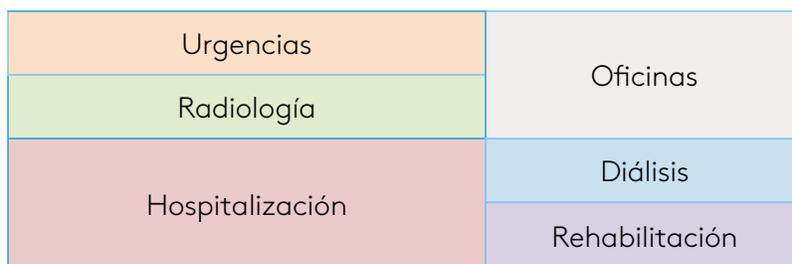


Figura 4. Ejemplo servicios hospitalarios
Fuente: propia

A su vez, según Pinedo (2002) y Álvarez, Toro y Gallego (2008), las distribuciones en procesos se pueden dividir en varios grupos de los cuales vamos a mencionar los tipos de taller:

Flow Shop (talleres en flujo): en este, los trabajos siguen secuencias similares de procesamiento (no idénticas) a través de todas las máquinas de las distintas secciones del centro de trabajo. Esto implica que los trabajos deben seguir casi la misma ruta sobre las máquinas del sistema.

En el siguiente ejemplo podemos ver un sistema en *Flow Shop* con 4 máquinas, denotadas como "M", allí se puede evidenciar que, el producto 1, pasa por las máquinas M1, M2 y M4, es decir, que no debe ser procesado en la máquina M3. Por otro lado, el producto 2, pasa por todas las máquinas, mientras que el producto 3, se procesa en las máquinas M1, M3 y M4.

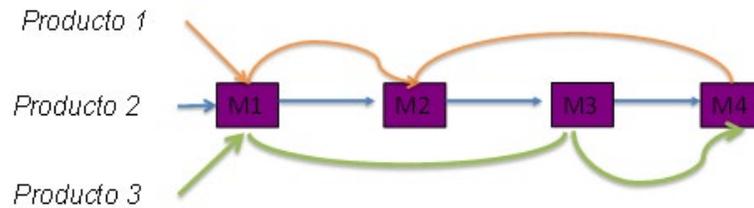


Figura 5. Sistema en *Flow Shop*
Fuente: propia

Job Shop (talleres de trabajo): en este caso, las rutas de procesamiento son conocidas y fijas, pero no necesariamente son las mismas para todos los trabajos, es decir, cada pedido sigue rutas de procesamiento distintas dentro de las secciones del centro de trabajo.

En el siguiente ejemplo, se tiene un *Job Shop* de 4 máquinas, el producto 1 es procesado por las máquinas M1, M4 y M2, por su parte, el producto 2 se procesa en M4, M3, M1 y M2, y por último el producto 3 pasa por las máquinas M3 y M2 únicamente.

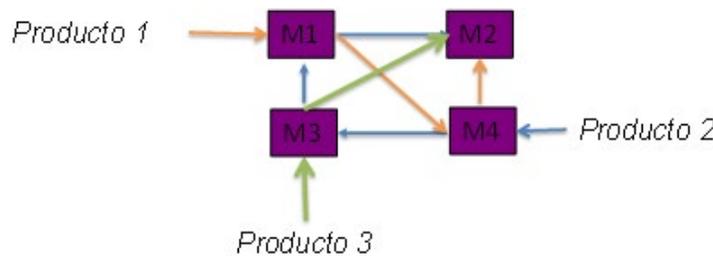


Figura 6. Sistema en *Job Shop*
Fuente: propia

Celdas de manufactura

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2006), una celda de manufactura agrupa diferentes máquinas para trabajar en productos que tienen formas y requerimientos de procesamiento similares.

Existe similitud con el centro de trabajo dado que estas celdas se diseñan de tal forma que se desarrollen procesos específicos para una gama limitada de productos (tecnología de grupo se refiere a la clasificación y el sistema de codificación de las piezas que se emplean para especificar los tipos de máquinas que incluye una celda).

El concepto de células de trabajo es relativamente nuevo, pero no el fenómeno de agrupación de tecnología dentro de las organizaciones. Uno de los objetivos de los procesos de fabricación celular es beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, en especial de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas (Universidad Tecnológica del Salvador, 2016).

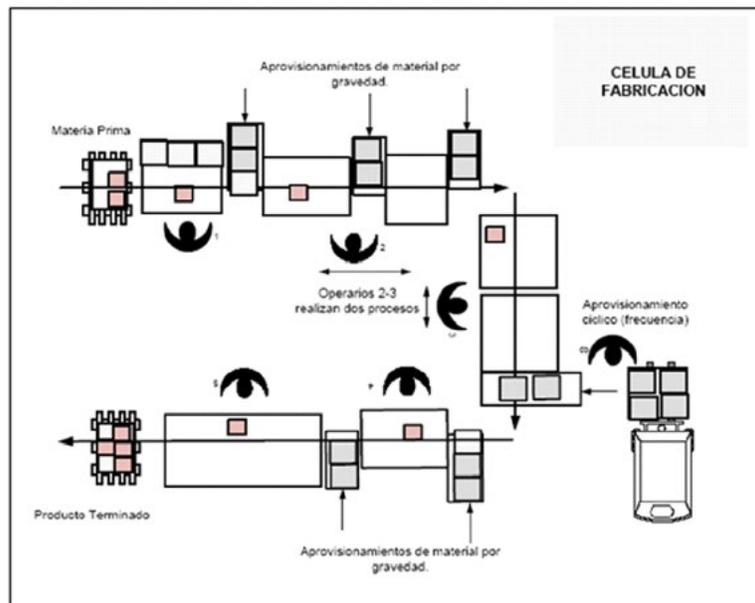


Figura 7. Células de manufactura
Fuente: Navarro, 2012

Línea de ensamble

Como lo describe Corday (2014), las líneas de ensamble han sido consideradas por mucho tiempo como una de las mayores innovaciones del siglo XX, generando importantes aportes al desarrollo industrial de la producción en masa.

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2006), este tipo de distribución se desarrolla cuando la producción se da en cadena, en masa o en serie, cuya base es el movimiento del producto a través de una cadena de montaje o línea de ensamblado; lo anterior, genera una forma de organización de la producción que delega a cada trabajador una función específica y especializada en máquinas también más desarrolladas.

En complemento la Universidad Tecnológica del Salvador (2016), aclara que toda la maquinaria y equipos que se requieren en el proceso, deben ser agrupados en una misma zona y ordenados según el ciclo de fabricación.

Este tipo de distribución es muy aplicable en la industria, dada su versatilidad para la producción de productos de consumo masivo.

La gama de productos que se arman parcial o totalmente en las líneas incluye juguetes, aparatos electrodomésticos, automóviles, aviones, armas de fuego, equipo de jardín, ropa y toda una variedad de componentes electrónicos. De hecho, sería válido decir que casi todo producto que tiene varias partes y que se produce en grandes volúmenes utiliza las líneas de ensamble en alguna medida. Por supuesto que las líneas son una tecnología importante y para entender verdaderamente sus requisitos administrativos, se debe estar familiarizado con la manera de equilibrar una línea (Chase, Jacobs y Aquilano, 2006, p. 227).

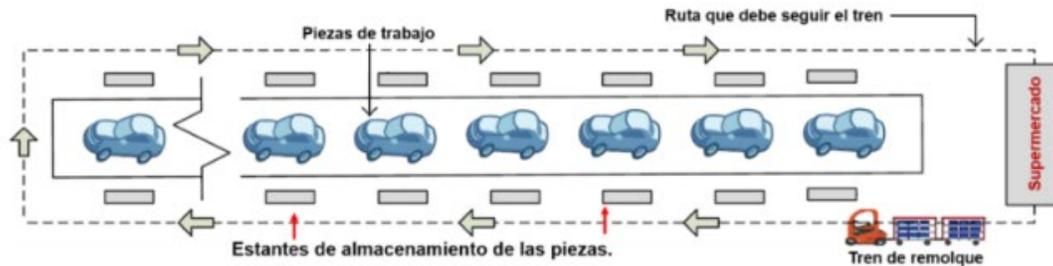


Figura 8. Línea de ensamble de vehículos
Fuente: Fathi, 2016

Distribución por proyecto

Autores como Muther (1970) y Chase, Jacobs y Aquilano (2006), han presentado los diferentes elementos de este tipo de distribuciones. La principal característica de la distribución por proyecto, se da debido a que sus volúmenes de producción son extremadamente bajos y casi cercanos a una unidad. En este tipo de distribuciones el producto es el eje central del sistema de producción, y a su alrededor se ubican equipos, materiales, mano de obra, etc., los cuales giran en torno a su servicio. El ejemplo más común de este sistema es el ensamble de aviones con grandes fuselajes, la construcción de astilleros, navíos y la construcción de edificios, productos que por su gran envergadura o necesidades de anclaje son difíciles de mover, es necesario que los demás elementos del sistema productivo lleguen a atenderlos.

Adicionalmente se afirma que en este tipo de distribuciones *“es común que las tareas estén bastante sujetas a un orden y en la medida que la precedencia determine las etapas de producción, la distribución se podría crear ordenando los materiales de acuerdo con su prioridad tecnológica”* (Chase, Jacobs y Aquilano, 2006, p. 237).

A continuación, se presenta la relación de los distintos sistemas de producción, con respecto a las características implícitas en los problemas de distribución de planta.

Tipo de distribución				
Características	Centro de trabajo	Celdas de manufactura	Líneas de ensamble	Distribución por proyecto
Producto	Varios productos con operaciones comunes. Volumen de producción variable. Demanda variable.	Series pequeñas y medianas (lotes). Flexibilidad. Amplia gama de productos.	Productos estándar. Altos volúmenes de producción. Demanda estable.	Bajo pedido. Bajo volumen de producción.
Flujo de material	Líneas entremezcladas retorcidas.	Cortas y sencillas.	Procesos lineales secuencias iguales para todos los productos.	No definidas. Material estático.
Cualificación del trabajador	Intermedio	No hacen falta trabajadores.	Rutinario y repetitivo. Especializado.	Gran flexibilidad. Alta cualificación.
Necesidad de personal	Personal de planificación , manejo de materiales, producción y control de inventarios.	Supervisión	Gran cantidad Planificación de material-operarios Trabajo de control y mantenimiento	Para programación y coordinación
Manejo de materiales	Flujo variable. Sistemas de manejo duplicados	Automático	Predecible. Flujo sistemático y automatizable.	Flujo variable. Equipos de manejo general.
Inventarios	Largos. Mucho trabajo en curso.	Alta rotación de materiales. Inventarios reducidos.	Alta rotación de materiales. Inventarios reducidos.	Variables, continuas modificaciones
Uso de espacio	Poco efectivo. Mucho requerimiento debido a las trabajos en curso.	Muy efectiva	Eficiente	Baja producción por unidad de espacio.
Inversión	Equipos y procesos flexibles.	Moderada	Elevada en equipos especializados.	Equipos y procesos móviles de propósito general.
Costo del producto	Fijos altos. Variables elevadas (material, transporte).	Fijos elevados. Variables bajos.	Fijos elevados. Variables bajos (mano de obra, materiales).	Fijos bajos. Variables altos (mano de obra, materiales).

Tabla 1. Características de los tipos de distribución de planta
Fuente: adaptado de Santamarina, 1995



Planificación

Actividades antes de iniciar la operación que pretenden determinar cantidades de recursos: materias primas, horas hombre, cantidades de productos, insumos, entre otros.



Instrucción

Para reforzar este tema, desarrolle la actividad de aprendizaje: videopreguntas.

Métodos para el diseño de instalaciones

Según Álvarez, Moreno, Noble, y López (2013), existen diferentes metodologías, las cuales de manera específica apoyan el diseño de las distribuciones de centros de trabajo y las celdas de manufactura:



La distribución en planta es una problemática que se ha abordado desde diferentes perspectivas que abarcan desde la formulación de modelos matemáticos hasta la aplicación de técnicas metaheurísticas (p. 25).

Con base en lo anterior, se desarrollarán técnicas de aproximación o heurísticas, para describir la forma de abordar este tipo de problemas.

Análisis de secuencia de Buffa

El método tal como se describe desarrolla los siguientes elementos:

Etapa	Descripción	Instrumento
1	Estudio de proceso, recopilación de datos referente a actividades, piezas y recorridos	Hoja de ruta
2	Determinación de la secuencia de operaciones de cada pieza	Tabla de secuencia
3	Determinación de las cargas de transporte por período (Años, mes, etc) entre los diferentes departamentos del proceso	Tabla de cargas de transporte
4	Búsqueda de la posición relativa ideal de los diferentes centros de trabajo	Bosquejo del diagrama
5	Desarrollo del diagrama esquemático ideal, en un diagrama de bloques en el que los diferentes departamentos ocupan sus áreas y se muestran las relaciones interdepartamentales	Diagrama esquemático ideal
6	Desarrollo de <i>layout</i> de detalle	Layout

Tabla 2. Etapas del análisis de secuencia de Buffa
Fuente: Santamarina, 1995

Ejemplo de aplicación

Se desea ordenar los diez centros de trabajo de una fábrica con la idea de minimizar el costo del manejo de materiales entre los departamentos. Para empezar, se parte del supuesto de que los centros de trabajo se ubicarán al interior de una bodega que mide 80 m de ancho y 160 m de largo.

Etapas 1 y 2

Para el desarrollo del siguiente ejemplo se asume que ya se han desarrollado las etapas 1 y 2, y se conocen las cargas de transporte por período entre las posibles secciones de la planta de producción. Se cuenta con esta información bien sea por observación directa en un sistema productivo existente, o por estimaciones para un sistema productivo en proceso de diseño.

Etapas 3

La información obtenida de las etapas 1 y 2 es la siguiente y por ende se plantean los flujos entre departamento en la siguiente matriz:

Secciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	x	340			50			345		
2		x	123			356				
3			x	75					450	
4				x			260		750	
5					x	650			235	
6						X		342		
7							x		312	
8								x		
9									x	125
10										x

Tabla 3. Flujo de materia entre secciones (toneladas/año)
Fuente: propia

Etapas 4

Para el desarrollo de bosquejo del diagrama, se desarrolla un grafo con las siguientes convenciones:

 Nodos: representan las distintas secciones de la planta o centros de trabajo.



Arcos: representan los flujos de material existente entre distintos centros de trabajo.

Para el desarrollo del grafo, se deben unir los nodos con los arcos, indicando junto a cada arco, la cantidad de flujo de material que se mueve entre las diferentes secciones o centros de trabajo.

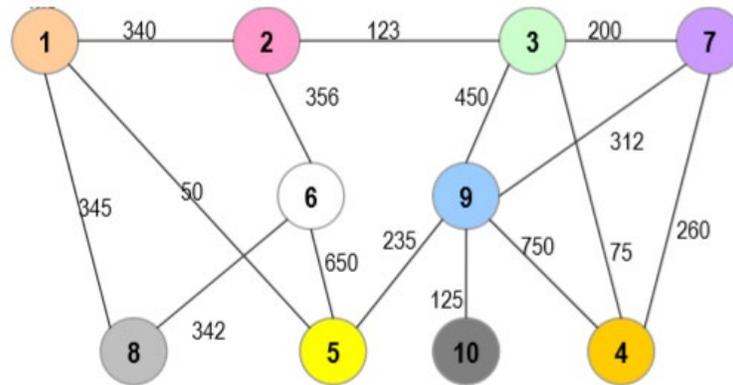


Figura 7. Grafo inicial
Fuente: propia

Nótese que el flujo de material entre la sección 1 y 2 es de 340 toneladas al año, lo que se indica junto al arco que une los nodos de estas dos secciones.

Etapa 5

Para el desarrollo del diagrama esquemático, se define un esquema de bloque en el cual se delimitan las áreas de cada centro de trabajo, y se indican los flujos de material entre ellos.

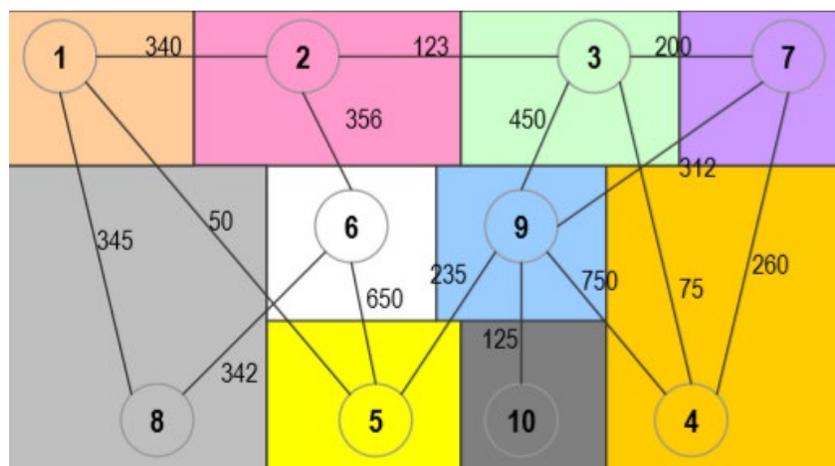


Figura 8. Esquema de bloques
Fuente: propia

Etapa 6

Una vez ajustado y aprobado el diagrama de bloques, se hace un esquema detallado del **layout** especificando todos los elementos del sistema de producción como: almacenamientos, espacio de equipos, ubicación de herramental, zonas de productos terminados, flujos internos de equipos de transporte de material y empleados, etc.

Método de planeación sistemática de la producción (SLP)

Como lo indican Chase, Jacobs y Aquilano (2006), en varios problemas del contexto industrial no es suficiente conocer el flujo de materiales entre los distintos centros de trabajo, lo anterior debido a que esta información no revela factores cualitativos importantes que influyen en la decisión de distribución, por lo anterior, en estos casos se puede utilizar el método de planeación sistemática de la producción o *systematic layout planning (SLP)*.

Este método fue propuesto por Muther en 1973 en su libro "*Systematic Layout Planning publicado por el Industrial Education Institute*", la metodología presenta las siguientes tres etapas:

En la primera se realiza el estudio de los flujos productivos determinantes para la distribución (materiales, información, operadores, etc.), con base en lo anterior, se hace una matriz de relaciones con la idea de asignar por pares de instalaciones un indicador que mida la razón de cercanía entre las distintas secciones.

En la segunda etapa, se elabora el diagrama de relaciones espaciales detallando la geometría de cada área e incluyendo los pasillos y requerimientos técnicos. Para finalizar se evalúan cada una de las posibles soluciones encontradas en la etapa anterior y se define la solución final (Mejía y et. ál., 2011).



Lectura recomendada

Para profundizar en este tema, se debe desarrollar la lectura complementaria:

Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución

Heidy Mejía, María Wilches, Marjorie Galofre y Yennys Montenegro



Instrucción

Por otro lado, los invito a revisar los recursos de aprendizaje: infografía y videoresumen.

Método del centroide

Si bien este es un método que se utiliza en los procesos de decisión estratégica, para la ubicación de instalaciones (plantas, almacenas, centros de distribución, etc.), su fácil aplicación le permite ser utilizado como un método práctico, especialmente para el diseño de *layout* en la distribución por procesos. “El método del centroide empieza por colocar las ubicaciones existentes en un sistema de coordenadas. Por lo regular, las coordenadas se basan en las medidas de longitud y latitud”.



Lectura recomendada

Para conocer más sobre este método, se debe desarrollar la lectura complementaria de las páginas 393-394, capítulo 11 de la lectura:

Administración de operaciones, producción y cadena de suministros

Chase, Jacobs y Aquilano



Instrucción

Para complementar este tema, revise el videorresumen titulado: *Método del centroide* de los recursos de aprendizaje.

Creación de celdas de manufactura

A continuación, se presentan los pasos generales para el diseño de celdas de manufactura:

- Agrupar las piezas en familias que siguen una secuencia común de pasos. Este paso requiere desarrollar y mantener una clasificación computarizada de las piezas y un sistema de codificación.
- Identificar los patrones dominantes del flujo de las familias de piezas como base para ubicar o reubicar los procesos.
- Agrupar las máquinas y los procesos físicamente dentro de las celdas. Muchas veces habrá piezas que no están asociadas con una familia y no se puede ubicar una maquinaria especializada en una celda sola debido a su uso general. Estas piezas y maquinaria inconexas son colocadas en una “*celda remanente*” para uso general (Chase, Jacobs y Aquilano, 2006).

Ejemplo de aplicación

En una empresa de productos metalmecánicos, existen 8 secciones que en la actualidad procesan 4 tipos diferentes de familias de productos, el esquema gráfico del desarrollo de las operaciones en la empresa es el siguiente:

Familias de productos

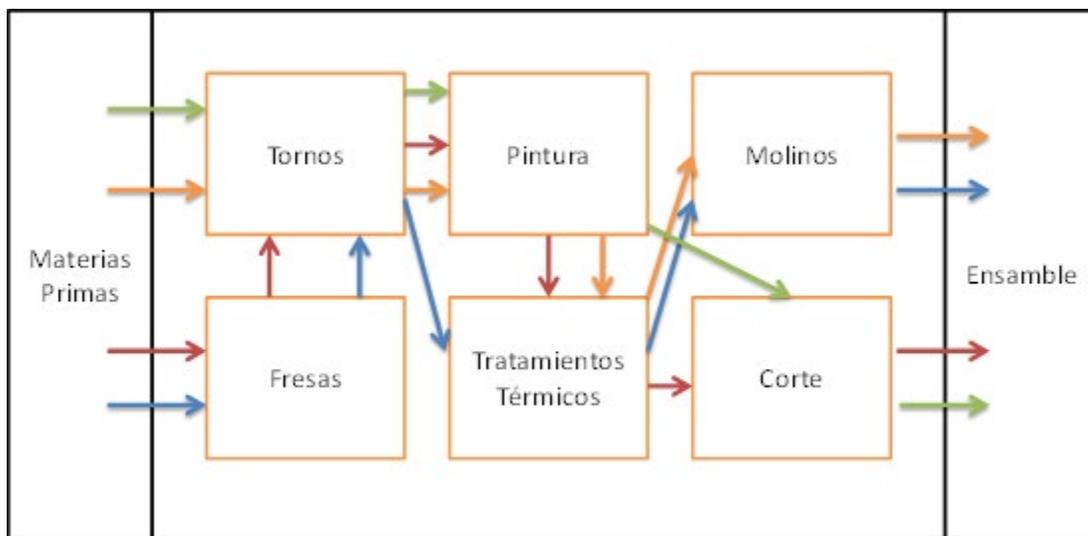


Figura 9. Distribución actual centro de trabajo
Fuente: propia

Con base en la anterior información se construye la matriz de flujo de familias en cada centro de trabajo.

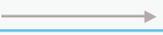
Materias primas	Familia de productos	Fresas	Tornos	Pintura	Trat. térmicos	Molinos	Corte	Ensamble
			x	x				
		x	x	x	x		x	x
						x		
		x	x		x	x		x
			x	x		x		x

Tabla 4. Matriz de rutas con base en flujo de piezas
Fuente: propia

Siguiendo el procedimiento, la propuesta de reasignación de la planta en celdas de manufactura es la siguiente:

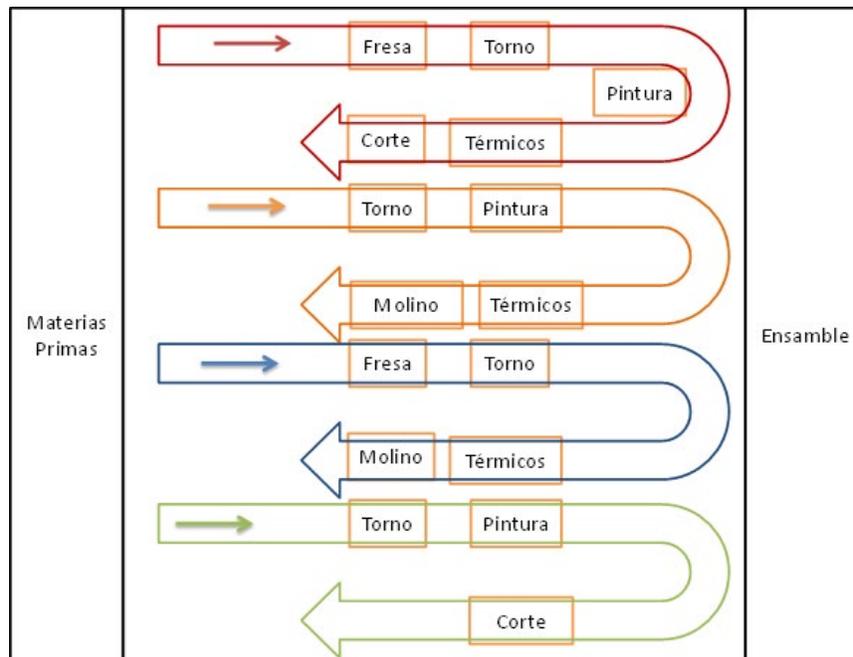


Figura 10. Propuesta de celdas de manufactura
Fuente: propia

Se muestra entonces la propuesta para cada celda de trabajo, cada producto una vez es terminado de procesar en su respectiva celda, es inmediatamente trasladado a la sección de ensamble para finalizar el proceso.

Como conclusión para este eje, podemos mencionar que los procesos de distribución de planta dependen del tipo de configuración que se desee desarrollar, esta configuración va atada a elementos clave como el tipo de producto, los volúmenes de producción, los flujos de trabajo y el manejo de los inventarios entre otros. Así mismo, existen métodos de aproximación heurísticos que permiten plantear formas generales del *layout*.



Lectura recomendada

Como complemento, para conocer más acerca de las aplicaciones de otros métodos, es necesario desarrollar la lectura complementaria:

Distribución de instalaciones: métodos de solución y aplicaciones recientes

Álvarez, Moreno, Noble y López



Instrucción

Para finalizar este eje, lo invito a realizar la actividad de aprendizaje: podcast con preguntas.

Álvarez, A., Moreno, A., Noble, V. y López, J. (2013). Distribución de instalaciones: métodos de solución y aplicaciones recientes. *Revista Ingeniería e Innovación*. Recuperado de file:///D:/npuentes4/Downloads/771-1417-1-PB.pdf

Álvarez, D., Toro, E., y Gallego, R. (2008). Algoritmo recocido simulado aplicado al problema de secuenciamiento de tareas en sistemas de producción lineal *flow-shop*. *Scientia et Technica*, 159-164.

Bermúdez, I. y Guillen, M. (2016). Evaluación del modelo actual de distribución de planta en el proceso productivo en la empresa. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/3189/1/5644.pdf>

Chase, R., Jacobs, R. y Aquilano, N. (2006). *Operations management for competitive advantage*. Boston, EE.UU.: McGraw-Hill.

Corday, R. (2014). Robohub. Recuperado de <http://robohub.org/the-evolution-of-assembly-lines-a-brief-history/>

Fathi, M. (2016). Modified particle swarm optimisation algorithm to solve the part feeding problem at assembly lines. *International Journal of Production Research*, 54, 878-893.

Mejía, H. y et. ál. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, 16(49), 63-68.

Muther, R. (1970). *Distribución de planta*. Barcelona, España: Hispano Europea.

Navarro, M. (2012). AIMME. Recuperado de <http://www.aimme.es/informacion/informativo/ficha.asp?id=2627>

Pinedo, M. (2002). *Scheduling, theory, algorithms, and systems*. New Jersey, EE.UU.: Prentice Hall.

Santamarina, C. (1995). *Distribución de planta*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Universidad Tecnológica del Salvador. (2016). Sistema bibliotecario Universidad Tecnológica del Salvador. Recuperado de <http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/auprides/30060/capitulo%201.pdf>



www.usanmarcos.ac.cr

San José, Costa Rica