

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. (2020)  
 Distribución en Planta. Nota Técnica  
 RIUNET Repositorio UPV  
<http://hdl.handle.net/10251/152734>

## DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. NOTA TÉCNICA

### Contenido

Distribución en Planta. Nota Técnica .....	1
La distribución en planta: la expresión del poder. ....	2
1.1 Introducción .....	4
1.2 3+1 Tipos de Distribución en Planta. ....	5
1.2.1 Distribución en planta por posición fija .....	6
1.2.2 Distribución en planta por producto .....	7
1.2.3 Distribución en Planta Funcional.....	8
0.2.4 Distribución en planta Híbrida.....	9
0.3 Criterios y Objetivos de la Distribución en planta. ....	11
0.4 Factores que influyen en la definición de la distribución en planta.....	12
0.4.1 Los métodos empleados.....	13
0.4.2 Los materiales.....	13
0.4.3 La Maquinaria .....	13
0.4.4 Personal .....	14
0.4.5 Los Clientes y stakeholders.....	15
0.4.6 El movimiento.....	15
0.4.7 Las esperas.....	16
0.4.8 Los servicios auxiliares.....	16
0.4.9 El edificio y zonas colindantes .....	17
0.4.10 Los cambios futuros.....	17
0.5 Áreas que sería oportuno tener en cuenta.....	18
0.6 Un método estructurado para la definición de la Distribución en Planta.....	18
0.7 Otro método estructurado para la definición de la Distribución en Planta ....	21



0.8	Representación de la distribución en planta .....	22
0.9	Seguridad de la Distribución en Planta.....	23
0.10	Ética y Estética de la Distribución en Planta. ....	23
0.11	Distribución en planta de servicios.....	24
0.11.1	Criterios generales.....	24
0.11.2	Distribución en planta de comercios.....	25
0.11.3	Distribución en planta de oficinas.....	25
0.11.4	Distribución en planta de almacenes .....	26
	Bibliografía.....	27

### LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: LA EXPRESIÓN DEL PODER.

*Allá muevan ciegos reyes feroz guerra por un palmo más de tierra (Espronceda)*

Se llama distribución en planta a la disposición de los recursos en el espacio.

Dicen los entendidos que es más fácil mover una prensa de 30 toneladas anclada a una zapata de hormigón, que la silla de un oficinista.

La disposición de los recursos es una expresión de poder: Del que los dispone, y de los que luchan por disponer (o poner a su disposición).

Una casa en el centro (del poder) por pequeña que sea, es más valiosa que un palacio en las afueras (del poder). Y eso es así, tanto para el que vive del poder, como para el que llega desde fuera.

Pero el espacio no sólo es poder, es también protección.

El ser humano en la cueva quería ocultarse a los ojos de depredadores, competidores y jefes, manteniéndolos siempre a la vista, desplegando visillos en las ventanas: transparentes desde el interior, opacos desde el exterior.

Con el objetivo de ver sin ser visto y oír sin ser oído, el ser humano matará por un palmo más de tierra, luchará por espacios en los que todos le vean cuando se queda 10 minutos más en el trabajo, pero en los que pase desapercibido cuando llegue media hora tarde. Y, sobre todo, que nadie sepa cuando utiliza el ordenador para matricularse en un curso de macramé o hace uso de la silla ergonómica para pegar una siestecita (que le corresponde según el artículo del estatuto de trabajadores).

Pero el ser humano no sólo pelea por el espacio.



También ha aprendido a adaptar su hábitat (y con él sus hábitos). Es connatural, pues, la lucha despiadada por las vitales decisiones del tipo: Dónde se ubica la fuente de agua, hacia dónde se dirige la pantalla del ordenador y quién está más cerca de la puerta....

No sólo hay luchas en las oficinas, donde las decisiones son más personales y más descarnadas. También hay lucha en la planta, pero es una lucha más elegante en la que se usan argumentos como la mejora la seguridad de las personas, la productividad de la fábrica o la flexibilidad del sistema.

O no hay lucha solo expresión de poder.

Porque el principal modo que tiene un nuevo propietario de tomar posesión, es modificando el lugar en el que están las cosas, modificando el *Layout*.

Para que todos sepan que hay un nuevo león en la sabana.

Pero también la empresa puede ser el hogar y no solo el reino. Algunas empresas llegan un poco más lejos. Dado que los trabajadores viven en la planta, las familias deben conocerlas. Para ello diseñan plantas que se puedan visitar. Esa exigencia adicional obliga a mantener las instalaciones limpias, a disponer pasillos seguros, a tener una iluminación lógica...

*Millones de jóvenes piden que se limpie el planeta,  
millones de padres piden que empiecen por la habitación.*

Más aún, la apariencia de la planta tiene que decir algo sobre la misma. Del mismo modo que las grandes catedrales tienen forma de Cruz o las sinagogas se orientan hacia Oriente, la lógica de la planta, la coherencia entre el continente y el contenido ayuda a la propiocepción del trabajador, favoreciendo el sentido de pertenencia.

El caso extremo de esta concepción se da en un grupo empresarial indio de fabricación de componentes de automóvil donde las fábricas se diseñan según los principios del *Vaastu Shastra*, una antigua doctrina hinduista, similar al *Feng Shui*.

En un primer momento suena extraño que un proceso milenario y no científico de diseño de casas sirva para diseñar fábricas. Pero, a falta de otros criterios, a las organizaciones no les va mal que el espacio les genere un sentido que sea común, estético, reconocible y guía, pues el principio de “no hay ética sin estética” del profesor Valverde también es aplicable en las plantas de fabricación.



## 1.1 INTRODUCCIÓN

Definir la distribución en planta incluye decisiones que definen la disposición física de los recursos dentro de una instalación. Y, por tanto, aunque sólo sea por un principio de cercanía física define quién los gobernará.

Además la distribución en planta es una expresión de la idea que sobre la organización tenía el diseñador. De este modo las fábricas del siglo XIX se construían en volumen porque intentaban replicar el eficiente diseño de las máquinas (generalmente paralelepípedos).

La evolución de fábricas 3D a fábricas 2D costó años, y aún más años descubrir que la eficiencia no iba a aparejada al uso intensivo del espacio (Biggs, 1996)

El diseño de una distribución en planta se puede dar en dos situaciones. La ideal es la conocida en inglés como *greenfield*. No hay limitaciones previas puesto que no hay nada predefinido. Es una situación ideal que no se da prácticamente nunca.

Lo habitual es que existan limitaciones. La más sencilla es que la empresa ha adquirido la nave y no se van a modificar los lindes. La más complicada de plantear y difícil de implementar, se da cuando la nave ya existe, y está en funcionamiento. En ese caso los cambios siempre serán menores y difíciles de ejecutar.

Desde un punto de vista social, los aspectos cualitativos ligados al poder, su ejercicio y también al sentimiento de pertenencia son muy relevantes en el momento de diseñar la distribución en planta. Desde un punto de vista más ingenieril, la calidad de una determinada distribución en planta está directamente asociada al movimiento (de materiales, personas e información) que exige para su funcionamiento, siendo también muy relevantes aspectos como la seguridad y la flexibilidad.

Cuando el problema puede reducirse a un problema cuantitativo recibe el nombre de *Facility Layout Problem* (FLP) que es uno de los problemas clásicos de la investigación operativa (Drira, Pierreval and Hajri-Gabouj, 2007)

La clasificación clásica distingue tres categorías de layout: posición fija, por producto, funcional. Y añade una cuarta a la que denomina híbrida (o celular). Cada una con sus ventajas e inconvenientes. Otra aproximación indica que la distribución en planta puede ser diferente en una misma empresa dependiendo del nivel de zoom que se haga del plano. Así una fábrica de automóviles tiene una distribución funcional a nivel macro (comedores, oficinas, zonas productivas, almacenes), una distribución por producto a nivel meso (la línea de montaje), y una distribución por posición fija a nivel micro(en cada una de las estaciones).



La distribución en planta de las instalaciones está directamente influenciada por las especificaciones del sistema productivo. Concretamente por la variedad y el volumen requerido para producir. Además del producto (variedad y volumen), es relevante conocer la ruta que van a seguir los productos, los servicios adicionales necesarios y la evolución esperada en el tiempo.

Definir una apropiada distribución en planta, es un imperativo tanto en procesos industriales como de servicios (por ejemplo: fábricas, talleres, grandes almacenes, hospitales, restaurantes, oficinas, etc.).

El resto del capítulo se estructura como sigue. En primer lugar, se plantean las 3+1 estructuras básicas de distribución en planta. Se sigue una aproximación a los motivos que pueden justificar (o exigir) un cambio en la distribución de planta. A continuación, los objetivos que habría que plantearse como prioritarios al diseñar una nueva distribución en planta y a continuación los factores más relevantes que hay que tener en cuenta para ello. Se propone a continuación un procedimiento para estimar el espacio necesario (finalmente se trata de distribuir un número limitado de metros cuadrados). A continuación, se propone un método estructurado para abordar el problema. El capítulo concluye con una aproximación al problema de distribución en planta de servicios (oficinas, almacenes, comercios...)

## 1.2 3+1 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Toda distribución en planta es la disposición de los recursos para que la organización pueda cumplir sus objetivos ejecutando sus funciones. Es por ello que los recursos casi invariablemente estarán dispuestos según la función que ocupan.

Sin embargo, dependerá del nivel de agregación o de detalle con el que se enfoque la actividad se pueden observar diferentes tipos de distribución en planta.

Cuando el foco se pone en los procesos del sistema productivo la distribución en planta será diferente en función del volumen y la variedad de productos a realizar.

Se denomina **distribución en planta por posición fija** a aquella en el que el producto objeto de la transformación se queda quieto mientras personal, maquinaria y materiales se acercan y alejan para poder realizar las operaciones. Es habitual cuando el volumen de fabricación es unitario y la variedad de los productos es elevada.



Se denomina **distribución en planta por producto** a aquella en el que los recursos se disponen de tal manera que el producto (en su viaje por los recursos) sigue un camino reconocible. Es habitual cuando el volumen de fabricación es elevado y la variedad de los productos es baja.

Se denomina **distribución en planta funcional** a aquella en la que los recursos se disponen según las tareas y actividades que realizan. En ese caso los productos viajan de un área funcional a otra. Es habitual cuando el volumen de fabricación es intermedio y los productos son similares no en sí mismos sino en los recursos que necesitan.

Con el objetivo de vencer los inconvenientes que los diferentes tipos de distribución en planta tienen, surgen las denominadas **distribuciones en planta híbridas**. Casi todas ellas basadas en el concepto de distribución en planta en células de trabajo.

### 1.2.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA POR POSICIÓN FIJA

En ocasiones, por el volumen, la fragilidad o alguna otra característica del producto a transformar, lo conveniente es dejar el producto inmóvil y acercar y alejar los recursos que hacen falta para que se pueda realizar las operaciones.

Esta circunstancia no sólo se da al diseñar espacios donde fabricar barcos u operar a pacientes; también se da cuando se diseñan estaciones de montaje en sistemas en línea, o centros de transformación en talleres mecánicos.

La distribución en planta por posición fija suele ir asociada a procesos de fabricación de productos de bajo volumen y muy alta variabilidad.

La distribución en planta por posición fija, exige definir cómo entrará y saldrá el producto fabricado de la zona de montaje, además de establecer la secuencia adecuada (incluyendo la temporización) que es necesaria para que unos recursos evacúen y den paso a la siguiente secuencia de recursos.

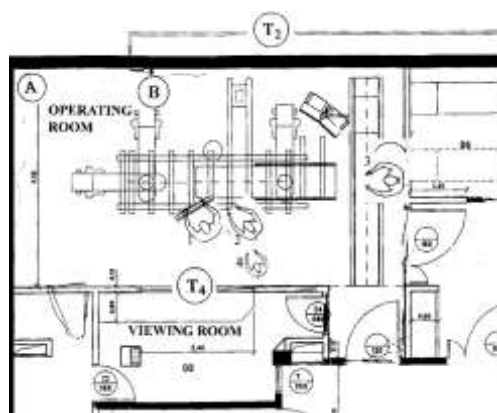


Ilustración 1: Ejemplo de Distribución en Planta por posición fija (Efsthopoulos et al., 2003)



El acceso fácil a los diferentes útiles que vayan a ser necesarios en cada etapa de fabricación, así como los lugares de espera de los recursos que llegan antes de tiempo, o aquellos que no pueden ser evacuados con suficiente celeridad.

En una distribución en planta por posición fija los componentes y las herramientas se organizan de modo concéntrico al producto final en función de su frecuencia de uso. El uso de herramientas de simulación 3D para visualizar la configuración del espacio puede ir acompañada de diagramas espagueti que permiten identificar los movimientos necesarios.

### 1.2.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA POR PRODUCTO

La distribución en planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva. Los recursos se organizan físicamente ordenándose para simplificar el desplazamiento de los productos, que por regla general son muy parecidos entre sí.

En el primer caso (por ejemplo: refinerías, celulosas, centrales eléctricas, etc.), la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución en planta, las especificaciones de los equipos y de los buffers.

En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas (por ejemplo: electrodomésticos, vehículos de tracción mecánica, cadenas de lavado de vehículos, etc.), el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de la línea, con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado.

Si se considera en exclusiva la secuencia de operaciones (y no los servicios auxiliares o los requerimientos adicionales como buffers), la distribución en planta es una operación relativamente sencilla, en cuanto que se limitará a colocar una máquina tan cerca como sea posible de su predecesora.

Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea, en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra, a medida que sufre las operaciones necesarias. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas, dependiendo de cuál se adapte mejor a cada situación concreta.

Las ventajas más importantes que se pueden citar de la distribución en planta por producto son:

- Manejo de materiales reducido
- Escasa existencia de trabajos en curso
- Mínimos tiempos de fabricación





- Simplificación de los sistemas de planificación y control de la producción
- Simplificación de tareas.

En cuanto a inconvenientes, se pueden citar:

- Falta de flexibilidad en el proceso
- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación
- Inversión muy elevada
- Alta interdependencia de los trabajos a realizar.

Habiendo decidido que los flujos son en línea, sigue quedando la opción de definir cómo se quiere que sea la línea. Y así surgen las disposiciones en I, en L en U, en O, en E y en S.

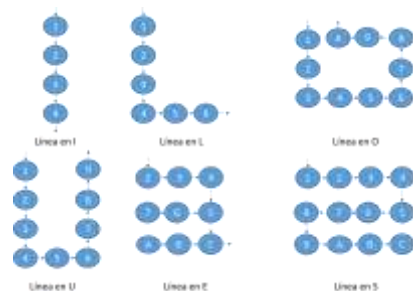


Ilustración 2: Modos de Organizar el Flujo por Producto

### 1.2.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA FUNCIONAL

La distribución en planta funcional se adopta cuando los recursos se organizan según su función (por ejemplo: fábricas de muebles, hospitales, talleres de reparación de vehículos, etc.). La distribución en planta funcional (típica en los procesos de bajo volumen y alta variedad) pretende obtener un uso adecuado de los recursos disponibles que se especializan en su ámbito de trabajo.

En ellas, los distintos ítems tienen que moverse, de un área a otra, de acuerdo con los recursos requeridos por las diferentes tareas que conforman la operación. La variedad de productos fabricados supondrá, por regla general, secuencias diversas de operaciones, lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres.

A esta dificultad hay que añadir la generada por las variaciones de la producción a lo largo del tiempo que pueden suponer modificaciones (incluso de una semana a otra) tanto en las cantidades fabricadas como en los propios productos elaborados.

En este tipo de distribuciones en planta el trabajo en curso tiende a crecer, puesto que es el modo que pueden utilizar para equilibrar las cargas de trabajo y defenderse de la variabilidad que viene del exterior.





Una estructura funcional, con una distribución en planta funcional tiende a organizarse por “silos” que persiguen sus propios objetivos, y que considera que hace bien su trabajo si realiza sus tareas del modo más eficiente, según sus propios criterios de eficiencia.

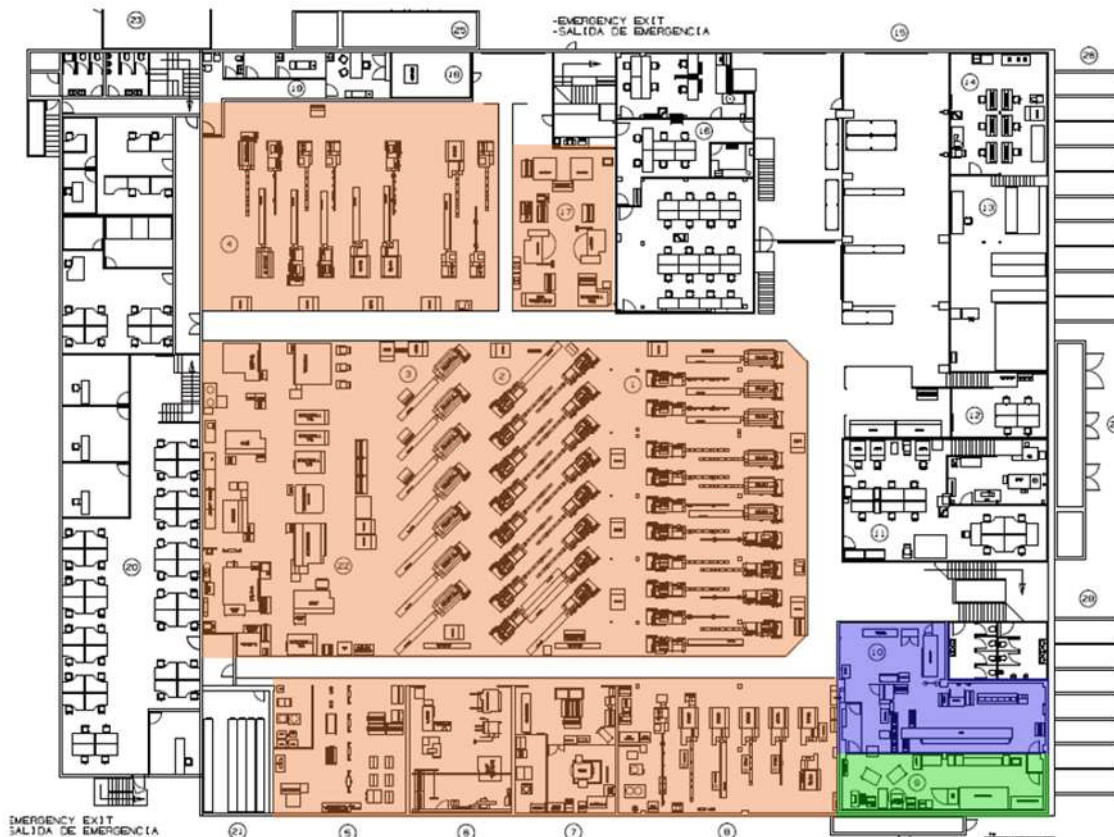


Ilustración 3: Esquema de distribución en planta funcional (Fuente: TFM de Hector Sancho)

Tradicionalmente, estas características han traído como consecuencia uno de los grandes inconvenientes de estas distribuciones: la más que mejorable coordinación entre secciones y con ello la baja eficiencia de las operaciones de transporte de los materiales, al menos en términos relativos respecto de las distribuciones en planta por producto.

#### 1.2.4 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA HÍBRIDA

Cada uno de los tipos de distribución en planta tiene sus ventajas e inconvenientes. Para superar los segundos, sin perder las primeras, surgen las distribuciones de tipo híbrido. En muchos casos son simplemente “parches” que se le hacen al sistema más genérico. Es posible que la empresa tome la decisión de definir estrategias de diseño de distribución en planta híbridas, cuya mejor caracterización son las denominadas “células”.



Este tipo de estructuras surgen de crear líneas de mecanizado (por ejemplo, a partir de la aplicación de técnicas como la **tecnología de grupos**(King and Nakornchai, 1982)) a organizaciones que suelen tener una distribución en planta básicamente funcional.

Se puede decir que hay cuatro tipos de distribución en planta “celular” con diferentes orígenes, y resultados similares.

- a. **Fábricas enfocadas.** Recoge la idea de que los trabajadores estarán más involucrados en las tareas que ejecutan si pertenecen a estructuras más pequeñas. Las fábricas enfocadas no tienen por qué respetar ningún ritmo ni actividad de coordinación pues responden a sus propios objetivos.
- b. **Células de Fabricación.** Mediante la técnica denominada tecnología de grupos agrupa máquinas que van a producir de manera sistemática las mismas familias de productos. De algún modo sacan a las máquinas de la función a la que pertenecen porque existen familias de productos que seguirán siempre la misma ruta. Un caso especial de estas agrupaciones son las denominadas células *Chaku-Chaku*.
- c. **Células de Fabricación Flexible.** Si las máquinas son CNC, y el sistema de aprovisionamiento está muy automatizados se denominan de Células de Fabricación Flexible. Las células de fabricación flexible son muy útiles en entornos de alta variedad y bajo volumen para piezas de fabricación compleja.
- d. **Células de Montaje.** El sistema de fabricación basado en células de trabajo, o fabricación celular es el modo natural de producir una fabricación orientada al flujo de una pieza, y por tanto es la estructura natural del Lean Manufacturing. Los equipos se ordenan de una manera que soportan un flujo controlado de materiales y componentes con el mínimo retraso, transporte y movimiento. La fabricación celular facilita el crecimiento orgánico de la empresa.

En el entorno del *lean manufacturing* son especialmente relevantes las “Células en U”(Urban, 1998). Estas son líneas de montaje, cortas, que se cierran sobre sí mismas que al mismo tiempo que facilitan la flexibilidad en el volumen de fabricación, crean equipos de trabajo más consolidados. Es importante destacar que, para que una célula de montaje pueda ser considerada en U debe contener a los trabajadores por dentro (de otro modo no tiene la utilidad fundamental de permitir el rápido equilibrado de la línea).

En realidad, las distribuciones en planta híbridas, son un reconocimiento de que los diferentes tipos de distribución en planta se aplican en cada sistema en función del nivel en el que se focaliza el análisis. Así por ejemplo en un hospital se tiene una distribución funcional, pero concretamente en las habitaciones o en el quirófano la distribución es en posición fija. Del mismo modo en una fábrica de automóviles el diseño de la planta puede ser considerada distribución funcional



en un nivel macro, distribución por producto al analizar la línea, o distribución por posición fija al considerar el diseño de una estación de la línea.

### 1.3 CRITERIOS Y OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Según algunos manuales, cuando se trata de diseñar una distribución en planta, se trata de modo general de perseguir los siguientes cuatro líneas de acción fundamentales.

- **Unidad.** Facilitar el sentimiento de pertenencia y reducir las distorsiones por tener objetivos contradictorios se debe, también perseguir al diseñar la distribución en planta de una empresa.
- **Efectividad.** Minimizar el movimiento de productos, personas o información pues estos no añaden valor. Este principio puede no aplicar en el diseño de determinados servicios, sobre todo cuando se da una alta participación del cliente en el mismo, y el desplazamiento es un objetivo.
- **Flexibilidad:** Diseñar las instalaciones atendiendo a los cambios que ocurrirán en el corto y medio plazo en productos, volumen y en el propio proceso de producción.
- **Seguridad:** Garantizar el movimiento y el trabajo de personas y materiales es una exigencia en cualquier diseño de distribución en planta. Minimizar no sólo los accidentes (los ¡ay!), sino sobre todo la mera posibilidad de que estos ocurran (los uy!). La comodidad se puede considerar como un criterio menor.

Las cuatro líneas de acción anteriores están relacionadas entre sí de una manera no lineal. Y su relación cambia en función de la intensidad de la actividad y del tipo de producto que se considere. Por lo que un buen diseño de *layout* para una determinada configuración de catálogo (número de referencias y cantidad de las mismas) será un mal diseño para otra configuración

Así reducir el movimiento de productos por la vía de acercar las secciones, puede incrementar la unidad, pero reduce la flexibilidad (reduce la capacidad de expansión de las mismas) además de que reduce la seguridad, al incrementar la congestión del tráfico en un área pequeña (Sáez Más and Garcia Sabater, 2016).

Del mismo modo separar las secciones para facilitar crecimientos futuros, hace que las secciones se comporten como unidades independientes, dificulta la supervisión e incrementa la cantidad de producto a mover, que puede no ser muy relevante si la cantidad de movimientos es pequeña. Pero reduce la congestión y puede mejorar la seguridad (de los elementos móviles) aunque favorece la aparición de almacenes intermedios.



De forma más detallada, se podría decir que los objetivos generales anteriores se alcanzan a través de la persecución de criterios como:

- Reducción de las distancias de tránsito
- Incremento de la producción.
- Disminución de la congestión.
- Facilitar el mantenimiento
- Liberación de áreas ocupadas innecesariamente.
- Reducción del trabajo administrativo e indirecto.
- Incremento de la visibilidad de las actividades
- Mejora de la supervisión y el control.
- Mayor facilidad de adaptación a los cambios de condiciones.
- Mejor utilización de la mano de obra, la maquinaria y los servicios.
- Reducción del número de mantenimientos y del material en proceso.
- Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores (iluminación, ventilación...)
- Incremento de la moral y la satisfacción del personal

Es evidente que en la lista anterior no están todos los objetivos. Y en cualquier caso no todos podrán ser alcanzados al mismo tiempo y, en la mayoría de los casos, la mejor solución será un equilibrio de consenso.

Un último aspecto a tener en cuenta es que las instalaciones a diseñar son el lugar donde los trabajadores van a convivir durante más horas al día que en su propia casa. La psicogeografía (Ellard, 2016) muestra que el aspecto físico de los lugares afecta a la razón y sobre todo al corazón, y por tanto al rendimiento del equipo, y con él al rendimiento de las instalaciones.

## 1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La influencia e importancia relativa de diferentes factores puede variar con cada organización y situación concreta. En cualquier caso, la solución que finalmente se adopte debe pretender un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas y se minimicen los inconvenientes.

De manera general, los factores que tienen influencia pueden agruparse del siguiente modo:

1. Los métodos
2. Los materiales
3. La maquinaria



4. Los trabajadores
5. Los clientes
6. Los movimientos
7. Las esperas
8. Los servicios auxiliares
9. El edificio y las zonas colindantes
10. Los cambios esperados

#### **1.4.1 LOS MÉTODOS EMPLEADOS**

El estudio y mejora de métodos queda tan estrechamente ligado a la distribución en planta que, en ocasiones, es difícil discernir cuáles de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a ésta y cuáles a la mejora del método de trabajo ligada a la misma (incluso hay veces en que la mejora en el método se limitará a una reordenación o redistribución de los elementos implicados).

#### **1.4.2 LOS MATERIALES**

Dado que el objetivo fundamental del Sistema de Operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquéllos y de los materiales sobre los que haya que trabajar.

Son características fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos. Dichas características influyen decisivamente en los métodos de producción, en las formas de manipulación y almacenamiento, y en los espacios de tránsito y espera que requieren.

Dado que los productos no se suelen mover por ellos mismos será muy relevante conocer la unidad de carga con la que se pretenden hacer los movimientos y el soporte sobre la que va a reposar.

La bondad de una distribución en planta dependerá en gran medida de si favorecen o perjudican el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja.

Tendrán que tenerse en cuenta la secuencia y orden en el que se han de efectuar las operaciones. Es posible que esto dicte la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros.

#### **1.4.3 LA MAQUINARIA**

Los procesos necesarios para obtener los productos debieran determinar los equipos y máquinas a disponer y utilizar. En la práctica, los equipos su disposición



y su disponibilidad determinan no sólo los procesos sino los productos/servicios que se ofrecerán.

Para diseñar una distribución adecuada parece lógico tener información de los procesos a emplear, de la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos.

Antes de comenzar un proceso de diseño de distribución en planta habría que conocer aspectos de las máquinas como espacio requerido, (forma, altura e incluso peso), la cantidad y clase de operarios requeridos para su operación y mantenimiento, riesgos para el personal implicado y para el que pueda pasar por allí, necesidad de servicios auxiliares, etc..

No sólo hay que considerar el número previsto para cada clase, si no la posibilidad de que este número sea ampliado con la misma o parecida maquinaria. También se deberían considerar tipos y cantidades de equipos auxiliares y utillajes necesarios.

Aspectos como el lugar de alimentación de las máquinas, o el modo de mantenimiento deberían considerarse antes de decidir si la máquina estará contra la pared o en el centro de la nave.

#### 1.4.4 PERSONAL

Hay que tener en cuenta que el lugar (y la disposición de materiales, máquinas y útiles en el lugar) serán el “hogar” durante un turno de trabajo al día de las personas implicadas. Hay que tener en cuenta no sólo al personal directamente implicado sino también a los que ejercen actividades de supervisión y a los que apoyan con servicios auxiliares.

Una vez las máquinas estén dispuestas en el suelo, éstas ya no se quejarán nunca por su ubicación. Sin embargo, las personas lo harán continuamente. Por la falta de ventilación o por el exceso de la misma, por la falta o exceso de luz natural, por la lejanía o cercanía a los servicios básicos...

Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, etc.

De igual forma habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar.

Surge de nuevo la relación del tema de la distribución en planta con el diseño/mejora del puesto de trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajo.





#### 1.4.5 LOS CLIENTES Y STAKEHOLDERS

En algunos servicios es necesario que el cliente participe en el proceso, en otros es cada vez mayor la tendencia de añadir valor permitiéndole ver e incluso sentirse participe

En la mayor parte de los procesos productivos los clientes no tienen por qué visitar las instalaciones en las que el producto se elabora. Sin embargo, y no sólo en servicios, existe una tendencia creciente a facilitar el acceso al cliente a las instalaciones.

Aspectos como lograr una mayor integración del sistema productivo con la sociedad en la que están implicados (facilitando visitas de grupos organizados), o permitir que los clientes tomen parte de algunas de las fases de fabricación del producto final, exigirán el diseño explícito de áreas que den soporte a estos participantes en el proceso.

En algunas empresas se decide “tensionar” el sistema por la vía de hacer un día de la familia. En esos días las familias son invitadas a recorrer las instalaciones. Esa actividad mejora el sentido de pertenencia y además obliga a mantener en condiciones las instalaciones. Si la empresa planea hacer eso, es conveniente revisar la distribución en planta.

#### 1.4.6 EL MOVIMIENTO

El movimiento entre secciones no sólo es inevitable, sino que debe ser facilitado. Los materiales a procesar (incluyendo en ellos clientes o pacientes) deben acceder a la sección dónde van a ser procesados y deben poder salir. Además, necesitarán moverse a las secciones siguientes en el proceso.

Es evidente que ningún cliente paga por los kilómetros que su producto ha recorrido en la empresa, y por ello a estas actividades se les denomina de no valor añadido y deben ser reducidas al máximo.

El movimiento de los materiales puede conducir a daños en los mismos. Más grave aún, el daño podría afectar a trabajadores. Por ello es especialmente relevante la consideración del uso de elementos de mantenimiento móviles (carretillas elevadoras, tractoras...) por el mismo lugar por el que transita personal a pie.

Si para el movimiento de los materiales se dispone de transportadores aéreos, el movimiento se hace invisible, acercando secciones que previamente estaban lejanas. Pero que un movimiento sea invisible, o no moleste a las actividades normales, no implica que haya desaparecido ni que la maquinaria necesaria no haya que mantenerla.





La reducción de la actividad de movimiento puede pasar por disponer de suficiente espacio para que se realicen cómodamente. Disponer de poco espacio para el movimiento puede generar congestión, incrementando los tiempos de tránsito o impidiendo el uso de AGVs.

Un aspecto adicional relevante en la consideración de los movimientos es quien da la orden de mover el producto a la siguiente etapa y a quien se da esa orden (y dónde se encuentra) para poderla ejecutar.

#### 1.4.7 LAS ESPERAS

Si el punto anterior trataba de los movimientos, no menos relevante es la consideración de las esperas. Aunque el objetivo sea reducirlas al máximo, éstas suelen ser inevitables, y su no consideración en el diseño no sólo no las evita, sino que obligará a ralentizar los procesos anteriores o posteriores.

Además, el material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, genera una economía superior (permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios necesarios para los materiales en espera.

Determinados procesos exigen la espera del producto para poder entrar convenientemente en la siguiente fase (curado, enfriamiento, fermentación...) y también deben ser tenidos en cuenta.

El dimensionamiento de los lugares de espera permitirá controlar los niveles de trabajo-en-curso y con ellos los tiempos de tránsito.

#### 1.4.8 LOS SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Un almacén sin sala de baterías o una línea de mecanizado sin taller para el afilado de utillajes son tan ridículos como unas oficinas sin sala de reuniones o (mucho peor aún) sin máquina de café.

Hay servicios relativos al personal: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, baños y vestuarios...

Hay servicios relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares).

Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución estimándose que entre un cuarto y la mitad de una planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.



Con gran frecuencia, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un mal inevitable, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello, es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos que suponen queden minimizados.

#### 1.4.9 EL EDIFICIO Y ZONAS COLINDANTES

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución en planta, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla.

Los suelos y los vuelos condicionarán el diseño de la nave. El suelo (y todas las cicatrices que el paso del tiempo y las necesidades pasadas han dejado en el mismo) impedirán el movimiento de carretillas y personas. Además, suelos desequilibrados podrán limitar el uso del vuelo por la falta de planitud. El vuelo, a su vez podrá afectar al uso apropiado del suelo (altillos, pasadizos...)

La disposición espacial y demás características (por ejemplo: número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corriente, etc.) se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores.

La distancia a las naves vecinas y la posibilidad de alquilar espacios, la capacidad de utilizar campas o de ampliar instalaciones, los viales comunes, las fronteras... definirán dónde se colocan los muelles, dónde esperan los productos...

#### 1.4.10 LOS CAMBIOS FUTUROS

En el diseño de la Distribución en Planta es ineludible prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que se han enumerado hasta este momento.

Es muy habitual que en los requerimientos de diseño se trabaje fijándose en el pasado como mecanismo para proyectar el futuro. Pero una vez fijada una determinada distribución en planta, será muy difícil cambiarla.

Por ello, es relevante identificar los posibles cambios y su magnitud, para poder diseñar una distribución en planta capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales,



permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso.

Es fundamental disponer de espacios que permitan ampliaciones futuras, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla

### **1.5 ÁREAS QUE SERÍA OPORTUNO TENER EN CUENTA**

Ya han sido citadas en el apartado anterior pero quizá sea relevante recordar que una instalación industrial suele tener:

- Áreas de Descanso para los trabajadores, vestuarios, baños
- Enfermería (o al menos un botiquín)
- Parquin para trabajadores, clientes o visitantes
- Zona de Carga de Baterías
- Zona para depositar palés vacíos
- Zona para depositar material defectuoso a devolver al proveedor
- Almacén de Materia Prima y Producto Acabado
- Muelles y Playas de Expedición y Recepción
- Oficinas (que en algunos sitios se imbrican en la producción)
- Centro de Transformación Eléctrica
- Depósito de Agua contra incendios
- Área de Mantenimiento (taller y almacén)
- Área de Trabajo con máquinas y trabajadores (y zonas para reuniones en planta)

### **1.6 UN MÉTODO ESTRUCTURADO PARA LA DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

(Muther, 1973) propuso el método más conocido para el diseño de distribución en Planta (el denominado *Systematic Layout Planning*).



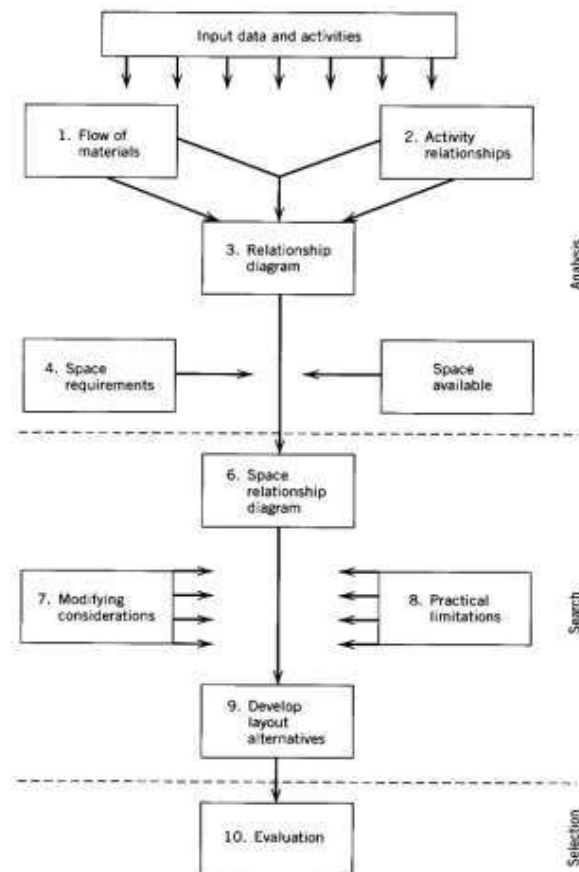


Ilustración 4: Esquema del SLP (según Bathwadekar 2015)

Al definir el método estructuró una serie de etapas y herramientas muy útiles como el diagrama relacional de actividades.



Ilustración 5: Diagrama de Relaciones (Ortiz Zaragoza, 2020)



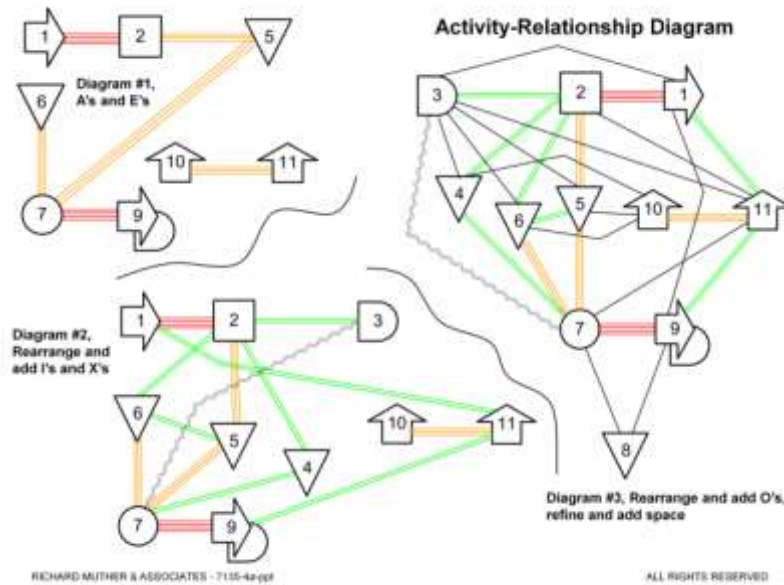


Ilustración 6: Diagrama Relacional

Otros autores han ido ampliando la propuesta según sus propios criterios intentando mejorar algunos aspectos particulares y añadiendo herramientas de representación como por ejemplo el grafo dual que se crea a partir del diagrama relacional o incorporando acrónimos para ayudar a no saltarse ningún paso en la captura de información.



Ilustración 7: Grafo Dual (Canet Garibo, 2020)

Así por ejemplo el PQRST (utilizado en (Blasco Andres, 2020)) recuerda que hay que analizar:

- P. El Producto que se debe fabricar, incluyendo materias primas, piezas compradas y productos terminados o semielaborados

- Q. La Cantidad de cada producto que se debe fabricar.
- R. El Recorrido, es decir, las operaciones y la secuencia en la que se realizan.
- S. Los Servicios Anexos y Actividades de Soporte necesarios para realizar las operaciones de fabricación y montaje
- T. El Tiempo que relaciona PQRS y que influye directamente sobre estos cuatro elementos

Adicionalmente algunas herramientas que han ido apareciendo como representar el grafo dual, han ido incorporando más profundidad matemática en el análisis.

### 1.7 OTRO MÉTODO ESTRUCTURADO PARA LA DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En estos apuntes se propone una particular (por diferentes razones). Con tres características: iterativa, recursiva y focalizada en los objetivos.

La presente propuesta es iterativa. Es decir, en cualquier momento se produce un mejor entendimiento de la situación que llevaría a reconsiderar la solución.

La propuesta es recursiva. Es decir, el “diseño detallado” de una sección probablemente exige iniciar el proceso de nuevo para el nuevo bloque.

Y lo más importante, el proceso comienza con la definición de los objetivos (en forma de criterios y restricciones de los diferentes usuarios y *stakeholders*) que en general sólo serán capaces de explicitarlos a la luz de una solución concreta (lo que realimenta el concepto de iteración y de recursividad).

La estructura propuesta es la siguiente

1. Definición de los Objetivos de la Distribución en Planta
  - a. Identificación de usuarios y *stakeholders*
  - b. Identificación de Objetivos y Restricciones
  - c. Priorización de los Objetivos
  - d. Descripción detallada de las Restricciones
2. Captura de la Información Necesaria
  - a. Análisis ABC de Productos
  - b. Selección de los productos y procesos más relevantes
  - c. Análisis de la Distribución en Planta Actual (si existe)
3. Definición de Unidades de Actividad (secciones)
  - a. Listado de Secciones
  - b. Estimación de Espacio Necesario por Sección
  - c. Análisis de tráfico (material y personal) entre secciones
    - i. Análisis cuantitativo de movimientos entre secciones
    - ii. Diagrama de Recorridos entre Secciones
    - iii. Equipamiento necesario para el movimiento
  - d. Relaciones de proximidad entre Secciones (cercanía y alejamiento)





4. Generación de Alternativas de disposición
  - a. Generación de Solución de Partida a partir de un criterio prioritario
  - b. Evaluación Preliminar teniendo en cuenta todos los criterios
  - c. Mejora de la Solución de Partida (vuelta a *b*) hasta alcanzar óptimo local según los criterios establecidos en 1.
  - d. (Vuelta a *a*) seleccionando otro criterio como prioritario
5. Evaluación y Selección de las soluciones que son óptimo local.
  - a. Evaluación Cualitativa de las Soluciones
  - b. Evaluación Cuantitativa de las Soluciones
  - c. Selección de una Alternativa de Secciones
6. Diseño Detallado de la Alternativa Seleccionada
  - a. Planos, maquetas, visualización 3D
  - b. Simulaciones de validación
  - c. Planes: presupuestos, calendarios

La etapa 5 además inicia la recursividad. Es decir, la alternativa diseñada puede contener en su interior unidades de actividad que deberán ser diseñadas específicamente.

Y la recursividad implicará iteración. Los diferentes actores podrán cambiar su percepción sobre criterios y restricciones cuando vean la implicación real de las mismas a nivel de detalle.

### 1.8 REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Pese a que todo el mundo mira con interés y cara de inteligencia los planos estos son muy difíciles de interpretar. Convertir un conjunto de rayas de diferentes colores y grosores en un espacio tridimensional y dinámico es algo que no es posible para la mayor parte de los humanos.

Utilizar herramientas para la visualización 3D de los planos mejora considerablemente el análisis. Gracias a ella los problemas se visualizarán mucho antes y por tanto aporta un valor considerable en el momento de solicitar evaluaciones de la solución.



Ilustración 58 Representación 3D Layout tras mejoras Im1. Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 59. Representación 3D Layout tras mejoras Im2. Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 8: Uso de modelos 3D (López García, 2019)





Siendo la renderización 3D un soporte importante, en estos apuntes se reivindica el noble arte de maquetar (a fin de cuentas la renderización sigue siendo 2D). Y mejor aún si los participantes en el proceso de diseño pueden afectar a la solución.

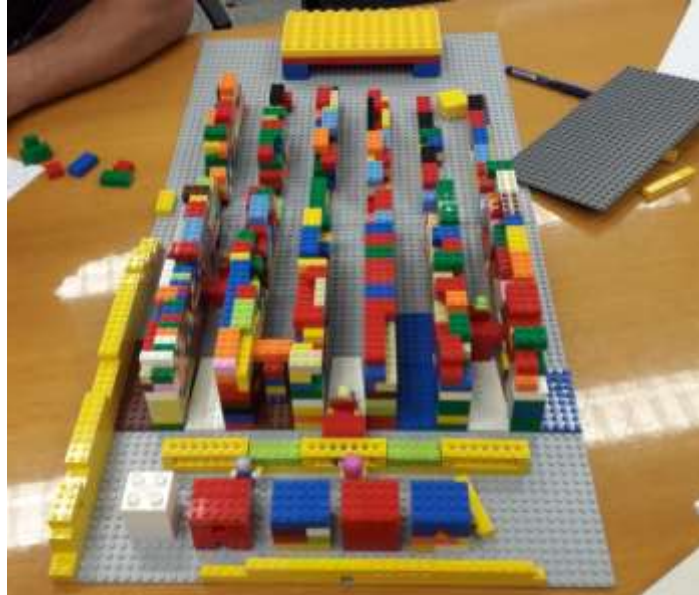


Ilustración 9: Uso de modelos 3D (López García, 2019)

### 1.9 SEGURIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Los trabajadores viven en la planta. La seguridad de los trabajadores es responsabilidad de sus jefes. Una mala distribución en planta puede conducir a accidentes.

Una aproximación interesante se puede encontrar en (Saez Mas, 2020) y en (Sáez Más and García-Sabater, 2016).

### 1.10 ÉTICA Y ESTÉTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Aunque ya se ha dicho anteriormente, es muy importante recordar que el diseño de la distribución en planta no sólo es el lugar dónde se van a producir productos, es (ante todo) el lugar donde van a vivir y convivir las personas que los producen.

Algunas empresas llegan un poco más lejos. Dado que los trabajadores viven en la planta, las familias deben conocerlas. Para ello diseñan plantas que se puedan visitar. Esa exigencia adicional obliga a mantener las instalaciones limpias, a disponer pasillos seguros, a tener una iluminación lógica.

*Millones de jóvenes piden que se limpie el planeta,  
millones de padres piden que empiecen por la habitación.*

El principio de “no hay ética sin estética” del profesor Valverde también es aplicable aquí.

Más aún, la apariencia de la planta tiene que decir algo sobre la misma. Del mismo modo que las grandes catedrales tienen forma de Cruz o las sinagogas se *orientan* hacia



*Oriente*, la lógica de la planta, la coherencia entre el continente y el contenido ayuda a la propiocepción del trabajador, favoreciendo el sentido de pertenencia.

El caso extremo de esta concepción se da en un grupo empresarial indio de fabricación de componentes de automóvil donde las fábricas se diseñan según los principios del *Vaastu Shastra*, una antigua doctrina hinduista, similar al *Feng Shui*.

En un primer momento suena extraño que un proceso milenario y no científico de diseño de casas sirva para diseñar fábricas. Pero, a falta de otros criterios, a las organizaciones no les va mal que el espacio les genere un sentido que sea común, estético, reconocible y guía.

## 1.11 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE SERVICIOS.

### 1.11.1 CRITERIOS GENERALES

Hasta este momento se han propuesto criterios y herramientas para el diseño de empresas de fabricación. La mayoría de los conceptos expuestos pueden aplicarse al diseño de servicio. Prueba de ello es la utilización del equilibrado de líneas en la distribución de las líneas de autoservicio en cafeterías y restaurantes o de las técnicas empleadas en las distribuciones por proceso para los hospitales.

Sin embargo, también es evidente que entre unas y otras existen diferencias. Por lo general, las empresas de servicios cuentan con un trato más directo con el cliente (en ocasiones, la presencia de éste en las instalaciones es indispensable para que el servicio pueda realizarse); esto hace que, con frecuencia, el énfasis de la distribución se ponga más en la satisfacción y comodidad del cliente que en el propio desarrollo de las operaciones del proceso.

Es más, en estas empresas, la comodidad durante el servicio y la apariencia atractiva de aquellas áreas en contacto directo con los clientes constituyen objetivos a añadir para la consecución de una buena distribución en planta.

Otra de las particularidades de la distribución de servicios es el hecho de que al ser el cliente el que, con su presencia, regula el flujo de trabajo, no puede hacerse una previsión de la carga de trabajo y una programación de actividades tan exacta como la que cabe esperar en una empresa de fabricación.

Es evidente que las colas no son exclusivas de los servicios, pero en ellos adquieren especial importancia: la demanda es estacional y heterogénea, por lo que los tiempos de ejecución pueden ser muy variables; los servicios son, por lo general, intangibles y, por tanto, el ajuste entre demanda y producción no puede hacerse a través de la gestión de inventarios; las colas en los servicios las conforman personas, con los requerimientos que exigen.



### 1.11.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE COMERCIOS

En estos casos, de los que el más típico exponente son los supermercados, el objetivo perseguido es maximizar el beneficio neto por metro cuadrado de estanterías.

Dado el coste de la superficie de venta, ésta ha de aprovecharse al máximo.

Si se acepta la hipótesis de que las ventas varían directamente con la exposición de los productos al cliente, el objetivo de la distribución se traducirá en exponer a la clientela tantos productos como sea posible en el espacio disponible.

Ello no debe hacer las instalaciones incómodas, esto es, habrá que dejar espacio suficiente para el desplazamiento entre pasillos y estanterías. Algunos comercios adoptan la estrategia de dificultar el tránsito por los pasillos principales para incrementar la cantidad de metros que camina el cliente, bajo el supuesto de que cuantos más metros se camine rodeado de productos que comprar más cantidad de producto se conseguirán vender.

Son dos actividades, la ordenación global del espacio disponible y, por otro, la distribución entre productos de las áreas de exposición. Dado que el segundo pertenece a la actividad denominada de *merchandising* es interesante analizar los siguientes conceptos para el primero.

- Colocar los productos de consumo diario alrededor de la periferia. Colocar en lugares de paso obligado los productos de compra impulsiva y aquellos con altos márgenes.
- Suprimir los pasillos que permitan pasar de unas calles a otras sin recorrerlas completamente. En el caso más extremo, los clientes podrán seguir tan sólo un camino a lo largo de toda la tienda.
- Distribuir los productos reclamo a ambos lados de una calle y dispersarlos para incrementar la exposición de los artículos adyacentes.
- Usar como expositores los finales de los pasillos (cabezas de góndola)
- Transmitir la imagen del negocio a través de una cuidadosa selección de la primera sección a la que se accede.

### 1.11.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE OFICINAS

En este caso, el problema de la distribución en planta lo dicta el movimiento de trabajadores y de documentos en soporte físico, quedando reducido cuando puede recurrirse a los sistemas informáticos.

La distribución en planta dependerá del área total disponible, de su forma, del proceso que se desarrolla y de las relaciones que han de darse entre trabajadores. El tipo de trabajo desarrollado marcará las diferencias en cuanto a superficie,



equipamiento, espacio y privacidad necesarios en cada caso concreto para procurar la eficiencia óptima.

En las oficinas, el material trasladado entre departamentos y puestos de trabajo es, casi exclusivamente, la información. Dicho traslado puede hacerse a través de:

- Conversaciones individuales cara a cara.
- Conversaciones individuales por teléfono o/y ordenador.
- Correo regular y otros documentos físicos.
- Correo electrónico.
- Reuniones y grupos de discusión.

Las mesas agrupadas en áreas abiertas frente a despachos privados, separación de puestos de trabajo por estanterías, plantas o archivadores, separaciones a media altura o hasta el techo, etc., son consideraciones fundamentales en la distribución de instalaciones, donde aspectos como el trabajo en equipo, la autoridad, la imagen y el estatus son, en ocasiones, prioritarios.

#### **1.11.4 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE ALMACENES**

La importancia de la distribución en planta de almacenes para un director de Operaciones hace que el espacio dedicado en este capítulo sea claramente insuficiente. Se destacan algunas notas a tener en cuenta que se desarrollarán en otros capítulos.

La mayor parte de los almacenes no son un lugar donde “dejar” los productos, sino un lugar del que entran y salen mercancías.

La distribución en planta de almacenes no considera únicamente cómo ubicar las estanterías y los pasillos, sino también dónde se ubican los espacios de recepción y expedición, las oficinas, los lugares de aparcamiento de carretillas y cargas de baterías, los sistemas de prevención de incendios.

Las colas de camiones a la entrada y a la salida de un almacén suelen indicar la falta de capacidad suficiente en los muelles y playas de recepción. Y esa falta de capacidad no es necesariamente de carretilleros, puede que sea falta de espacio para que estos trabajen.

Una vez asignados los espacios (generalmente rectangulares) para las diferentes zonas, hay que decidir si los pasillos se disponen paralelos al eje largo o al eje corto. Pero también hay que decidir (cómo se hace en los comercios) la posición de cada una de las familias de productos, y de los productos individuales.



Si la función del almacén es que entren y salgan mercancías a suficiente velocidad, es obvio que son más importantes los pasillos para el movimiento que los lugares donde se apilan los productos. El tamaño de los pasillos, su iluminación y su conexión dependen del tipo de equipamiento que se utilice.

El tiempo dedicado por los trabajadores de un almacén a desplazarse (ya sea en carretilla, ya sea caminando o en patinete) es, generalmente, muy superior al tiempo dedicado a realmente realizar una actividad de valor añadido (que toque el producto).

Es por ello que el diseño de un almacén debe tener el foco importante en minimizar los desplazamientos y también en poder entender “a simple vista” quien está realizando un trabajo por el que tenga sentido que cobre a fin de mes.

## BIBLIOGRAFÍA

Biggs, L. (1996) *The rational factory: architecture, technology, and work in America's age of mass production*. Johns Hopkins University Press Baltimore.

Blasco Andres, M. (2020) *Diseño de la Distribución en Planta e Implantación de Un Almacén de Producto Semielaborado y Producto Terminado para Una Empresa del Sector del Plástico Dedicada a la Fabricación de Elementos Auxiliares de Limpieza*. Universitat Politècnica de València.

Canet Garibo, E. (2020) *Diseño e Implantación de Un Sistema de Producción para el Ensamblaje de Cierres de Inversores Solares en Un Centro Especial de Empleo (Cee Espurna Slu)*. Universitat Politècnica de València.

Dira, A., Pierreval, H. and Hajri-Gabouj, S. (2007) 'Facility layout problems: A survey', *Annual Reviews in Control*, 31(2), pp. 255–267. doi: 10.1016/j.arcontrol.2007.04.001.

Efstathopoulos, E. P. *et al.* (2003) 'Medical personnel and patient dosimetry during coronary angiography and intervention', *Physics in Medicine and Biology*, 48(18), pp. 3059–3068. doi: 10.1088/0031-9155/48/18/307.

Ellard, C. (2016) *Psicogeografía : la influencia de los lugares en la mente y el corazón*. Ariel.

King, J. R. and Nakornchai, V. (1982) 'Machine-component group formation in group technology: review and extension', *The international journal of production research*. Taylor & Francis, 20(2), pp. 117–133.

López García, A. (2019) *Análisis de la Situación, Simulación e Implementación de Un Sistema Agv para el Transporte de Material Inyectado en Una Empresa Proveedora de Componentes Automoción Ubicada en Almussafes*. Universidad Politècnica de Valencia.

Muther, R. (1973) *Systematic layout planning*. Cahners Books.

Ortiz Zaragoza, D. (2020) *Diseño de Layout y Procesos para la Recepción, Expedición y*



*Gestión de Un Operador Logístico Multisectorial Situado en Almussafes(Valencia).*  
Universidad Politécnica de Valencia.

Saez Mas, A. (2020) *Modelos Y Métodos Para El Diseño De Sistemas De Aprovisionamiento A Líneas De Montaje Con Mezcla De Modelos.* Univeritat Politècna de Valencia.

Sáez Más, A. and García-Sabater, J. P. (2016) 'Protocol: Material flow risk evaluation for layout design', *WPOM-Working Papers on Operations Management*. Universitat Politecnica de Valencia, 7(2), p. 43. doi: 10.4995/wpom.v7i2.5710.

Sáez Más, A. and Garcia Sabater, J. P. (2016) 'Material flow risk evaluation for layout design', *Working Papers on Operations Management*, 7, p. 43. doi: 10.4995/wpom.v7i2.5710.

Urban, T. L. (1998) 'Note. Optimal balancing of U-shaped assembly lines', *Management science*. INFORMS, 44(5), pp. 738–741.

