

Capacidad, localización y distribución en planta

En las últimas décadas, han sido muchas las contribuciones de la ciencia, la ingeniería y la gestión de las empresas al desarrollo e implementación de nuevas formas de organizar el trabajo; conduciendo a los directivos y profesionales en ingeniería industrial y áreas afines a mejorar el sistema de trabajo, teniendo en cuenta estrategias que condicionan y determinan las tareas, tecnología y contexto, en los que las personas realizan su actividad laboral, y puede ser un factor primordial para el buen desempeño de la organización o puede suponer un riesgo importante.

El conjunto de tareas, reglas, procedimientos y procesos que modelados en la actividad individual o colectiva y en procesos mecánicos automatizados, posibilitan la producción de bienes y servicios con un nivel de eficacia y eficiencia, utilizando tecnología y recursos, requieren de un contexto físico que permita su adecuado funcionamiento. Por lo anterior, es importante tener en cuenta la capacidad, localización y distribución en planta, que permita determinar la posición, en cierta porción del espacio de los diversos elementos que integran el proceso productivo. Esta ordenación incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajos indirectos y todas las otras actividades o servicios como el equipo de trabajo.

Capacidad

Todas las empresas precisan de analizar y estudiar el sistema de capacidad que pueden implementar, con el fin de implicar la mayor cantidad de demanda, optimizando las utilidades en la empresa y con el tiempo vislumbrar la posibilidad de expandirse, para aumentar su mercado y brindar un mejor servicio y satisfacción de necesidades a sus clientes.

Se define como capacidad, la máxima cantidad disponible de productos del proceso de transformación durante un cierto periodo de tiempo; puede referirse a la empresa en su conjunto o a un centro de trabajo.

Se expresa por medio de relaciones y se mide en unidades de salida por unidad de tiempo. Una medida elemental de la capacidad de un hospital, se presenta con frecuencia en términos del número de camas en el hospital. De este modo un hospital con 50 camas, se considera pequeño, mientras que un hospital con 100 camas es grande, de igual manera un restaurante mide su capacidad en mesas, un hotel en cuartos, una agencia de servicio público en contactos familiares, una empresa de bienes de consumo en unidades, un fabricante de productos químicos en barriles o toneladas y así sucesivamente. Estas

medidas de capacidad, no registran los múltiples tipos de productos con los que una organización se relaciona en la práctica. Por ejemplo, el número de camas no revela nada sobre los tratamientos a pacientes externos, rescates en ambulancia y otros servicios que brinda un hospital, asimismo la planeación de la capacidad, de modo general debe suponer la capacidad para elaborar productos múltiples. Aunque algunos productos pueden requerir los mismos recursos organizacionales, así como algunos recursos muy especializados. La programación lineal suele ser de gran apoyo, en estos casos.

Medidas de la capacidad

La capacidad proyectada o diseñada: Es la tasa de producción ideal para la cual se diseñó el sistema. Por ejemplo, se puede haber diseñado una planta manufacturera para producir un máximo de 500 unidades de determinado artículo al año; es posible que esta meta se haya o no alcanzado, incluso haber sido excedida, una vez finalizada la instalación, con una maquinaria y equipo nuevos y un óptimo nivel de trabajo.

Cuando se contrata personal especializado para instalar una nueva planta, o hacer mejoras o parte del equipo, por lo general se acuerda un porcentaje (p. ej. 95%) de capacidad de diseño que el contratista debe alcanzar en el funcionamiento de la planta o equipo, antes de que el cliente acepte

a satisfacción el trabajo (“entrega” y cancele la totalidad del trabajo).

La capacidad efectiva

Capacidad que espera alcanzar una empresa según sus limitaciones operativas (personal y equipos). Se puede señalar, como un índice de la producción de trabajo para las condiciones establecidas en un determinado momento.

Es decir, las máquinas pueden estar en mantenimiento, la mano de obra capacitada puede ser limitada y así de modo sucesivo; demostrando que la capacidad efectiva de la planta para las 500 unidades puede estar establecida para casi 450 unidades en cualquier año dado, bajo condiciones típicas de operación.

Tasa de utilización

Comprende el tiempo real de funcionamiento, teniendo en cuenta que ninguna máquina o persona puede trabajar continuamente sin tener fallas, y los productos múltiples también interfieren entre sí; reduciendo aún más el nivel real de bienes producidos. De este modo, cuando se evalúa la operación de un sistema de producción, es normal reducir la capacidad efectiva en un 15% o más.

A esta medida es la que se le llama *utilización* y con frecuencia se da a menos del 85% de capacidad efectiva. Sin embargo, si la demanda es baja,

no se requeriría de ciertos procesos o habilidades, sino que la utilización de una maquina o persona se calculara al 40 o 60%.

Porcentaje alcanzado de la capacidad proyectada:

Utilización. (salida real/capacidad proyectada) X100%.

Eficiencia. Corresponde al porcentaje real de productos buenos

Porcentaje de la capacidad efectiva alcanzada realmente:

Eficiencia. (salida real/capacidad efectiva)X100%.

Otros aspectos relacionados con las decisiones de capacidad se presentan en la fase de creación de una empresa, donde hay mucha incertidumbre, es decir la decisión inicial. Y en el desarrollo cuando se va ajustando la capacidad de la demanda, donde hay menos incertidumbre, dando lugar a decisiones concluyentes.

Deferencias a corto y largo plazo

La capacidad del sistema de producción define los límites competitivos de la empresa. De manera específica. Establece la tasa de respuesta de la empresa a un mercado, su estructura de costos, la composición de su personal, y la estrategia general de inventarios.

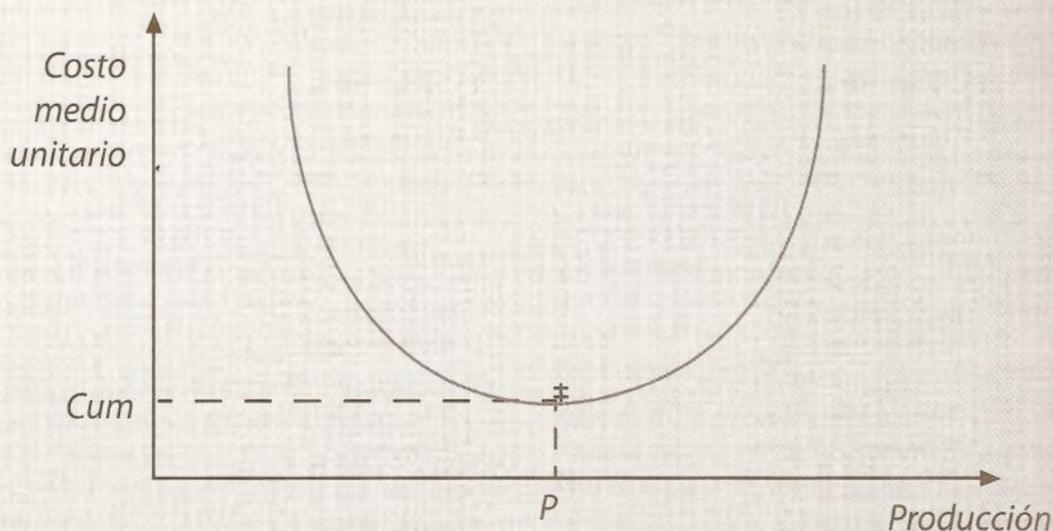


Figura 6.1 Volumen de producción con un costo medio unitario mínimo

Si la capacidad no es adecuada, una compañía puede perder clientes, si su servicio es lento o si permite que entre la competencia al mercado.

Si la capacidad es excesiva, es probable que la compañía tendrá que reducir precios para estimular la demanda, subutilizar su personal, llevar un exceso de inventario o buscar productos adicionales, menos rentables, para seguir en actividad.

1. Planeación de la capacidad a largo plazo

La capacidad a largo plazo, se relacionan con la expansión y contracción de las instalaciones:

Expansión

Es la ampliación de la capacidad. Cuando se presenta esta decisión se

debe estudiar: Si falta la capacidad instalada y si no hay un buen aprovechamiento de la capacidad. Las estrategias a seguir pueden ser:

1. **Proactiva o expansionista:** La dirección anticipa el crecimiento futuro y diseña la instalación para que este lista cuando surja la demanda.
2. **Reactiva o conservadora:** Implica que la capacidad instalada siempre está por debajo de la demanda. Se apoya en horas extras o subcontratación para subsanar el exceso de demanda.
3. **Neutral o intermedia:** Se espera tener una capacidad "promedio" que vaya en algunas ocasiones por detrás de la demanda y otras veces por delante.

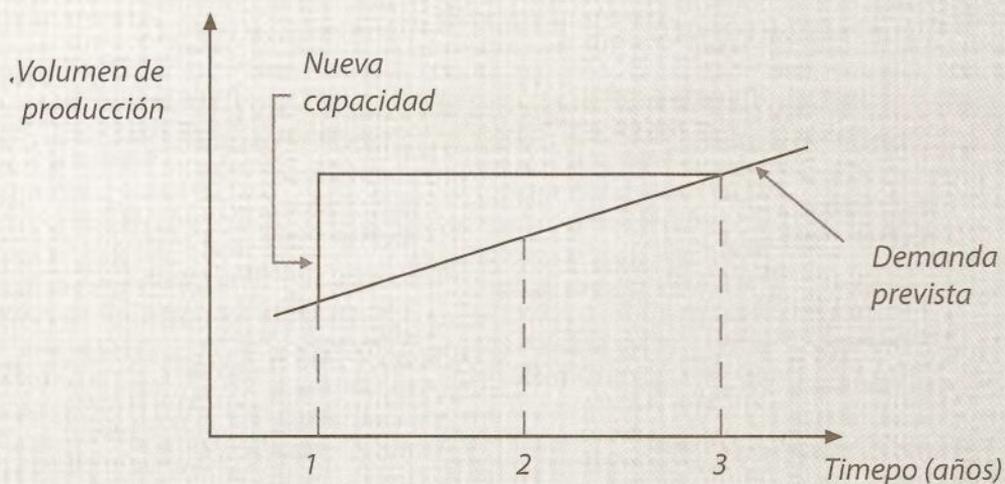


Figura 6.2 Estrategia proactiva ("Capacidad por delante")

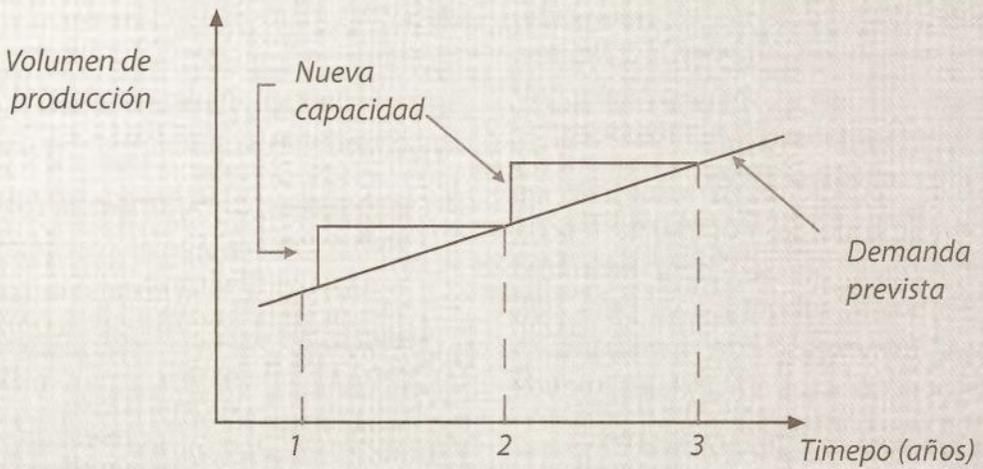


Figura 6.3 Estrategia reactiva ("Esperar y observar")

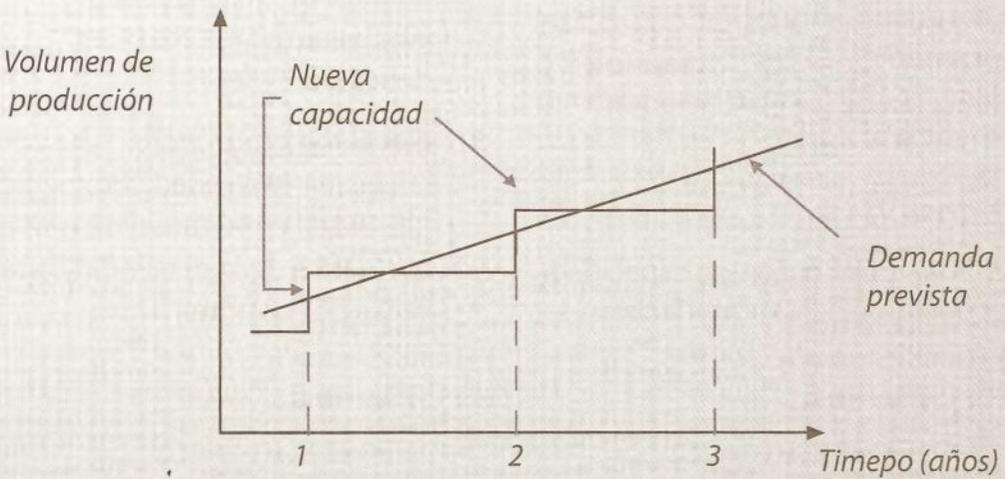


Figura 6.4 Estrategia neutral o intermedia.

Contracción

Se utiliza como último recurso, las consecuencias son el cierre de plantas y despidos de personal.

2. Economías de escala

Se especifica como economía de escala a la característica de obtener

costos unitarios más bajo por medio del uso de instalaciones más grandes. Esta se obtiene al repartir los costos fijos entre múltiples productos.

Sin embargo, en la siguiente figura, se observa que por los puntos F y G, existe un límite a los beneficios que se pueden obtener a través

de esta condición, debido a que las ineficiencias inherentes a las instalaciones grandes empiezan a ir en contra de los beneficios económicos que se han ganado. Esto se produce como consecuencias de un aumento en burocracia, comunicación deficiente, largas líneas de responsabilidad y autoridad o similares.

En la actualidad, diversas organizaciones mantienen una política corporativa, creando plantas para 200-250 obreros, un tamaño óptimo para la mayoría de fabricantes.

Es usual, ver que los administradores se apoyen en el concepto de economías de escala, cuando se requiere tomar decisiones con respecto al donde producir nuevos productos o servicios, o si deben o no aumentar su línea de bienes y servicios; aunque, la pérdida de enfoque a través de estos nuevos requerimientos de producción pueden poner en peligro la fortaleza competitiva de la empresa. Por lo que se hace necesario, que los

administradores evalúen más de cerca de donde provienen las economías: algunas veces se derivan de volúmenes mayores o por el uso de tecnología común; otras veces porque se dispone de capacidad inferior al nivel máximo; pero si la fuente de la economía neutraliza las diseconomías de escala, bien sea por haber perdido el enfoque o por razones diferentes, se presenta la posibilidad de que la empresa no continúe.

Por otra parte, existe otro concepto asociado que se relaciona con el uso de varias de las tecnologías avanzadas y flexibles, como los robots programables, denominados economías de alcance. Es decir, que las economías también pueden obtenerse con flexibilidad, ofreciendo variedad en lugar de volumen. Sin embargo, la razón fundamental de las economías de alcance se deriva de las mismas economías de las de escala; repartir los costos fijos entre más bienes y servicios, pero en la actualidad la de escala se obtiene a los largo de

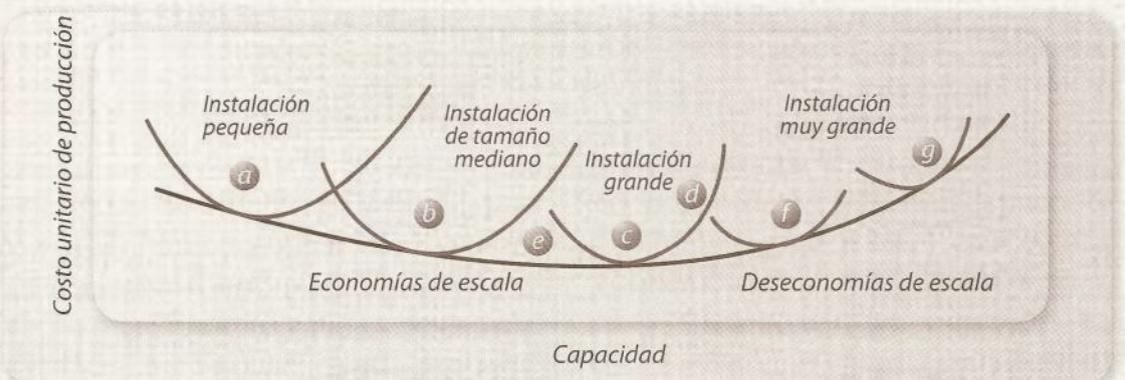


Figura 6.5 Circundante de los costos mínimos de producción por unidad vs. Tamaño de la instalación

muchos lotes pequeños de una gran variedad de productos, más que con grandes lotes de tan solo unas cuantas variedades de productos.

3. Planeación de capacidad a corto plazo

No existe alternativa perfecta para la capacidad a corto plazo, el problema radica en el manejo de demandas inesperadas de manera económica, bien sea menores o mayores de lo anticipado, pero cercanamente reales. Por lo que, el gerente de operaciones deberá planificar que alternativas de capacidad a corto plazo debe utilizar en cada caso; preferencias limitadas generalmente, programadas para los siguientes seis meses o en menor tiempo, pudiendo ser para las próximas horas.

En la siguiente tabla, se clasifican algunas alternativas para la obtención de capacidad a corto plazo.

Cada ítem presenta ventajas y desventajas, y en la actualidad muchas de estas alternativas suelen ser no factibles, excepto en cierto tipo de organizaciones o en situaciones particulares. Un ejemplo de ello, es cuando la demanda es grande, los subcontratistas están rebosados de trabajo, las instalaciones externas y el personal ya están comprometidos, los obreros para el trabajo están contratados en otro lugar y las promociones de mercadotecnia igualmente se han reducido; y de un

I. Incrementar recursos

1. Usar tiempo extra.
2. Añadir turnos.
3. Emplear obreros de tiempo parcial
4. Usar obreros flotantes.
5. Rentar obreros e instalaciones.
6. Subcontratar.

II. Mejorar el uso de los recursos

7. Traspasar o escalonar turnos.
8. Programar citas.
9. Acumular inventarios (si es factible) con anterioridad a la demanda.
10. Acumular o poner la demanda en línea de espera.

III. Modificar el producto

11. Estandarizar el producto.
12. Hacer que el receptor haga parte del trabajo.
13. Transformar las operaciones de servicio en operaciones inventariables de productos.
14. Reducir la calidad.

IV. Modificar la demanda

15. Cambiar el precio.
16. Cambiar la promoción.

V. No satisfacer la demanda

17. No abastecer la totalidad de la demanda

gran número de alternativas posibles, las empresas tienden a optar por una o dos como: el tiempo extra y almacenar con anticipación a la demanda.

Analizándose hasta este momento solo el incremento de la capacidad

en el corto plazo, de igual modo las empresas también tienen la necesidad de disminuir la capacidad en el corto plazo; siendo un poco complicado, quedando la mayor parte de la capacidad sin aprovecharla.

Pero, si lo que se elabora es un producto, se puede permitir algún abastecimiento de inventario para aprovechar la capacidad disponible, iniciando actividades de mantenimiento como: limpieza, reparaciones, preprocesados y otros.

Relación capacidad-programación

Un aspecto importante de la capacidad, es su estrecha relación con la programación, en otras palabras, una programación deficiente puede acarrear problemas de capacidad y una escasez de capacidad puede atraer dificultades de programación continuas. Por lo tanto, existe una estrecha relación entre la planificación de la capacidad con la función de programación. La diferencia es que la capacidad está orientada de forma directa hacia la adquisición de recursos productivos, mientras que la programación se ocupa de fijar el momento de su uso. Aunque con frecuencia es difícil separarla, en especial cuando intervienen los recursos humanos, como en el uso de tiempo extra. La planificación se puede establecer a más de un año. Su objetivo principal es adecuar la capacidad para

satisfacer la demanda de la manera más eficiente y económica posible.

Las fases del proceso de planificación son las siguientes:

1. **Calculo de la capacidad disponible.** Se establece la capacidad actual (capacidad diseñada, capacidad efectiva, utilización, eficiencia). Con esta medida se hace una proyección de la capacidad hacia el futuro tomando en cuenta el envejecimiento de las instalaciones (desgaste de los equipos, averías, lentitud, etc.) y el efecto de aprendizaje

2. **Determinar necesidades de capacidad.** Considera una buena previsión de la demanda. Existen varios métodos de previsión como: estudios de mercados, analogía de los ciclos de vida, modelos econométricos, simulación, series de tiempo, etc. Con base en estas estimaciones se determinan las necesidades de capacidad, las cuales pueden incluir la demanda y un soporte o ballesta de la capacidad. Puede presentarse que la empresa renuncie a parte de la demanda, resultando que las necesidades de capacidad sean inferiores a la demanda.

3. **Desarrollar alternativas de:**

Expansión: Construir o adquirir nuevas instalaciones; expandir, modificar o actualizar las instalaciones existentes y/o su

forma de uso; subcontratar; reabrir instalaciones que estén inactivas.

Contracción: Dar un uso diferente a algunas instalaciones o mantenerlas en reserva; vender instalaciones o inventarios y despedir o transferir mano de obra; desarrollar nuevos productos que sustituyan a aquellos cuya demanda está en declive.

4. **Evaluar alternativas.** Existen varios métodos:

Métodos económico-financieros: Costo total, análisis del punto de equilibrio, valor actual neto, tasa de rendimiento interno.

Arboles de decisión: Medio gráfico que utiliza elementos probabilísticos y calcula el valor monetario esperado de las distintas alternativas. Las alternativas se presentan por medio de ramificaciones.

LOCALIZACIÓN

Es el lugar de instalación de las actividades de fabricación, donde habiendo sido considerados todos los factores que inciden sobre los mismos, se obtenga el mínimo costo o el máximo beneficio por unidad producida y entregada al cliente.

Sin embargo, en primera instancia es esencial diferenciar entre los problemas de ubicación y emplazamiento: la ubicación es el área general y emplazamiento es el lugar

seleccionado dentro de la ubicación; la decisión de elegir emplazamiento se realiza en dos pasos: primero se escoge el área general, y después se procede a realizar un estudio detallado de esa área para estipular los sitios factibles. Con los resultados obtenidos, se toma la decisión final teniendo en cuenta los factores más definidos y considerando los siguientes aspectos:

- Tipo de industria.
- Mercado en expansión.
- Productos a manufacturar e introducción de los mismos.
- Contracción de la demanda.
- Debilitación de las fuentes de abastecimiento.
- Obsolescencia de una planta de fabricación.
- Cambios en las condiciones políticas o económicas de la región donde está ubicada.
- Planes de expansión de la empresa.
- Fusiones o adquisiciones entre empresas.

El objetivo estratégico de la ubicación es maximizar el beneficio para la empresa, pero en la práctica, la ubicación está más relacionada con las exigencias de la competencia:

1. La necesidad de producir, cerca al consumidor, como efectos de la competencia asentada en el tiempo, acuerdos comerciales y costos de envío.

2. La necesidad de ubicarse cerca de la reserva de trabajadores, con el fin de aprovechar los bajos costos salariales y la alta capacidad técnica.

3. Cierre de instalaciones y apertura en otros sitios (Generan elevados costos).

Decisiones de la localización

Cuando una empresa u organización decide incrementar su capacidad mediante nuevas instalaciones cuenta con tres opciones básicas:

1. Expandir una instalación existente. (Siempre que exista espacio y la localización actual sea la adecuada)
2. Creación de nuevas instalaciones en sitios diferentes (Debido a la falta de espacio o incursión en nuevos mercados).

Si la empresa opta por la construcción de una nueva planta en otro lugar, es necesario un minucioso análisis, donde se incluyan todos los datos relacionados con los requerimientos esenciales para su ubicación como: ¿Cuáles son los mercados que serán aprovechados por la empresa? ¿Dónde se encuentran las fuentes de aprovisionamiento? ¿Qué tipo de mano de obra se requiere? ¿Cuáles son los métodos de transporte a utilizar? ¿Cuánto terreno se necesita para la planta y para su futura expansión? ¿Qué tipo de energía se requiere para el tipo de producción a emplear? ¿Qué tipo de condiciones climatológicas se requieren?.



Figura 6.6 Factores que influyen en las decisiones de localización

Las respuestas a todas estas preguntas, conforman la fase inicial de la toma de decisiones sobre la ubicación de la planta, durante este proceso la administración está dedicada a la selección del área general en donde la planta deba ubicarse. Elegida el área general, se selecciona una comunidad en particular, para finalmente seleccionarse el sitio en particular en esa comunidad.

Ventajas de una adecuada localización

- La consolidación (agrupación de variedad de productos en el mismo envío) permite economizar en el transporte, sin incurrir en los altos costos por inventario, facilitando el transporte de grandes volúmenes en una sola operación.
- El funcionamiento de almacenes en puntos estratégicos del sistema de distribución, permite que las plantas se puedan localizar cerca de los centros de abastecimiento, minimizando los costos de transporte hacia los centros de demanda.
- Mejor servicio de los almacenes, agilizando las entregas de los pedidos, es decir menor tiempo de entrega.
- Especialización de los almacenes en la conservación y transporte adecuado de los productos, en especial cuando son perecederos.

Una buena selección puede contribuir a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización no apropiada puede conducir a un desempeño deficiente de las operaciones. Un estudio de localización consta de las siguientes etapas:

Planeación inicial: comienza con la definición clara de los objetivos, de los mercados meta y de las estrategias de la empresa al decidir la puesta en marcha de una nueva planta o almacén.

Exploración Geográfica: se da inicio a esta fase, basándose en la estrategia de la empresa y en los criterios de distribución (cercanía a proveedores y/o clientes).

Análisis de Alternativas: las anteriores etapas, permiten tener una base de datos de posibles localizaciones, las cuales deberán ser evaluadas con base en aspectos técnicos y criterios de factibilidad (disponibilidad de fuentes de energía, medios para eliminar residuos del proceso, disponibilidad de servicios, etc.) favoreciendo un detallado análisis de estas alternativas.

Evaluación y selección: corresponde a la última etapa, en la que se pueden utilizar técnicas de optimización para apoyar el proceso de toma de decisiones.

Factores que afectan la localización

Existen una gran variedad de factores que pueden incidir en las decisiones de localización de acuerdo con el tipo de empresa, alterando su importancia de una industria a otra y a nivel particular, de acuerdo con sus funciones y objetivos. La principal responsabilidad del equipo que realiza el estudio de localización es la determinación de aquellos factores que se han de tener presentes en cada nivel de análisis, los cuales en algunos casos tienden a ser numerosos. Los principales factores que influyen en la localización se concentran en tres grupos:

1. Selección de la región

Riesgo político, valores y cultura.

El riesgo político en conjunto con las actitudes de los gobiernos frente a la propiedad privada e intelectual, la zonificación, la contaminación y la estabilidad laboral pueden ser cambiantes. Las actitudes gubernamentales existentes en el momento en que se toma la decisión de localización pueden no mantenerse, aunque la administración puede buscar la forma en que estas actitudes sean influenciadas por su propio liderazgo. Otros factores apreciables es la forma en que el trabajador juzga la rotación, los sindicatos y el ausentismo, los cuales pueden afectar notoriamente la decisión de la compañía, realizando

ofertas a sus trabajadores actuales, por la posibilidad de cambiar de lugar.

Ubicación de los mercados. La ubicación de clientes y usuarios es fundamental, para establecer una estrecha relación o conexión y permitir reforzar su poder de atracción de clientes con respecto a la competencia y minimizar los costos de transporte.

Fuentes de abastecimiento. Algunas empresas se instalan cerca a los lugares en los que obtienen sus materias primas o cerca a sus proveedores por la necesidad de asegurar su abastecimiento; cuando los input son perecederos, o simplemente por razones de transporte.

Medios de transporte. (Acuático, terrestre o aéreo). Realizando un detallado análisis, evaluando cual es el más acertado en cuanto a costos, seguridad y rapidez. Un interesante método de transporte son los ductos, son usados para el transporte de gas natural y petróleo. El transporte aéreo es el más rápido y el más costoso, sin embargo algunas compañías deben tener en cuenta la cercanía de los aeropuertos en las decisiones sobre la ubicación de la planta, dentro de estas se encuentran las compañías proveedoras de flores frescas y las empresas de partes de precisión, las cuales deben surtir con rapidez partes de repuestos a compañías que tienen la producción suspendida debido a paros de máquinas.

Mano de obra. El recurso humano, sigue siendo uno de los más importantes en las decisiones de localización en empresas de trabajo intensivo, a pesar de haber perdido peso en entornos productivos tecnológicamente desarrollados. Otro importante factor es el nivel de sueldos y salarios y las prestaciones adicionales en algunas regiones, su importancia varía de una compañía a otra. El solo costo de la mano de obra no es un indicador apropiado del poder de atracción en una determinada zona, son varios los factores que influyen, algunas empresas encuentran que en las zonas con costos de mano de obra bajos, la calidad no es la adecuada o no ofrece un alto rendimiento en la productividad.

Condiciones climatológicas de la zona. El proceso productivo puede verse afectado por la temperatura, el grado de humedad, etc., incrementando los costos en la implementación de un ambiente propicio para los trabajadores o en otros casos por retrasos en la producción. Con el desarrollo de los dispositivos para controlar la temperatura, polvo, humo y humedad, en la actual es posible crear el clima ideal dentro de la planta, casi en cualquier región.

Tasas de cambio y riesgos en el tipo de cambio. Un tipo de cambio desfavorable invalida cualquier ahorro, aunque algunas empresas obtienen un mayor margen de cambio en sus actividades comerciales al exportar o

reubicarse en otro país, el valor de las monedas extranjeras tiende a bajar o subir de forma continua en la mayoría de los países.

Los anteriores factores suelen ser de manera particular críticos, en especial cuando la empresa se está ubicando en un país extranjero y este es un país subdesarrollado, porque existen muchas diferencias en el modo de hacer las cosas. En algunos países las decisiones gubernamentales tienden a moverse lentamente con una extremada centralización en la autoridad que toma las decisiones, parece haber poca planificación. El ritmo de trabajo es pausado y la disciplina por parte de los administradores en algunas ocasiones parece estar totalmente ausente, la falta de controles contables, acompañados de corrupción y sobornos dan la sensación de ser la forma habitual de hacer negocios; por otra parte las condiciones de vida de la clase trabajadora, en especial en las áreas urbanas es muy desalentadora; los sistemas de comunicación no brindan seguridad. Y tratar de hacer las cosas bajo estas condiciones limita la eficiencia del desarrollo de las actividades, por lo que es necesario que las empresas creen una provisión para estas dificultades y situaciones inesperadas. Sin embargo no todas las situaciones internacionales de ubicación tienen que ver con empresas que se estén instalando fuera de su lugar de fundación.

En la actualidad, el nuevo mercado mundial cada vez es más común ver empresas extranjeras instalándose en otros países para minimizar los costos de transportación, tarifas de importación y mala imagen. Japón es un ejemplo representativo, en las últimas décadas ha venido instalando plantas en los Estados Unidos.

Entre estas citamos: Datsun en Smyrna, Tennessee; Kawasaki en Lincoln, Nebraska y Sony en San Diego, California. De igual forma, la GM, también ha ubicado diferentes plantas ensambladoras de automóviles en diferentes partes del mundo.

2. La comunidad

Esta además de verse influenciada por los anteriores factores, también considera los siguientes:

Preferencias administrativas. Algunas empresas, ubican su sede principal en determinadas comunidades porque es el lugar donde vivía su fundador, así las razones económicas requieran su ubicación en un lugar diferente, en otras compañías la ubicación de sucursales depende en gran medida por las preferencias personales de los gerentes y sus familias que serán transferidos a ellas.

***Instalaciones de la comunidad.** El bienestar de los trabajadores es esencial y de suma importancia para el éxito de la operación del sistema de producción, por lo tanto se requiere de una eficiente investigación de

las instalaciones de la comunidad, cuando se trata de estas decisiones sobre la ubicación de la planta. Estas deben incluir iglesias, escuelas centros comerciales y de recreación, instalaciones médicas, alojamientos residenciales, protección y seguridad social, oportunidades culturales y otras que alimenten el bienestar de la comunidad. Además de gozar de excelentes servicios públicos y vías de comunicación.

Actitudes de la comunidad. Estas actitudes resulta un poco complicado su análisis cuantitativo, aunque se presume que una nueva planta trae consigo desarrollo en una determinada región, la comunidad no las recibe con agrado. Cuando se presenta esta situación, lo más aconsejable para los directivos es desechar el plan de ubicarse en estas comunidades.

La falta de interés, entusiasmo, y cooperación de parte de la comunidad hacia la puesta en marcha de la planta, puede ser la causa de malas relaciones con el gobierno local, malas relaciones laborales y debilidad en el ambiente en general.

Gobierno e impuestos de la comunidad. La normatividad de cada región, inciden en las empresas. Un marco jurídico favorable puede ser de gran ayuda para el funcionamiento y realización de las operaciones, mientras que uno desfavorable, dificulta el funcionamiento y el desarrollo de las mismas, considerando restricciones, condiciones medio ambientales,

permisos de construcción, entre otros. La presión fiscal varía entre las diferentes regiones, si esta es alta reduce el atractivo del lugar, tanto para las empresas como para los trabajadores, pero, si las tasas son bajas, se puede relacionar con deficiencia en la prestación de servicios públicos.

Terrenos y construcción. La existencia de terrenos donde ubicarse a precios moderados, y adecuados costos de construcción, son factores adicionales a tener presentes, debido que pueden variar en función del lugar.

Atractivos financieros. La gran mayoría de las comunidades suelen ofrecer atractivos financieros a las compañías para construir planta en sus áreas, utilizando estrategias de contratación a largo plazo.

3. Sitio

Corresponde a la decisión final sobre la ubicación, y es la elección de un local en particular dentro de una comunidad. Teniendo en cuenta los siguientes factores:

Tamaño del local. En la actualidad la tendencia está dirigida a la adquisición de extensos terrenos, donde se pueda brindar un excelente servicio, que brinde facilidad de estacionamiento para clientes y empleados y en un futuro la ampliación de la misma planta; estos espacios amplios y bien orientados, proporcionan un excelente lugar para las instalaciones, despiertan la creatividad y motivación de los

trabajadores, clientes y habitantes de la comunidad.

Suministro de agua. Es indispensable, especialmente en las plantas de fabricación, porque se requiere de agua potable y pura en todas las operaciones de producción, por ejemplo las industrias procesadoras de alimentos, requiere locales con un excelente suministro de agua pura.

Drenaje y condiciones de suelo. Afecta la decisión de la ubicación de la planta. Si el drenaje no es el adecuado, el agua superficial puede acumularse alrededor de la planta durante la época de invierno.

Además las condiciones del terreno pueden afectar el tamaño de la edificación y el equipo. Si la capacidad de carga del suelo es baja, la empresa no podrá colocar cimentaciones sólidas, ni construir un edificio pesado y se dificultaría la instalación de maquinaria pesada.

Servicios públicos. Por lo general se consideran como servicios públicos el gas natural, energía, agua y sistemas de drenaje; estos deben ser analizados, de igual manera su costo y el costo de conexión a la planta, aunque en algunos casos no ha sido un factor determinante, son esenciales para la toma de decisiones sobre la ubicación de la planta.

Eliminación de desperdicios y consideraciones ambientales. Un cuidadoso estudio sobre el impacto ambiental, también hace parte de las

decisiones de ubicación en planta. En la actualidad, en cualquier región del planeta, las empresas están obligadas a presentar informes periódicos a las instituciones gubernamentales encargadas del asunto en mención. Estos informes deben incluir factores como:

- *Impactos económicos:* empleo, cambios en la población, alojamiento, nominas interindustriales.
- *Impactos ambientales:* eliminación de desperdicio sólido, contaminación de agua y contaminación de aire.
- *Factores de tráfico:* efecto sobre los patrones de tráfico, salidas exhaustivas, requisitos de tránsito de masa y requisitos para otros servicios de transporte.
- *Factores políticos:* efectos en impuestos, nóminas y requisitos de servicios gubernamentales.

Medios de transporte: Lo ideal sería que la empresa esté ubicada en un sitio donde se facilite el acceso a las vías y carreteras, minimizando costos.

Costos de terreno y del desarrollo: Se considera importante el costo del terreno en los inicios del estudio de la ubicación de la planta, porque cuando el terreno este urbanizado, la planta construida, los medios de transporte encadenados, el equipo instalado junto con el recurso humano, el costo

del terreno vendría a ser un mínimo porcentaje de la inversión total.

Otros factores: En estos podemos mencionar: Mano de obra, transporte, servicios, calidad de vida, marco legal, los cuales pueden incidir de forma radical en las empresas que operan en el ámbito internacional.

Mano de obra: El lugar elegido para la puesta en marcha de la empresa, debe ser exequible para el reclutamiento del personal requerido en cuanto a calidad y cantidad, para el buen funcionamiento de sus operaciones. El personal altamente calificado puede ser traído de otras áreas, aunque la deficiencia de servicios puede ser un serio inconveniente para la atracción de este personal, pero también existe la posibilidad que si no se requiere de personal especializado, se puede apoyar con una eficiente capacitación, implementando estrategias que eviten el riesgo de una alta rotación de personal, la cual conduzca a elevados gastos de capacitación y entrenamiento. Otros factores importantes a considerar de la mano de obra son:

Tasa salarial, fortaleza sindical, restricciones en la variación del tamaño de la fuerza laboral, productividad y educación, asimismo disponibilidad de centros de formación técnica.

Servicios de transporte: es muy importante disponer de medios adecuados para el transporte de los insumos hacia la planta y de los productos terminados, de la planta

al distribuidor, ejecutando una buena elección dependiendo del volumen y tamaño del envío.

Fuentes de energía y servicios: la energía para algunas empresas es esencial, aunque su costo sea apreciable, otras prefieren producir su propia energía a partir del consumo de combustibles, o utilizar algún tipo de combustible como insumo directo para la producción, como en la industria petroquímica.

Otros criterios a considerar en la selección, es la existencia de servicios como el agua, las comunicaciones, y la disponibilidad de medios para el desecho de materiales que son importantes para operar la planta y prolongar la vida del medio ambiente.

La Calidad de vida: es el factor más valioso y considerado por las empresas en la localización de instalaciones, debido a que interviene en la capacidad de atraer y retener el personal, siendo crítico en empresas de alta tecnología o en las dedicadas a la investigación. Los aspectos básicos son: educación, costo de vida, ofertas culturales y de ocio, baja criminalidad, sanidad adecuada, transporte público, clima, etc.

Marco legal: Un mecanismo eficiente para atraer inversión productiva, es la implementación de zonas francas; una de las ventajas es la producción de bienes exportables que están exentos de impuestos. La regulación en materia ecológica, ha tomado fuerza

en los últimos tiempos, causando la prohibición o cierre de plantas que no cumplan con los requisitos exigidos. Otros factores como la segmentación del mercado, el costo de la propiedad, impuestos, transporte, también influyen en la toma de decisiones definitivas. La misma globalización, productividad laboral, la moneda, la cultura, religión y las actitudes cambiantes de la industria, y la proximidad a la competencia, proveedores y al propio mercado

Una vez que la empresa toma la decisión del lugar adecuado para su localización, se enfoca en una comunidad del sitio (país) elegido, seleccionándola y escogiendo el lugar más adecuado en cuanto a embarque y recepción, zonificación, servicios públicos, tamaño y costo.

Consulte la tabla 6 en la página siguiente.

Métodos de localización

Se han desarrollado una gran variedad de métodos cuantitativos que varían en grado de complejidad y en cuanto a las necesidades de procesamiento con la ayuda de la computadora, y se han aplicado a los problemas de ubicación.

Estos métodos constituyen una herramienta de apoyo primordial en la toma de decisiones sobre localización de instalaciones, las cuales vienen a ser un elemento fundamental del plan estratégico general de cualquier empresa.

Tabla Factores claves de éxito

Decisión

Factores críticos de éxito

De la región

1. Riesgos políticos, normas gubernamentales, actitudes e incentivos.
2. Aspectos culturales y económicos
3. Localización de los mercados.
4. Talento laboral, actitudes, productividad y costos.
5. Disponibilidad de suministros, comunicaciones y energía.
6. Tipo del cambio y riesgos en las tasas de cambio.

De la
comunidad

1. Deseos de la corporación.
2. Atractivos regionales (Cultura, impuestos, clima, etc.).
3. Disponibilidad de mano de obra, costos y actitudes hacia los sindicatos.
4. Costos y disponibilidad de servicios públicos.
5. Regulaciones ambientales de estado y la localidad.
6. Incentivos gubernamentales y políticas fiscales.
7. Proximidad de las materias primas y los clientes.
8. Costos de terrenos y construcciones.

Del sitio

1. Costos y tamaño del sitio.
2. Sistemas aéreos, ferroviarios, de carreteras y fluviales.
3. Restricciones aéreas de zonificación.
4. Proximidad de los servicios y suministros necesarios.
5. Aspectos de impacto ambiental.

1. Análisis del punto de equilibrio

Considera costos y volúmenes de producción en un gráfico, para establecer comparaciones entre alternativas. Los pasos son:

a. Determinar costos fijos y variables para cada localización. Establecer

ecuación de la recta que representa el costo total

b. Realizar un gráfico donde el volumen de producción se ubica en el eje x, y los costos en el eje y

c. Seleccionar la localización que proporcione el costo total mínimo

En esta técnica del punto de equilibrio se pueden comparar diversas alternativas de localización y distribución graficando los costos totales de operación de cada alternativa, para los diferentes niveles de la demanda, como se muestra en la siguiente figura.

Esto se obtiene dividiendo el costo total entre los componentes fijos (terreno, edificio, equipo, impuestos sobre la propiedad, seguros) y variables (mano de obra, materiales y transportación), dibujándolos sobre los ejes de una grafica.

En la gráfica se puede observar, que en el punto E de la demanda (punto de intersección de las dos líneas), los costos para las dos alternativas son los mismos; para los niveles de demanda que exceden a E, la comunidad 2 es la mejor y para niveles inferiores a E, la comunidad 1 es la mejor. De este modo, si la escala de incertidumbre en relación al volumen de producción está completamente arriba del punto E, el administrador no necesita preocuparse acerca de que comunidad elegir, la comunidad 2 es la mejor.

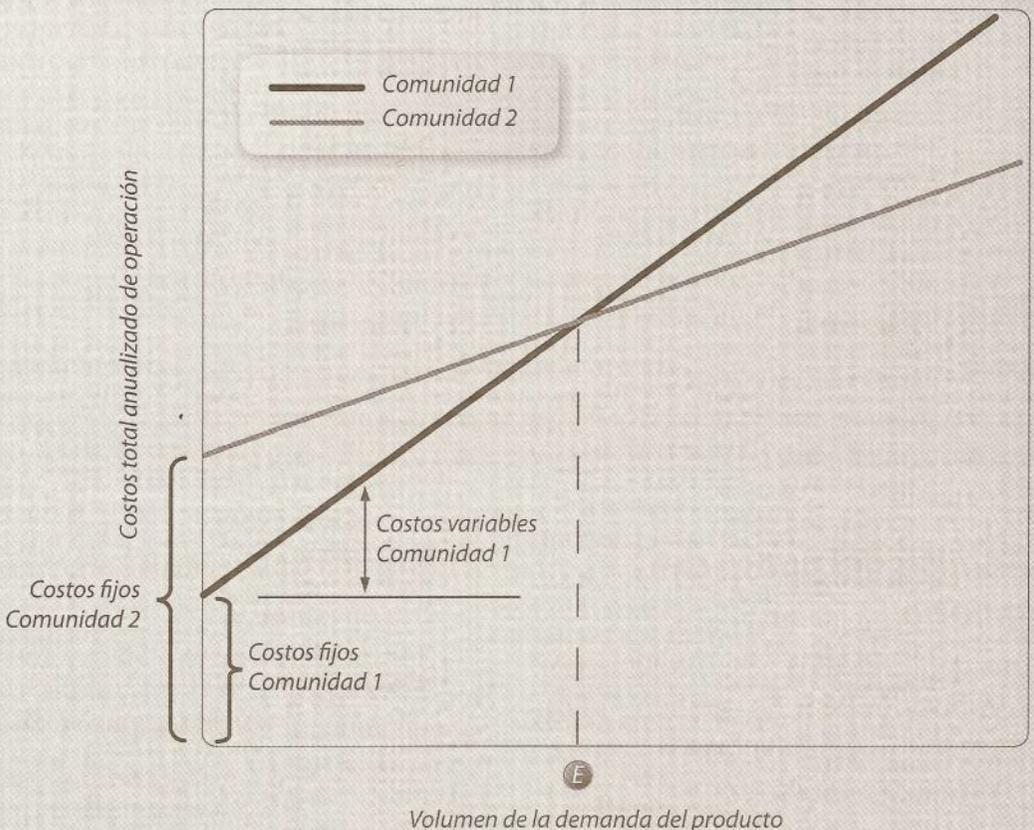


Figura 6.7 Método del punto de equilibrio. Modelo de localización

De igual manera para cualquier incertidumbre que exista completamente por abajo del punto E, la comunidad 1 es la mejor. Pero, si la incertidumbre abarca el punto E, entonces deberá considerar dos condiciones adicionales:

- a. Si la escala de incertidumbre esta cerca al punto E, entonces puede seleccionar cualquier comunidad porque los costos serán los mismos.
- b. Si la escala de incertidumbre es extensa y varia de forma considerable desde el punto E, en ambas direcciones, el diagrama de equilibrio mostrara al administrador los costos extra en los que puede incurrir si elige la comunidad equivocada. Es posible que el administrador, requiera de mas información para reducir la escala de incertidumbre en la demanda, antes de seleccionar una de las comunidades.

2. Método del centro de gravedad

Técnica matemática utilizada para encontrar una localización que minimice los costos de transporte de materias primas y productos terminados.

Pasos:

1. Situar las fuentes de abastecimiento y los destinos de productos terminados en un sistema de

coordenadas donde el origen y la escala a utilizar son arbitrarios.

2. Se calcula el centro de gravedad (punto en el sistema de coordenadas que minimiza los costos de transporte), usando las siguientes ecuaciones:

$$x^* = \frac{\sum x_i \cdot c_i \cdot v_i}{\sum c_i \cdot v_i} \quad (\text{este})$$

$$y^* = \frac{\sum y_i \cdot c_i \cdot v_i}{\sum c_i \cdot v_i} \quad (\text{norte})$$

Donde

\sum Es la suma de todos los puntos i

C_i Costo de transportación por unidad de volumen (o peso) por milla para cada i

V_i Volumen o peso que se va a transportar hacia o desde cada ubicación i

X o Y Distancia en millas desde cualquier origen arbitrario hacia cada punto i

Ejemplo: Método del centro de gravedad

Supongamos que una bodega se va a ubicar para recibir artículos de las plantas:

A, que provee 10 toneladas con un costo de \$5 tonelada/milla; B que desea 2 toneladas a un costo de \$8 tonelada/milla y C que dese 8 toneladas a un

costo de \$4 tonelada/milla. Las plantas A, B y C se encuentran localizadas como se observa en la siguiente figura. ¿Dónde se debería construir la bodega?

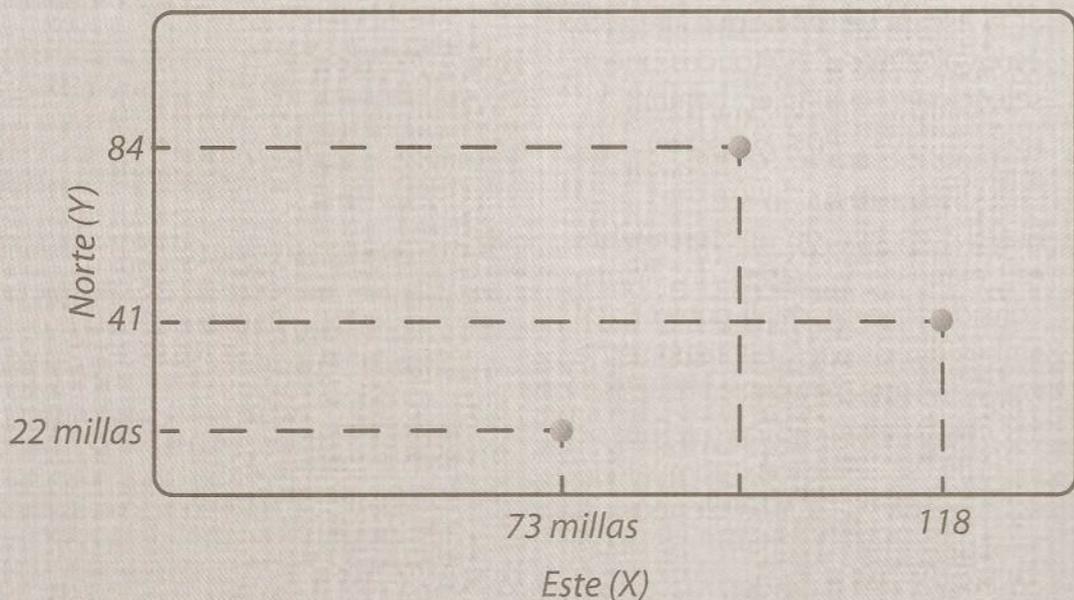


Figura 6.8 Método del centro de gravedad

La distancia X con dirección hacia el este, reemplazando en la fórmula es:

$$\begin{aligned}\bar{X} &= (Y_A V_A X_A + Y_B V_B X_B + Y_C V_C X_C) / (Y_A V_A + Y_B V_B + Y_C V_C) \\ &= [(5 \times 10 \times 73) + (8 \times 2 \times 95) + (4 \times 8 \times 118)] / \\ &\quad [(5 \times 10) + (8 \times 2) + (4 \times 8)] \\ &= 8946 / 98 \\ &= 91.3 \text{ millas al este}\end{aligned}$$

Para calcular la distancia Y con dirección hacia el norte dan $Y = 38.3$ millas. Este valor se representa con la letra W en la figura anterior.

3. Método de los factores ponderados

Toma en cuenta factores cuantitativos y cualitativos.

Ejemplo: ubicación de una nueva planta de fabricación. La dirección quiere evaluar 3 alternativas.

Procedimiento:

- Identificar los factores o criterios que pueden influir en la decisión. Para el ejemplo: proximidad a los proveedores, costos de mano de obra, costo de transporte, impuestos y costos de instalación.
- Se establece una ponderación (0-100%) para cada factor. Para cada alternativa de localización se asigna una puntuación en una escala predeterminada.

Factores	Ponderación (%)	Alternativas		
		1	2	3
1. Proximidad a proveedores	30	7	7	100
2. Costos de mano de obra	30	5	9	7
3. Transporte.	20	9	6	6
4. Impuestos.	15	6	6	7
5. Costos de instalaciones	5	7	8	2

- Se obtiene la calificación global de cada alternativa.

$$C = \sum W_i \times P_i$$

- La alternativa con mayor puntuación es la más recomendada.

W_i : peso dl factor i

P_i : puntuación del factor i

Ejemplo= 6.65, C2 C3= 7.45

4. Modelo de transporte

El transporte es una de las actividades fundamentales de la logística; consiste en colocar los productos de importancia en el momento y tiempo preciso, y en el destino esperado. El transporte se define como el traslado de personas o bienes de un lugar a otro.

Este método es un enfoque cuantitativo, el cual interviene en la resolución de situaciones de localización de múltiples instalaciones. Se basa en la programación lineal, aunque no resuelve todas las facetas del problema de localización de múltiples instalaciones. Este método identifica el mejor patrón de embarque entre las plantas y los almacenes para un conjunto determinado de localización de plantas, con su respectiva capacidad; aplicándolo para encontrar la distribución óptima correspondiente a cada una de las plantas.

Este método busca determinar un plan de transporte de una mercancía de varias fuentes a varios destinos, haciendo uso de los siguientes datos:

- Nivel de oferta en cada fuente y cantidad de demanda en cada destino.
- Costo unitario de transporte de la mercancía a su destino.

Teniendo en cuenta que solo hay una mercancía, un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. Su objetivo es establecer la cantidad a enviar por parte de cada una de

las fuentes a su respectivo destino, buscando minimizar el costo del transporte total.

El modelo supone, que el costo del transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas. Definiendo la unidad de transporte, de acuerdo con la variación de la mercancía que se movilice; cuyo objetivo es encontrar los medios menos costosos, para embarcar abastos desde varios orígenes hacia varios destinos.

En los problemas de localización, este método se puede emplear para el análisis de la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez, y en general para cualquier reconfiguración de la red.

Para un adecuado uso del método de transporte, se requiere:

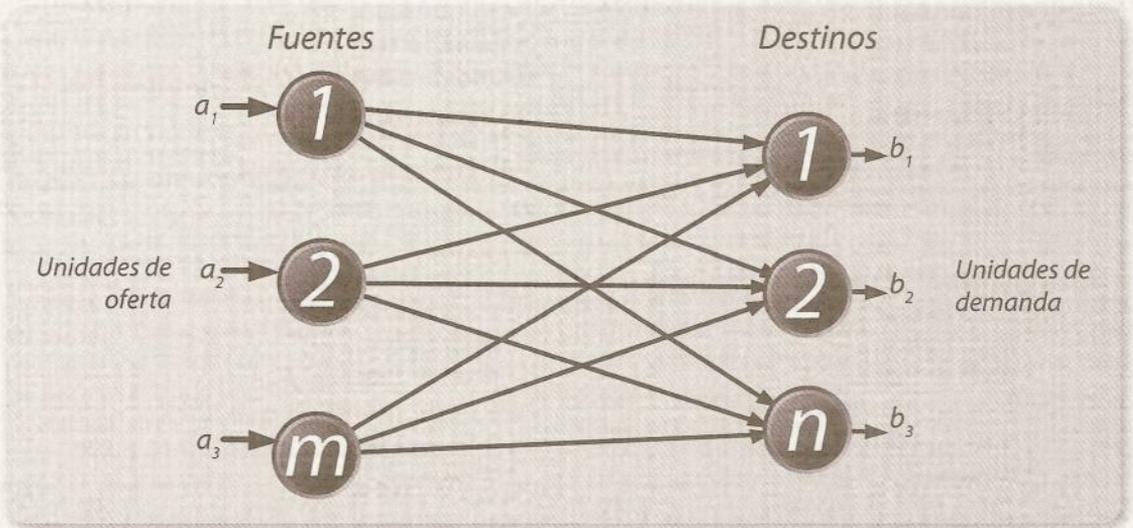
- Punto de origen y capacidad por periodo, de cada una de las fuentes.
- Punto de destino y demanda por periodo, de cada una de las fuentes.
- Costo de embarque por unidad desde su origen hasta su destino.

En primera instancia, el procedimiento a seguir en este tipo de problemas, es la construcción de una matriz de transporte, en donde se resume de manera eficiente todos los datos relevantes y permite la continuidad de los cálculos del algoritmo.

Las filas de la matriz de transporte representan las fuentes, y las columnas los destinos. Los elementos de costo C_{ij} , se resumen en la esquina noroeste de la celda de la matriz (i,j) .

El siguiente esquema representa el modelo de transporte como una red,

con m fuentes y n destinos. Una fuente o un destino está representado por un nodo, el arco que une fuente y un destino representa la ruta por la cual se transporta la mercancía. La cantidad de la oferta en la fuente i es a_i , y la demanda en el destino j es b_j . El costo



de transporte unitario entre la fuente i y el destino j es C_{ij} .

Si X_{ij} representa la cantidad transportada desde la fuente i al

destino j , entonces, el modelo general de PI que representa el modelo de transporte es:

El primer conjunto de restricciones estipula que la suma de los envíos desde una fuente no puede ser mayor que su oferta; en forma análoga, el segundo conjunto requiere que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda.

El modelo que se acaba de escribir implica que la oferta total $\sum_{i=1}^m a_i$ debe ser cuando menos igual a la demanda total $\sum_{j=1}^n b_j$. Cuando la oferta total es igual a la demanda total, la formulación

Minimiza:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, \quad i=1,2,\dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j, \quad j=1,2,\dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \text{para todas las } i \text{ y } j$$

resultante recibe el nombre de modelo de transporte equilibrado. Este difiere del modelo solo en el hecho de que todas las restricciones son ecuaciones, es decir:

$$\sum X_{ij} = a_i, \quad i=1,2,\dots, m$$

$$\sum X_{ij} = b_j, \quad j=1,2,\dots, n$$

En el mundo real, no necesariamente la oferta debe ser igual a la demanda o mayor que ella. Sin embargo, un modelo de transporte siempre puede equilibrarse.

El equilibrio, además de su utilidad en la representación a través de modelos de ciertas situaciones prácticas, es importante para el desarrollo del método de solución que explote completamente la estructura especial del modelo de transporte.

En la técnica del transporte, se emplean los siguientes pasos:

1. Determinar una solución factible.
2. Determinar la variable de entrada, seleccionada entre las variables no básicas, si todas las variables satisfacen la condición de óptimas del método simplex, deténgase, de lo contrario continúe con el paso 3.
3. Determinar la variable de salida (usando la condición de factibilidad) de entre las variables de la solución básica actual, luego obtenga la nueva solución básica y regrese al paso 2.

Una solución básica factible, se puede obtener empleando el método de la esquina noroeste, método de costo mínimo o el método de Vogel.

Los casos que se exponen a continuación presentan la idea del equilibrio y también sus implicaciones prácticas.

Caso 1. Modelo de transporte estándar

La MG Auto Company, tiene plantas en Los Ángeles, Detroit y Nueva Orleans. Sus centros de distribución principales son Denver y Miami. Las capacidades de las plantas durante el trimestre próximo son: 1 000; 1 500 y 1 200 automóviles. Las demandas trimestrales en los dos centros de distribución son: 2 300 y 1 400 vehículos.

El costo del transporte de un automóvil por tren es de 8 centavos por milla. El diagrama de las distancias recorridas entre las plantas y los centros de distribución son:

	Denver	Miami
Los Ángeles	1.000	1.690
Detroit	1.250	1.350
Nueva Orleans	1.275	850

Esto produce en costo por automóvil a razón de 8 centavos por milla recorrida. Produce los costos siguientes (redondeados a enteros),

que representan a C_{ij} del modelo original:

	Denver	Miami
Los Ángeles	80	215
Detroit	100	108
Nueva Orleans	102	68

Por medio del uso de códigos numéricos, que representan las plantas y centros de distribución, X_{ij} representa el número de automóviles

transportados de la fuente i al destino j . Como la oferta total ($= 1\,000 + 1\,500 + 1\,200 = 3\,700$) es igual a la demanda ($= 2\,300 + 1\,400 = 3\,700$), el modelo de transporte resultante está *equilibrado*.

Por lo tanto, el siguiente modelo de *PL* que representa el problema tiene todas las restricciones de *igualdad*.

Minimizar

$$Z = 80X_{11} + 215X_{12} + 100X_{21} + 108X_{22} + 102X_{31} + 68X_{32}$$

Sujeto a:

$$\begin{array}{rcl} X_{11} & X_{12} & = 1\,000 \\ & X_{21} & X_{22} & = 1\,500 \\ & & X_{31} & X_{32} & = 1\,200 \\ X_{11} & & X_{21} & & X_{31} & = 2\,300 \\ & X_{12} & & X_{22} & & X_{32} & = 1\,400 \end{array}$$

X_{ij} para todas las i y j

Un método más resumido para representar el modelo de transporte consiste en la utilización de la **tabla de transporte**. El caso de la MG Auto Company se resume en la tabla siguiente:

		Destinos		Oferta
		Denver (1)	Miami (2)	
Fuentes	Los Angeles (1)	80 X_{11}	215 X_{12}	1100
	Detroit (1)	100 X_{21}	108 X_{22}	1500
	Nueva Orleans (1)	102 X_{31}	68 X_{32}	1200
	Demanda	2300	1400	

Caso 2: Modelo de transporte con equilibrio

Suponga que la capacidad de la planta de Detroit es de 1 300 automóviles (en lugar de 1 500). Se dice que la situación está desequilibrada debido a que la oferta total (=3 500) no es igual a la demanda total (=3 700). Nuestro objetivo consiste en volver a formular el modelo de transporte de manera que distribuya la cantidad faltante (=3 700 – 3 500 = 200) en forma óptima entre los centros de distribución.

Como la demanda resulta mayor que la oferta se puede agregar una planta ficticia con una capacidad de 200. Se permite que dicha planta, en condiciones normales, envíe su “producción” a todos los centros de distribución. Físicamente, la cantidad de unidades enviadas a un destino desde una planta ficticia representará la cantidad faltante en ese destino.

La única información que falta para completar el modelo son los “costos de transporte” unitarios de la planta ficticia a los destinos. Como la planta no existe, no habrá ningún envío físico y el costo de transporte unitario es cero. Sin embargo, se puede enfocar la situación desde otro ángulo diciendo que se incurre en un costo de penalización por cada unidad de demanda insatisfecha en los centros de distribución. En este caso los costos de transporte unitarios serán iguales a los costos de penalización unitarios en los diversos destinos.

	Denver	Miami	
Los Ángeles	80	215	1.000
Detroit	100	108	1.300
Nueva Orleáns	102	68	1.200
Planta ficticia	0	0	200

De manera análoga, si la oferta es mayor que la demanda se puede añadir un destino ficticio que eximirá la diferencia. Por ejemplo, suponga que la demanda en Denver disminuye a 1 900, cualquier automóvil enviado de una planta a un centro de distribución ficticio representa un excedente en la planta.

	Denver	Miami	Destino ficticio	
Los Ángeles	80	215	0	1.000
Detroit	100	108	0	1.500
Nueva Orleáns	102	68	0	1.200

La aplicación del modelo de transporte no solo se limita al problema de “transporte”. También se utiliza en otros campos:

Caso 3: Modelo de inventario de producción

Una compañía monta una planta piloto, para la producción de un determinado artículo en un periodo de cuatro meses. Las demandas en los cuatro meses son: 100, 200, 180 y 300 unidades. Una demanda para el mes en curso puede satisfacerse a través de:

1. Producción excesiva en un mes anterior almacenada para su consumo posterior.
2. Producción en el mes actual.
3. Producción excesiva en un mes posterior para cubrir pedidos de meses anteriores.

El costo de producción variable por unidad en un mes cualquiera es de \$4.00. Una unidad producida para consumo posterior incurrirá en un costo de almacenamiento a razón de \$0.50 por unidad por mes. Por otra parte, los artículos ordenados en

meses anteriores incurrir en un costo de penalización de \$2.00 por unidad por mes. La capacidad de producción para elaborar el producto varía cada mes. Los cálculos de los cuatro meses siguientes son 50, 180, 280 y 270 unidades, respectivamente.

El objetivo es el de formular el plan de inventario de producción a costo mínimo. Este problema se puede formular como un modelo de "transporte". La equivalencia entre los elementos de los sistemas de producción y transporte se establece a continuación:

Sistema de transporte	Sistema de producción
1. Fuente i	1. Periodo de producción i
2. Destino j	2. Periodo de demanda j
3. Oferta en la fuente i	3. Capacidad de producción del periodo i .
4. Demanda de destino j	4. Demanda del periodo j
5. Costo de transporte de la fuente i al destino j	5. Costo de producto e inventario del periodo i al j

		1	2	3	4	Capacidad
Demanda	1	4	4.5	5	5.5	50
	2	6	4	4.5	5	180
	3	8	6	4	4.5	280
	4	10	8	6	4	270
	Demanda:	100	200	180	300	

En la siguiente tabla, se presenta un resumen del problema como un modelo de transporte:

$$C_{ij} = \begin{cases} \text{Costo de producción en } i, & i=j \\ \text{Costo de producción en } i / \text{costo de almacenamiento en } i \text{ a } j & i < j \\ \text{Costo de producción en } i / \text{costo de penalización en } i \text{ a } j & i > j \end{cases}$$

El costo de “transporte” unitario del periodo i al j es:

La definición de C_{ij} indica que la producción en el periodo i para el mismo periodo ($i = j$) sólo iguala el costo unitario de producción. Si el periodo i se produce para periodos futuros j ($i < j$), se incurre en un costo de almacenamiento adicional. De la misma manera, la producción en i para cubrir j pedidos hechos con anterioridad ($i > j$) incurre en un costo de penalización adicional.

Con los métodos descritos, se obtiene una solución al problema de transporte o uno similar. Lo importante es tener en cuenta que no puede aislarse y resolverse dentro de sus propios límites, debido a que el transporte no es tan solo una parte de todo el sistema de distribución de la compañía. Resulta complicado resolver el mejor programa de transporte en términos de servicio y bajo costo.

Esa área de la empresa requiere de una constante atención para incorporar los cambios implantados y una difícil tarea para cualquier grupo de investigaciones de negocios.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta se puede definir como la ordenación del espacio disponible para proporcionar las mejores condiciones al trabajo que se va a realizar, en otras palabras, se fundamenta en la búsqueda más adecuada para la maquinaria, los equipos y los puestos de trabajo, dentro un espacio ya disponible para la construcción, con el fin de facilitar la realización todas las operaciones necesarias para la producción de bienes o servicios.

Teniendo en cuenta la actividad económica y los objetivos propuestos, la distribución en planta contiene diversos significados, se podría estar

hablando de una nueva instalación o de una instalación existente; de un proyecto o simplemente de una tarea. Lo esencial es tener en cuenta, que se pueda aplicar en todos aquellos casos que requieran de la disponibilidad de medios físicos en un espacio determinado, tanto en el sector industrial como en el de servicios, cuyo fin sea el de permitir que los empleados y el equipo obtengan un mejor rendimiento, para maximizar la productividad.

Para elaborar un plan de distribución, es necesario precisar el número de áreas a incluir, debido a que estas áreas han de reflejar las decisiones del proceso y la maximización de la producción; el espacio y capacidad necesaria en cada área o centro de trabajo, los espacios reducidos generan riesgos para la salud y la seguridad del operario y los espacios grandes pueden reducir la productividad y aislamiento de los operarios; la configuración del espacio en cada área, el espacio la forma y los elementos que integran un área de trabajo están interrelacionados, como por ejemplo: Colocar un escritorio y una silla en relación con otros muebles está establecida tanto por el tamaño y la forma de la oficina, como por las actividades que se realicen. Un ambiente agradable también hace parte de la configuración del espacio. Y por último la localización, los operarios deben estar ubicados de tal manera que se reduzca la pérdida de tiempo por continuos desplazamientos, evitando los lugares distantes y separados de

las áreas y de los operarios con los que tienen que interactuar con frecuencia dentro de la actividad realizada.

Normalmente, la mayoría de las distribuciones quedan diseñadas de forma eficiente para las condiciones de partida; aunque, a medida que la organización crece y/o ha de adaptarse a los cambios internos y externos, la distribución inicial no es tan funcional, haciendo necesaria una nueva redistribución. Estos cambios se deben a:

1. El volumen de producción, requiere de un mayor aprovechamiento del espacio.
2. La tecnología y los procesos, conducen a cambios en recorridos de materiales y hombres, asimismo la disponibilidad de equipos e instalaciones.
3. El producto requiere de ciertas modificaciones, resultado de cambios en la tecnología.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso en este sentido. Algunas veces, se hará periódicamente, aunque se limite a la realización de ajustes menores en la distribución instalada (por ejemplo, los cambios de modelo en la fabricación de automóviles); otras veces, las redistribuciones son continuas, pues están previstas como situación normal y se llevan a cabo casi sin interrupciones; sin embargo se da el caso en el que las redistribuciones no tienen una periodicidad concreta,

surgiendo, bien por alguna de las razones expuestas, o porque la existente no es la adecuada.

Los siguientes son algunos de los aspectos que crean la necesidad de una nueva redistribución de la planta productiva:

- Congestión e inadecuada utilización del espacio.
- Excesiva acumulación de materiales en proceso.
- Diseño de sistemas productivos y logísticos.
- Continuos desplazamientos en la realización de actividades o flujo de trabajo.
- Ocio y cuellos de botella en las áreas de trabajo.
- Operarios calificados, ejecutando actividades poco complejas.
- Accidentes laborales.
- Stress, ansiedad e inconformismo de los operarios.
- Falta de control en los procesos y del personal.

Al emprender la distribución de los diversos equipos, materiales y personal, se aprecia cómo la técnica y la práctica juegan un papel fundamental en la distribución en planta. Todas las técnicas son muy simples, puesto que su única utilidad es servir de soporte al verdadero ejecutor que es el ingeniero quien la desarrolla. Por lo tanto es necesario conocer los procedimientos

que ayudaran a tener una base de argumentación y defensa de las decisiones tomadas.

Objetivos de la distribución en planta

Todos los objetivos de la distribución en planta están encaminados a organizar el proceso productivo, implica la ordenación de espacios necesarios para el movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, etc., de modo que sea posible fabricar un bien o servicio a un costo mínimo y ofrecerlo al mercado, con un buen margen de utilidad. Dentro de los fines perseguidos se destacan:

1. **Empleo racional del espacio disponible:** Considerando los elementos que van a ser instalados, las funciones a desarrollarse, los medios físicos existentes o con los que se cuenta, el conjunto de relaciones a mantenerse, es decir una valoración detallada de las relaciones que todos los puestos de trabajo tienen que establecer y mantener entre sí.
2. **Instalación adecuada para el personal:** Obedece al establecimiento de las condiciones más favorables para que los empleados puedan realizar de manera eficaz las actividades.

3. Secuencia continua y eficaz del trabajo: Fundamentalmente requiere del establecimiento de funciones que permita agruparlas para evitar tropiezos y retrocesos innecesarios, y de la instalación de los puestos de trabajo, habilitados para realizar todas las operaciones que se presenten, impidiendo a su vez, tropiezos, retrasos, demoras y pérdidas de tiempo.

4. Control: Que garantice el control de las actividades, a cargo de personal especializado.

Los objetivos para cumplir con una buena distribución en planta son:

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de la moral y satisfacción del obrero.
- Incremento de la producción.
- Disminución en los retrasos de la producción.
- Ahorro de área ocupada.
- Reducción del material en proceso.
- Acortamiento del tiempo de fabricación.
- Disminución de la congestión o confusión.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.
- Minimizar los costes de manipulación de materiales.

- Utilizar el espacio de manera eficiente.

Los objetivos básicos, en general residen en hallar la ordenación más económica para el trabajo; al mismo tiempo que sea la más segura y satisfactoria para los empleados, considerando:

- 1. Unidad.** Fundamentada en alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva para que funcione como una unidad de objetivos.
- 2. Circulación mínima.** Proponerse que los recorridos realizados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre los departamentos sean recomendables, lo cual requiere de la economía de movimientos, de equipo, de espacio.
- 3. Seguridad.** Avalar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, permitiendo una disminución en el índice de accidentes y un mejor ambiente laboral.
- 4. Flexibilidad.** La distribución en planta, precisara con mayor o menor frecuencia, la adaptación a los cambios en las situaciones bajo las que se realizan las operaciones y en las que se recomienda la adopción de distribuciones flexibles.

para mejorar el valor del producto, optimizando la relación entre la función de cada componente o producto y su costo.

Mientras que la tecnología de grupo, permite como su nombre lo indica, agrupar las diversas partes que se van a producir en una instalación y emplear procedimientos similares para producir dichas partes, de modo que la cantidad de materiales y los costos de fabricación de un mismo grupo sean mínimos.

Todos los componentes del *diseño del bien o servicio*, se representaran mediante una gráfica o serie de dibujos, que contenga las especificaciones y dimensiones del producto o la parte, detallada minuciosamente para facilitar su elaboración. La combinación de los *esquemas de ensamble* y los de las *partes componentes documentan* absolutamente el diseño de los productos que resultaran de una instalación de fabricación.

- b. *Análisis del mercado:*** se requiere de información obtenida por medio de un análisis de mercado, realizado por el departamento de mercadotecnia, debidamente aprobado por la gerencia. Esta información consiste en la descripción de volumen, las tendencias y el pronóstico para futuras demandas del producto o servicio producidos por la instalación.

2. Especificación del proceso: Se realiza en tres pasos:

- a. *Diseño del proceso:*** establecer las clases de equipo requerido para lograr los objetivos de una instalación. Esta se realiza en dos fases: Identificando lo procesos que se van a desarrollar y determinando los procesos específicos
- b. *Requisitos del proceso:*** fijar la cantidad de cada clase de equipo requerido para alcanzar los objetivos de una instalación. Considerando en primer lugar, estipular las cantidades de componentes que se deben producir, luego calcular la cantidad de equipo necesario para cada operación y por ultimo combinar las fracciones de equipo de tipos idénticos de equipo a fin de determinar las *necesidades totales de equipo*.
- c. *Departmentalización:*** combinar por departamentos la cantidad necesaria de cada clase de equipo y especificar el área departamental y las necesidades de servicio.

Considerando todas las interacciones entre el equipo, los materiales y el personal, *acompañada de una detallada descripción* de todas las estaciones de trabajo, donde cada estación de trabajo incluya

áreas para la maquinaria, con espacios suficientes para la máquina y su movimiento, mantenimiento y servicios de la planta; área de materiales, con espacios para recepción y almacenamiento de materiales, materiales en procesos, almacenamiento y remisión de materiales, almacenamiento y remisión de desperdicios y desechos y para herramientas y utillaje, y materiales de mantenimiento; por último el área de personal, con espacios para el operario, manejo de materiales, y entradas y salidas del operario.

3. Especificación de actividades relacionadas

Dentro de estas se encuentran las funciones de recepción, embarques, almacenamiento y mantenimiento.

4. Determinación de las necesidades de espacio para todas las actividades

Otras áreas a las que se les debe proporcionar espacio para otras actividades esenciales son: Oficinas, comedores, servicios médicos, baños y vestidores, siguiendo normatividad exigidas por la OSHA.

5. Determinación de las interrelaciones que existen entre todas las actividades

Basadas en el flujo del personal, información y materiales, especificados en forma cualitativa y cuantitativa.

6. Generación de distribuciones alternativas

Luego del proceso de planificación es definir las diversas distribuciones departamentales en un plan general de la instalación, revisando y modificando los esquemas individuales según se necesidad, con fines de alcanzar una distribución integrada de toda la instalación.

7. Evaluación de distribuciones alternativas

Considerando el flujo de personas, información y materiales, para que este criterio pueda ser de evaluación, el flujo debe ser medible, bajo tres principios: Maximización del uso de vías de flujo dirigidas, minimización del flujo y minimización de los costos del flujo.

8. Terminación e implementación de la distribución

Seleccionada la distribución general de la distribución, esta se presenta debidamente mediante planos de distribución acompañado con un

proyecto de alta calidad, un informe escrito, describiendo las bondades del proyecto y las razones por las cuales el diseño seleccionado es el mejor, y de un informe verbal, con el fin de ser aceptado.

Una vez aprobado, se entrega a un grupo de ingeniería, para ser puesto en marcha, quien realice los planes controlados con las personas encargadas de la operación de instalación los procedimientos métodos y utilización tal como se diseñaron, de tal manera que si se llegaran a presentar modificaciones, se puedan desarrollar teniendo en cuenta los efectos generales del cambio.

Consulte la figura 6.10; en la página siguiente.

METODOLOGÍA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta implica tres elementos esenciales: Relación, espacio y reparto.

Relacionando los elementos fundamentales en conjunto con un detallado procedimiento fortalecerán la distribución en planta teniendo presente:

1. Planear el todo y después los detalles

Se comienza determinando las necesidades generales de cada una de las áreas en relación con las demás y se hace una distribución general de conjunto.

Una vez aprobada esta distribución general se procederá al ordenamiento detallado de cada área.

2. Plantear primero la disposición lineal y luego la disposición práctica

En primer lugar se realiza una distribución teórica ideal sin tener en cuenta ningún condicionante.

Después se realizan ajustes de adaptación a las limitaciones que tenemos: espacios, costes, construcciones existentes, etc.

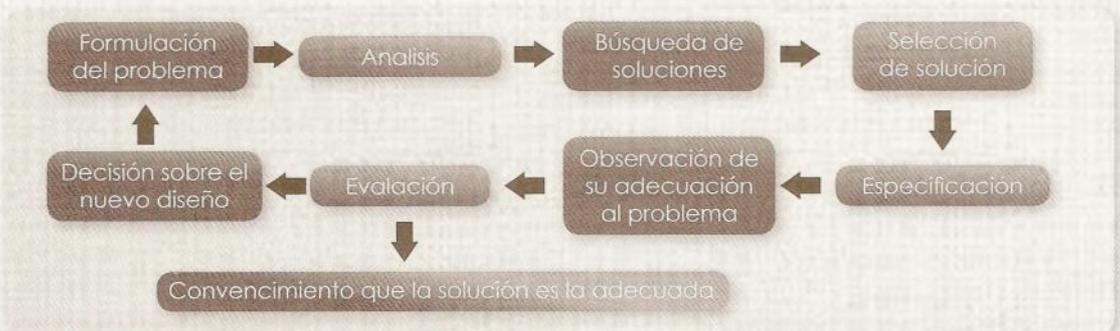


Figura 6.9 Metodología de la distribución en planta

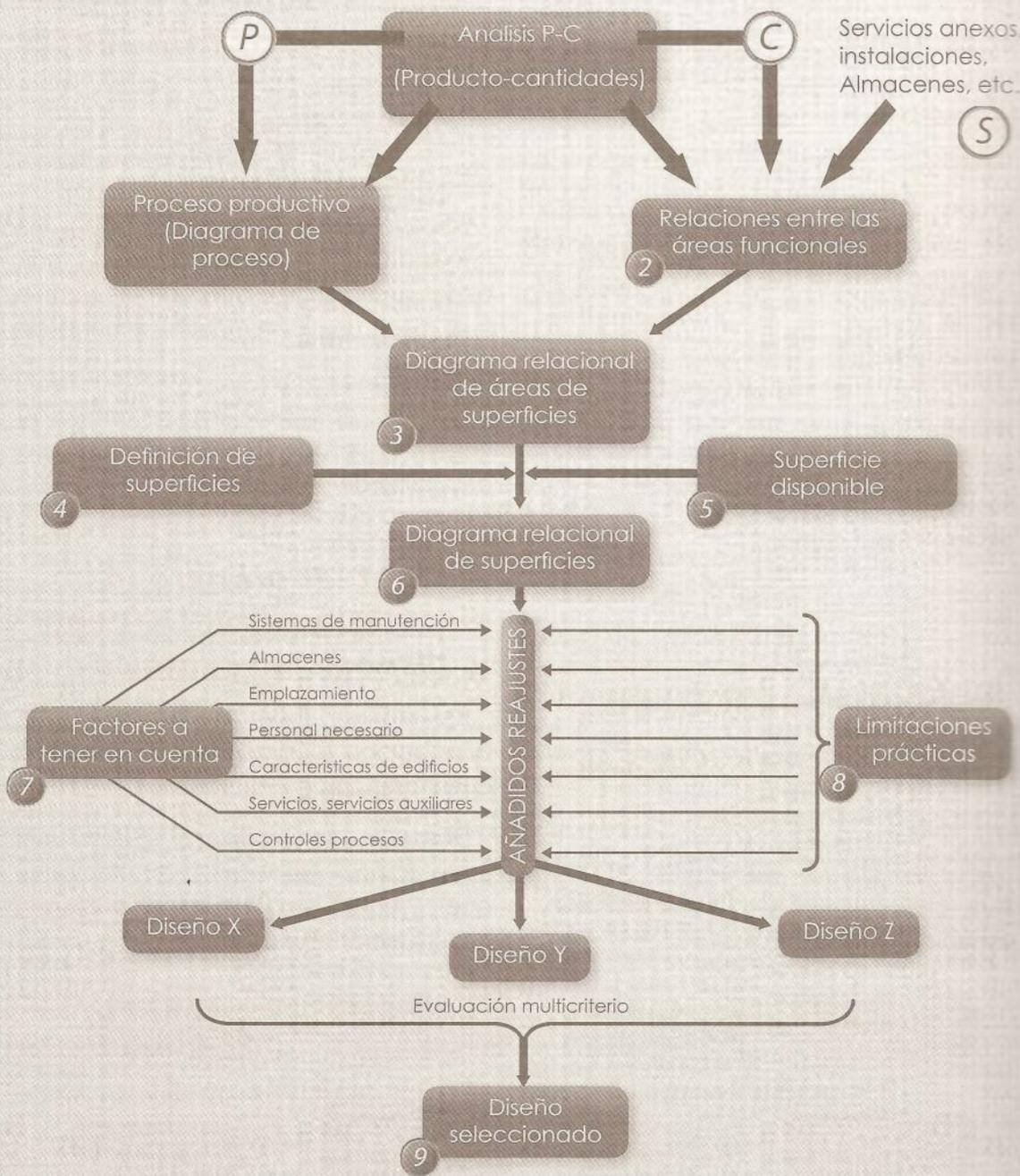


Figura 6.10 Proceso de distribución en planta

3. Planear el proceso y la maquinaria a partir de las necesidades de la producción

El diseño del producto y las especificaciones de fabricación determinan el tipo de proceso a emplear. Hemos de determinar las cantidades o ritmo de producción de los diversos productos antes de que podamos calcular qué procesos necesitamos. Después de “dimensionar” estos procesos elegiremos la maquinaria adecuada.

4. Planear la distribución basándose en el proceso y la maquinaria

Antes de comenzar con la distribución debemos conocer con detalle el proceso y la maquinaria a

emplear, así como sus condicionantes (dimensiones, pesos, necesidades de espacio en los alrededores, etc.).

5. Proyectar el edificio a partir de la distribución

La distribución se realiza sin tener en cuenta el factor edificio. Una vez conseguida una distribución óptima le encajaremos el edificio necesario.

No deben hacerse más concesiones al factor edificio que las estrictamente necesarias.

Pero debemos tener en cuenta que el edificio debe ser flexible, y poder albergar distintas distribuciones de maquinaria. Hay ocasiones en que el edificio es más duradero que las distribuciones de líneas que puede albergar.

Técnica básica de venta

Cómo actuar

Prepararla

Planear observaciones objetivas; preparar una clara presentación, evaluar el equipo.

Enfocar los beneficios

Ganancias potenciales; qué significan para el cliente; despertar su entusiasmo; beneficios por unidad; ahorros por año; etc.

Estimular el deseo

Demostrar; hacerle participar

Enumerar los hechos

Explicarle, sencillamente, como funcionará o trabajará el producto.

Eliminar obstáculos

Pedirle que ponga objeciones (de detalle, no de principios) y eliminarlas restando las ventajas.

Provocar la venta

Requerir sus comprobación.

6. Planear con la ayuda de una clara visualización

Los planos, gráficos, esquemas, etc., son fundamentales para poder realizar una buena distribución.

7. Planear con la ayuda de otros

La distribución es un trabajo de cooperación, entre los miembros del equipo, y también con los interesados (cliente, gerente, encargados, jefe taller, etc.).

Es más sencillo conseguir la aceptación de un diseño cuando se ha contado con todos los interesados en la generación del mismo.

8. Comprobación de la distribución

Todos los implicados deber revisar la distribución y aceptarla. Después pueden seguirse definiendo otros detalles.

9. Vender la distribución

Debemos conseguir que los demás acepten nuestro plan. Pueden seguirse estrategias comerciales como las siguientes:

Factores que afectan a la distribución en planta

Para realizar una óptima distribución, también es necesario conocer la totalidad de los factores involucrados y asimismo sus interrelaciones.

De acuerdo al tipo de organización la disponibilidad e importancia de estos puede variar; de todos modos lo esencial es que la solución adoptada para la distribución en planta alcance un equilibrio entre las características y propiedades de cada uno de los factores para obtener excelentes beneficios. Estos se agrupan así:

Materiales (diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia)

Siendo el objetivo fundamental del Subsistema de Operaciones la obtención de bienes y servicios que demanda el mercado; la distribución de los factores productivos depende de manera directa de las características específicas de estos, considerando el tamaño, forma, volumen, peso, además de las características físicas y químicas de los mismos, que influyen de en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento.

Los resultados de una distribución en planta dependerán en gran medida de la facilidad que aporte el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaje y de la secuencia y orden en que se efectúen las operaciones, puesto que esto conducirá a la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros, prestando especial atención a la variedad y cantidad de los bienes y servicios a producir.

La distribución en planta está directamente relacionada con el manejo de materiales, un breve y excelente diseño reduce al máximo la distancia de transporte de los mismos.

El factor material es el más importante e incluye: Materias primas, material entrante material en proceso, productos acabados, material saliente o embalado, materiales accesorios empleados en el proceso, piezas rechazadas a recuperar o repetir, material de recuperación, chatarras, virutas, desperdicios, desechos, materiales de embalaje, materiales para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios.

Véase el Diagrama del proceso de la operación; en la página siguiente.

Maquinaria (comprende equipo de producción, herramientas y su utilización)

La información de los procesos a emplear, de la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos, son fundamentales para alcanzar una adecuada distribución. La importancia de los procesos radica en que éstos establecen cuales equipos y máquinas se van a utilizar y organizar.

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).

En cuanto a la maquinaria, es importante su tipología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos y utillaje.

El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, necesidad de servicios auxiliares, etc., son prototipos básicos para poder liderar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

Los elementos de este factor incluyen: Maquinas de producción; equipo de proceso o tratamiento; dispositivos especiales; herramientas, moldes, patrones, plantillas, montajes; aparatos y galgas de medición y de comprobación, unidades de prueba; herramientas manuales y eléctricas manejadas por el operario; controles o cuadros de control; maquinaria de repuesto o inactiva; maquinaria para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios.

Trabajadores

La mano de obra directa e indirecta es de vital importancia en este proceso; considerando en primera instancia la seguridad de los empleados, adicionando otros factores como: luminosidad, ventilación, temperatura,

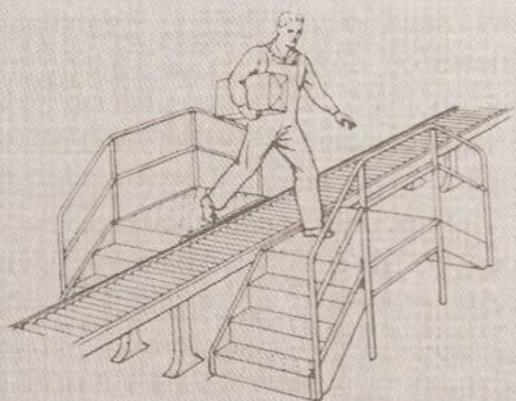
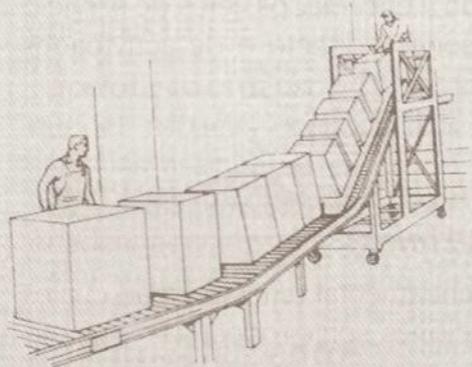
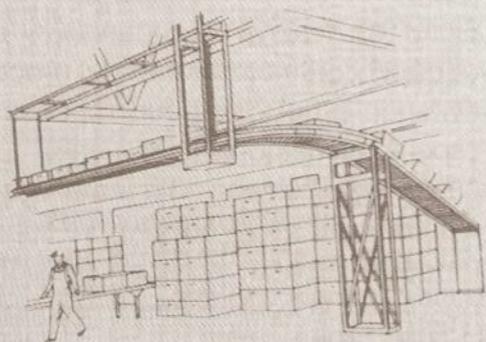
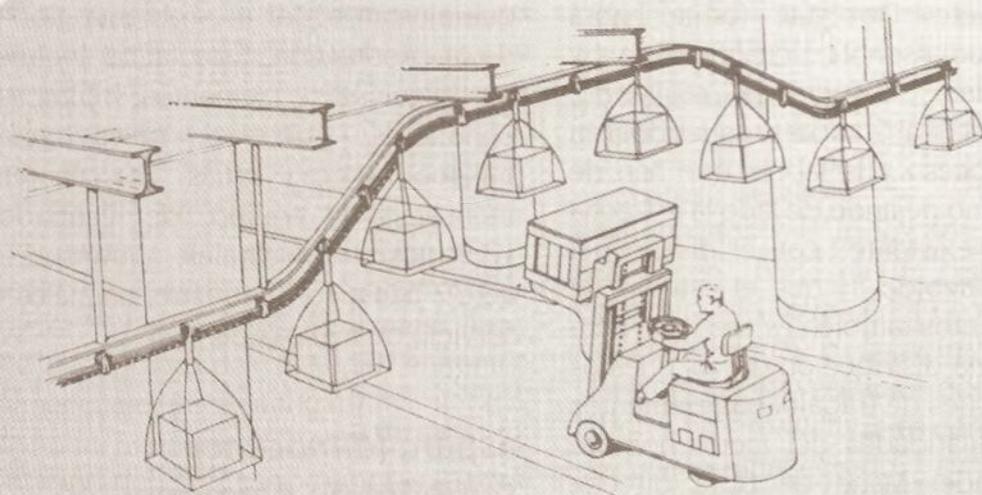


Figura 6.11 Elementos del factor movimiento

ruidos, etc. De igual forma habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, número de trabajadores requeridos en cada proceso y la labor que han de realizar, no dejando de lado la estrecha relación existente con el diseño del trabajo, debido a que el estudio de movimientos también es esencial para una buena distribución de los puestos y estaciones de trabajo. Los elementos y particularidades del factor hombre comprende: Mano de obra directa; jefes de equipo y capataces; jefes de sección y encargados; jefes de servicio y personal indirecto o de actividades auxiliares

Movimientos (de personas y materiales)

Es fundamental tener claridad cuales operaciones son productivas y cuáles no, en especial las mantenimientos, estas deben ser mínimas y en lo posible combinadas con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de manejos innecesarios y antieconómicos. El movimiento de material permite que los trabajadores se especialicen y que las operaciones se puedan dividir o fraccionar; con lo que se alcanzan todas las ventajas de la división del trabajo; se requiere de personal menos capacitado, existe una mayor posibilidad de contratación y se puede ejercer un eficiente control sobre cantidad y calidad. Lo anterior junto con la reducción de gastos generales, permite adoptar métodos de manejo

que ajustan mejor al problema global de la producción. Este factor incluye los siguientes elementos: Rampas, conductos, tuberías, railes guía; transportadores, grúas, ascensores, montacargas, equipo de estibado, vehículos industriales, transporte aéreo, acuático y terrestre, animales y servicio de mensajería.

Espera (almacenes temporales, permanentes, salas de espera)

La circulación de los materiales es otro factor de relativa importancia, y esta debe ser continua durante del proceso, evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando se detiene. Sin embargo, el material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), requiriendo que sean considerados espacios adecuados para los materiales en espera. Por lo tanto, las organizaciones, deben hacer provisiones para acumular sus productos en distintos lugares, mientras espera que ellos se vendan. Se necesita realizar una función de almacenamiento puesto que los ciclos de producción y consumo difícilmente coinciden.

La función de almacenamiento supera la incompatibilidad en cuanto se refiere al tiempo y las cantidades deseadas. Por lo tanto, pueden estar enmarcados bajo otro factor, desde el instante en que se prevé un área de espera, sin embargo se deben tener en cuenta como elementos del factor de espera los siguientes: Área de recepción del material entrante, almacenaje de materia prima u otro material comprado, almacenajes al interior del proceso, demoras entre dos operaciones, áreas de almacenaje de productos terminados, áreas de almacenaje de suministros, mercancías devueltas, material de embalaje, material de recuperación, desechos, material defectuoso, suministros de mantenimiento y piezas de recambio, dibujos y muestras, áreas de almacenamiento de herramientas, matrices, utillajes, galgas, calibres, maquinaria y equipo inactivo o de repuesto, recipientes vacíos, equipo de manejo usado con intermitencias.

Servicios (mantenimiento, inspección, control, programación, y lanzamiento)

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Se pueden mencionar los relacionados con el personal (vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relacionados con el material

(inspección y control de calidad) y los relacionados con la maquinaria (mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares).

Estos servicios se encuentran encadenados a todos los factores que hacen parte de la distribución considerando que cerca de un tercio de cada planta o área los incluye. Usualmente, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal.

Por lo tanto es de especial importancia que el espacio ocupado por estos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos evidenciados queden reducidos.

Edificio (elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, instalaciones existentes, etc.).

La estructura física siempre es un factor fundamental en el diseño de la distribución, sin embargo la influencia del mismo será determinante si existe en el momento de proyectarla.

El espacio aéreo y demás características (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, caso contrario cuando el edificio es una nueva construcción.

Versatilidad, flexibilidad, expansión

La flexibilidad es uno de los objetivos a alcanzar con la distribución en planta. En ese sentido es inevitable prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que se han enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en una planta obsoleta que reste beneficios potenciales.

Considerando lo anterior, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

En general, la flexibilidad se conseguirá, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la aplicación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso. Además, es primordial tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, teniendo en cuenta, los cambios externos que puedan afectarla y la necesidad de conseguir que durante la redistribución, sea viable continuar con el desarrollo del proceso productivo.

Los factores anteriores son los que básicamente se incluyen en un estudio de distribución en planta.

Es evidente los vínculos existentes entre materiales, almacenamiento, movimiento y esperas, servicios y material, mano de obra maquinaria y edificio, considerando durante su desarrollo la presencia a la vez más de uno de los estudiados, en algunos casos. La importancia radica en la integración de todos, proporcionando de modo individual la importancia relativa dentro del conjunto, con el fin de que en la solución final se obtengan en conjunto el máximo rendimiento.

Ventajas de una distribución en planta

Una distribución en planta que satisfaga los factores antes mencionados, tendrá ventajas sobresalientes con respecto a otras que no las satisfagan:

1. El tiempo y el costo del proceso general se reducirá, minimizando el manejo innecesario e incrementando de modo general la eficacia de todo el trabajo.
2. La supervisión del personal y el control de producción se simplificarán eliminando los lugares poco propicios donde el recurso humano pueda permanecer de forma indebida.
3. Se facilitarán los cambios del programa.

La producción total de una planta determinadas, será lo más alta, si se emplea al máximo el espacio disponible.

4. Se provocara un sentimiento de unidad entre los empleados evitando la segregación innecesaria.
5. Se conservara la calidad de los productos por medio del uso de métodos seguros uros y mejores.

Cráterios generales para diseñar una distribución en planta

El diseño de instalaciones consiste en planificar la manera en que el recurso humano y tecnológico, así como la ubicación de los mismos y el producto terminado ha de ordenarse, obedeciendo a las limitaciones de disponibilidad de terreno y del propio sistema productivo a fin de optimizar las operaciones de la empresa u organización.

En este sentido, la distribución en planta, se fundamenta en determinar la posición en cierta porción del espacio de los diversos elementos que integran el proceso productivo. La ordenación de los elementos incluye tantos los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajos indirectos y todas las otras actividades o servicios como el equipo de trabajo.

Para clasificar y analizar las ordenaciones o distribuciones para

una producción, se debe tener claridad en lo que significa producción. Esta se define como el resultado obtenido de un conjunto de hombres, materiales y maquinaria, actuando bajo alguna forma de dirección. Los hombres trabajan sobre una cierta clase de material con ayuda de la maquinaria; cambian la forma o característica del material o le adicionan otros materiales diferentes, para convertirlo en un producto.

Existen ciertos modos de relacionar, en cuanto al movimiento los tres elementos de producción:

1. **Movimiento de material:** es el elemento con un alto grado de manipulación, se desplaza de un lugar a otro, de una operación a la siguiente. Ejemplo: planta embotelladora, talle mecánico, refinería de petróleo.
2. **Movimiento del hombre.** El hombre se desplaza de un lugar a otro, realizando las operaciones necesarias sobre cada pieza de material; utilizando la maquinaria adecuada y herramientas disponibles. Ejemplo: trasiego de materiales.
3. **Movimiento de maquinaria.** El operario manipula variedad de herramientas o maquinas dentro de una determinada área, para actuar sobre una pieza grande. Ejemplo. Máquina de soldar portátil.
4. **Movimiento de material y de hombre.** El trabajador se moviliza

junto con el material para realizar las operaciones en cada máquina o lugar de trabajo. Ejemplo: Fabricación de utillaje.

5. **Movimiento de material y de maquinaria.** Los materiales y la maquinaria o herramientas se desplazan hacia los operarios, para realizar la operación. Poco práctico, excepto en lugares de trabajos individuales.

Ejemplo Herramientas y equipo en movimiento junto con el material por medio de una serie de operaciones de mecanización.

6. **Movimiento de hombres y de maquinaria.** Los operarios se movilizan con las herramientas y equipo alrededor de una gran pieza fija.

7. **Movimiento de materiales, hombres y maquinaria.** Resulta un poco complicado movilizar los tres elementos, por lo general es demasiado costoso.

Se debe tener en cuenta, que por lo menos uno de los tres elementos debe moverse. Se dice, que no puede haber producción en un sentido industrial cuando los hombres, los materiales y la maquinaria permanecen sin movimientos; dando inicio al estudio de distribución, analizando de manera exhaustiva cuales van a ser los elementos que deberán moverse. Por lo general, resulta fácil mover la maquinaria cuando el utillaje es pequeño.

Cuando las máquinas y los materiales no se pueden mover, el operario es quien debe hacerlo. Sin embargo lo más común a nivel industrial es mover el material; excepto cuando este es de grandes dimensiones o difícil de transportar; cuando existe solo una pieza en el proceso o cuando el producto terminado deba permanecer fijo en el lugar que se produjo.

Para poder elegir qué tipo de distribución es la adecuada para la empresa se debe contar con:

1. Definición del bien o servicio.
2. Localización de la planta: Acceso a servicios básicos, tipo de zona, servicios de transporte, disponibilidad del recurso humano, cercanía de clientes y proveedores, seguridad de la zona, servicios externos a la planta.
3. Definición de conjunto: Planificación de capacidades, maquinaria y edificaciones.



Tipos de distribución en planta

Distribución en planta por posición fija

Esta distribución es la apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida.

El material base o principal componente del producto final permanece inmóvil en una posición determinada, de modo que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que no son necesarios en la elaboración del producto.

El material permanece inmóvil, son los hombres, las herramientas y el resto de los materiales los que convergen hacia él. Consta de:

- a. Proceso de trabajo:** Todos los puestos de trabajo se instalan de modo transitorio y junto al elemento principal o contiguo al producto que se elabora.
- b. Material en curso de fabricación:** El material es llevado al lugar indicado de montaje o fabricación.
- c. Versatilidad:** De fácil adaptabilidad a cualquier variación.
- d. Continuidad de funcionamiento:** los tiempos concedidos y las cargas de trabajo no son permanentes.

Pueden influir incluso las condiciones climatológicas.

- e. Incentivo:** Obedece al trabajo individual de cada individuo
- f. Cualificación de la mano de obra:** Es usual el uso de equipos, aunque se emplee una determinada máquina, no siempre es especializada, por lo tanto, no ha de ser muy idónea.

Se emplea cuando el material en formación o las operaciones de tratamiento requieren solo herramientas manuales o máquinas sencillas; se fabrican una o escasas piezas de cada referencia; el costo de mover la pieza principal es elevado y cuando la calificación de la ejecución depende de las habilidades del operario o se desea establecer la responsabilidad de la calidad del producto en el operario.

Distribución en planta por proceso

Las operaciones del mismo tipo son agrupadas conjuntamente y se realizan dentro del mismo sector. Este tipo de distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes. Se fundamenta en la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada área o departamento, obteniendo de este modo una distribución puntualizada de las instalaciones y de sus respectivos elementos. Esta distribución consta de:

- a. Proceso de trabajo.** Los puestos de trabajo se sitúan por funciones

Los esquemas de la izquierda muestran las cuatro operaciones de elaboración o de movimiento para hacer esta pieza. Los de la derecha muestran los tres de montaje para montar las piezas.

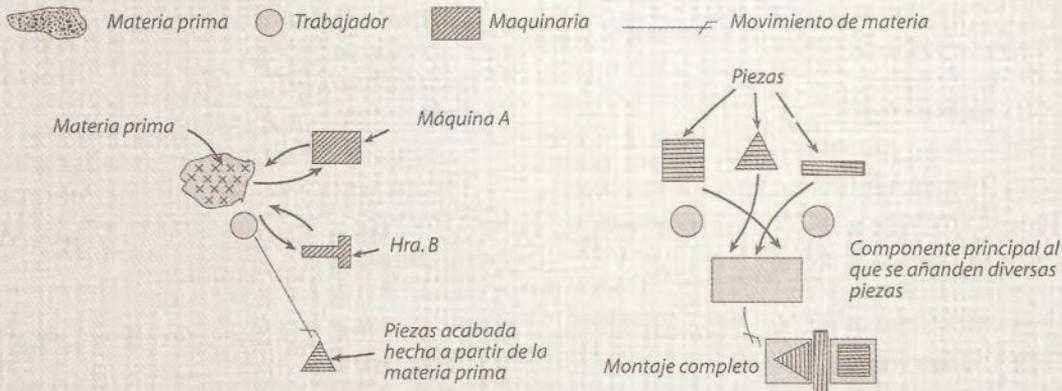


Figura 6.13 Distribución por posición fija. Todas las operaciones se efectúan de forma que el material (en el caso de elaboración o tratamiento) o el componente mayor (en el caso de el montaje) permanecen en una situación fija.

análogas. En algunas secciones los puestos de trabajo son similares y en otras tienen alguna característica que las diferencia.

b. Material en curso de fabricación.

El material, se desplaza entre puestos diferentes dentro de una misma sección o de una sección a otra que le permita la continuidad del proceso. Pero el trayecto puede variar.

c. Versatilidad.

De fácil acceso a los cambios, siendo posible fabricar en ella cualquier elemento con las limitaciones inherentes a la propia instalación. Es la distribución más adecuada para la fabricación intermitente o bajo pedido, proporciona la programación de

los puestos de trabajo al máximo de carga posible.

d. Continuidad de funcionamiento.

Cada fase de trabajo se programa para el puesto más adecuado. Una avería producida en un puesto no incide en el funcionamiento de los restantes, por lo que no se causan retrasos acusados en la fabricación.

e. Incentivo.

El incentivo obtenido por cada operario es el resultado de su rendimiento personal.

f. Cualificación de la mano de obra.

Requiere mano de obra competitiva por la nulidad del automatismo y la repetición de actividades.

Se emplea cuando la maquinaria es muy costosa y se dificulta su movilización, los productos a fabricar

son variados; existe amplia variación en los tiempos requeridos en diferentes operaciones y hay una mínima demanda del producto. Por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales. El personal y los equipos que ejecutan una misma tarea, se agrupan en una misma área o lugar, de ahí se deriva que estas distribuciones también sean llamadas por funciones o por talleres.

Proceso de análisis

Se compone de tres fases:

1. Recoger información

En primer lugar, conocer los espacios requeridos por cada área de trabajo, mediante cálculos, los cuales inician con los presupuestos de demanda, se requiere un cálculo previo que comienza con las previsiones de demanda, transcritos en un plan de producción, es decir en una estimación de las horas de trabajo necesarias para su respectiva producción, considerando el número de trabajadores cantidad de máquinas requeridas en cada área de trabajo; teniendo en cuenta, las fluctuaciones propias de la demanda y propia producción.

Puesto que las máquinas y puestos de trabajo requieren de un espacio físico, se tendrá en cuenta una superficie estática (S_e), junto a esta se reserva una superficie de gravitación (S_g), para que los operarios efectúen su trabajo, y los materiales herramientas puedan ser organizados de forma

adecuada asignándoseles un lugar específico. Además, es conveniente añadir la superficie de evolución (S_v), la cual comprende la disponibilidad suficiente de espacios, que permitan los recorridos de materiales y operarios. La superficie total necesaria se determina así:

$$ST = S_e + S_g + S_v$$

Dónde:

$$S_g = S_e * n$$

$$S_v = (S_e + S_g)k$$

n Es el número de lados accesibles de las máquinas al trabajo

k Coeficiente que varía entre 0,05 y 3, según el tipo de industria.

En ocasiones, cuando el objetivo primordial de la distribución en planta sea la reducción del costo por manejo de materiales, se debe plantear en términos cuantitativos, siendo necesario conocer el flujo de materiales entre las áreas implicadas, distancias de las mismas y la forma en que son transportados los materiales.

Esta información suministrada por los datos históricos existentes, facilitaran la construcción de una matriz de intensidades de tráfico, cuyos elementos representan el número de

mantenimientos entre departamentos por período de tiempo.

Por otra parte, las distancias entre las diversas áreas en las que se podrá dividir la planta y en las que podrían localizarse los distintos talleres quedarán registradas en la Matriz de Distancias; el costo del transporte del material, dependerá directamente del equipo utilizado; quedando registrado también en la Matriz de Costos.

Las diagonales de estas tres matrices tendrán todos sus elementos nulos, puesto que representarían el transporte de materiales de cada departamento. Sin embargo, puede que, en ocasiones, esta información cuantitativa no esté disponible, o bien que la importancia de la cercanía o lejanía entre departamentos venga marcada por factores naturales.

Lo importante, es que las áreas implicadas se sitúen cerca la una de la otra obedeciendo al proceso a desarrollarse, y recoger toda la información que pueda influir de forma considerable en ciertos aspectos de la distribución.

2. Desarrollar un plan de bloque

Esta fase de la distribución presenta un número elevado de posibles soluciones de forma; en la mayoría de las ocasiones, busca establecer la solución que alcance los objetivos puntualizados, cumpliendo en lo

posible las máximas restricciones impuestas, pero sin llegar a determinarse la solución. Considerando:

a. Criterios cuantitativos: Costo del transporte

La información suministrada por las tres matrices anteriores, es fundamental para buscar la posibilidad de reducir el costo de desplazamiento de materiales entre áreas. Siendo el coste total del transporte:

$$CTT = \sum \sum t_{ij} d_{ij} c_{ij}$$

Donde:

- t_{ij} Número de mantenimientos que salen de la actividad i hacia la actividad j ,
- d_{ij} Distancia existente desde la actividad i a la actividad j , y
- c_{ij} Coste por unidad de distancia y manutención de la actividad i a la actividad j .

La única variable que depende de la localización relativa de las áreas es d_{ij} , por lo que, el problema a resolver será fijar aquella distribución o combinación particular de d_{ij} que disminuya CTT .

La presencia de numerosas posibles combinaciones, dificulta un poco la resolución, aunque para dificultades pequeñas resulta más benéfica al analizarlas en su totalidad, inclusive para casos habituales también resulta

complicado hasta con la ayuda del ordenador.

Con el fin de superar este impase, se recurre a la resolución por medio de algoritmos heurísticos que, al menos, proporcionan soluciones satisfactorias.

El denominado *algoritmo básico de transposición* parte de una distribución arbitraria, denominada permutación base. Se calcula el coste por transporte que esta supone y, luego, se generan todas las permutaciones posibles entre las actividades, intercambiando dos a dos las de la permutación base (el número de permutaciones obtenidas de esta forma será:

$$\frac{n \cdot (n - 1)}{2}$$

Luego se calcula el costo de cada una de las permutaciones generadas seguido, se deduce el costo de cada una de las permutaciones generadas, de forma que, si se obtiene alguno inferior al de la base, la distribución correspondiente será adoptada en lugar de aquélla, volviéndose a aplicar sobre la misma el proceso descrito.

Este proceso iterativo será repetido hasta que en alguna de las iteraciones no aparezca ninguna distribución con coste inferior, en cuyo caso, la distribución de menor coste hasta ese momento será considerada como la mejor solución.

Sin embargo, hay que ser conscientes de que la solución obtenida puede ser la más satisfactoria en base al criterio de minimizar el coste del transporte, pero que, en la práctica, ésta puede ser inviable por determinadas restricciones y circunstancias que deben ser consideradas, pudiendo ser necesario un reajuste de la solución encontrada.

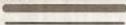
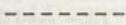
Una vez tenida en cuenta dicha información, se procederá a dar forma a los distintos departamentos a partir de sus necesidades y limitaciones de espacio.

b. Criterios cualitativos

Cuando la distribución en planta se realiza teniendo en cuenta los factores cualitativos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (Systematic Layout Planning).

En ella las prioridades de cercanía entre áreas se asemejan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (Importante), O (importancia ordinaria) y U (indiferente); la indeseabilidad se representa por la letra X.

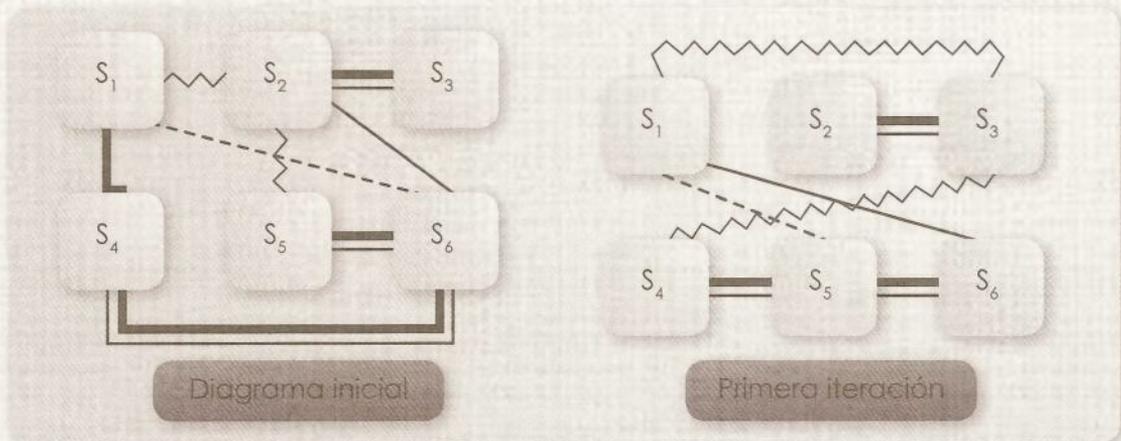
Dichas especificaciones se registran en un cuadro o gráfico de interrelaciones que además, muestra las razones que motivan el grado de preferencia expresado.

Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas
A	Absolutamente	
E	Especialmente	
I	Importante	
O	Importancia	
U	Indiferencia	
X	Indeseable	

Código	Razón
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

sección	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
S ₁		X 3	U	E 1	U	O 1
S ₂			A 2	U	X 3	I 4,7
S ₃				U	U	U
S ₄					U	A 1
S ₅						A 4
S ₆						

El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan las áreas o departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales se unirán por arcos, mostrando las prioridades de cercanía que los relacionan.

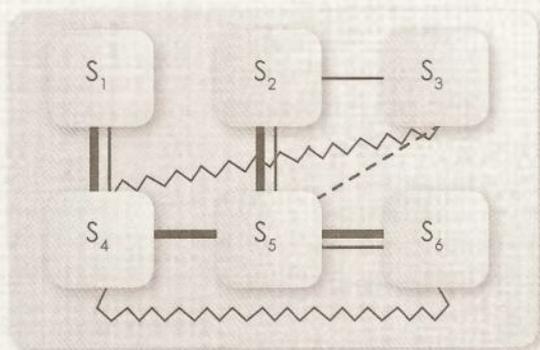


A continuación, este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar las áreas relacionadas con arcos A, juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y, finalmente, los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria.

Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

3. Distribución detallada

Por último, hay que realizar la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, obteniéndose una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos. Dicha ordenación puede enfocarse como un problema de distribución en planta en miniatura, pudiéndose utilizar los métodos contemplados para la distribución interdepartamental. Ahora bien, a este nivel de detalle no cabe duda de que las técnicas más útiles y difundidas siguen siendo los dibujos, los modelos



a escala y las maquetas. En la obtención de esta distribución pueden surgir determinados contratiempos (por ejemplo: escaleras, montacargas, columnas, resistencia de suelos, altura de techos, etc.) no considerados en etapas previas, que pueden hacer necesaria la revisión de la solución obtenida en la etapa anterior.



Formación a mano



Moldeo



Barnizado



Cocción



Decorado

Distribución en planta por producto (Producción en línea o en cadena)

El material se desplaza de una operación a la siguiente sin solución de continuidad, es decir, dispone cada operación tan cerca como sea posible de su antecesora.

Las máquinas se sitúan una 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.

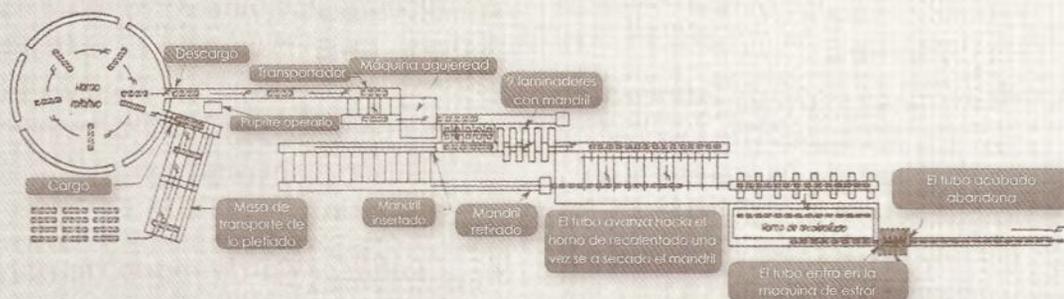
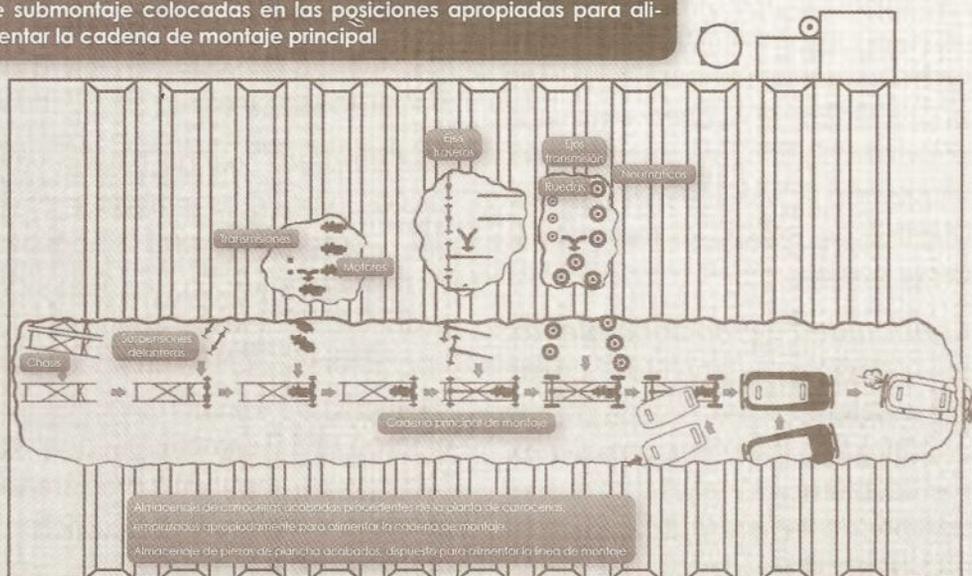


Figura 6.15 Elaboración por el sistema de producción en cadena. Plano simplificado de una planta continua de laminado de tubo de acero sin costura, mostrando el flujo de material desde el estado de pletin laminada hasta el tubo final.

Almacenamiento de piezas acabadas procedentes de las plantas de submontaje colocadas en las posiciones apropiadas para alimentar la cadena de montaje principal



Almacenamiento de carrocerías acabadas procedentes de la planta de carrocerías, preparadas apropiadamente para alimentar la cadena de montaje.
Almacenamiento de piezas de plancha acabadas, dispuestas para alimentar la línea de montaje.

Figura 6.16 Líneas de producción, producción en cadena

La distribución en planta por producción en línea o en cadena consta de:

a. *Proceso de trabajo:* los puestos de trabajo se ubican según el orden implícitamente establecido en el diagrama analítico de proceso. Con esta distribución se consigue mejorar el aprovechamiento de la superficie requerida para la instalación.

b. *Material en curso de fabricación:* el material en curso de fabricación se desplaza de un puesto a otro, lo que resiste la mínima cantidad del mismo (no es necesario los componentes en stock), hay menor manipulación y recorrido en transportes, permitiendo un mayor grado de automatización en la maquinaria.

c. *Versatilidad:* no reconoce una adaptación contigua a otra fabricación distinta para la que fue proyectada. Es la más adecuada para la fabricación intermitente, facilitando la programación de los puestos de trabajo al máximo de carga posible.

d. *Continuidad de funcionamiento:* la principal dificultad puede ser obtener un equilibrio o continuidad de funcionamiento. Por lo tanto, es necesario que el tiempo de la actividad sea igual el tiempo de cada puesto, de lo contrario, deberá disponerse para las actividades que lo requieran

igualdad en varios puestos de trabajo. Cualquier avería producida en la instalación ocasiona la parada total de la misma, a menos que se duplique la maquinaria. Cuando se fabrican elementos aislados sin automatización la anomalía solo trasciende a los puestos siguientes del proceso.

e. *Incentivo:* el incentivo obtenido por cada uno de los operarios está en función del logro por el conjunto, debido a la estrecha relación existente con el trabajo realizado.

f. *Cualificación de mano de obra:* la distribución en línea requiere tecnología de punta, mientras que la mano de obra no requiere una alta cualificación.

g. *Tiempo unitario:* se consiguen menos tiempos unitarios de fabricación que en las restantes distribuciones.

Se emplea: cuando hay un volumen alto de productos a fabricar, el diseño del producto está normalizado, hay estabilidad en la demanda del producto, y existe equilibrio en las operaciones y la continuidad del flujo de material es permanente, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje como; refinerías, celulosas, centrales eléctricas entre muchas otras, y cuando existen configuraciones repetitivas como: fabricación de electrodomésticos,

vehículos de tracción mecánica, cadenas de lavado y vehículos, etc.

Las ventajas más importantes que ofrece este sistema son: mínimo manejo de materiales, poca afluencia de trabajos en curso, bajos tiempos de fabricación, simplificación de tareas y de los sistemas de planificación y un óptimo control de la producción. Sin embargo puede presentar inconvenientes por: ausencia de flexibilidad en el proceso y poca flexibilidad en los tiempos de fabricación, inversión elevada, trabajo monótono, dependencia de todo el proceso (la falta de personal o parada de alguna máquina, retrasa el proceso o puede parar la cadena completa.

Distribución por grupo o célula de fabricación

Este sistema formula la creación de unidades productivas aptas para funcionar con cierta independencia denominada células de fabricación flexibles.

Las células de trabajo: definición, características y nivel de implantación

Aunque, en la práctica, el término célula se utiliza para denominar diversas y distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre

múltiples unidades de un ítem o familia(s) de ítems.

La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, sin embargo, el fenómeno no lo es en absoluto. En esencia, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando outputs con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia.

En ocasiones, estos outputs serán productos o servicios finales; otras veces serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble para facilitar la inmediata incorporación del componente en el momento y lugar en que se necesita.

Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen células reales en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho. En este caso, además de la necesaria identificación de las familias de productos y agrupación de equipos, deberá abordarse la distribución interna

de las células, que podrá hacerse a su vez por producto, por proceso o como mezcla de ambas, aunque lo habitual será que se establezca de la primera forma. No obstante, en ocasiones, se crean las denominadas células nominales o virtuales, identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de outputs, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquéllos dentro de una célula.

En este segundo caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de familias y equipos. Junto a los conceptos anteriores está el de las células residuales, a las que haremos referencia más adelante. A éstas hay que recurrir cuando existe algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia o cuando alguna maquinaria especializada no puede incluirse en ninguna célula debido a su uso general.

La aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la formación de las familias de ítems y células asociadas a las mismas, aspecto fundamental en el estudio de la distribución en planta celular, supone seguir tres pasos básicos.

- Seleccionar las familias de productos.
- Determinar las células.
- Detallar la ordenación de las células.

Los dos primeros pasos pueden realizarse por separado, pero es frecuente abordarlos simultáneamente. En relación con la agrupación de productos para su fabricación conjunta en una misma célula, habrá que determinar primero cuál será

la condición determinante que permita tal agrupación. A veces ésta resulta obvia al observar sus similitudes de fabricación, otras veces no lo es tanto y hay que ver si conviene realizarla en función de la similitud en la forma, en el tamaño, en los materiales que incorporan, en las condiciones medioambientales requeridas, etc.

Una vez determinadas las familias de productos, la formación de una célula para cada familia puede ser la mejor solución, aunque ello no sea siempre cierto (a veces es incluso una solución imposible). Son muchas las ocasiones en las que es difícil definir las células sobre la base de idénticos requerimientos en el proceso de producción de las familias de ítems. Las cuatro aproximaciones utilizadas generalmente para identificar familias y células son las siguientes:

- Clasificación y codificación de todos los ítems y comparación de los mismos entre sí para determinar las familias. Posteriormente, habrá que identificar las células y equipos que han de producirlas.
- Formación de las células por agrupación de máquinas, utilizando el análisis cluster o la

teoría de grafos. En este caso, aún habrá que solucionar la formación de las familias.

- Formación de familias por similitud de rutas de fabricación. De nuevo, queda pendiente la identificación de las células.
- Identificación simultánea de familias y células fundamentada en la similitud entre productos en función de sus necesidades de equipos/máquinas (o viceversa).

Puede aceptarse que un componente no utilice todas las máquinas del bloque en el que ha quedado englobado, así como que una máquina no procese todos los componentes de su grupo. Sin embargo, hay que evitar en la medida de lo posible que algún componente o máquina interactúe, respectivamente, con una máquina o componente fuera de la célula correspondiente (ello implicaría que en la matriz, una vez reordenada, quedase algún uno fuera de algún bloque). Cuando no es

posible evitar tal situación habrá que recurrir, bien a la duplicación del equipo (si ello es factible), bien a la necesidad de tener que procesar el componente en cuestión en más de una célula para su acabado. En ocasiones extremas, será necesaria la instalación de alguna célula residual que fabrique algún componente imposible de encajar en la distribución resultante o que recoja algún equipo de uso general pero que no puede ser duplicado.

En general, las líneas a seguir para reordenar la matriz son las siguientes:

- Las máquinas incompatibles deberían quedar en células separadas.
- Cada componente debería ser producido en una sola célula.
- Cada tipo de máquina debería estar situada en una sola célula.
- Las inversiones por duplicación de maquinaria deberían ser minimizadas.
- Las células deberían limitarse a un tamaño razonable.

Esta distribución facilita el mejoramiento de las relaciones humanas y de las habilidades de *los trabajadores*. Se basa en una combinación entre la distribución orientada al proceso y la orientada al producto. De igual manera, disminuye el material en proceso, los tiempos de fabricación y de preparación, permitiendo a su vez la supervisión y el control visual. Además, fortalece el incremento de los tiempos inactivos de las máquinas, debido a que estas se encuentran dedicadas a la célula y con dificultad son utilizadas de manera ininterrumpida.

Las ventajas van a verse reflejadas en un menor coste de producción y en una mejora en los tiempos de suministro y en el servicio al cliente. Incluso podrían conseguirse mejoras en la calidad, aunque ello necesitará de

otras actuaciones aparte del cambio en la distribución.

Parámetros para la elección de una adecuada distribución de planta

El tipo de distribución seleccionada vendrá determinado por:

- Elección del proceso.
- La cantidad y variedad de bienes o servicios a elaborar.
- El grado de interacción con el consumidor.
- La cantidad y tipo de maquinaria.
- El nivel de automatización.
- El papel de los trabajadores.

- La disponibilidad de espacio.
- La estabilidad del sistema y los objetivos que éste persigue.

Las decisiones de distribución en planta pueden perturbar de manera notable la eficiencia con que los operarios desempeñan sus tareas, la velocidad a la que se pueden manufacturar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de productos elaborada o en el volumen de la demanda.

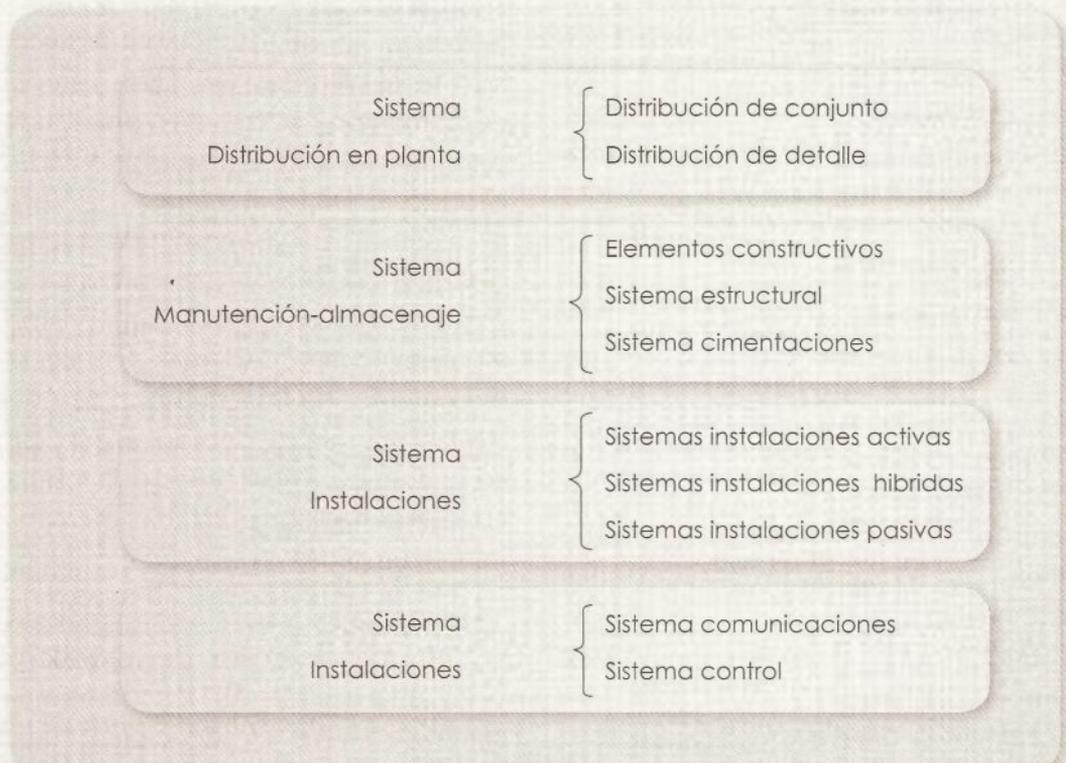


Figura 6.17 Sistemas de una planta Industrial

Planeación sistemática de la distribución en planta

(Systematic layout planning SLP)

El plan layout consiste en el ordenamiento físico de los elementos de la producción, tomando en cuenta sus características y todos aquellos factores que inciden enormemente en su funcionamiento, concibiendo estos factores como el flujo de materiales, y todos los requerimientos de espacios. La construcción del plan layout se relaciona directamente con el diseño del plano de la distribución en planta.

La parte analítica, comienza con el estudio de los datos de consumo, debido a que primero se realiza un análisis del flujo de los materiales, aunque con cierta frecuencia, también son importantes los diagramas de la relación entre actividades de servicio u otras razones de flujo de materiales. Más adelante estos se combinan en un diagrama de flujo de relación de actividades.

Durante este proceso, las diferentes áreas de actividades o departamentos se encuentran esquematizadas de forma geográfica sin reparos al espacio de piso actual que cada una requiere. Para poder llegar a estos requerimientos de espacio, el análisis debe tener en cuenta los procesos de maquinado y equipo necesario, incluyendo las facilidades de servicio.

Los requerimientos de cada área deben ser balanceados de acuerdo

con el espacio disponible, luego el área permitida para cada actividad sobrellevará la relación de actividades esquemática para formar un diagrama de relación de espacio.

Elección de la mejor alternativa

La mejor alternativa dependerá de cada entorno, el cual puede ser caracterizado por la combinación entre: Volumen de producto demandado y la variedad de productos o partes producidas.

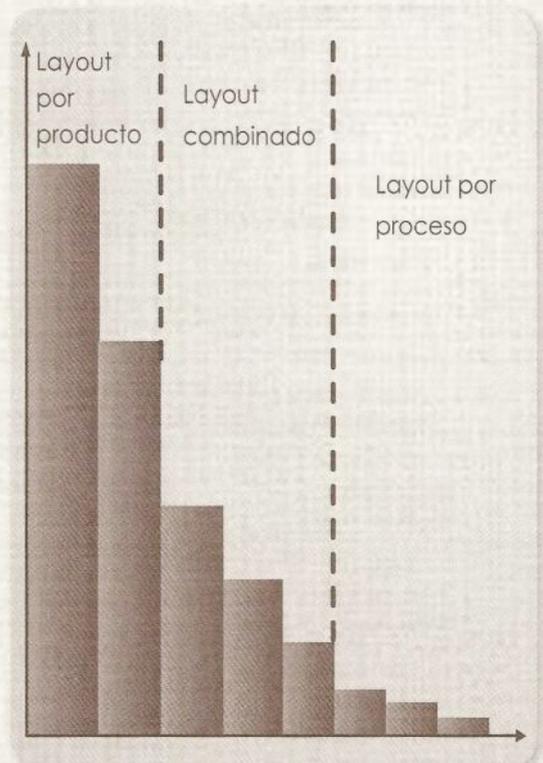


Figura 6.18 Elección de alternativas

Los pasos a seguir son:

Fase 1. Localización

Se decide dónde va a estar ubicada el área que va a ser organizada, pudiendo ser:

1. Una planta completamente nueva.
2. Una planta ya existente.
3. Reordenación total de la planta actual.
4. Ajustes mínimos (necesarios) en la planta actual.

Para el numeral 1, las características físicas de las instalaciones son el resultado del estudio de la distribución y para los numerales 2,3 y 4, las características físicas de las

instalaciones han de ser datos que restrinjan el diseño de la distribución.

Fase 2. Planeación de la organización general completa

En este paso se establece el patrón o patrones básicos de flujo para el área que va a ser organizada. También incluye el tamaño, relación y configuración de cada actividad mayor, departamento o área.

El método SLP, puede ser utilizado en cualquier proyecto de distribución en planta, solo se debe ajustar la importancia de cada etapa de acuerdo con el caso en estudio. Consta de las siguientes etapas:

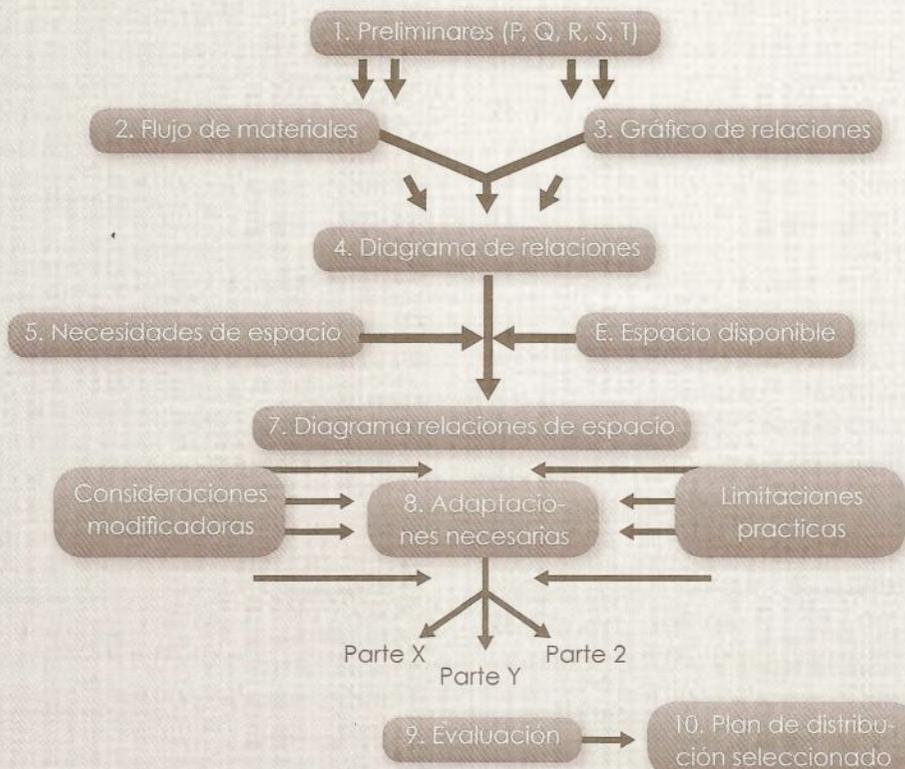


Figura 6.19 Etapas del SLP

1. Preliminares

Los datos básicos de entrada, fueron desarrollados por Richard Muther, compuesto por cinco tipos de datos necesarios como entradas del método:

- a. **Producto (P):** materias primas, productos en proceso, productos terminados, productos adquiridos a terceros.
- b. **Cantidad (Q):** volumen a producir, cantidad de producto o material tratado durante el proceso.
- c. **Recorrido (R):** ruta o proceso, su secuencia y la maquinaria del proceso.

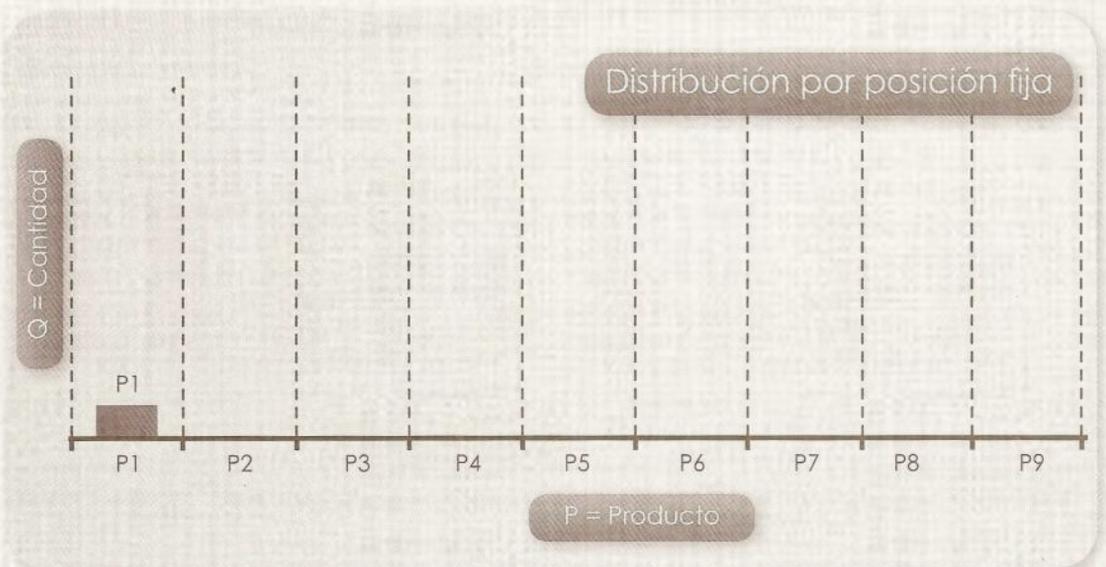
d. **Servicios (S):** auxiliares de producción, servicios para el personal, etc.

e. **Tiempo (T):** unidad de medida. Tiempo o ritmo, que relaciona las entradas anteriores (P; Q; R y S), donde, cuando, cuanto tiempo y periodicidad.

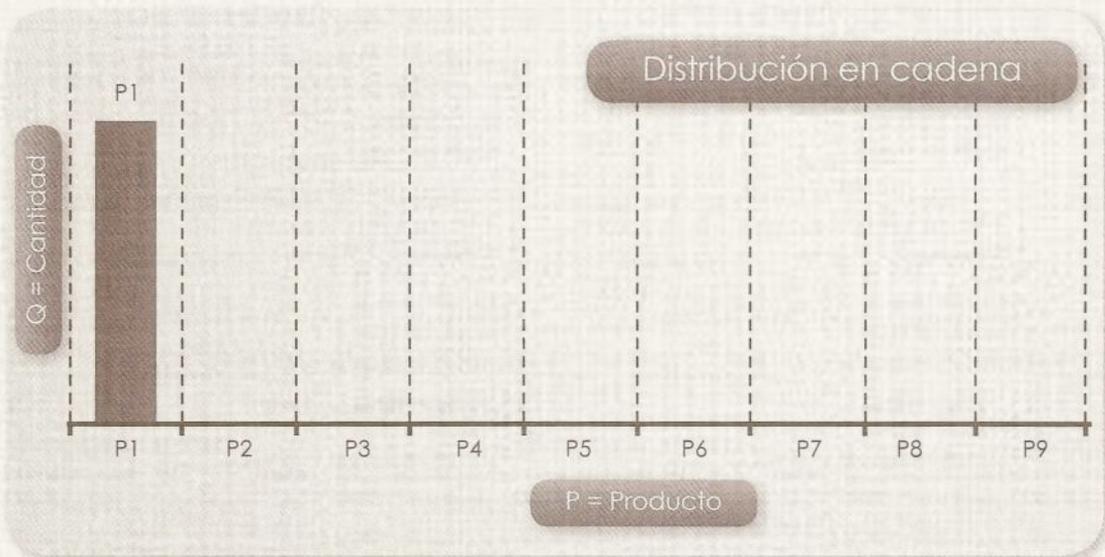
2. Análisis del flujo de materiales

A partir del análisis de los datos iniciales y de la secuencia de las operaciones se construye el flujo de materiales; y se determina el tipo de distribución adecuado para cada proceso, considerando:

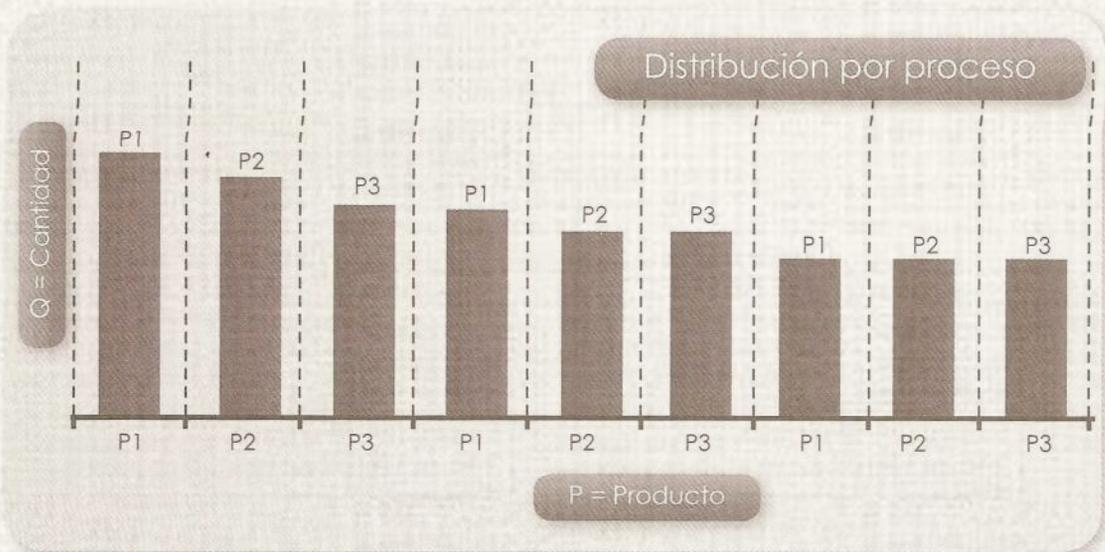
- a. Cuando se produce una única unidad de un único producto, la distribución es posición fija.



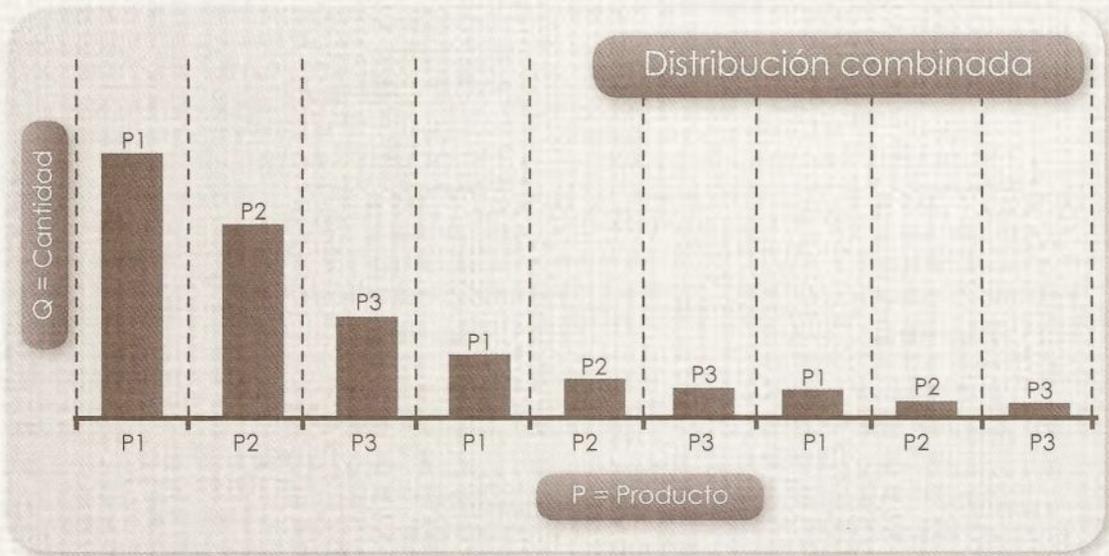
- b. La mayor parte de la producción la absorben pocos productos, la producción es orientada al producto o distribución en cadena. (ver figura).



- c. Se sugiere una distribución de mayor flexibilidad orientada al proceso, como se muestra a continuación.



- d. Se recomienda distribuciones mixtas, buscando la máxima flexibilidad y eficiencia.



Además, se determina la secuencia, cantidad y coste de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones, incluyendo la elaboración de gráficas (ver figuras arriba) y diagramas descriptivos del flujo de materiales teniendo en cuenta:

- I. *Cuando hay un solo producto:* el diagrama de operaciones conduce directamente al plan de distribución.

Consulte la página siguiente.

- II. *Cuando existen varios productos:* se utiliza un diagrama multiproducto o multipieza, debido a que se producen pocos productos, y se debe señalar la secuencia de operaciones a la que se somete cada pieza o producto. Este diagrama, es una herramienta

apropiada, la cual tienen una visión conjunta de los respectivos procesos en diversos productos, en especial cuando se consideran grupos de productos con procesos similares; en la formación de los grupos, se debe tener presente:

- Productos que requieren maquinaria equivalente.
- Productos que requieren operaciones análogas.
- Productos que requieren continuidad similar de operaciones.
- Productos que requieren tiempos de operación semejantes.
- Productos de similar forma, tamaño o aplicación similar.

A.R.C., Inc.
Regulador de flujo de aire

Formulado por
Fecha

J.A.

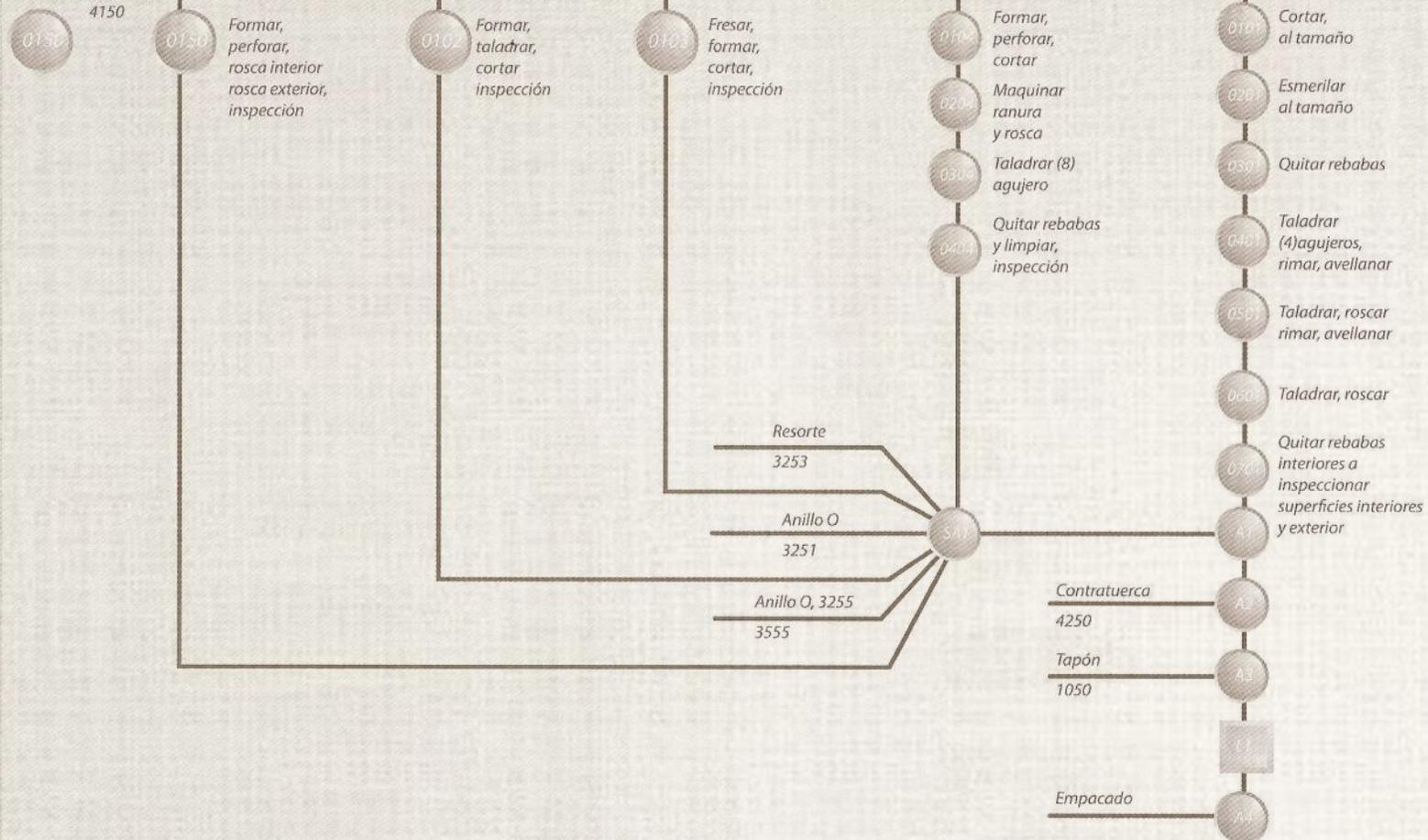
Compañía
Producto
Retén del émbolo

Anillo del asiento

Émbolo

Montante de émbolo

Cuerpo



- Productos que exigen el mismo nivel de calidad.

- Productos que requieren del mismo material.

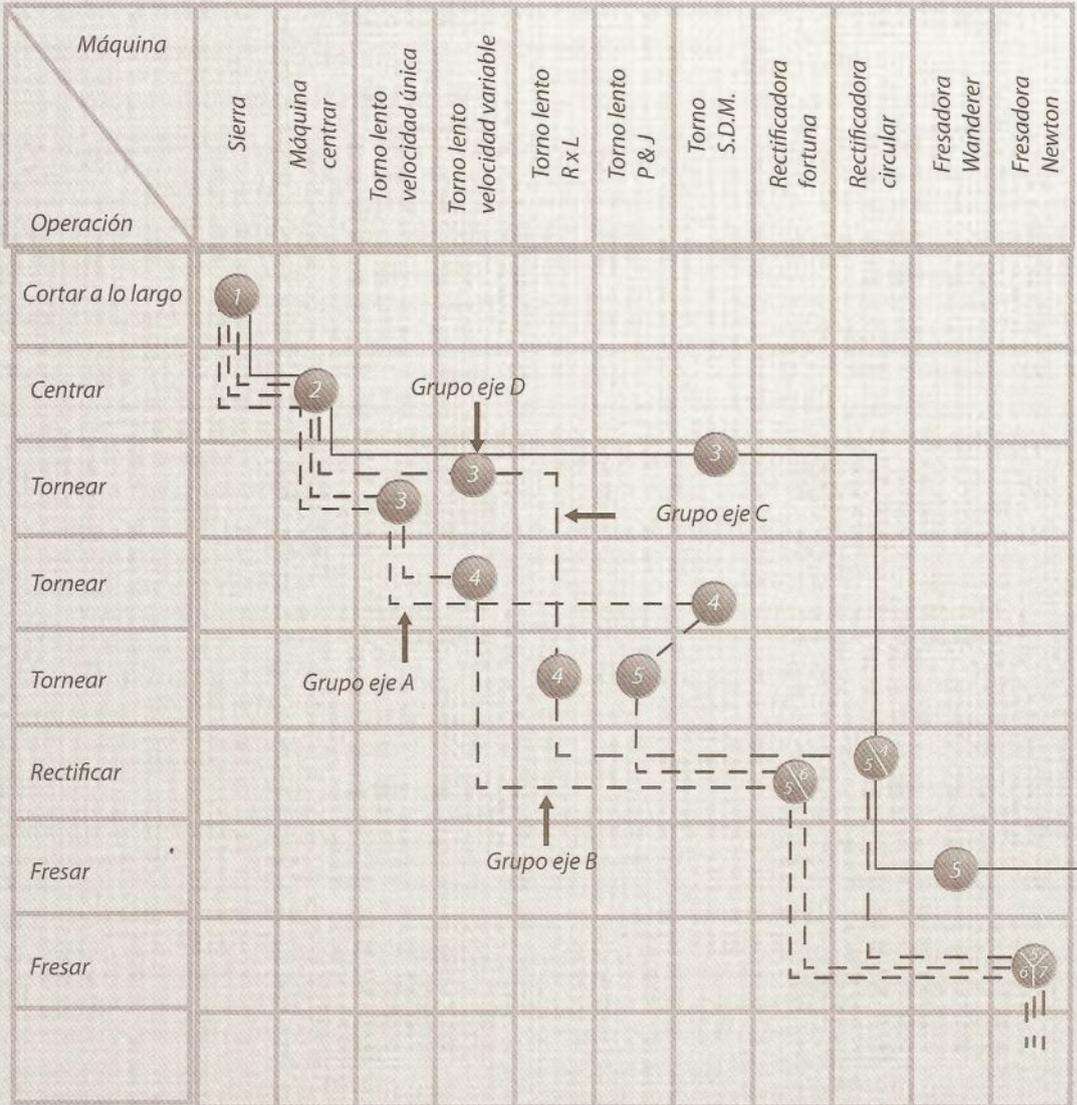


Figura 6.20 Diagrama multiproducto de un proceso que representa la secuencia de operaciones de varios productos.

III. Cuando la producción es de gran volumen o cantidad, y resultan ser demasiados para su respectiva clasificación, se puede utilizar una matriz que acentúe los desplazamientos entre centros.

Pieza No.	7754	7756	7761	7762	7765	7769	7771	7774	7780	7781	7785	7791	7793	7795
Área taller														
1 Taller soldadura		1			2	2	1			2	4			1
2 Pequeño montaje	1			1		3	2	1	1	1	3	5	1	2
3 Taller remachado	2			2				2						4
4 Solo prensas		2	1		1	1						1	2	3
5 Departamento taladradoras									2		2		3	4
6 Limpiado								3	3			1	5	5
7 Inspección	3	3	2	3	3	4	3	4	4		6	3	2	6
8 Embalaje	4	4		4	4	5	4	5	5		7	4		7
9 Embarque	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Desde	Recepción o almacenamiento	Taller de soldadura	Pequeño montaje	Taller remachado	Solo prensas	Dept. taladradores	Limpiado	Inspección	Embalaje
Recepción o almacenamiento		1							
Taller de soldadura									
Pequeño montaje			1						
Taller remachado				1					
Solo prensas					1				
Dept. taladradores						1			
Limpiado							1		
Inspección								1	
Embalaje									1

Figura 6.21 Diagramas para producción de gran volumen

Además, esta tabla relacional, permite la integración de los medios auxiliares considerando las siguientes razones de cercanía: Flujo de materiales, contacto personal, uso del mismo equipo e información diaria, participación personal, supervisión o control, continuidad de contacto, vigencia de servicio, costo de distribución de servicios, uso de los mismos servicios, nivel de intercomunicación y otros.

4. Diagrama de relaciones

Este se obtiene por medio de la combinación de información del flujo de materiales y los gráficos de relaciones. Cada centro se representa por un símbolo y estos se unen con líneas simples o múltiples que señalan la importancia de la relación. Se construye de forma gradual, iniciando

con las relaciones más importantes y adicionando las de mayor importancia hasta que estén todas incluidas. Es decir, el diagrama es un grafo, en donde los nodos representan las actividades unidos por líneas, las líneas formulan la existencia de algún tipo de relación entre las actividades adheridas, la intensidad de la relación se expresa con un número junto a la línea o por un código.

En el grafo se debe disminuir la cantidad de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre dichas actividades. Lo ideal es lograr distribuciones en que las actividades con mayor flujo se encuentren los más cerca posibles; los departamentos que favorecen las actividades son adimensionales sin forma definida. (Ver figura).

Valor Relación de cercanía

A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

1. Fosa traabe T

2. Ashto

3. Prelosas PC

4. Mesa tensado

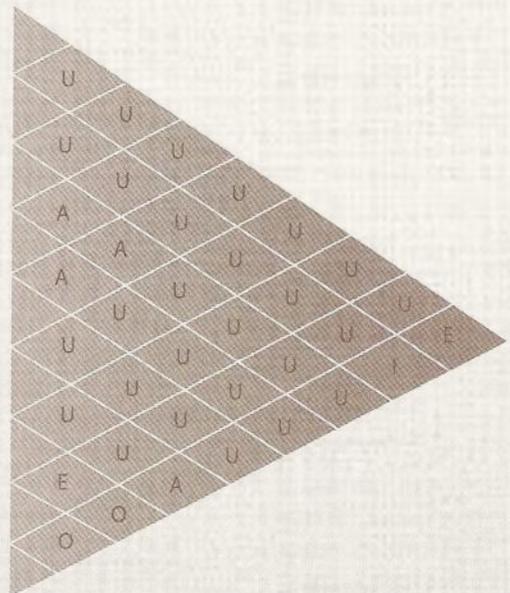
5. Fosa Viga cajon

6. Losa Spiroll

7. Col hueca

8. Columna

8. Puerta acceso



Ejemplo: En las siguientes gráficas, las líneas representan las relaciones entre las actividades y la importancia de proximidad entre ellas. Observándolas, se puede concluir que es necesaria la cercanía entre las actividades 3, 4 y 5 correspondientes a las tabletas, la mesa de tensado y la fosa viga cajón; y entre las actividades 6 y 9 los spiroll y la puerta de acceso. También, se deduce que las actividades 8 y 7 correspondientes a los moldes de las columnas 1 y 9 correspondientes a la trabe "TT" y a la puerta de acceso, es primordial su cercanía. Además, se observa que las otras actividades son independientes con respecto a la cercanía.

5. Necesidad de espacios

De acuerdo con las necesidades de espacio, existen varias formas de evaluar la superficie necesaria para cada centro de actividad:

a. *Cálculo del espacio:* la distribución del espacio, señala la disposición física de los puestos de trabajo, de sus componentes materiales y la ubicación de las instalaciones para la atención y servicios del personal y clientes respectivamente. Su estudio contribuye al incremento de la eficiencia de las actividades, que realizan las unidades que integran una organización, asimismo, facilitar al cuerpo directivo y empleados el espacio suficiente, adecuado y preciso para desarrollar sus funciones de manera eficaz, de igual modo permitir a los clientes de la organización adquirir los servicios y productos que demandan, bajo las mejores condiciones; procurando que la disponibilidad del espacio facilite la movilización de las personas, la ejecución, supervisión y flujo del

trabajo, además, el uso apropiado de elementos materiales, reduciendo tiempo y costos en su desarrollo, considerando:

- » Concentrar el personal en amplios locales de trabajo, con o sin divisiones interiores, en excelentes condiciones laborales (iluminación, ventilación, comunicación), y adecuada adaptabilidad a los cambios propuestos.
- » Evitar recintos en los que trabaje un número excesivo de personas (hacinamientos).
- » Ofrecer un grado de comodidad y aislamiento a algunos operarios, siempre y cuando sea necesario.
- » Lograr fluidez del trabajo hacia adelante, formando una línea recta.
- » Colocar las unidades orgánicas con funciones similares y relacionadas entre sí, una seguida de otra.

- » Ejecutar previsiones con respecto a las cargas máximas de trabajo para hacer frente al aumento del volumen de las operaciones
- » Concentrar en áreas a pruebas de sonidos, las unidades que utilizan maquinaria y equipo ruidosos.
- » Situar en áreas especiales, al personal cuyo trabajo requiere de absoluta concentración.
- » Instalar a nivel del piso, los contactos necesarios para maquinaria y equipo
- » Proveer al personal y a los visitantes de servicios sanitarios y adecuados espacios para los periodos de descanso y espera.
- » Disponer de lugares adecuados para el almacenamiento de útiles de aseo, papelería y suministros.
- » Disponer de un adecuado manejo de imagen de la organización, el cual transmita orden y confianza.

a. *b. Medición de la distancia y de la forma:* antes de dar inicio a la distribución en la planta, es necesario tener en cuenta la forma en que se medirán las distancias entre ellas, una vez ubicadas y la forma de las áreas establecidas para cada actividad. La mayoría de criterios utilizados en la evaluación de la calidad de una solución específica, emplea la distancia

entre las diferentes actividades de varias formas. Un ejemplo común, es emplear la sumatoria del flujo entre cada par de actividades multiplicando por la distancia existente en ellas. Sin embargo, para poder fijar cualquier tipo de restricción geométrica al área estipulada a cada actividad, se requiere tener una forma apropiada de medir esta forma.

c. *Métricas de distancia:* las métricas usadas con alguna eventualidad, miden la distancia entre los centroides de las áreas asignadas a las actividades respectivas. Son una simplificación, debido a que la localización de los puntos de recepción y expedición de materiales en cada actividad, no son conocidos, hasta no haber determinado el layout detallado y escogidos los sistemas de transporte de materiales. Por lo tanto, en estos modelos, el centroide representa el punto de recepción y el punto de expedición del flujo de materiales entre los departamentos o áreas. Una dificultad en la utilización del centro geométrico de las áreas de las actividades, es que requiere del empleo de mecanismos para evitar la disposición de gentiles advertencias de las actividades, que aunque disminuyen la distancia entre los centroides, no son operativas en la práctica.

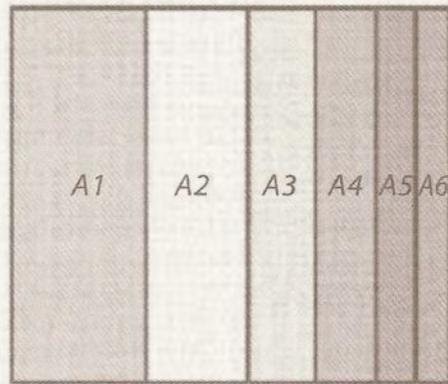
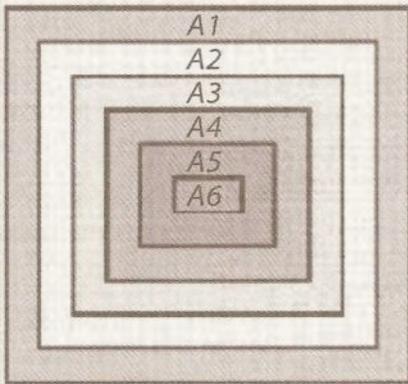


Figura 6.22 Disposiciones que minimizan la distancia entre centroides de las áreas de las actividades

Las métricas más desarrolladas son de tipo Minkowski, en donde la distancia entre dos actividades i y j se determina de la siguiente forma:

$$d_{ij}(p) = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|^p}$$

Haciendo variar p entre 1 e infinito se obtienen diferentes tipos de métricas:

- I. **Contorno lateral:** se define como el recorrido realizado por el material entre dos actividades a lo largo de los pasillos que rodean las actividades efectivas entre las dos razonadas. En la siguiente figura, se calcularía como la suma de las longitudes de los segmentos azules. Sin embargo, pueden emplearse los centroides de las actividades como inicio y final del recorrido, siendo normal la definición de puntos de entrada y

salida de materiales para calcular el contorno lateral.

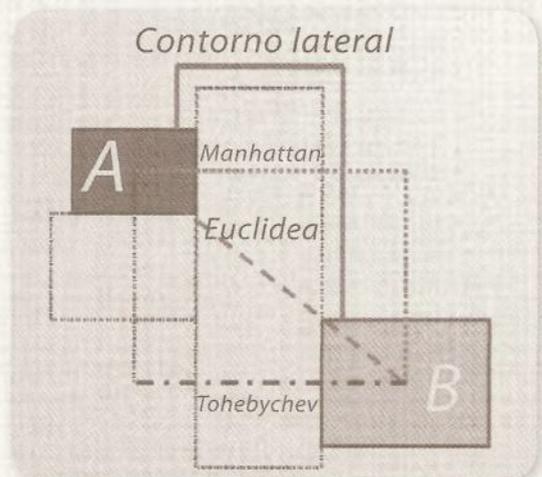


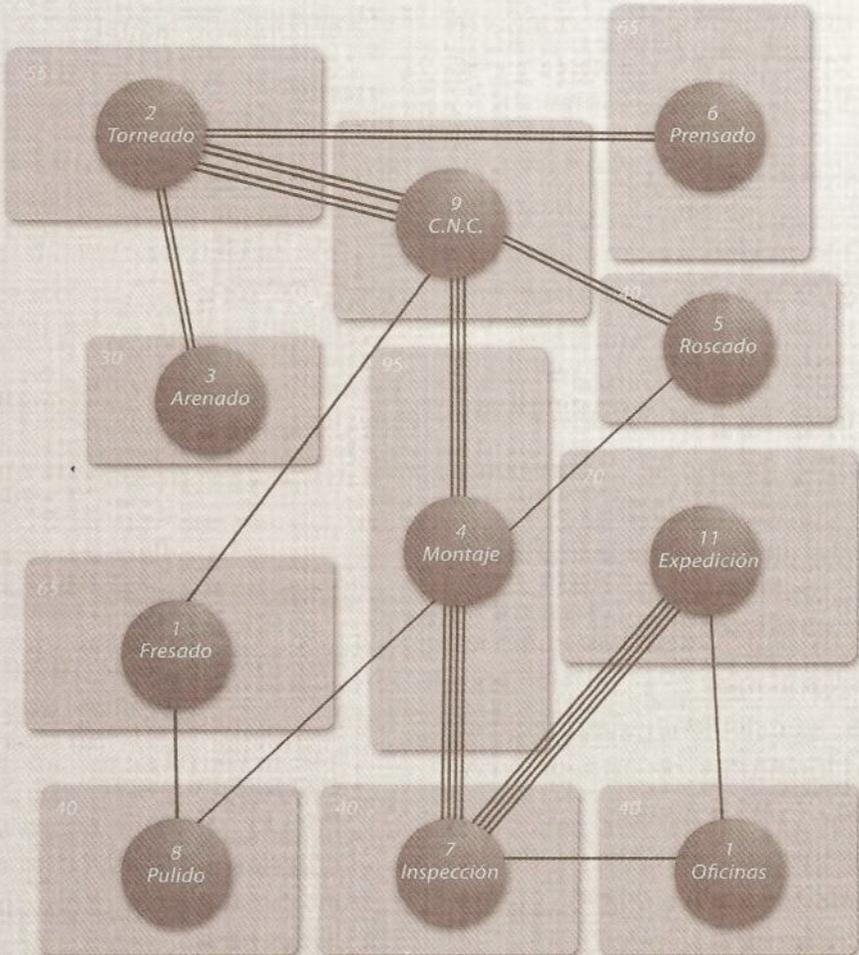
Figura 6.23 Cálculo contorno lateral

- II. **Proximidad o adyacencia:** esta métrica es la más sencilla, solo distingue si las actividades comparten alguno de sus lados. Por lo general, se emplea con criterios cualitativos que evalúan la conveniencia o no de que dos actividades estén próximas o adyacentes.

$$d_{ij} \begin{cases} 0; & \text{si las actividades } i \text{ y } j \text{ son adyacentes} \\ 1; & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

d. *Medición de la forma:* el establecer restricciones de tipo geométrico a las actividades en los problemas multiareas, precisa definir ciertas maneras de evaluar la calidad de la forma de los departamentos a los que son asignados. En las

diferentes fuentes de investigación, es posible encontrar diferentes representaciones para medir la calidad formal de las soluciones, por lo general se basan en la premisa de que es deseable que la forma de los departamentos sea únicamente de tipo rectangular. La mayoría de los indicadores de calidad formal, se dirigen hacia un planteamiento discreto del problema, en el que las áreas de las actividades podrán adoptar formas



complejas e incluso desagregadas, que en los modelos continuos, en los que las áreas son casi siempre rectangulares.

6. Espacio disponible

Las necesidades de espacio deben ser adaptadas al espacio disponible. Resultarían útiles regular las áreas de actividad según la importancia relativa de mantener las necesidades de espacio. Es común el uso de las letras de clasificación del SPL

7. Diagrama relacional de espacio

En este diagrama se emplea el método más adecuado para el cálculo de los espacios. El espacio depende de las características del proceso productivo global y de su gestión. El acomodo de las necesidades y reservas de espacio es un proceso interactivo de continuos acuerdos y correcciones. Los símbolos característicos de cada actividad son representados a escala; ajustado al área necesaria para el desarrollo de la actividad.

Con frecuencia, se añade otro tipo de información como el número de equipos o la planta en la que debe ubicarse.

El diagrama relacional de espacio brinda la disponibilidad de crear un conjunto de distribuciones alternativas que han de facilitar la solución al problema.

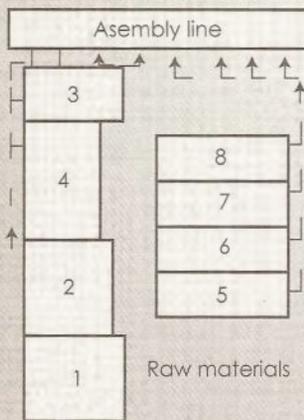
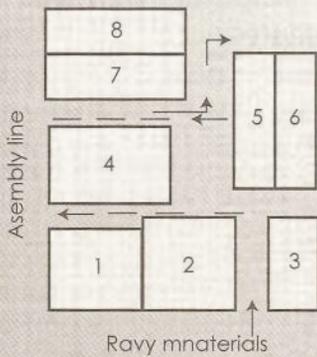
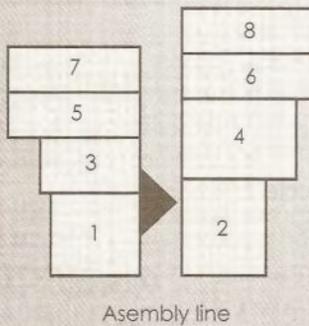
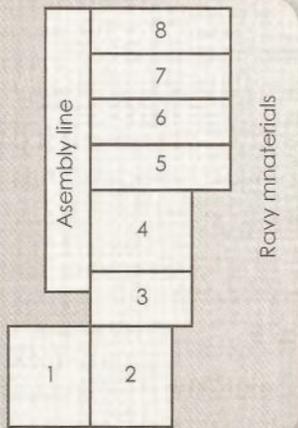
8. Adaptaciones necesarias

El principal objetivo es lograr un orden de las actividades que faciliten la mejor combinación entre todas las consideraciones y limitaciones.

9. Evaluación de alternativas

Se realiza por medio de los siguientes métodos:

- a. *Elaborar lista de ventajas e inconvenientes:* Es la forma más sencilla para evaluar las alternativas; escribir las ventajas e inconvenientes de cada distribución que se evalúa.
- b. *Comparación de costos:* En todos los proyectos y en especial en los de mayor categoría, los costos pueden constituir la base para seleccionar la mejor alternativa. Se consideran:
 - i. *Costos de instalación:* Comprende el costo inicial de toda clase de equipos nuevos, costos adicionales, costos de instalación, costos de depreciación y obsolescencia.
 - ii. *Costos de funcionamiento:* Material, mano de obra, cargas y gastos en general.
- c. *Análisis por factores:* Este método, consiste en seleccionar criterios en base a los cuales se tomara la decisión, asignándole un valor ponderado de acuerdo con su nivel de importancia (1-



Métodos de manipulación y transporte

las instalaciones de almacenamiento

Prácticas operativas

Indicaciones de la dirección

Consideraciones de seguridad

Los servicios para el personal

Las características del edificio

Las instalaciones y servicios auxiliares

Los procedimientos y controles

Practicabilidad, etc.



El objetivo es obtener una ordenación de actividades que den la combinación de actividades que den la combinación más práctica de todas las consideraciones y limitaciones.

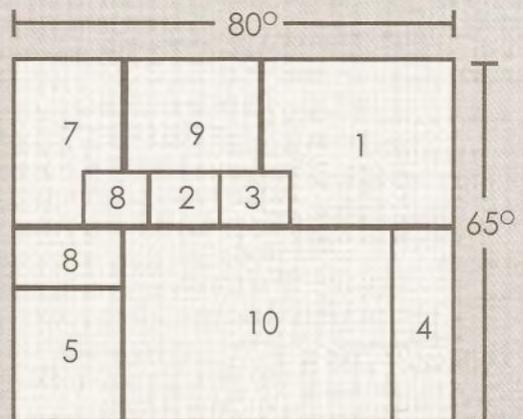


Figura 6.24

10). Las alternativas deben ser valoradas en su totalidad en relación a los criterios, realizando una comparación numérica. Algunos criterios son: Facilidad de expansión, flexibilidad, eficacia en la manipulación de materiales, utilización del espacio, seguridad, condiciones de trabajo, aspecto, valor promocional, utilización de los equipos, facilidad de supervisión y control, inversión y costo de funcionamiento entre otros.

10. Plan de distribución seleccionado

Considerando el ítem anterior, se realiza la elección de la mejor alternativa.

Fase 3

Preparación de detalle del plan de organización o Distribución detallada: circunscribe el sitio específico. La distribución detallada involucra la ubicación de cada pieza, maquina o equipo, pasillo y zona de almacén, realizando dicho estudio en cada departamento.

De igual manera, como en la fase 2, se utiliza el SLP, con sus respectivos ajustes.

a. *Flujo de materiales:* movimiento de materiales al interior de cada departamento.

b. *Necesidades de espacio:* comprende el espacio requerido para cada unidad específica de maquinaria y equipo y su adyacente área de servicio.

c. *Relaciones de actividad:* considera las relaciones del equipo al interior de cada departamento.

d. *Necesidades de espacio:* Se convierte en una ordenación de maquetas y plantillas de maquinaria y equipo, hombres y materiales o productos

Fase 4

Instalación: quien realiza la distribución en planta, en algunos casos es la persona responsable de hacer que la distribución sea implantada de forma correcta. Sin embargo, es el Ingeniero de la planta o el departamento de mantenimiento el encargado; asesorado por el diseñador.

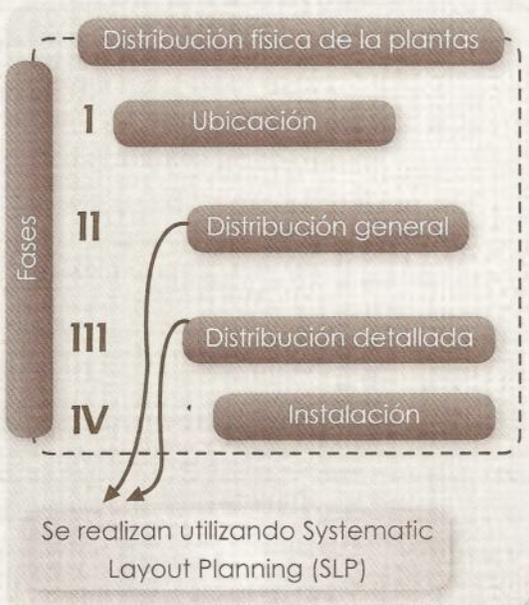
En orden de importancia, la información apropiada para la implantación de la distribución en planta comprende:

- » Una lista actualizada de la maquinaria y equipo a instalar o del equipo actual que debe ser trasladado a un sitio diferente.
- » Un plano, dibujo o fotografía explicando los detalles de los nuevos emplazamientos.
- » Un programa de movimientos.

» Un formato o una hoja de especificaciones para mostrar cómo cada máquina será desconectada, movida y vuelta a instalar.

Fase 4

Instalación: Comprende planeación de la instalación y la ejecución de forma física de los movimientos necesarios, indica los detalles de la distribución, realizando los ajustes exigidos conforme se van colocando los equipos.



Las fases 1 y 4 con frecuencia no hacen parte del proyecto específico de planificación. Por lo general, el planificador siempre centra su atención en las fases 2 y 3 respectivamente.

Distribución en planta mediante ordenador

Las técnicas computarizadas de planificación se pueden clasificar en dos tipos:

1. Algoritmos de mejora

Parten de una solución y la modificación, con el fin de obtener reducción en los costos:

a. CRAFT (Técnica computarizada de distribución relativa e las instalaciones)

Desarrollada por Amour, Buffa y Vollmann, exige elementos cuantitativos de flujo, esta rutina es de mejoramiento, cuyo principal objetivo consiste en establecer una distribución competente que proponga el costo mínimo de transporte, definiendo el "costo de transporte" como el producto de multiplicar el producto volumen-distancia por los costos iniciales de traslado del insumo; requiere que los costos de traslado se presenten en forma de un costo por unidad de distancia, cuya presentación exige la aceptación de los supuestos siguientes:

- Los costos de traslado son independientes de la utilización del equipo
- Los costos de traslado se relacionan de forma lineal con la distancia del recorrido.

Estos supuestos, en algunos casos no son justificables, por lo que se le

asigna un valor por unidad, invalidando los costos respectivamente, el objetivo del CRAFT, pasa a ser, el de minimizar el producto de volumen por distancia, por esta razón se le llama “diagrama de recorrido computarizado”.

El CRAFT, inicia su procedimiento determinando los centroides de los departamentos en la distribución inicial, luego calcula la distancia en línea recta entre los centroides y se registra en una matriz de distancia. El costo de transporte correspondiente a la distribución inicial, se establece calculando el producto del diagrama origen-destino, la matriz de costo de traslado y la matriz de distancias, después se consideran los intercambios entre los departamentos con áreas similares, para tratar de reducir el costo del transporte. Los intercambios a considerar son:

- Intercambios por pares
- Intercambio en tres sentidos
- Intercambios por pares seguidos por intercambios por pares
- Los mejores intercambios por pares o en tres sentidos.

En cada intercambio departamental, se realiza un cálculo aproximado del costo del transporte, adicionando al proyecto de distribución, el intercambio con la mayor reducción del costo del transporte y se continúa con el estudio, hasta que no existan más intercambios que reduzcan el costo del transporte.

El beneficiario de esta técnica del CRAFT, debe tener clara la orientación de la rutina, basada en las vías y en los departamentos artificiales (son aquellos que no tienen flujo con otros departamentos, aunque abarcan un área determinada). Debido a que el CRAFT, fija una distribución final siguiendo una vía de mejoramiento a partir de la distribución inicial, por medio de diversas repeticiones de la distribución final, se busca que la distribución final dependa de la inicial. El uso variado de diversas distribuciones iniciales, supera la presencia de cualquier inconveniente de orientación en las vías. Los departamentos ficticios, contienen las funciones siguientes:

- Colmar las irregularidades del edificio.
- Representar áreas fijas de la instalación, en las que no se representen los departamentos como: escaleras, salas de descanso, elevadores, servicios, etc.
- Cooperar con la evaluación de la ubicación de los pasillos en la distribución final.

El uso de los dos primeros ítems, son el resultado del requisito de CRAFT, de que todas las instalaciones sean rectangulares o cuadradas o que a nivel interno no haya espacios vacíos. El último ítem permite a quien planifica, emplear el CRAFT para evaluar las distribuciones que son utilizables. Incluyendo en la distribución inicial varios departamentos ficticios, con

diversas áreas, unidas a un pared exterior pueden servir más adelante para representar y establecer el efecto de diferentes ubicaciones de los pasillos. Aunque puede resultar extraño, que una configuración de los departamentos que se generen por medio de esta técnica, permita incluir pasillos rectos y continuos, similares a los que se buscan en la distribución final. El CRAFT puede facilitar el cálculo de los efectos de la modificación de la distribución generada por la computadora en una distribución práctica, alterando la respectiva configuración de los departamentos, situados junto a áreas específicas, colocando los ficticios de modo que representen a los pasillos.

2. Algoritmos constructivos

Generan una solución a partir de los datos del problema:

a. CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning)

Desarrollado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Northeastern University, requiere elementos cuantitativos, fue uno de los primeros algoritmos de construcción. Su objetivo es desarrollar una distribu

ción donde los departamentos con mayor relación estén lo más próximos posibles. Las relaciones de cercanía (CR_{ij} Closeness Rating) puntualizan la conveniencia de ubicar pares

de operaciones o departamentos cercanos entre sí. Requiere de los mismos elementos básicos que para el diagrama por relaciones.

El método se basa en el cálculo de una calificación total de cercanía (TCR) para cada departamento, siendo TCR la suma de los valores numéricos asignados a las relaciones de proximidad ($A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1$), entre un departamento y todos los demás. El departamento con la TCR más alta se coloca en el centro de la disposición. Si se presenta un empate por la TCR más alta, se aplica la regla de desempate: iniciando con el departamento con el área más grande y luego con el departamento que tenga el número más bajo.

Después se examina la tabla de relaciones, y si se encuentra que un departamento tiene una relación "A" con el departamento seleccionado, se incorpora a la disposición, si por el contrario no se encuentra ninguna, se busca en la tabla una relación "E", después una "I" y se continua así de manera sucesiva. Si dos departamentos tienen la misma relación con el departamento seleccionado, se selecciona el que tenga la TCR mas alta, si persiste el empate, se aplica la regla de desempate.

El tercer departamento que entra a la disposición se determina estudiando la tabla de relaciones en busca de un departamento no asignado que cuente con una relación "A" con el primer departamento seleccionado.

De ser así, ese departamento pasa al proyecto. Si existe un vínculo, se aplica la TCR y luego la regla de desempate. Si ningún departamento no asignado tiene una relación “A” con el segundo departamento, se repite el procedimiento considerando las relaciones “E”, luego las relaciones “I” y así de manera sucesiva. Si se presenta empate, se aplica la TCR y luego la jerarquía de desempate.

El mismo procedimiento se repite para el cuarto departamento que entra al proyecto de distribución, solo que esta vez, se incluyen en la búsqueda los tres departamentos seleccionados. El procedimiento continuo, hasta que todos los departamentos se hayan seleccionado para ser parte del proyecto.

Una vez que se ha elegido un departamento para entrar al proyecto, se decide su colocación, esta se efectúa calculando la clasificación de ubicación de los lugares disponibles del departamento, en donde la clasificación de ubicación o colocación, es la suma de las clasificaciones de cercanía ponderadas entre el departamento que va a ser parte del proyecto y sus vecinos.

Ejemplo: considere la disposición formada por los departamentos 1 y

7 de la siguiente figura, suponga que el departamento 2 es el siguiente en entrar a la disposición, y tiene una relación “A” con el departamento 1, y una relación “E” con el departamento 7, y si esta relación se pondera una relación “A” con 64 y una “E” con 16. Las clasificaciones de ubicación son como las muestra la figura (numerales b, c y d).

Consulte la figura en la página siguiente..

Si se presenta un empate para la clasificación de ubicación, se comparan las longitudes de los límites de las ubicaciones empatadas.

La longitud del límite es el número de lados cuadrados unitarios que el departamento que va a entrar a la disposición posee en común con sus vecinos. La figura muestra que las longitudes para los numerales b y c son 2 y para el numeral c, la longitud del límite es 3.

Una vez, realizada la disposición final, CORELAP evalúa la disposición, calculando la clasificación (Consulte la fórmula al final de la página).

Es de anotar, que a diferencia de la distancia entre los centroides de los departamentos en CRAFT, CORELAP utiliza la trayectoria rectilínea más corta, porque se supone que cada

$$\text{Calificación de la disposición} = \sum \begin{matrix} \text{Calificación} \\ \text{de cercanía} \\ \text{numérica} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Longitud de} \\ \text{trayectoria} \\ \text{más corta} \end{matrix}$$

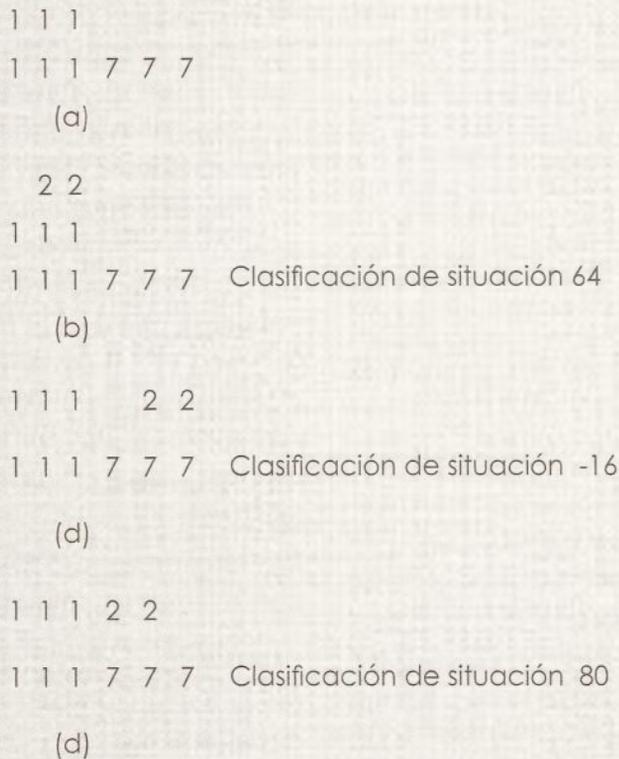


Figura 6.25 clasificación de situación CORELAP.

departamento tendrá un área de despacho y un área de recepción en el lado de su disposición más cercano a su vecino.

Con frecuencia, las disposiciones generadas por CORELAP producen edificios con formas irregulares y es necesario realizar ajustes manuales. Además, se requiere de atención especial al interpretar las calificaciones de la disposición, porque la trayectoria rectilínea más corta entre los departamentos no siempre es una medida adecuada a la realidad.

b. ALDEP (Automated Layout Design Program)

Programa automatizado de diseño de la disposición desarrollado por IBM, contiene los mismos requerimientos de datos básicos y objetivos que CORELAP. Es también una rutina de construcción que no requiere comenzar con una planta ya existente, sin embargo, debido al proceso de evaluación empleado en la aceptación y rechazo de las alternativas, también se puede considerar como un programa de mejora

La principal diferencia de concepto con CORELAP, es que esta intenta producir muchas disposiciones, califica cada una y deja la evaluación de las disposiciones al diseñador de plantas, mientras que ALDEP, es el primer modelo que incorpora previsiones para varios pisos, puede manejar hasta tres pisos, y permite colocarlos en ubicaciones específicas incluyendo departamentos ficticios, aunque no acepta el flujo entre pisos con tanta eficacia como *Múltiple o Sable/Stages*, de igual modo, si este se encuentra con un departamento fijo, tiende a dividirlo. ALDEP, elige de modo aleatorio el primer departamento que entrara al proyecto, luego examina la tabla de relaciones para comprobar si hay un departamento que tenga una relación "A" con el primer departamento seleccionado. Si se encuentra uno, se selecciona para entrar a la disposición, pero si existen más de uno, se escoge de manera aleatoria.

Si ningún departamento tiene una relación, por lo menos igual a la calificación de cercanía mínima aceptable especificada por el usuario, el segundo departamento para entrar a la disposición, también será elegido de modo aleatorio. Seleccionado el segundo departamento, se repite el procedimiento de selección para el segundo departamento y todos los no seleccionados. Luego de ser elegido el tercer departamento para entrar a la disposición, el siguiente se determina al repetir el procedimiento de selección, el procedimiento continuo hasta que todos los departamentos se han seleccionado

para hacer parte del proyecto. ALDEP, inicia su rutina de ubicación, al colocar el primer departamento en la esquina superior izquierda de la disposición y se extiende hacia abajo. La anchura de la extensión que se forma hacia abajo del departamento que entra a la disposición es introducida por el usuario y se denomina "anchura de barrido".

Como lo muestra la figura que sigue a continuación, el departamento se pone en la disposición mediante el esquema de barrido (numeral f). Cada departamento adicionado a la disposición comienza donde termina el anterior, y continua siguiendo una trayectoria ondulada. Cuando todos los departamentos han ingresado a la disposición, ALDEP estima la disposición al asignar valores a las relaciones entre los departamentos vecinos. Si un departamento es adyacente a un departamento con el que mantiene una relación "A", se suma un valor de 64 a la calificación de la disposición. Una relación "E", suma 16, una "I" suma 4, y una "O" suma 1.

Una relación "U" no tiene efecto en la calificación de la disposición y si dos departamentos adyacentes tienen una relación "X", se sustrae 1 024 de la calificación de la disposición. ALDEP imprime la calificación de la disposición y regresa a generar de forma aleatoria el primer departamento que se va a seleccionar para la siguiente disposición. El procedimiento se repite en su totalidad. ALDEP, se

puede emplear para generar hasta 20 disposiciones y calificaciones en cada eventualidad.

Sin embargo, ALDEP no imprime las disposiciones que contienen calificaciones inferiores a una calificación mínima ingresadas a l inicio. Esta es la causa, para que los usuarios sean consecuentes con el nivel del castigo anexo para la relación "X". Con frecuencia, las tablas de relaciones que tienen varias relaciones "X" se han habilitado para no imprimir estas disposiciones.

Por lo tanto, los usuarios deben rechazar las respuestas de ALDEP sin antes haber experimentado, con los valores ingresados para el nivel de importancia y la anchura de barrido.

El nivel de importancia establecido de forma básica, segrega todas las relaciones en una clasificación de acuerdo a su importancia. Tomando la decisión de cual relación debe considerarse importante y cual no para cada problema y esto solo se determina con el ensayo. La anchura de barrido que ofrece la mejor disposición depende del problema y se debe establecer mediante la experimentación.

Consulte la figura 6.26; en la página siguiente.

Empresas de servicio

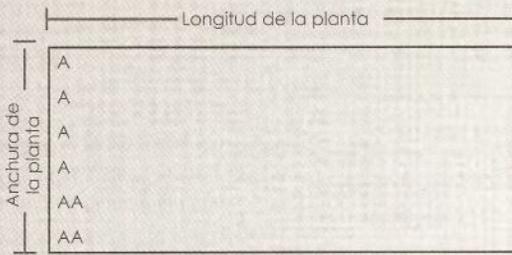
A causa de la variedad de empresas de servicios existentes y el costo bajo para establecer una instalación de

servicio, comparado con una planta de manufactura, las instalaciones de servicio nuevas son más comunes que las fábricas y bodegas nuevas. Realmente, son pocas las comunidades en las que el rápido crecimiento de la población no está acompañado por un crecimiento rápido de las tiendas detallistas, restaurantes, servicios municipales e instalaciones de entretenimiento.

Sin embargo, los servicios tienen varios sitios para mantener una relación cercana con los clientes. La decisión de la ubicación está relacionada con la decisión de la selección de mercados. Si el mercado meta son los grupos de universitarios, los establecimientos en las agrupaciones de clausura (a pesar de su conveniencia en términos de costos, disponibilidad de recursos, etc.) no son alternativas viables.

Las necesidades del mercado afectan también el número de sitios a construir, al igual que el tamaño y sus características. Entre tanto, las decisiones de ubicación de la fábrica se toman para minimizar los costos; numerosas técnicas de decisión sobre la ubicación de los servicios maximizan las utilidades de otros sitios.

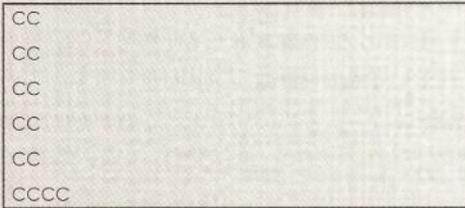
En el caso de una cadena hotelera, la selección de los mejores sitios es vital para el éxito. De las cuatro consideraciones de mercado principales (precio, producto, promoción y ubicación), la ubicación y el producto son las más importantes para las empresas con representación



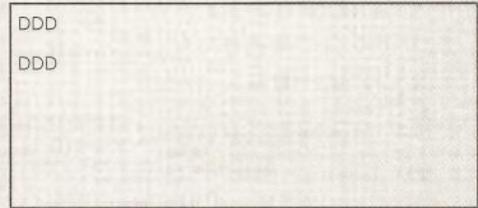
(a) Tamaño del departamento = 8 cuadros
 Anchura de la planta = 6 cuadros
 Anchura del barrido = 1 cuadro



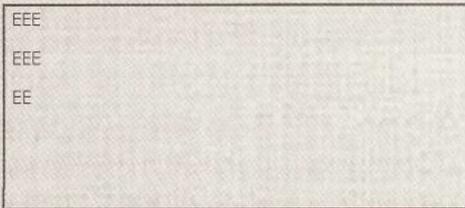
(b) Tamaño del departamento = 14 cuadros
 Anchura de la planta = 6 cuadros
 Anchura del barrido = 1 cuadro



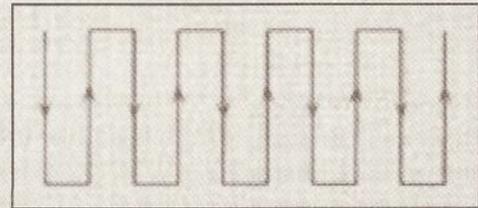
(c) Tamaño del departamento = 14 cuadros
 Anchura de la planta = 6 cuadros
 Anchura del barrido = 2 cuadros



(d) Tamaño del departamento = 6 cuadros
 Anchura de la planta = 6 cuadros
 Anchura del barrido = 3 cuadros



(e) Tamaño del departamento = 8 cuadros
 Anchura de la planta = 6 cuadros
 Anchura del barrido = 3 cuadros



Esquema general de barrido seguido por ALDEP

Ilustración 6.26 Procedimiento de colocación de ALDEP

en varios lugares. Como consecuencia de ello, los propietarios de las cadenas hoteleras que pueden elegir sitios adecuados con rapidez, tienen una ventaja competitiva característica.

El uso de un modelo de regresión múltiple ayuda a seleccionar los sitios adecuados.

Distribución de oficinas

Actualmente, la disposición en la distribución de oficinas se encamina hacia los espacios abiertos, es decir, oficinas agradables, cómodas con un adecuado ambiente físico, las cuales incluyen los espacios personales de trabajo. La mayoría de las compañías

han eliminado los muros fijos, con el fin de mejorar la comunicación y el trabajo en equipo. El empleo de una correcta señalización, por medio de letreros, símbolos y otros objetos es esencial, así como el tamaño y la orientación de los escritorios, los cuales manifiestan la importancia o el profesionalismo de las personas quienes los ocupan.

Algunas oficinas centrales de administración fueron diseñadas y distribuidas de modo que transmitan la imagen de la compañía; dentro de estas se mencionan el complejo de oficinas administrativas de Scandinavian Airlines System (SAS), en las afueras de Estocolmo, siendo un conjunto de canales de dos plantas, con muros de cristal, que facilitan una comunicación abierta de jerarquía plana, la peculiaridad de la filosofía administrativa de la compañía y la compañía de la administración de conserjería Service-Master, colocando su "Sala de Conocimiento" en el centro de sus oficinas centrales. Esta sala contiene los productos físicos, los manuales de operaciones y las muestras pictóricas de las rutas de carrera y otros símbolos del conocimiento, clave esencial para el negocio. Permitiendo visualizar desde esta sala, el resto de la compañía como un gran sistema, cuyo objetivo es llevar el conocimiento del mercado a todos sus empleados y clientes potenciales.

De este modo, la mayoría de organizaciones se encuentran a la vanguardia de los últimos adelantos

tecnológicos, adecuándolos para una buena distribución de la fábrica u oficinas, con el fin de lograr una ventaja competitiva que facilite los procesos de flujo de materiales e información, fortificando la vida laboral de los empleados.

Distribución en servicios minoristas

Los servicios minoristas hacen referencia a los brindados en tiendas, bancos y restaurantes; su objetivo es maximizar la utilidad neta por metro cuadrado del espacio de piso. Dentro de estas compañías se encuentra la compañía Apple Computer, quien ha sabido aprovechar cada centímetro de la distribución de su espacio para alcanzar el objetivo. En la distribución de una tienda minorista de Apple, los clientes entran y salen de la tienda por un área de "pagar y envolver". Los productos Mac y iPod a nivel de la entrada se encuentran en la primera sección a la derecha y a la izquierda, en mostradores y en exhibidores en el muro. En el área central están los accesorios de estos productos. La barra de genios es una particularidad en todas las tiendas de Apple, allí todos los clientes reciben asesoría técnica o el servicio de preparación y reparación de sus productos. Como consecuencia de la creciente atención al cliente en esta área, las nuevas tiendas tienen una barra de iPod. En la mayoría de tiendas, existe un lugar llamado el Estudio, cuyo contenido es

Condición del ambiente: comprende las características del entorno, como la cantidad de ruido, música, iluminación, temperatura y el olor, que afectan el desempeño y el carácter del empleado, así como las percepciones de los clientes afines al servicio, la cantidad de tiempo que permanecen en el establecimiento y la cantidad de dinero que gastan. Si bien es cierto, muchas de estas características están sujetas a la influencia del diseño del edificio (como la colocación de luminarias, los acabados acústicos y los ventiladores), la distribución en el interior del edificio también trae consecuencias. Las áreas cerca del lugar donde se prepara la comida, perciben el olor a comida, la iluminación en el pasillo de las butacas de un teatro debe ser tenue, las mesas colocadas cerca del escenario serán ruidosas y las ubicadas a la entrada deben facilitar la ventilación.

La funcionalidad y la distribución del espacio: son esenciales y presentan dos aspectos: la planeación del trayecto de circulación de los clientes y la forma de concentrar la mercancía. El objetivo de la planeación de la circulación es ofrecerles a los clientes la mayor cantidad de mercancía y al mismo tiempo, a lo largo de la ruta, los servicios que se necesitan y la secuencia en que se necesitarán. Un ejemplo de ello son

las tiendas, las cuales tienen barras de comida durante el camino, de modo que los compradores puedan comer algo sin salirse del camino. Las características de los pasillos tienen una particular importancia; además de determinar el número de pasillos que tendrá, mide el ancho de cada uno, puesto que está en función directa del tránsito esperado. El ancho de los pasillos afecta la dirección del flujo que transita por el servicio. Stew Leonard en Norwalk, Connecticut, diseña sus tiendas para que los clientes sigan una ruta específica cuando realizan sus compras. En la distribución, los puntos focales que captan la atención de los clientes también se emplean para atraerlos en la dirección deseada.

Para destacar la visibilidad que los clientes tienen de la mercancía conforme van recorriendo el pasillo principal, se colocan pasillos secundarios y terciarios en ángulo. La siguiente Ilustración presenta dos distribuciones. La distribución rectangular que requiere complementos de bajo costo y tiene mayor espacio de exhibición. Si las consideraciones del almacenaje son significativas para la gerencia de la tienda, esta será la distribución más ventajosa. Mientras que la distribución angular le ofrece al comprador una visibilidad más clara de la mercancía y, en igualdad de condiciones, presenta un entorno de ventas más atractivo.

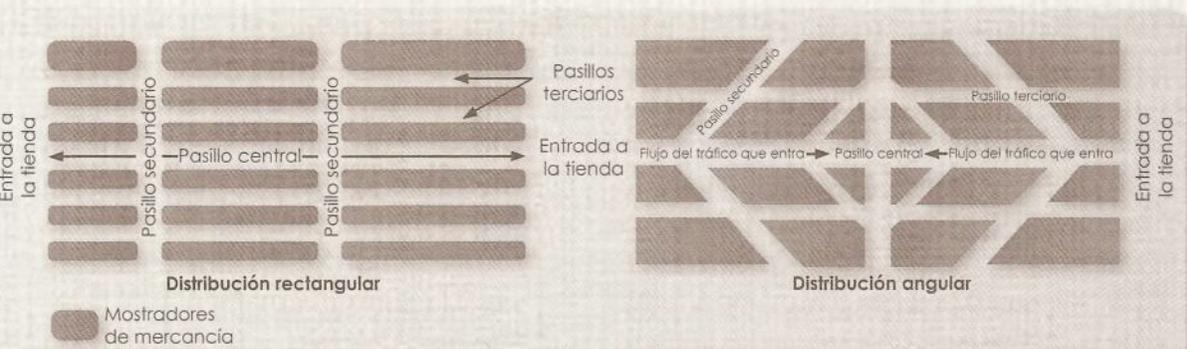


Figura 6.28 Planos de modelos para una distribución rectangular y angular.

Hoy en día, es normal basar los grupos de mercancías en la visión que el comprador tiene de los artículos relacionados, como paradójica a las características físicas de los productos o al espacio en los estantes y servicios requeridos, se encuentra en las boutiques de las tiendas por departamentos y en las secciones de gourmet en los supermercados.

A continuación se mencionan algunos parámetros obtenidos de investigaciones de mercado y otras relacionadas con la planeación del movimiento y la concentración de la mercancía.

1. En los supermercados, las personas tienden a observar una conducta de compra que persigue un patrón en su contorno. Al colocar los artículos de mayor utilidad en los muros de la tienda, crece la probabilidad de compra de las personas.
2. La mercancía rebajada, colocada al final de un pasillo en los supermercados, por lo general,

se vende mejor que los mismos artículos rebajados colocados en otro lugar a lo largo del pasillo.

3. La ubicación de los departamentos de crédito y otros no dedicados a las ventas y que requieren de una espera para recibir la asesoría apropiada en cuanto al servicio solicitado, debe estar en los pisos altos o en las áreas “muertas”.
4. En las tiendas por departamentos, los lugares más cercanos a la entrada de la tienda y contiguos a las vitrinas del frente, son excelentes para las técnicas aplicadas al potencial de ventas.

La cadena de suministros y la ubicación de sus instalaciones

En las empresas nuevas como en las existentes, la ubicación de las instalaciones debe estar siempre presente, puesto que es esencial para el éxito eventual de una compañía. Un elemento importante al diseñar la

cadena de suministro de una compañía es la ubicación de sus instalaciones. El éxito de muchas compañías se debe, en gran parte, a la decisión oportuna en cuanto a la mejor disponibilidad de sus instalaciones y su ubicación en el entorno. Tal es el caso de la compañía 3M, al cambiar una parte importante de su actividad corporativa, incluida la Investigación y Desarrollo, al clima más templado de Austin, Texas. Toys “Я” Us abrió sus instalaciones en Japón como parte de su estrategia global. Disney eligió a Paris y Francia, para su parque temático en Europa y BMW armó el auto deportivo Z3 en Carolina del Sur.

Las decisiones de ubicación de las compañías de servicio y manufactura se cimientan en una variedad de criterios definidos por los grandes profesionales competitivos. Algunos de los criterios que influyen en la planeación de la ubicación de una planta de manufactura y un almacén, se analizan a continuación:

Afinidad con los clientes. Es importante mencionar a la NTN Drive Shafts de Japón, quien construyó una importante planta en Columbus, Indiana, para estar más cerca de las principales plantas de manufactura automotriz, en Estados Unidos, cuyos compradores quieren que los bienes se entreguen lo más pronto posible. Esta cercanía o proximidad contribuye a garantizar que las necesidades del cliente sean tenidas en cuenta en el desarrollo y armado de los productos.

Ambiente de negocios. Un ambiente adecuado para los negocios incluye la presencia de empresas de tamaño similar dentro de la misma industria; y en el caso de los sitios internacionales, la presencia otras empresas extranjeras. La legislación gubernamental a favor de las empresas y la intervención del gobierno local para facilitar los negocios ubicados en cierta área a través de subsidios, reducción de impuestos y otros tipos de apoyo también son factores importantes.

Costos totales. El objetivo es optar por el sitio con el costo total más bajo, incluyendo los costos regionales (costos del terreno, construcción, mano de obra, impuestos y energía) y los costos de distribución interna y externa. Igualmente, existen costos ocultos difíciles de medir, entre ellos, el movimiento excesivo del material de pre-producción entre las ubicaciones antes de la entrega final a los clientes y la pérdida de capacidad de respuesta al cliente, debido a la gran distancia existente de la base de clientes más importantes.

Infraestructura. El medio de transporte empleado es vital, sea por carretera, ferrocarril, aire o mar; aunque, también resulta benéfico cubrir los requerimientos de energía y telecomunicaciones. Entre tanto, la disponibilidad del gobierno local para invertir en la modernización de la infraestructura

es un incentivo para seleccionar la ubicación específica.

Calidad de mano de obra. Los niveles educativos y de habilidades de la mano de obra deben tener relación directa con las necesidades de la compañía. La disposición y la capacidad de formación son aún más importantes.

Proveedores. La existencia de una base de proveedores competitivos y de alta calidad hace que una ubicación determinada sea adecuada. La proximidad de las plantas de los proveedores más importantes es de gran apoyo para los métodos de manufactura simple.

Otras instalaciones. El contar con la ubicación de otras plantas o centros de distribución de la misma compañía, influye en la permanencia de la nueva instalación dentro de la red. Los aspectos de la mezcla de productos y la capacidad tienen una interconexión cercana con la decisión de la ubicación en la parte logística.

Zonas de libre comercio. Se considera una zona de Libre Comercio a un lugar específico delimitado (bajo la supervisión del departamento de aduanas) en el que se adquieren (compran) bienes extranjeros sin que estén sujetos a los requerimientos aduanales normales. En la actualidad, hay en Estados Unidos alrededor de 260

zonas de libre comercio. Estos lugares especializados también los hay en otros países. En las zonas de libre comercio, los fabricantes pueden usar componente importados en el producto final o demorar el pago de los aranceles hasta que el producto se envíe al país anfitrión.

Riesgo político. Estos escenarios geopolíticos cambian con rapidez, en muchos países, presentan oportunidades emocionantes y desafiantes; sin embargo, la prolongada etapa de evolución por la que muchos países atraviesan, dificulta, en gran medida, la decisión de ubicarse en esas áreas. Los riesgos políticos tanto en el país de origen como en el de destino, influyen en las decisiones de ubicación.

Barreras gubernamentales. Gracias a la legislación actual, las barreras para entrar y situarse en muchos países se han eliminado. Sin embargo, al proyectar la ubicación, es preciso considerar muchas barreras no legislativas y culturales.

Bloques comerciales. El Acuerdo de Libre Comercio de América Central (ALCAC) es uno de los 389 nuevos bloques comerciales en nuestro hemisferio. Estos acuerdos intervienen en las decisiones de ubicación, dentro y fuera de los países que hacen parte del bloque comercial. Normalmente, las empresas se ubican o reubican

dentro de un bloque, para obtener beneficios de las nuevas oportunidades de mercado o los costos totales más bajos que el acuerdo comercial permite. Las compañías que no pertenecen al bloque comercial se ubican dentro del mismo, con el fin de no ser descalificadas para competir en el nuevo mercado. Algunos casos son la implementación de muchas plantas de manufactura automotriz japonesas en Europa antes de 1992, así como los movimientos recientes por parte de las empresas de comunicación y servicios financieros en México, en el contexto posterior al TLC.

Regulaciones ambientales. Las normas ambientales que gozan de un impacto sobre determinada industria en una ubicación se deben incluir en las decisiones de ubicación. Además de las implicaciones mensurables en los costos, estas regulaciones intervienen en la relación con la comunidad local.

Comunidad anfitriona. El interés de la comunidad anfitriona en poseer la planta, siendo parte fundamental en el proceso de valoración. Las instalaciones educativas locales y la calidad de vida también son importantes.

Ventaja competitiva. Una decisión importante para las compañías multinacionales es el país seleccionado para ubicar la sede

de cada negocio. Porter sugiere que una empresa puede tener varias sedes diferentes para cada negocio o segmento. La ventaja competitiva se crea en una sede en la que se establece una estrategia, se crean el producto central y la tecnología del proceso, donde se desarrolla gran parte de la producción. Por lo que se espera que una compañía cambie su sede a un país que estimule la innovación y proporcione el mejor ambiente para la competitividad global. Este concepto también se aplica en las compañías nacionales que buscan una ventaja competitiva sostenible, lo cual explica, en parte, el surgimiento de los estados del sureste de Estados Unidos como el destino corporativo preferido en el país (es decir, el clima de negocios fomenta la innovación y la producción a bajo costo).

Características de una buena distribución para las operaciones de producción y de oficinas

1. Modelo de flujo en línea recta (o aplicación).
2. Un mínimo de marcha atrás en el camino.
3. Tiempo de producción previsible.
4. Almacenamiento mínimo de materiales entre las etapas.

5. Pisos de planta abiertos que permitan ver lo que está sucediendo.
 6. Operaciones que permitan el control de los cuellos de botella.
 7. Cercanía entre las Estaciones de trabajo.
 8. Adecuado manejo y almacenaje de los materiales.
 9. Evitar el manejo de materiales, si no es necesario.
 10. Fácil adaptación a los cambios tecnológicos y a los procesos productivos.
7. Equilibrio entre las áreas de espera y de servicios.
 8. Desplazamiento mínimo del personal y materiales.
 9. Eliminación de hacinamientos.
 10. Excelente volumen de ventas por metro cuadrado de piso.

Características de una buena distribución para los servicios frente a frente

1. Modelo del flujo del servicio, práctico y fácil de asimilar.
2. Cómodas instalaciones para el área de espera.
3. Comunicación fluida con los clientes
4. Facilidad para mantener vigilados a los clientes.
5. Puntos claros de entrada y de salida, con capacidad adecuada para pagar a la salida.
6. Departamentos y procesos ordenados de modo que los clientes se interesen por lo que uno quiere que vean.

MANEJO DE MATERIALES

El manejo o conducción de materiales comprende aquella parte del sistema comercial y económico que afecta a la relación física existente entre los materiales, productos y embalaje, con el producto, proceso, instalación, la geografía y el cliente, sin agregar un valor utilizable ni modificar la naturaleza de los productos. Desde el punto de vista de la ingeniería, el manejo de materiales se define como el arte y la ciencia que se aplican al traslado, embalaje y almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas. Ampliando un poco esta definición, el manejo de materiales incluye el traslado de líquidos, sólidos a granel, piezas, paquetes, unidades de carga, contenedores, vehículos y naves. En vista de la amplitud de esta actividad, casi todos los especialistas limitan la definición del manejo de materiales a los sólidos a granel, los compuestos líquidos, las piezas, los paquetes, las unidades de carga y los contenedores.

Por otra parte el manejo de materiales como su nombre lo expresa, no es un

proceso de producción y por lo tanto no añade valor al producto. Cuesta dinero, y debe eliminarse hasta donde sea posible. Involucra: Movimiento, empaque (el empaque para uso final no forma parte de esta disciplina), y almacenaje. Además, no incluye los movimientos de larga distancia a través de carretera, tren, barco o avión, excepto por las operaciones de carga y descarga. Afrontando cada problema con un enfoque sistémico. En la práctica, el enfoque sistémico expresa que deben tenerse en cuenta las características de los sistemas de manejo de materiales existentes en toda la cadena industrial, incluyendo a los proveedores y a los clientes de la empresa en estudio

Un sistema es una unidad compleja formada por muchas partes diferentes que obedecen a un plan común o que tienen un mismo objetivo. Cada sistema debe ser diseñado de manera especial para que funcione en un medio específico de operación y con determinados materiales. Las características del producto y el tipo de movimiento determinan la naturaleza del sistema y el equipo de manejo de materiales. El concepto de sistema es aplicable al diseño del lugar de trabajo, a la operación de manufactura o procesamiento, a un departamento, a toda la fábrica o a las funciones logísticas de toda una industria. Los principios básicos se aplican a todos los niveles. Sin embargo, la economía óptima de un sistema de manejo de materiales se fundamenta en el

concepto de que el mejor manejo consiste en no tener que manejar.

Principios de diseño del manejo de materiales

Los principios comprenden los patrones a seguir para hacer frente al diseño de sistemas de manejo de materiales. Su valor se fundamenta en proporcionar el punto de inicio para identificar problemas y desarrollar necesidades y soluciones.

Crean un punto de referencia, para realizar las respectivas comparaciones de las actividades y de los sistemas de manejo de materiales planificados.

El manejo de los materiales se puede convertir en el mayor problema de la producción porque agrega muy poco valor al producto, tiene en cuenta el movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio:

- El manejo de materiales debe garantizar que las partes que intervienen como: materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen de forma periódica de un lugar a otro.
- 2 Como cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un lugar específico, un apropiado manejo de materiales debe garantizar que las cantidades requeridas de materiales sean entregados en el momento y lugar indicado.

- Y uno de los más importantes, es que el manejo de materiales debe considerar con anticipación el espacio para su respectivo almacenamiento.

Entre los principios se pueden mencionar:

1. Principio de Planificación: Un apropiado plan, facilitara un óptimo manejo de materiales, este debe considerar las necesidades, los objetivos de rendimiento y las especificaciones funcionales de los métodos.

Puntos estratégicos:

- El plan debe ser elaborado por todas las personas que intervienen en la manipulación de los materiales; quienes lo van a usar, a administrar y aquellos que de algún modo se van a afectar por el equipo a usar.
- El éxito de su implementación requiere de un enfoque de equipo que incluya proveedores, consultores, analistas, y especialistas en el beneficiario final de las áreas de administración, ingeniería, MIS, finanzas y operaciones.
- El plan de manejo de materiales debe considerar todo el proceso en su conjunto y optimizarlo.
- El plan debe manifestar los objetivos estratégicos de la organización, y sus necesidades inmediatas.

- El plan además debe tener en cuenta la documentación de los métodos y los conflictos relacionados con el manejo de materiales, las restricciones físicas y económicas y los requisitos y metas futuras.

- El plan debe fomentar la ingeniería simultánea del producto, el diseño del proceso, la distribución del proceso y los métodos de manejo de materiales, no provocar prácticas de diseños arbitrarios y en cadena o en serie.

2. Principio de estandarización:

Deben estar estandarizados los métodos de manejo de materiales, equipo, controles y software, dentro de los límites establecidos para conseguir los objetivos generales de rendimiento, sin privarse de la flexibilidad, la modularidad y resultados requeridos.

Puntos estratégicos:

- La estandarización, la flexibilidad, y la modularidad deben mantener su compatibilidad.
- La estandarización comprende la mínima complejidad y personalización de los métodos y equipos empleados.
- La estandarización se debe aplicar a los tamaños de envases y otros componentes que conforman la carga unitaria, de igual modo los procedimientos operativos y el equipo.

- El planificador debe certificar que los métodos y equipos elegidos realicen variedad de tareas en diferentes condiciones de operación, debido a que no existe la certeza de lo que va a suceder y si los requisitos del sistema cambiaran con el tiempo.

3. Principio de trabajo: Este debe reducirse, sin comprometer la productividad o el nivel de servicio requerido en la operación. La medida del trabajo en este principio es el flujo multiplicado por la distancia del movimiento.

Puntos estratégicos:

- Reducir, combinar o eliminar movimientos o equipos innecesarios.
- Usar la gravedad siempre que sea posible para mover materiales o ayudarlos a mover mientras se mantiene la seguridad salvaguardando el producto.
- Usar equipos que permitan alcanzar los niveles máximos de producción.

4. Principio de ergonomía: El factor humano en la forma de capacidad y limitación, debe ser reconocido y respetado en el diseño de tareas y equipo de manejo de materiales con el fin de garantizar operaciones seguras y eficaces en el sistema.

Puntos estratégicos:

- Los métodos y equipos deben ser seguros. La maquinaria y equipo deben gozar de óptimas condiciones y el lugar libre de obstáculos, preservando en primera instancia la seguridad de los trabajadores.
- La ergonomía incluye tareas físicas y mentales.
- La fatiga y las tareas manuales repetitivas deben eliminarse a través de una adecuada selección del equipo el cual debe permitir el actuar de manera activa de los trabajadores.

5. Principio de unidad de carga:

Una carga unitaria es la unidad de producto que debe ser movida o trasladada de un origen a un destino. Con una carga unitaria se pueden mover un conjunto de unidades al mismo tiempo. Este concepto se aplica en tres áreas: manufactura, almacenamiento y distribución. Las cargas unitarias deben tener un tamaño y una configuración que alcancen los objetivos de flujo de material e inventario en cada etapa de la cadena de suministros.

Puntos estratégicos:

- Aumentar la cantidad, el tamaño y el peso de las cargas manejadas, cuando se requiera para disminuir costos. Resulta más fácil juntar y mover una gran cantidad de piezas como una carga unitaria, que manipularlas una a una.

- Combinar artículos en cargas unitarias es razonable por la relación existente con las estrategias de justo a tiempo y/o suministro personalizado siempre y cuando se mantenga las características esenciales del artículo.
- La composición y el tamaño de una carga unitaria, cambia a medida que el material y el producto pasan por los canales de fabricación y de distribución.
- Las cargas unitarias grandes de uso frecuente son las de prefabricación y postfabricación, en la forma de materia prima y artículos terminados.
- En los procesos de fabricación las cargas unitarias más pequeñas, incluso las cargas individuales, producen menos inventario de trabajo en proceso y tiempos de fabricación de artículos más cortos.

6. Principio de utilización del espacio:

En el manejo de materiales, el espacio es tridimensional del espacio, y por lo tanto se considera espacio cubico. Todo el espacio disponible debe ser utilizado con eficacia y eficiencia.

Puntos estratégicos:

- Todas las áreas deben permanecer organizadas y ordenadas, y los pasillos libres de obstáculos.

- El uso de transporte de carga al interior de las instalaciones debe considerar la opción del uso de las alturas.
- Debe existir equilibrio entre el maximizar la densidad de almacenamiento con la necesidad de accesibilidad y selectividad.

7. Principio de sistema: Se deben integrar tantas actividades como sea posible, las cuales incluyan la recepción, el almacenamiento, la producción, el montaje, el empaque, la división en unidades, la selección de pedidos, el transporte y el manejo de las devoluciones.

Puntos estratégicos:

- La cadena de suministros también debe estar protegida por la integración de los sistemas, incluyendo proveedores, fabricantes distribuidores y clientes.
- Los inventarios en proceso deben mantenerse al mínimo en todo el proceso productivo y de distribución, de igual manera la variabilidad del proceso y servicio al cliente.
- Deben integrarse también el flujo de información y el flujo físico de los materiales y ser consideradas como actividades paralelas.
- Los métodos empleados deben identificar y determinar la ubicación y el estado dentro de la instalación y la cadena de suministros y

permitir el control del movimiento de los materiales y los productos con facilidad.

- Debe ser primordial el cumplimiento de los requisitos exigidos por el cliente y las expectativas relacionadas con la cantidad, la calidad y la entrega a tiempo.

8. Principio de automatización:

El manejo de materiales debe mecanizarse y/o automatizarse, cuando el sistema lo requiera, donde sea viable mejorar la eficiencia operacional, la uniformidad y la predictibilidad, y aumentar la respuesta, reducir los costos operativos y eliminar la mano de obra repetitiva o poco segura.

Puntos estratégicos:

- Antes de implementar soluciones mecanizadas o automatizadas, debe realizarse la reingeniería de los procesos y del método existente.
- Debe tenerse en cuenta la implementación de sistemas computarizados de manejo de materiales donde su aplicación sea el resultado para obtener una integración eficaz del flujo de materiales y la administración de la información.
- Todas las piezas a ser manipuladas en forma mecánica o automática

deben contar con las características propias para este proceso.

- Alternar todos los temas de interfaz como fundamentales para garantizar el éxito de la automatización. Incluye las de equipo a equipo, de equipo a carga, de equipo a operador y de comunicaciones de control.

9. Principio de medio ambiente: Son criterio de evaluación entre las alternativas, el consumo total de energía de un sistema de manejo de materiales junto con su impacto sobre el medio ambiente.

Puntos estratégicos:

- Todos los materiales y productos utilizados para empaque, para alojar y proteger las cargas unitarias, deben permitir el reciclaje o su reutilización según lo apropiado.
- El diseño del manejo de materiales debe considerar el tratamiento específico de los empaques utilizados como: envolturas, envases vacíos y otros subproductos de los procesos que conlleva la tarea.
- Los materiales, clasificados como peligrosos, merecen un tratamiento especial, relacionado con la protección contra derrames, combustión y otros riesgos, cuando se diseña el sistema.

10. Principio de costo del ciclo de vida:

este es el resultado de un minucioso análisis de todo el equipo de materiales y los sistemas resultantes.

Puntos estratégicos:

- Para un equipo nuevo los costos del ciclo de vida comprenden todos los flujos de caja que ocurrirán entre el primer dinero gastado en planificación hasta el último dinero usado para el reemplazo total del método/equipo.
- Los costos del ciclo de vida debe incluir, la inversión de capital, la instalación, el montaje, la programación del equipo, la capacitación, el control y la aceptación del sistema, la operación, el mantenimiento y la reparación y el valor de la reutilización y su baja.
- Deben incluirse en el análisis económico los planes de mantenimiento preventivo y predictivo y sus costos estimados junto con los de repuestos.
- Se debe realizar una planificación a largo plazo, con el fin de reemplazar el equipo.
- Al realizar una selección entre las alternativas, además de tenerse en cuenta el costo cuantificable, también deben considerarse y cuantificarse otros factores de naturaleza estratégica para la organización y que forman una base para la competencia.

Diseño de cargas unitarias

Los pasos sugeridos por Apple para el diseño de unidades o cargas unitarias es el siguiente:

- Determinar la aplicación del concepto de carga unitaria
- Seleccionar el tipo de carga unitaria a ser usada
- Identificar fuentes de ideas para cargas unitarias
- Establecer el lugar más remoto hacia donde debe ser trasladada la carga unitaria.
- Determinar el tamaño de la carga unitaria.
- Definir la configuración de la carga unitaria.
- Determinar el método de construcción o elaboración de la caja unitaria.

La configuración de las cargas unitarias, es uno de los aspectos más importantes, es decir, es la guía a seguir para que las partes sean colocadas en la carga, buscando su uniformidad para:

- Facilitar la localización de unidades individuales
- Facilitar la acomodación de las unidades
- Reducir el tiempo de localización de agregados.
- Mejorar el beneficio del espacio cúbico.

En el diseño de un sistema que opere cargas unitarias, es indispensable conocer para cada carga: forma, posición del centro de gravedad, peso por unidad, volumen por unidad, tipo de material en contacto con el transportador (metal, cartón, tela, goma, etc.), propiedades físicas y químicas de la superficie de apoyo, tipo de empaque, características especiales del producto (toxicidad, abrasión, inflamabilidad, higroscopicidad, etc.), sensibilidad (a golpes, vibraciones, luz, calor, agua, etc.)

Factores que afectan y son afectados por la carga unitaria

- Capacidad del equipo de manejo.
- Requerimientos de mano de obra.
- Requerimientos de máquina.
- Requerimientos de nuevo equipo.
- Espacio para pasillos y almacenaje.
- Unidades producidas por tiempo.
- Costo de manufactura.
- Seguimiento de producto.
- Patrones de flujo de producción.

Tipos de cargas unitarias

Dentro de estas se encuentran: contenedores, cajas, cajones, secciones desmontables, recipientes y paletas (tarimas).

La paleta (Pallet) o tarima, es una de las formas más comunes de carga unitaria para determinar el tamaño y el tipo de paleta a usar se debe considerar:

- Tamaño del medio de transporte y del equipo de carga y descarga en el envío y recibo.
- Tamaño y forma de las unidades de producto a ser colocados en la paleta.
- Espacio de almacenaje de paletas llenas y vacías.
- Equipo requerido para mover cargas a través del proceso.
- Configuración de la paleta.
- Costo, proveedor y material.
- Tamaño de pasillos, puertas, rampas y espacios del almacén.

Las formas comunes de paletas son: Paleta estándar de una sola superficie, paleta de dos caras no reversible usada para montacargas, paleta de cuatro entradas con apoyos, paleta de doble ala abierta, paleta de tres hileras de una superficie ajustable. Las cuales son apilables en forma de: bloque, patrón de renglón, esquina opuesta, ladrillo y otras.

Consulte la figura 6.29; en la página siguiente.

Los Tamaños más comunes de las paletas son:

1. 32" x 40 "
2. 36" x 48 "

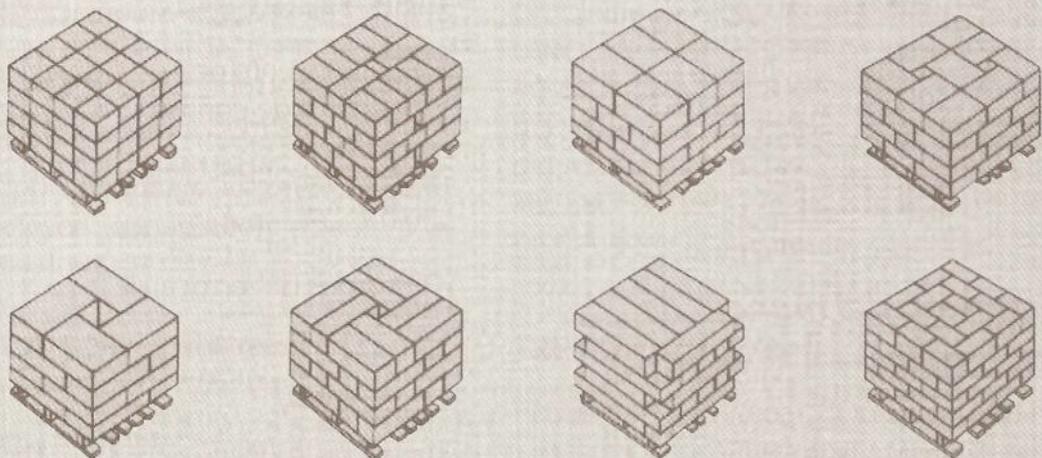


Figura 6.29 Cargas unitarias en tarimas



Figura 6.30 Paletizadoras

3. 40" x 48"

4. 42" x 42"

5. 48" x 40"

6. 48" x 48"

Ecuación del manejo de materiales

Los MÉTODOS son determinados por los MATERIALES y por los MOVIMIENTOS:

$$\text{Métodos} = \frac{\text{materiales}}{+ \text{movimientos}}$$

Figura 6.31 ecuación del manejo de materiales

Equipo para el manejo de materiales:

El equipo empleado para el manejo de materiales, es cualquier soporte físico usado para sostener, posicionar, pesar, transportar, levantar, manipular o controlar el flujo de materias primas, el trabajo en proceso o los productos terminados.

El equipo de manejo de materiales, por lo general se divide en:

1. Manejo de paquetes o unidades,
2. Manejo de materiales en grandes cantidades.

La Material Handling and Management Society lo clasifico en las siguientes categorías:

- Transportadores.

- Grúas elevadores y montacargas.
- Equipamiento de posicionamiento, pesado y de control.
- Vehículos industriales.
- Vehículos motorizados.
- Vagones de ferrocarril.
- Transportes marítimos.
- Aeronaves.
- Envases y soportes.

De igual manera, también se puede clasificar con base en la naturaleza de la maniobra que se va a generar. Las maniobras se pueden clasificar así:

- Vía fija o ruta flexible.
- Intermitente o continua.
- A gran distancia o a corta distancia.
- En el interior o en el exterior.
- Vertical u horizontal.

Existen varias clasificaciones del equipo de manejo de materiales, los especialistas han empleado formas diferentes de acuerdo con el objetivo a alcanzar manteniendo la estructura específica en cuanto a movimiento de cantidades pequeñas o muy grandes. La siguiente clasificación favorece el análisis del equipo de manejo de materiales de producción, debido a representa en sí mismo un segmento importante de esta área:

Equipo de manejo en ruta fija.
Comprende todos los tipos de equipo: transportador de cinta, los sistemas de

monorriel y ferrocarril, los elevadores, las grúas de cucharón, las tuberías, los sistemas de ductos y otros dispositivos instalados de forma permanente.

Equipo de manejo en área limitada.

Se incluyen las grúas de puente y de aguijón, los sistemas de cable y brazo, las grúas de pórtico y otros dispositivos flexibles dentro de un área de operación limitada de forma continua.

Equipo móvil.

Comprende las carretillas elevadoras, las carretillas de correderas, los tractores y remolques, transportes mecánicos para personal y otros artefactos industriales diseñados para usarse bajo techo. También hacen parte los vehículos de patio, incluyendo grúas, montacargas, cargadores laterales, palas mecánicas, cargadores de frente, excavadoras, camiones de volteo, camiones de transporte de carga y otros vehículos exteriores.

Herramientas de manejo de materiales y equipo de almacenamiento.

Este grupo comprende las carretillas de mano, gatos manuales, vaciadores, carretillas de ruedas, rodillos, elevadores de cadena, extractores mecánicos, plataformas, rampas, básculas, cremalleras, estantes, charolas, etc.

Para el ingeniero industrial, resultan valiosos los diversos métodos de clasificación durante la selección del equipo de manejo, porque simplifican la operación de estudiar el mercado y determinar las necesidades del proyecto. Después de definir el

problema básico, el ingeniero debe establecer un conjunto general de equipo que le puede ayudar a encontrar una solución. El empleo de sistemas de clasificación ayuda a exponer las necesidades de la empresa a los proveedores y agentes de compras.

Factores de la selección del equipo

Existen varios factores a considerar en el análisis del sistema, entre ellos se enumeran los siguientes: Tipo de materiales, características físicas y químicas de los materiales, características de la infraestructura, cantidades a ser movidas, origen y destino de cada movimiento, frecuencias y razones de movimiento, equipo requerido, equipo disponible, cargas unitarias, espacio, pasillos. Sin embargo la clasificación apropiada del equipo considera, la confiabilidad del producto elegido, la economía y administración; el financiamiento, las relaciones laborales, seguridad, características de la planta, el medio y muchos otros.

Como, el costo de producción se modifica en proporción directa con el costo indirecto de fabricación. La mayoría de los costos indirectos se incluyen en el costo de manejo de materiales. Permitiendo que, la selección del sistema adecuado de manejo de materiales se fundamente en un análisis económico, para que un determinado tipo de sistema pueda ser comparado con otro. La selección de

equipo mecanizado para instalaciones industriales o de distribución, se basa en las posibilidades que ofrece el equipo para:

- Reducir costos de manejo.
- Simplificar ciclos de trabajo.
- Minimizar las necesidades de inventario.
- Apresurar embarques y entregas.
- Optimizar la utilización del espacio.
- Simplificar el flujo y aumentar la eficiencia de operación.
- Minimizar los daños y el desperdicio.
- Aumentar la seguridad.

Es decir, la economía de la situación controla la elección del equipo. Es posible comparar las aplicaciones y costos del equipo de manejo en términos de las horas-hombre necesarias para trasladar materiales, del rendimiento de la inversión, de los gastos directos de operación, de los efectos indirectos del método que se propone o de todos ellos. Las operaciones de manejo con frecuencia son repetitivas y con muchas variaciones. El manejo puede estar integrado en las operaciones de fabricación, ensamble, selección, empaque o almacenamiento, en cada etapa se puede presentar una variación de la magnitud del movimiento o el volumen de materiales, pero lo esencial es que el manejo de materiales se compone de solo tres operaciones

básicas: recoger, transportar y depositar.

El ingeniero o la persona encargada de seleccionar de manera adecuada un tipo de maquinaria que reduzca el costo de operación y se ajuste a las instalaciones, debe verificar la capacidad de carga de los pisos, las dimensiones de las puertas, la altura de techos, la resistencia estructural, los reglamentos de la OSHA y de las entidades de salubridad, así como las condiciones ambientales, los problemas que plantean los humos, la seguridad del tráfico, el suministro de energía y todas las características de ingeniería que sean factores en la selección de cada pieza del equipo. Con frecuencia se encuentran varios métodos o tipos de maquinaria que pueden desarrollar el trabajo requerido. Pero es el estudio de la instalación, el factor concluyente para elegir entre los diversos métodos.

Al igual que cualquier otro producto fabricado, el equipo de manejo de materiales, presenta grados diversos de potencia, calidad y características de diseño. Cada fabricante posee un conjunto diferente de criterios en los cuales basa su normatividad para el diseño y fabricación. Algunos de esos criterios aplicados en el análisis de confiabilidad se exponen a continuación:

- Reducir costos de manejo.
- Simplificar ciclos de trabajo.
- Reducir las necesidades de inventario.

- Acelerar embarques y entregas.
- Optimizar la utilización del espacio.
- Simplificar el flujo y aumentar la eficiencia de operación.
- Reducir los daños y el desperdicio.
- Aumentar la seguridad.

Los principios de la ingeniería de confiabilidad, así como los factores de decisión que se relacionan, (capítulo de Control de Calidad) donde se expone la garantía de calidad, de igual manera se aplican al equipo de manejo de materiales.

Riesgos de un manejo de materiales

Teniendo en cuenta que un adecuado manejo de materiales ofrece notables beneficios como: Reducción de costos, aumento de capacidad, y una mejor distribución, a partir de estos beneficios, se pueden incurrir en algunos riesgos que afectan de forma directa su buen funcionamiento:

1. Retrasos o sobrestadías: Las firmas dedicadas a embarcar por ferrocarril corren el riesgo de elevados cargos por retrasos. La sobrestadía es un pago de multa exigido a una compañía si no carga o descarga los carros del ferrocarril dentro de un periodo de tiempo determinado.

2. Desperdicio de tiempo de máquina:

Una máquina gana dinero para una firma cuando está produciendo, no cuando está ociosa: si se mantiene ociosa una maquina debido a la falta de suministros y productos, habrá ineficiencia y desperdicio. Asimismo, los empleados producen mientras estén laborando.

3. Movimiento lento de materiales por las instalaciones:

Si los materiales se mueven con lentitud, o si se encuentran almacenados de forma provisional durante un largo periodo tiempo, puede presentarse acumulación de inventarios o inventarios excesivos.

4. Pérdidas causadas por la desorganización:

En los sistemas de producción por lote de trabajo, las partes, los productos e incluso las materias primas pueden estar en el lugar no indicado, causando su inmovilización o retardos en la producción, o incluso los productos terminados no pueden ser entregados a tiempo.

5. Daños ocasionados por un inadecuado almacenamiento:

Algunos materiales necesitan almacenarse en condiciones específicas (productos químicos, productos alimenticios, productos de laboratorio, etc., y productos que requieren refrigeración entre muchos otros). Si el sistema no proporciona las condiciones adecuadas, o no cumple con

la normatividad requerida de los productos, en cuanto a la manipulación o manejo, ocasionaría grandes pérdidas a la empresa.

6. Un manejo inadecuado de materiales puede ocasionar tropiezos a los programas de producción:

El acopio de sistemas de producción, se vería afectado y se detendría como consecuencia de la falta de materiales en solo una parte de la línea de montaje.

7. Mercadotecnia: desde este punto de vista, un mal manejo de materiales puede significar clientes insatisfechos. Puesto que el éxito de un negocio radica en buena parte en el cumplimiento de los requerimientos de los clientes, es necesario un buen manejo de materiales para evitar estas inconformidades.

8. Seguridad de los trabajadores: En la continua interacción en el desarrollo de las actividades del proceso productivo y con el desplazamiento exigido por el mismo proceso, deben ser eliminadas las situaciones de peligro mediante un buen manejo de materiales.

9. Costo elevado: Como el manejo de materiales representa un costo no recuperable, si un determinado producto presenta daños durante el proceso productivo, es posible recuperar su valor volviéndolo

a elaborar, pero los costos en los cuales se ha incurrido por el manejo de materiales, no son recuperados, causando un sobre costo o costo elevado.

Dispositivos para el manejo de materiales

La cantidad de dispositivos para el manejo de materiales de los que se dispone en la actualidad es bastante extensa, el equipo para el transporte horizontal o vertical de materiales en masa puede clasificarse en las tres categorías siguientes:

1. Grúas

Están diseñadas de forma especial para manejar el material en el aire, arriba del nivel del suelo, con el fin de dejar libre el piso para otros dispositivos empleados también en el manejo de materiales. Los objetos pesados, voluminosos y difíciles de manipular, son candidatos precisos para el movimiento en el aire. La principal ventaja se encuentra es que no requieren de espacio sobre el piso.

Consulte la figura 6.xxx.; en la página siguiente.

2. Transportadores

La Conveyor Equipment Manufacturers Association define un transportador como: "Un dispositivo horizontal, inclinado o vertical para mover o transportar material en bulto



Electrica de cable



Electrica de cable fijo



Electrica monofasica



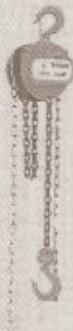
Electrica de cadena



Electrica de cadena con trole



Electrica de cadena



Manual



Manual de cadena



De palanca



Tilfor



Trole manual



Trole engranado

Figura 6.32 Algunos tipos de grua.

u objetos a lo largo de un recorrido, predeterminado por el diseño del dispositivo y que tiene puntos de carga y descarga fijos o selectivos.

Los transportadores están diseñados para mover materiales, pueden tener la

forma de bandas móviles: rodillos operados de forma externa o por medio de gravedad o los ductos utilizados para el flujo de líquidos, gases o material en polvo a presión: Los ductos por lo general no interfieren en la producción, ya que se colocan en el interior de las

paredes, o debajo del piso o en tendido aéreo.

Los transportadores tienen varias características que afectan sus aplicaciones en la industria como:

- a. Pueden colocarse entre máquinas o entre edificios y el material colocado en un extremo llegará al otro sin intervención humana, es decir, son independientes, por lo tanto se pueden usar para fijar el ritmo de trabajo.
- b. Siguen rutas fijas, lo cual limita su flexibilidad y los hace adecuados para la producción en concentración o en procesos de flujo continuo.
- c. Brindan un método para el manejo de materiales seguros, evitando su desvío.

Los más usados en la industria son:

Transportadores por gravedad: Están diseñados para movilizar cualquier tipo de material gracias a la fuerza de gravedad; siendo esta la primera alternativa a considerar, dada su flexibilidad para moverlo y reconfigurarlo, de igual forma presenta una ventaja de costo indiscutible. *El contenido esencial al momento de aplicar la gravedad como una solución son:*

- Diferentes pendientes necesarias para los diversos pesos de las cargas.

- Longitud limitada de las líneas debido a consideraciones relacionadas con las pendientes
- Control de frenado para cargas pesadas

Transportador en tobogán: Se usa para cambiar la posición y la elevación de una carga al hacer que esta se deslice de arriba hacia abajo (de la entrada a la salida). Un tobogán se puede configurar en forma similar a un tobogán recto de un patio infantil y estar construido en chapa de metal, o igual a los toboganes de los parques acuáticos, que dan vueltas y giran en espiral a medida que descienden. Funcionan bien en distancias cortas y para cargas duraderas que soportan el deslizamiento y los golpes. Con frecuencia son utilizados en sistemas de distribución para hacer que bajen unidades de carga desde el nivel de clasificación hasta el de rada/envío. Los toboganes son fáciles de usar, de igual modo su aplicación. Sin embargo, es difícil controlar la velocidad de las cargas y con frecuencia (si estas se acumulan y se aglomeran en la rampa de deslizamiento) no se deslizan bien, lo cual requiere que comience la próxima carga para *que sean empujadas (en ocasiones causa un embotellamiento).*

Transferencia por bolillas: Una banda de transferencia por bolillas tiene un sistema de bolas de acero que se montan en bases, que a su vez

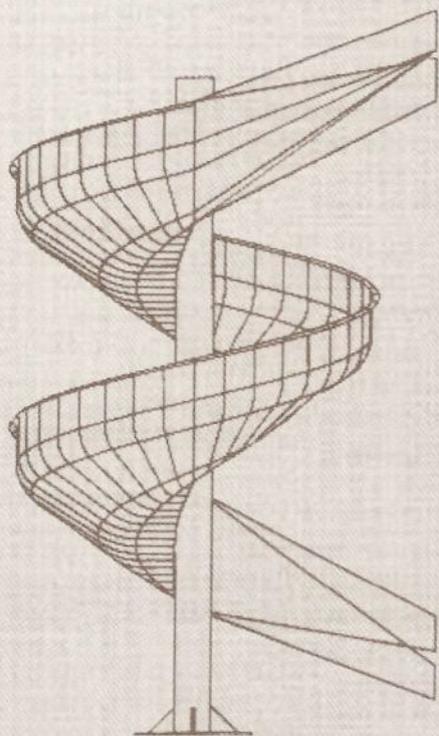


Figura 6.33 Transportador en Tobogán

se montan en una cama soporte de chapa de metal (ver figura). Los rodillos de bolas de acero consisten en una gran bola que se apoya sobre muchas bolas más pequeñas colocadas en un hueco esférico, que las mantiene juntas. La transferencia por bolillas suele utilizarse como una ayuda manual para cambiar la orientación de las unidades de carga.

Una de las aplicaciones, es en una estación de empaque donde se eleva un sistema de transferencia por bolillas a la superficie de trabajo para ayudar a mover las cargas más pesadas. Las bolillas salen por

agujeros que hay en la superficie de trabajo, lo cual permite que la unidad de carga se ubique con facilidad en la posición deseada. Luego, las bolillas regresan a su lugar bajo la superficie, lo cual hace que la carga se apoye en forma segura sobre la superficie y no se mueva. Las bolillas pueden pegar con fuerza en la parte inferior de la unidad debido al tipo de carga en varios puntos. Esta transferencia no sirve para cargas blandas. Esto debe considerarse al diseñar el sistema.

Estos transportadores se utilizan para transportar paquetes con superficie uniforme y de poco peso, o para aquellas operaciones que requieran secciones livianas de manejo manual, tales como cartones, estuches, cajas livianas de madera o metal.

Rueda por gravedad: Las bandas transportadoras de ruedas por gravedad (suelen llamarse más a menudo transportadores de patines, porque las ruedas se parecen las ruedas de acero de los viejos patines. Los Transportadores de gravedad por ruedas se fabrican en modelos de acero galvanizado y están conformados por una serie de ruedas colocadas en un eje común, que se soporta en una canal estructural. Estos pueden instalarse en líneas provisionales o permanentes, usando secciones rectas de 5 y 10 pies de largo y de

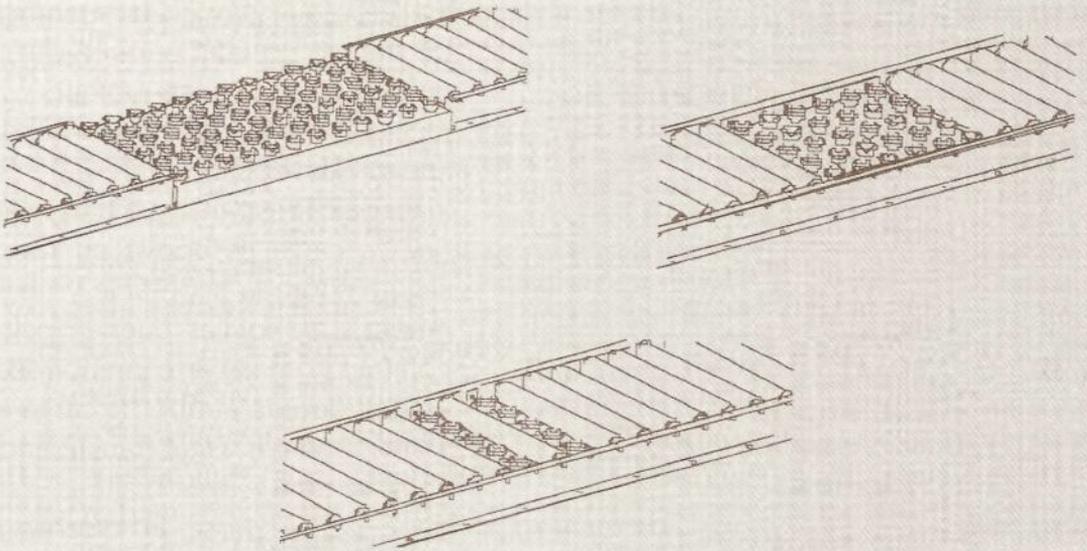


Figura 6.34 Transferencia de bolillas

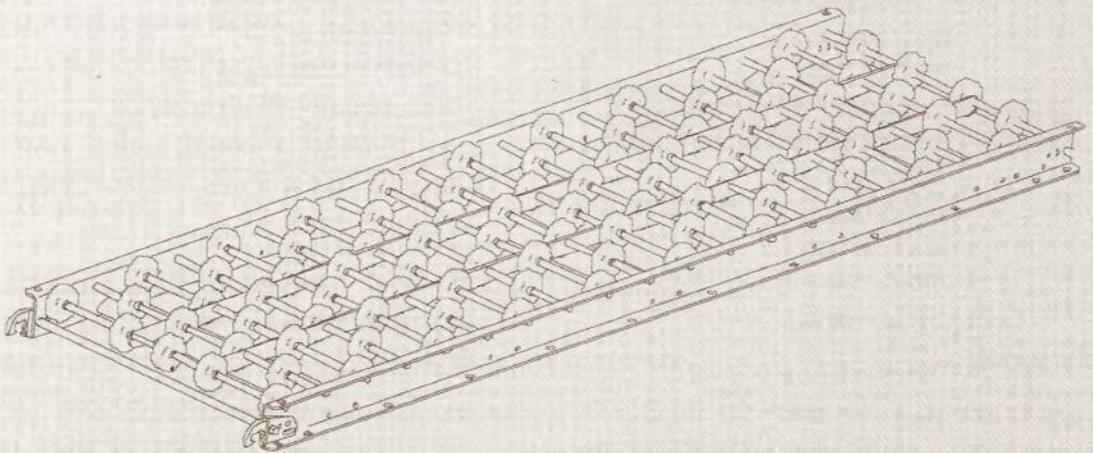


Figura 6.35 Cinta transportadora de ruedas por gravedad.

anchos de 12, 18 y 24 pulgadas. También tienen segmentos curvados que permiten que las unidades de carga viajen por la curva, ya que la orientación de las ruedas les da la dirección. Estas bandas son buenas para cargas que tienen fondos duros

y duraderos, los sacos y otros artículos blandos no fluyen bien por los transportadores con ruedas de patín. Una aplicación común de este sistema de distribución se ve en la recolección de operaciones y en los remolques de carga y descarga.

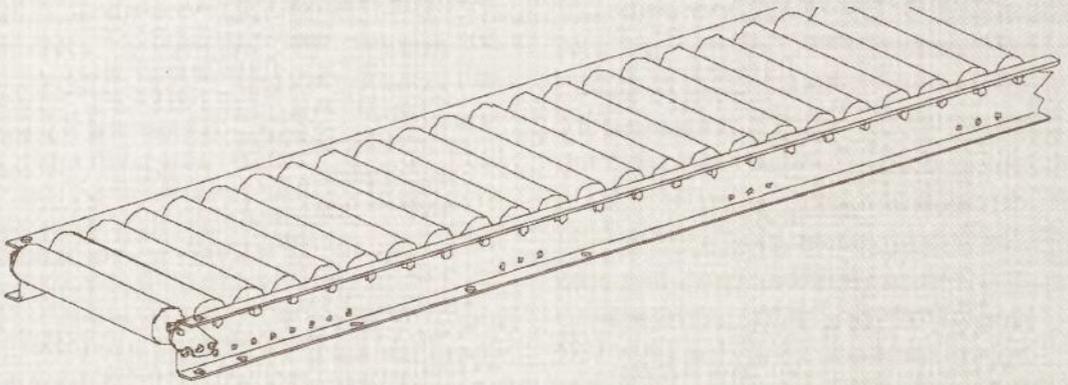


Figura 6.36 Transportador de rodillos por gravedad.

Rodillo por gravedad: Los transportadores de rodillos por gravedad se componen de rodillos montados entre marcos, al igual que las cintas transportadoras con rodillos operadas por fuerza de gravedad o motorizadas. Estas bandas se usan del mismo modo que las cintas que usan ruedas de patín, pero los rodillos permiten más variedad en la superficie de la unidad de carga. En este tipo de equipo se transporta material que no se moviliza de forma satisfactoria sobre ruedas y a la vez otros materiales que no presentan superficie uniforme. Vienen en segmentos rectos, curvos y en espiral. Las curvas proveen un flujo uniforme del producto en giros especiales que abarcan las necesidades de los clientes. Las curvas manejan el producto con una pendiente mínima que va de acuerdo a peso y el tamaño del producto. Asimismo, pueden

instalar en forma inclinada para usarlos con la fuerza de la gravedad o en un plano horizontal para empujarlos con la mano a lo largo de un área de trabajo.

Transportadores motorizados

Una cinta motorizada es aquella cinta transportadora operada por electricidad. Se diseña para que transporte cualquier material. El tipo de cinta motorizada a utilizar en una aplicación depende de cada factor del sistema: el tamaño y el peso del producto, el medio ambiente de operación, las unidades de carga de superficie (irregular o lisa) y muchos otros. Con el fin de elegir la mejor opción, es decir, un tipo de cinta, rodillo o cadena de cinta motorizada, con anterioridad se deben conocer todas las variables lo más lejano posible en el futuro (que cubra la vida del sistema).

Transportador de cinta. Un transportador de cinta, consiste en una tira de tela (plástico, metal, goma, cuero, etc.) montada sobre un rodillo de tracción y otro de tensión. Esto permite que la tira corra entre dos estructuras apoyada sobre una cama deslizante de chapa de metal o sobre rodillos montados entre las estructuras. Se pueden instalar en posición horizontal e inclinada. Este Transportador permite tener movimiento de artículos entre niveles de piso mediante el uso de transportadores de banda; con este equipo ha sido posible obtenerse mejoras excepcionales

en la economía y eficiencia del manejo de materiales. En los sistemas de transportadores para paquetes, todos los planos inclinados son bandas de este tipo. Estas permiten que se mida el ritmo de las cargas, su colocación exacta y el transporte de cargas con superficies suaves e irregulares. También existen transportadores de cinta en formas curvas y en espiral. Las camas lisas son los transportadores más utilizados y económicos; consiste en una correa motorizada que va sobre la lámina metálica deslizando sobre ella.

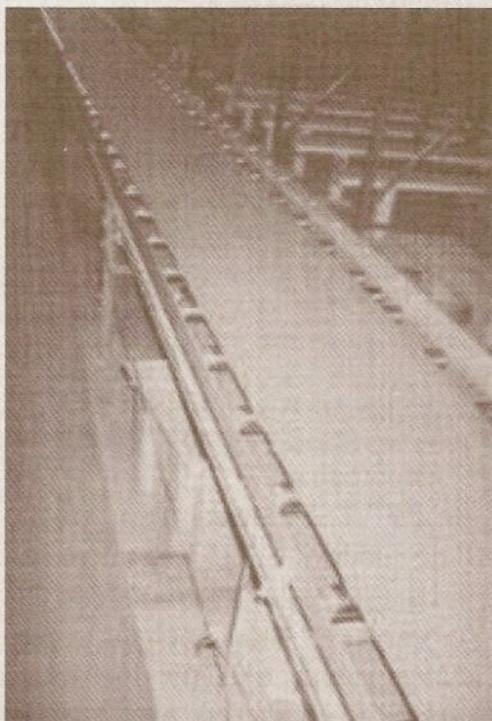
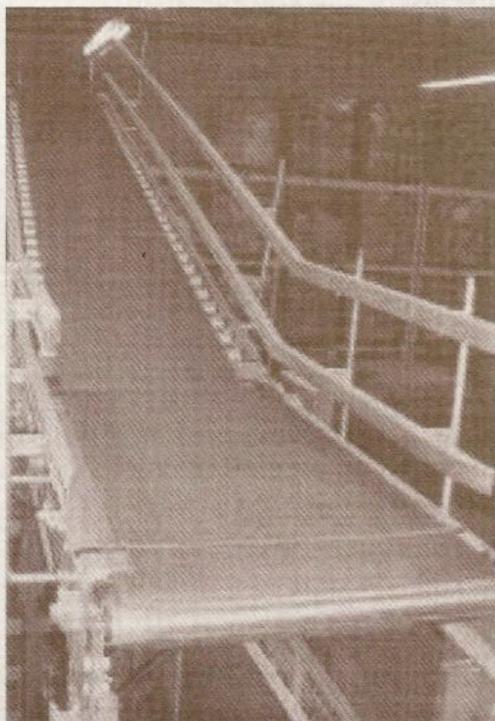


Figura 6.36 Cama lisa inclinada y cama lisa

Transportador de rodillo mecanizado:

Los transportadores de rodillo mecanizado consisten en rodillos montados entre estructuras que se mueven gracias a distintas maneras de tracción. Es ideal para trasladar cargas pesadas a través de grandes distancias y también fácilmente transfiere hacia otras líneas de distribución los paquetes que por ella transitan. En algunos casos se utilizan también cuando se requiere menor consumo de potencia. Facilita las operaciones de empaque y embarque ya que permite el control de los productos permitiendo que los mismos sean colocados o retirados de forma lateral sin detener el

equipo, debido a que cuenta con rodillos de presión que pueden ser ajustados y así lograr en caso que sea necesario, que la carga deslice sobre los rodillos y de esta forma lograr pequeñas acumulaciones. Se utilizan para una variedad mucho más amplia de aplicaciones que los transportadores de cinta.

Cada una de esas aplicaciones puede requerir un tipo diferente de tracción para los rodillos. Los siguientes mecanismos de tracción describen los tipos de transportadores de rodillos mecanizados:

Rodillo mecanizado de cinta plana: Este mecanismo utiliza una cinta plana

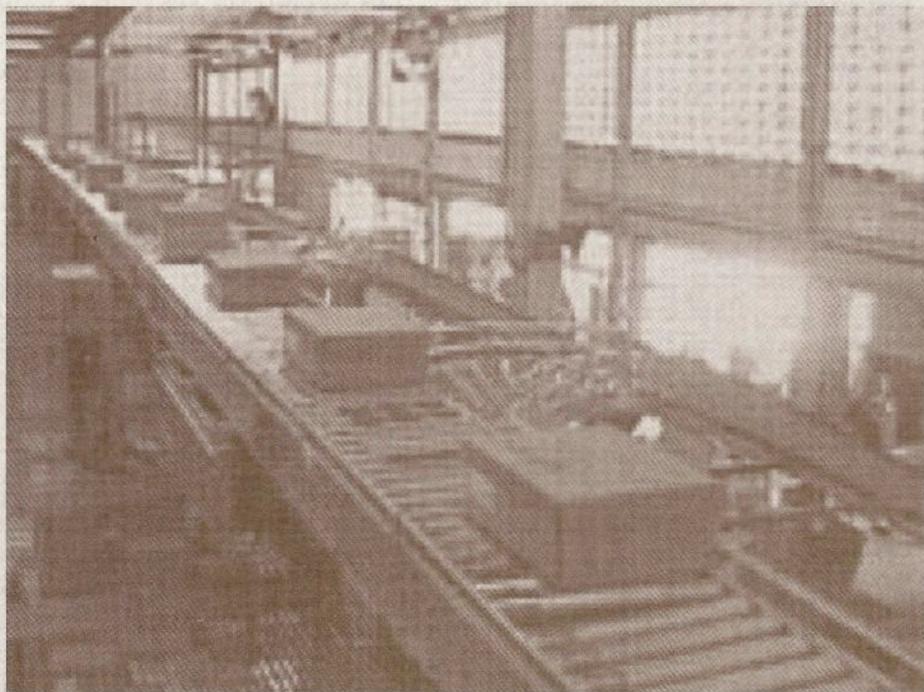


Figura 6.37 Transportador de rodillos mecanizados.

y delgada que va por debajo de los rodillos guía entre el rodillo y el de reenvió (un rodillo con resorte usado para regular la tensión de la cinta). Los rodillos presionan la cinta contra la parte inferior de los rodillos guía y de este modo provocan el contacto y la tracción.

Rodillo mecanizado de cinta en V:

Los transportadores de rodillo mecanizado de cinta en V funcionan de modo similar a las cintas planas, con excepción de los cambios mecánicos que se hacen para sostener la cinta en V en lugar de la cinta plana. La cinta transportadora en V con frecuencia es usada en las curvas de los sistemas de rodillos mecanizados porque su orientación en V accede a que los rodillos sigan la dirección de las curvas.

Rodillo mecanizado impulsado por cable: Un transportador de rodillo mecanizado impulsado por cable es muy similar al de rodillo

mecanizado de cinta en V. Se usa un cable en lugar de la cinta, el cual es fabricado en varios materiales para que se adapte a la aplicación.

Rodillo mecanizado de eje de línea:

Un transportador de rodillo mecanizado de eje de línea es un transportador de rodillos con un eje montado debajo de estos y a un costado de la línea. Este eje se acopla con juntas universales para que pueda haber curvas. Se pueden incorporar ramales desde la línea principal o hacia esta por medio del uso de ejes sinfín y acopladores. Montados en el eje giratorio hay unas poleas que van en una ranura que tienen los rodillos de tracción del transportador. La dirección de la torsión de las poleas determina la de la tracción.

Rodillo mecanizado de tracción por cadena. Se encuentra en dos tipos:

1. **Continuos:** Consiste en un segmento impulsado por cadena

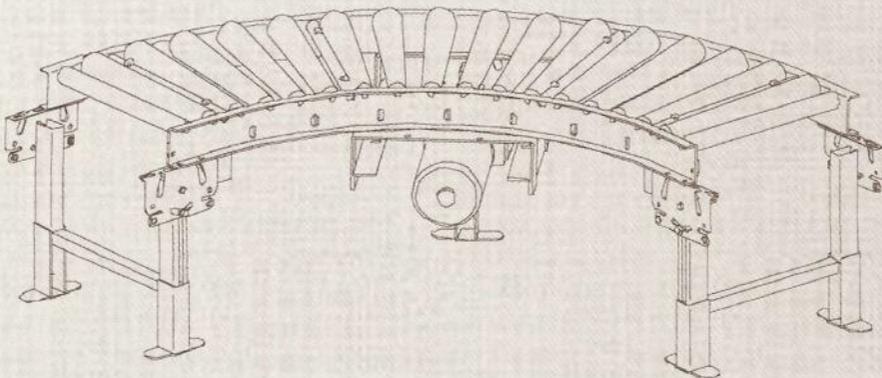


Figura 6.38 Curva de cinta en V.

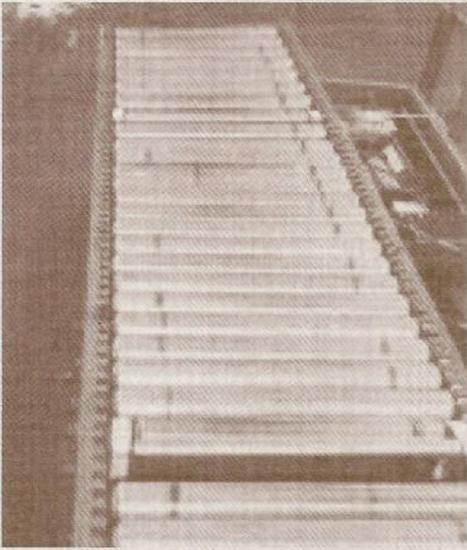


Figura 6.39 Transportador de rodillos mecanizados de eje de línea.

que está en contacto con un engranaje montado en cada rodillo impulsado.

2. **De rodillo a rodillo:** Contiene dos engranajes montados a los costados en los rodillos. El rodillo final se conecta a un motor, y cada uno de los rodillos que le sigue se conecta con el rodillo siguiente

en la línea por medio de una cadena. Esto transfiere la energía propulsora de un rodillo a otro. El número práctico de segmentos de cadena es de 80.

Los carros

Entre los que se incluyen vehículos operados manualmente o con motor. Los carros operados en forma manual (carretillas), las plataformas y los camiones de volteo son adecuados para cargas ligeras, viajes cortos y lugares pequeños: para mover objetos pesados y voluminosos, se utilizan entre otros los tractores. La seguridad, la visibilidad y el espacio de maniobra son las principales limitaciones.

Transportador de acumulación. Estos transportadores describen todo transportador que sea usado para armar una fila de unidades de carga. Existen dos tipos disponibles: de acumulación continua y de acumulación de zona o de presión cero/mínima.

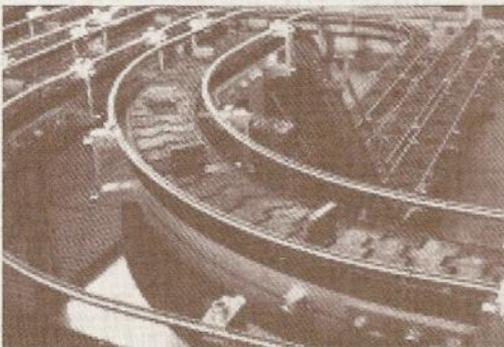


Figura 6.40 Transportadores en cadena

La operación mecánica de la estructura del transportador es su mayor diferencia.

Un transportador de acumulación es muy importante para el diseño del sistema. Se usa para controlar el tráfico, manejar picos de ingreso de piezas sin programar todo en el sistema para que maneje también la tasa máxima de producción, inspecciona que las actividades de ingreso continúen durante las interrupciones en el trabajo corriente abajo y consolida las cargas que son similares o que de algún modo están relacionadas.

Acumulación continua. Cumplen su función al hacer que se detenga la primera carga entre todas (a través de un tope de carga, una traba abatible, una correa de frenado), para dar inicio a la acumulación de las cargas.

La sección tiene una longitud definida donde la acumulación se realiza en forma segura. Esta longitud está determinada por el tamaño de la carga y su variación, su peso, su durabilidad y otros aspectos. Todos estos factores determinan cuanta contrapresión pueden soportar las cargas y así se determina el largo de la sección de acumulación. En este sistema, los controles se diseñan para que determinen cuando se llena esta sección. Al llegar a este punto en un sistema de este tipo, se reduce o se interrumpe la transmisión de energía a los rodillos de tracción. En el instante, que son descargadas las piezas acumuladas, se rehabilita parte o toda la energía del sistema y se desactiva el tope al comienzo de la zona de acumulación. Toda la zona se activa al mismo tiempo, porque tiene un efecto de proyectil.

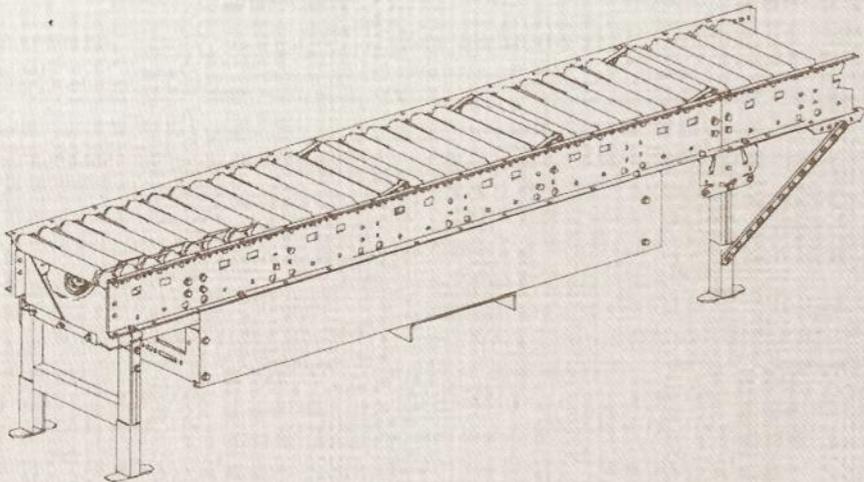


Figura 6.41 Transportador de acumulación de presión cero/mínima.

Acumulación de zona o de presión cero/mínima. La acumulación de zona funciona de manera exacta a la forma que le da su nombre. El transportador está dividido en zonas de 24 a 36 pulgadas de largo. Cada zona tiene un sensor que suele ser una barra accionada por un resorte ligero, encajada entre dos rodillos (aunque esto varía según el fabricante; a menudo 10 hace la misma planta). Cuando una carga que se detiene sobre ella presiona esta barra, desactiva la zona anterior. Similar al caso de la acumulación continua, hay una traba mecánica al comienzo de la línea de acumulación, la cual hace que la primera carga se detenga y (en el caso de acumulación de zona) desactive la primera zona. A medida que cada carga llega a la última zona que se desactiva, se encuentra con la barra sensor y desactiva la zona anterior. El sistema liberará la primera carga cuando se desee y, en este punto, la acumulación de zonas ofrece dos alternativas. La acumulación puede reactivarse en un modo que tiene un efecto de proyectil, como se describió antes: muchas zonas que se liberan al mismo tiempo.

La otra alternativa es que la acumulación de zona libere un segmento por vez. Se baja la primera traba mecánica y la primera carga abandona la zona, lo cual libera la barra sensor en ella; se activa la zona anterior, y así

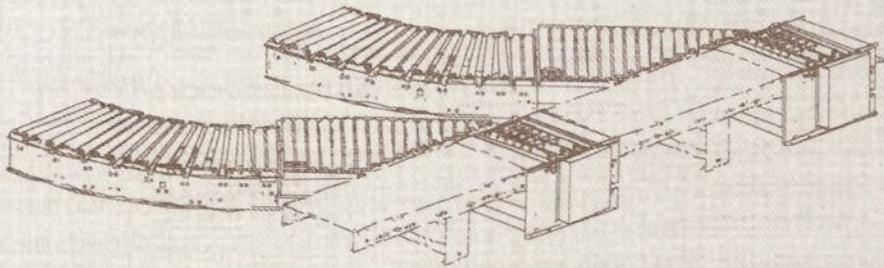
continúa por toda la longitud de la acumulación.

Sistemas de clasificación: Los sistemas de clasificación son el resultado de todos los componentes de los transportadores anteriores. En la actualidad se encuentran en el mercado clasificadoras de calidad, estas tienen una balanza incorporada que compara el peso real con el peso teórico de la carga. Si la diferencia es grande, el transportador es utilizado para desviar (clasificar) estas cargas diferentes hacia una línea de control de calidad. Los modelos de clasificación van desde un modelo simple como el que se muestra en la siguiente figura, (ver abajo), hasta sistemas de distribución a gran escala, los cuales permiten clasificar cientos de cajas por minuto y enviarlas a cientos de líneas diferentes.

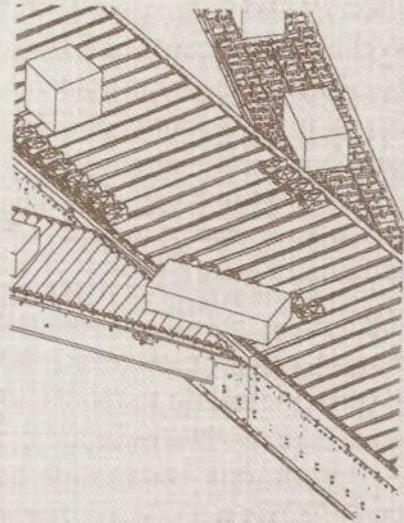
Consulte la figura 6.42; en la página siguiente.

Estos sistemas los usan los grandes consolidados de carga y las embarcaciones para clasificar las cargas recogidas y empaquetadas, para ser llevadas a la puerta de salida de una bahía y se cargadas en los remolques para embarcarlas y ser llevadas a un destino determinado. Existen variedad de clasificaciones, las cuales dependen del tipo de producción:

- En aplicaciones donde la producción esperada es lenta a



Desvíos de ruedas que suben a la superficie



Desvíos con zapatos

Figura 6.42 Transportador de acumulación de presión cero/mínima.

moderada (0 a 30 cargas/ minuto), la clasificación se realiza por medio de transportadores de rodillos con transferencias o desvíos que alimentan ramales de alimentación, que son rodillos motorizados o rodillos/ruedas operados por gravedad.

- En los casos donde la producción aumenta a velocidades más altas, (30 a 60 cajas/minuto), la clasificación se realiza con un clasificador de bandas, con

ruedas direccionales que suben a la superficie para tomar el control de la carga y desviarla de la línea principal.

- Cuando la producción alcanza la categoría de alta velocidad (más de 600 cajas/minuto; hay fabricantes que realizan 280 cargas /minuto), los sistemas de clasificación pasan a ser de zapata deslizante, bandeja de caída o de bandas cruzadas.

- Los clasificadores de zapata deslizante usan un transportador con listones, que tiene zapatas que se deslizan de lado y empujan o arrojan la carga para ponerla o sacarla de la línea. Los clasificadores de zapata son bidireccionales (pueden mover los artículos clasificados a ambos lados de la línea) y funcionan mejor cuando se usan con cargas que tienen fondo firme. Tienen capacidad para altas velocidades, 100 a 200 cajas/minuto.
- Las clasificadoras de bandeja de caída consisten en una línea de bandejas; las cargas llegan a ella y caen en las líneas de clasificación. Funcionan bien para productos blandos y son capaces de altas velocidades; llegar hasta cerca de las 180 cajas/minuto.
- Las clasificadoras de banda cruzada manejan velocidades de 190, a 250 cajas/minuto. Funcionan de manera similar a las clasificadoras de bandeja de caída porque tienen una "bandeja" aislada en la cual se depositan las cargas; pero esta bandeja es una pequeña cinta transportadora. Se llama banda cruzada porque su cinta está colocada a 90 grados con respecto a la dirección de recorrido de la bandeja. Cuando la banda cruzada llega al lugar de la clasificación, la cinta comienza a funcionar y saca la carga de la banda cruzada. La banda cruzada

envía la carga en cualquiera de las dos direcciones y maneja artículos duros y blandos con la misma eficacia. Las altas velocidades se logran porque, a diferencia de la bandeja deslizante, que usa la fuerza de gravedad para liberarse de su carga, la banda cruzada la saca por sí misma, de modo que las áreas de clasificación están más cerca unas de otras y se mantienen un grado mucho más alto de control sobre la carga.

Plataforma giratoria. Son usadas para reorientar la unidad de carga en un ángulo beneficioso para la operación. Un modelo usado con frecuencia es el de una operación automática de colocación de bandejas donde existen limitaciones de espacio. Se utiliza una plataforma giratoria, la cual gira la carga a 90° respecto a la orientación que tiene la salida de la bandeja para ser retirada. La bandeja se apoya sobre la plataforma giratoria, ésta rota a 90° y la bandeja abandona la plataforma giratoria.

Carro de transferencia. Un carro de transferencia consiste en una estructura con ruedas que casi siempre va sobre rieles. Se monta un segmento corto de cinta transportadora sobre esta estructura. El carro de transferencia se mueve en forma perpendicular a la dirección del recorrido de las cargas que

van sobre el transportador. Se usa en aplicaciones donde hay muchas líneas de ingreso y salida y baja producción. El carro de transferencia se pone en línea con un recorrido de ingreso y se recibe una carga de esa cinta transportadora, continua hacia el camino de salida indicado y la pasa a la otra cinta; el carro de transferencia queda libre para realizar otro movimiento y ser operados a mano o motorizados.

Camiones industriales

Los camiones industriales se emplean para movilizar material o cargas en forma de lotes, no de uso en carreteras. En la industria, se denominan carretillas elevadoras. Están diseñadas

para levantar y transportar cargas demasiado pesada o voluminosas para manipular a mano con seguridad.

Carretilla elevadora es un término usado en forma genérica y comprende el equipo manual y motorizado. También incluye equipos que se guían, se operan y/o manejan por su parte trasera, las carretillas elevadoras, estas se dividen en dos categorías:

Elevación baja: Estas levantan cargas de 4 a 6 pulgadas y por lo general se usan solo para transportar cargas de un lugar a otro.

Elevación alta: Levantan cargas hasta una altura nominal de 40 pies, se usan para transporte y para colocar las cargas en las ubicaciones de los almacenes.

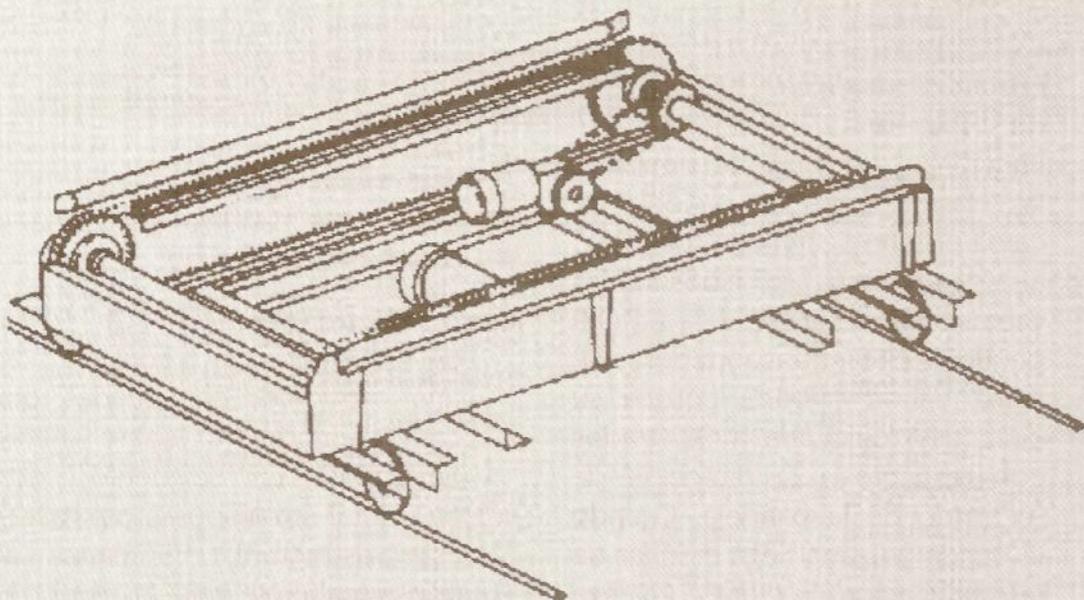


Figura 6.43 Carro de transferencia

Las carretillas elevadoras con contrapesos representan el concepto original del diseño, requieren pasillos anchos (de 10 a 16 pies (3 a 5 m) con longitudes de carga de 4 pies (1.2 m), normalmente operan hasta una altura máxima de almacenamiento de unos 24 pies (7.3 m) con cargas de 2,000 a 6,000 lbs (900 a 2,700 kg). Las alturas típicas de los techos para usar estas máquinas son del orden de los 26 a los 28 pies (8 a 8.5 m).

El diseño convencional moderno de la carretilla elevadora para operaciones de almacenamiento y fabricación es una unidad de extensión. Estas máquinas requieren pasillos menos anchos (7 pies 6 pulgadas a 9 pies 6 pulgadas (2.3 a 3.0 m) para longitudes de carga de 4 pies (1.2 m)) y pueden manejar de 2,000 a 4,000 lbs (900 a 1,800 kg) hasta una altura de alrededor de 24 pies (7.3 m) con alturas de techo similares de 26 a 28 pies (8 a 8.5 m). Desde el

punto de vista del rendimiento, la carretilla de extensión tiene las mismas características de operación de la máquina con contrapesos, con los beneficios de una mayor economía de espacio para pasillos, menos presión de "huella" sobre el piso y un sistema de propulsión enteramente eléctrico.

En la actualidad se encuentran carretillas elevadoras capaces de almacenar a 40 pies (12 m) de altura en pasillos de menos de 6 pies (1.8 m) de ancho, las cuales son dirigidas de manera electrónica o mecánica o por cable e impulsadas por electricidad y por computadora, las unidades más grandes resultan muy costosas. Las ventajas de su aplicación se manifiestan en los edificios de techo alto (44 pies (13.5 m)), que requieren menos terreno y dan un costo total de instalación más bajo. Precisa de diseños de pisos con tolerancias muy rígidas (1/8 de pulgada (3. mm) en 20 pies (6 m)) y

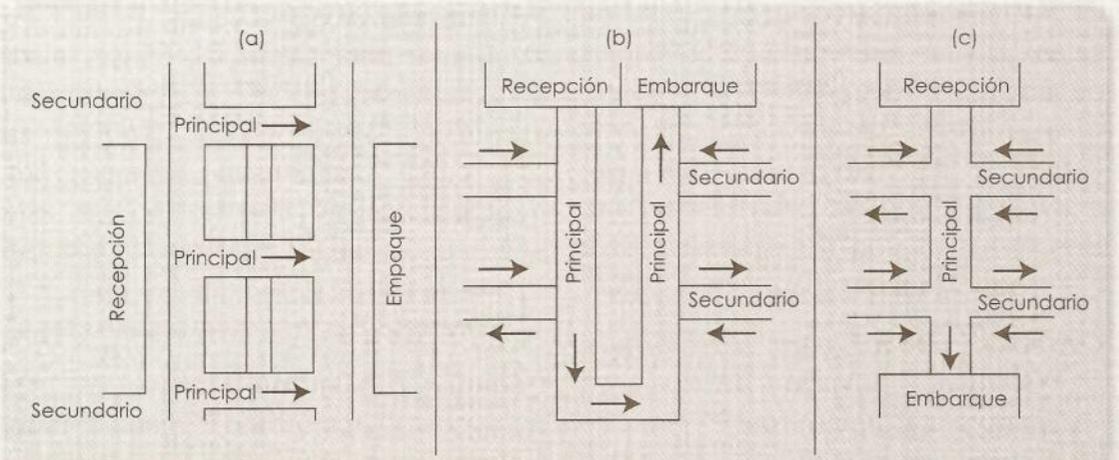


Figura 6.44 Configuraciones de pasillos, deben representar no más del 10 al 15% del espacio total disponible.

las distancias entre columnas se deben adaptar a la configuración del vehículo y de los estantes.

Las anteriores categorías presentan muchas clasificaciones con otras variables como tipo de propulsión, tipo de apoyo de la carga, operación con gasolina o con electricidad y control manual o automatizado. De acuerdo con estas variables, las carretillas elevadoras de horquilla, a su vez se dividen en: carretilla de mano, camiones industriales, motorizados y vehículos guiados automáticamente (AGV).

Carretilla de mano

Son dispositivos con ruedas que tienen una plataforma, uñas u otra superficie o herramienta para apoyar una carga mientras se transporta a mano. La más conocida es la carretilla de mano o plataforma rodante de dos ruedas, similar a las usadas para mover un electrodoméstico o una pila de cajas. Se usan a menudo en las bahías de envío y recepción para ubicar y sacar cargas de los camiones. Hay carretillas de mano diseñadas para manejar un tipo de carga específico. Dos ejemplos son las carretillas para electrodomésticos y para mover cubas.

Carretilla manual para plataformas:

es una carretilla de palanca para plataformas con el fin de distinguirla del equipo accionado a motor. Su diseño permite mover plataformas o cargas parecidas.

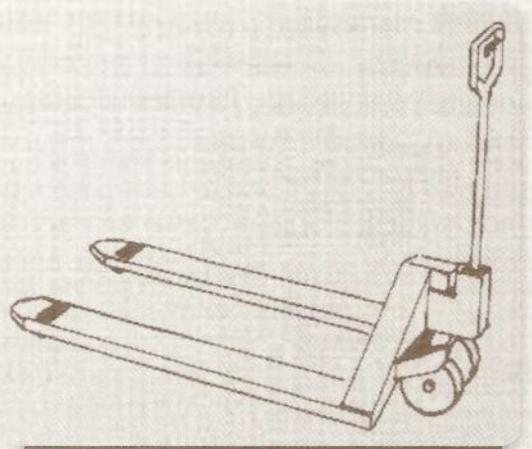


Figura 6.45 Carretilla para plataformas.

Tiene dos uñas que cuando se bajan entran en los espacios libres que la plataforma tiene para este propósito (o debajo de otro tipo de cargas con ranuras para las uñas). Las uñas tienen ruedas cerca de los extremos que (junto con una tercera rueda montada en la parte inferior de la manija) sostienen las uñas junto con la carga. La manija de la carretilla se conecta a una bomba hidráulica, que se activa al subirla y bajarla varias veces. Esto sirve para elevar las uñas y alzar la carga que se va a transportar. Cuando el operador conduce la carga a su destino, acciona una palanca de liberación (que está en la manija) para que la presión hidráulica deje caer las uñas y la carretilla pueda salir bajo la carga.

Camión con plataforma: No es más que otra carretilla de mano común, que se encuentra en variados tipos diferentes. Suele tener una plataforma baja apoyada sobre

tres o cuatro ruedas; dos de ellas son fijas, y la otra gira libremente para dar dirección al vehículo. Un camión con plataforma donde todas las ruedas giran se llama plataforma rodante. Se utiliza en lugares donde se necesita movilizar la plataforma en cualquier dirección. Presenta una desventaja cuando las ruedas giran, porque se dificulta mantenerla derecha en distancias largas.

Camiones motorizados

Los camiones motorizados representan a los vehículos de combustión motorizados, eléctricos o de combustión interna, que sirven para elevar y transportar cargas.

La siguiente tabla muestra un conjunto de clasificaciones para los camiones industriales establecida por la Industrial Truck Association:

Tabla. Clasificaciones de camiones elevadores de la Industrial Truck Association

Descripción	Aplicaciones	Capacidades típicas de carga (lb)	Altura típica de elevación (pies)
Camiones de manejo con motor eléctrico	Interiores, propósito general	2000 - 12000	16 - 25
Camiones con motor eléctrico para pasillos estrechos	Interiores, pasillos estrechos y pasillos muy estrechos	2000 - 4500	Hasta 40
Camiones manuales con motor eléctrico	Interiores, propósito general	4000 - 8000	NA
De combustión interna, rueda sólida	Interiores y exteriores, propósito general	2000 - 15000	Hasta 20
De combustión interna, rueda neumática	Exteriores, propósito general, superficies pavimentadas	2000 - 15000	Hasta 20
Tractores de remolque	Interiores, distancias largas	NA	NA
Camiones elevadores para terreno accidentado	Exteriores, sitios de construcción	4000 - 20000	Hasta 40

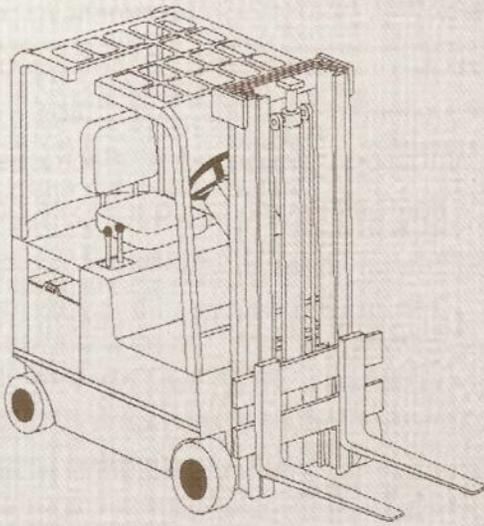


Figura 6.46 Camión elevador con contrapeso

Los camiones presentan dos tipos de motor: eléctrico y de combustión interna (gasolina o gas natural). Además de estar diseñados para uso exterior e interior.

De acuerdo con la tabla anterior, las clasificaciones I, IV Y V son llamadas camiones con contrapeso.

Los camiones con contrapeso están diseñados para que disminuyan su longitud general de modo que permitan una capacidad de maniobra mayor y utilizarse en pasillos estrechos; es decir, menos espacio requerido para hacer apilamientos en ángulo recto. Con este fin son diseñados para que la carga se lleve en el frente de las uñas o en otro tipo de agregado. La carga es transportada por las ruedas que están justo detrás del mástil, y actúa como punto de apoyo del camión. Este diseño hace que la porción del

camión que está detrás de las ruedas (el operario, la batería, el motor, etc.) opere como contrapeso de la carga. Estos modelos de contrapeso ofrecen dos alternativas, estar sentado o de pie, sin embargo los que tienen mayor capacidad de carga son aquellos donde la persona va sentada.

Su uso, permite tomar la decisión de elegir un camión operado por combustión interna o electricidad. Para ambientes de distribución interna, la energía eléctrica es la apropiada, porque son más silenciosos, más simples de mantener y no emiten gases altamente peligrosos; para operaciones al aire libre y de alta capacidad, el motor de combustión interna es la regla dominante, porque los camiones eléctricos no funcionan bien en el exterior y los requerimientos de combustible en un terreno con elevaciones o accidentado se manejan mucho mejor con un motor de combustión interna que con uno eléctrico.

Camiones industriales de clase

II. Considerando la tabla de clasificaciones, los camiones de motor eléctrico para pasillos estrechos; se debe definir pasillo estrecho. El ancho estándar de un pasillo es de 12 a 15 pies; este ancho de pasillo suministra espacio para que la mayoría de los camiones giren en ángulo recto con espacio libre. Un pasillo estrecho (NA) tiene 10 a 12 pies. Para este ancho de pasillo, el chasis de los

camiones tiene que acortarse para que puedan girar en ángulo recto con mucho espacio libre. Con el fin de reducir el chasis el conductor suele ir de pie. También existe una categoría llamada pasillo muy estrecho (VNA); este es un pasillo con un ancho de 5 a 10 pies. Las carretillas elevadoras para VNA se modifican en función de que el camión no hace un giro en ángulo recto en el pasillo, sino que la carga gira y se mueve dentro de la estantería de almacenamiento.

Recolector de pedidos. Un camión recolector de pedidos tiene la plataforma del operador pegada a la torreta del camión. Las uñas están sujetas a la plataforma.

Este camión no está diseñado para mover, apilar y/o almacenar tarimas, sino para moverse pasillo arriba y pasillo abajo mientras el operador recoge pedidos o reabastece lugares. El operador controla el camión desde la plataforma, y si coloca una tarima u otro envase sobre las uñas, puede recorrer un pasillo y llegar a un lugar para reabastecer, recolectar o hacer el inventario de un lugar. Para tener un mejor control del camión, se usan guías de cable o rieles. Esto permite que el vehículo recorra el pasillo más rápido y también aumenta el nivel de comodidad del operador cuando se mueve en forma vertical y horizontal al mismo tiempo. Esto

reduce los tiempos de ciclo para moverse entre ubicaciones.

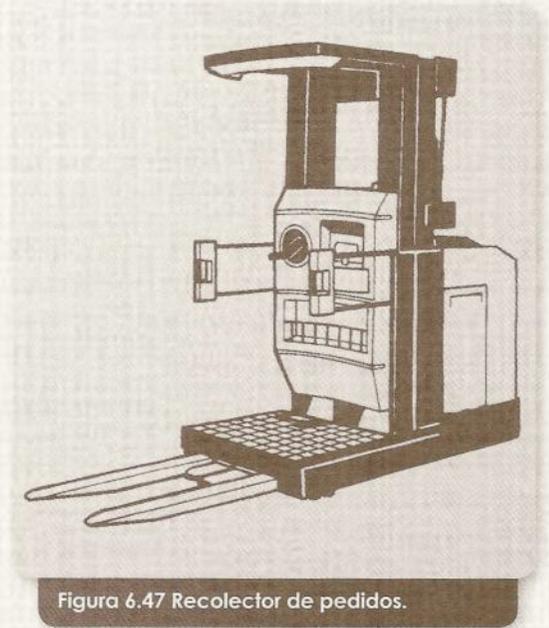


Figura 6.47 Recolector de pedidos.

Las operaciones de surtido de pedidos están normalmente controladas por personas auxiliadas por vehículos. Los adelantos más recientes en materia de recogido automatizado de artículos y vehículos dirigidos por computadora, se aplican en operaciones donde el número de transacciones es muy elevado. Por lo general, la mayoría de las actividades de surtido de pedidos dependen de personas que usan documentos de control y de la mecanización del traslado mediante vehículos y transportadores.

- **Guía por cable:** Es un sistema automatizado para controlar la dirección de un camión VNA. Se coloca un cable justo debajo de la superficie del suelo con una señal que corre por él y que

rastrea un receptor puesto en la carretilla elevadora. Los controles automatizados del camión usan la información de rastreo para dirigirlo.

- **Guía por rieles:** Es una aplicación para guiar a un camión por un pasillo. Se coloca un ángulo de hierro en el piso a lo largo del pasillo. El camión tiene pequeñas ruedas en sus cuatro esquinas que se enganchan al ángulo de hierro (el riel) y hacen que el camión vaya derecho por el pasillo.

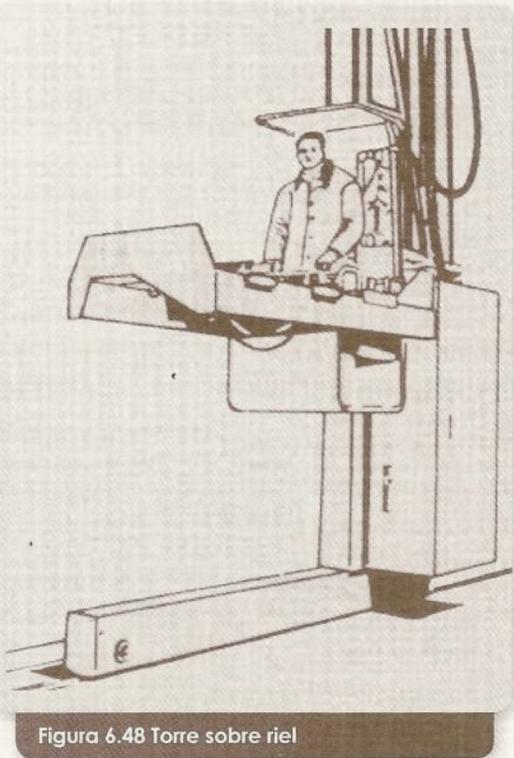


Figura 6.48 Torre sobre riel

Las operaciones de surtido de pedidos están controladas por las personas apoyadas por vehículos. Los adelantos más recientes en

materia de recogido automatizado de artículos y vehículos dirigidos por computadora, se aplican en operaciones donde el número de transacciones es muy elevado. Por lo general, la mayoría de las actividades de surtido de pedidos dependen de personas que usan documentos de control y de la mecanización del traslado mediante vehículos y transportadores.

Camión con horquillas. Tiene ruedas que se montan en unas extensiones (patas) que salen de la parte frontal de la torreta. Las uñas actúan entre estas patas de manera que tienen que entrar en los espacios que hay debajo de la carga para levantarla. Una alternativa al meter las uñas en los espacios bajo la carga es poner a esta sobre una plataforma o un plano, de modo que las patas entren por debajo. En la mayor parte de los casos, el nivel inferior de la plataforma se coloca sobre un par de vigas que la levanten un poco del piso para facilitar la operación.

Consulte la figura 6.49; en la página siguiente.

Camión extensible. Es un camión con horquillas que tiene un mecanismo especial en la torreta, donde se sujetan las uñas y el respaldo. Este mecanismo es un pantógrafo y permite que las uñas se extiendan más allá de las horquillas a fin de recoger y depositar cargas.

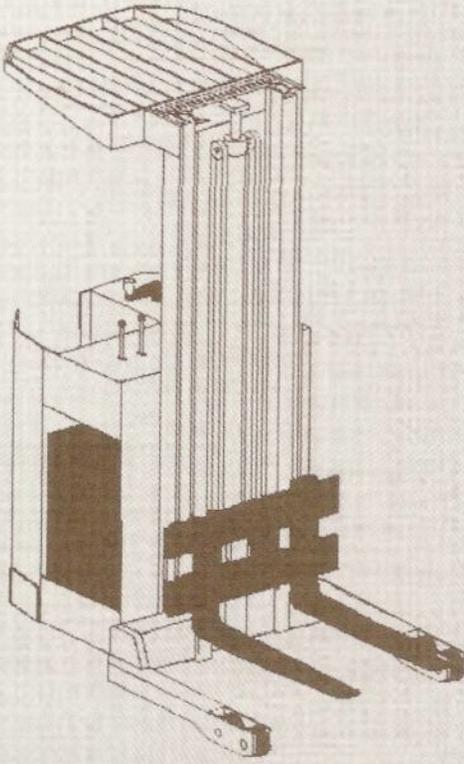


Figura 6.49 Camión por horquillas

Asimismo el camión levanta una carga que es demasiado ancha como para meter las uñas debajo de ella y elimina la necesidad de colocar vigas debajo de las plataformas.

Camión extensible de doble profundidad. Es un camión que tiene un doble pantógrafo sujeto a él. Permite guardar cargas de dos plataformas de profundidad en una estantería (de doble profundidad), aumentando la utilización del espacio cubico del área de almacenamiento.

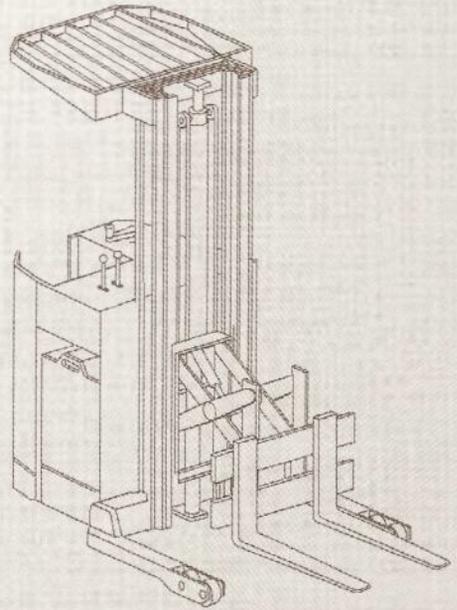


Figura 6.50 Camión extensible

Camión con torreta oscilante. Los camiones con torreta oscilante están diseñados con una torreta especial que se monta sobre un pivote, que permite que la torreta oscile y se ubique en ángulo recto para colocar una carga en la estantería para plataformas. Este camión puede trabajar en un pasillo muy estrecho porque no tiene que ser mucho más ancho que el camión y la carga. La aplicación típica puede funcionar en un pasillo de 6 a 7 pies de ancho. Estos camiones son muy pesados, ya que deben tener un contrapeso que soporte la torreta y la carga girada a 90°. También pueden pivotar 60° en una dirección (hacia la derecha), de modo que el operario tiene que pensar qué lado del pasillo va a utilizar antes de entrar en él.

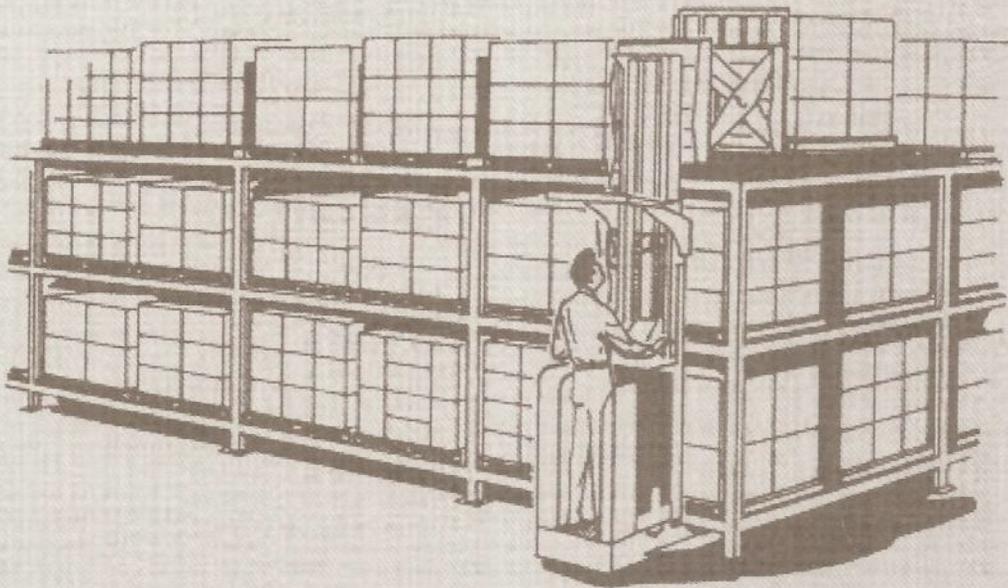


Figura 6.51 Camión extensible de doble profundidad.

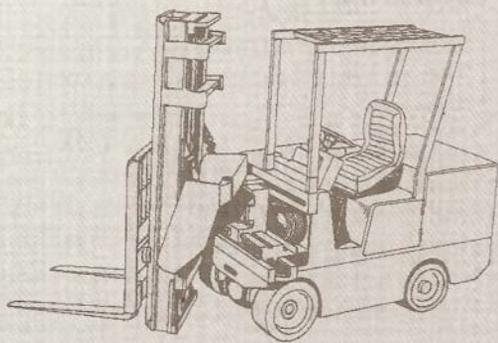


Figura 6.52 Camión con torreta oscilante

Camión de torre. Tiene la capacidad de mover cargas en las estanterías de almacenaje sin necesidad de girar. Esta acción la realiza al montar las uñas en un dispositivo llamado torre, que rotar la carga 180°. Cuando la carga se rota en la dirección de almacenaje deseada, las uñas cruzan la ubicación y la depositan.

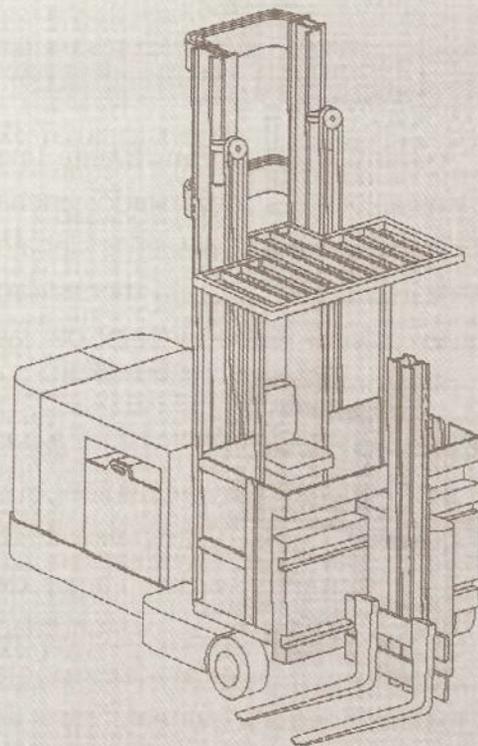


Figura 6.53 Camión de torre

Existen dos versiones para que el operador suba junto con la carga o no:

1. La versión con operador arriba tiene la ventaja de ubicar al operario directamente en el lugar donde se almacena la carga, permitiéndole alinear la carga y el lugar con facilidad y usar el camión como un recolector de pedidos, se recomienda cuando la altura de almacenamiento es mayor que 20 a 25 pies.
2. Con operador abajo tiene velocidades de operación más altas, mejorando el resultado si la aplicación así lo requiere, Además, requiere de un dispositivo que ayuda al operador a seleccionar la altura de la carga para los lugares elevados

Camiones de carga lateral. Está diseñado para manejar cargas largas de lado, que suelen almacenarse en estantes de vigas voladizas. Los camiones bajan por los pasillos con la carga puesta en paralelo (a lo largo) de este. Las uñas se extienden hacia la estantería por medio de un pantógrafo o un diseño de torreta rodante. En la mayoría de aplicaciones, estos camiones recorren los pasillos en forma automática, por cables o rieles.

Carretilla de plataformas motorizada. Estas son versiones operadas a motor de las carretillas manuales de plataformas. Existen versiones

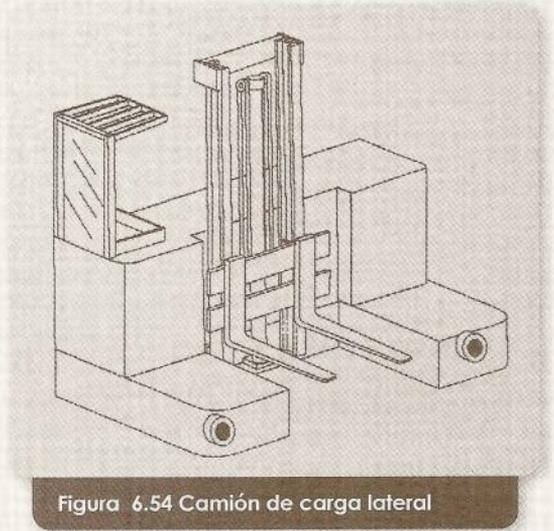


Figura 6.54 Camión de carga lateral

de esta carretilla en las que el operador tiene que caminar detrás (de camino) y versiones donde el operador puede conducirla (de camino/de manejo). También vienen en versiones que tienen uñas de doble largo, a menudo llamadas transportadores, que pueden llevar hasta cuatro plataformas (dos pares apiladas lado a lado). Es económica, y muy útil en las áreas de envío y recepción. Se facilita el ascenso a los remolques para cargar y descargar. Los modelos con uñas de doble largo son transportadores apropiados para mover plataformas de las áreas de bahía hacia reserva o viceversa. También se encuentra una versión de la carretilla de mano para plataformas de camino, pero su capacidad de altura es inferior a 15 pies, y recibe el nombre de apilador de camino, el cual tiene un uso limitado pero resulta ser el mejor.

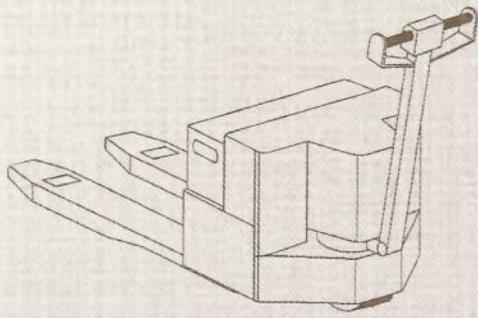


Figura 6.55 Carretilla de plataforma motorizada

P/D, sistema de guía y sistema de control AGV.

1. Vehículos

Los AGV vienen en todas las variedades, por lo general se encuentran representados en los modelos expuestos en la siguiente figura: tractores, vehículos de plataforma, carros de unidades de carga o carros de cargas livianas.

Sistemas de vehículos guiados automáticamente (AGV)

Los AVG, como se les conoce, brindan el más alto nivel de automatización en las soluciones para el manejo de materiales. Suponga un determinado sistema que recoge y entrega cargas de forma automática en una operación. Una persona acaba de recibir una unidad de carga de bienes y aceptó que se almacenara por medio de un dispositivo de computadora con radiofrecuencia (RF); esto activa el sistema AGV para que envíe un vehículo a este punto de recolección/entrega (P/D); el vehículo se programa y se despacha en forma automática; el sistema está al tanto de qué tipo de vehículo enviar según la orden recibida; el vehículo llega y se lleva la carga (esto puede hacerse en forma automática o con la presencia de un operador); luego, entrega la carga en el punto de destino. Este modelo expone los cuatro componentes principales de un sistema AGV: vehículos, estaciones

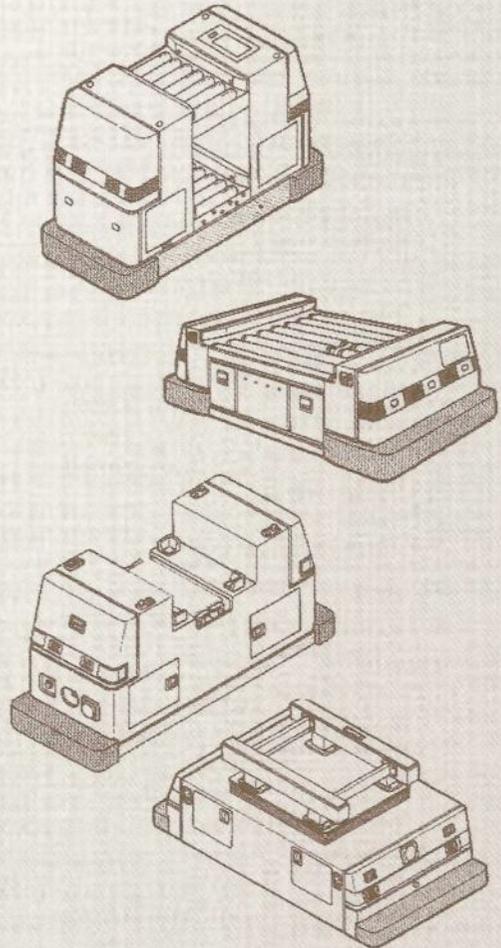


Figura 6.56 Vehículos guiados automáticamente.

Son usados para halar cargas que en su mayoría suelen ser remolques cargados con cargas unitarias.

Los tractores de plataforma son muy parecidos a las carretillas elevadoras, pero cargan y descargan de forma automática, inclusive en una estantería de plataformas. Los carros de unidades de carga o cargas unitarias, son diseñados para llevar la carga en su parte superior, y con frecuencia pueden llevar más de una carga. La parte superior de la unidad de carga es una cama o un transportador en interfaz con la estación P/D para la movilización y salida de cargas. Los carros de cargas livianas son vehículos que generalmente se cargan y descargan a mano. Llevan cargas ligeras, como correo en grandes complejos de oficinas. Estos transportes fueron usados en hospitales para suministrar medicinas desde la farmacia principal, hasta cada una de las secciones de enfermería.

2. Estaciones de recolección/entrega (P/D)

Corresponden al sitio específico del sistema, donde el vehículo establece una interfaz con las unidades de carga, a fin de recogerlas o bajarlas. Las estaciones P/D resultan ser tan simples como un cuadrado pintado en el piso donde un operario coloca una plataforma para que la retiren, pero también es algo tan complejo como una sección de un transportador especial que tiene una interfaz con un vehículo

de unidad de carga que coloca y saca cargas de este.

3. Sistemas de guía

Un AGV tiene una interfaz con el sistema de control que le permite al vehículo movilizarse en forma automática por la instalación, es decir, contiene un sistema avanzado de guía. La estrategia de control más simple de AGV requiere que un operario ingrese un código de destino en una terminal a bordo. El AGV, viaja hacia allí con el sistema de control que dirige el sistema de guías. En la actualidad hay cinco técnicas principales para guiar AGV:

- a. **Guía inductiva de cable.** Es la de uso más frecuente para cargas grandes de AGV y es muy similar a la guía por cable usada en las carretillas elevadoras de pasillos estrechos. Un dispositivo sensor incorporado al vehículo rastrea un campo electromagnético provisto por un pequeño cable empotrado en el piso (se requiere de suelos lisos y de cableado continuo). En el caso de los giros el cable se puede instalar en ángulo recto. El camión hará un giro cuando se aleja del cable y ejecuta un giro programado hasta que se reconecta con él, permitiendo una instalación adecuada y económica
- b. **Guía óptica.** Con frecuencia se utiliza una señalización visible (cinta, pintura, material reflectivo) para seguir el camino. Una fuente de luz en el AGV ilumina el camino

para un sensor óptico también incorporado en el AGV. Estos caminos, llamados guía óptica, son fáciles de instalar y modificar, se mantienen con facilidad y se cambian cuando es necesario. Sin embargo este no es tan duradero como el cable empotrado en el piso, debido a que se encuentra sobre la superficie; por tal razón, la guía óptica es más apropiada para medios ambientes de industrias limpias y oficinas.

- c. **Vehículo autoguiado.** Esta forma de navegación es una combinación de cálculo a ojo y la actualización de la posición se obtiene de un rayo láser que refleja códigos de barras o metas reflectoras. Es la distribución más fácil de instalar para una guía, aunque su instalación debe ser completa junto a las características de seguridad del AGV; para evitar colisiones deben estar en óptimas condiciones. Un sistema de autoguía puede generar una ruta alternativa si el camino elegido se encuentra bloqueado y no se despeja en una cantidad de tiempo predeterminada.
- d. **Guía química.** Su funcionamiento es similar al de la guía óptica, pero con luz negra como fuente lumínica. La ventaja es ser invisible.
- e. **Sistema de visión.** Consiste en una cámara incorporada al AGV, encargada de comparar la visión que se tiene enfrente con la programada. Al ser utilizados los

resultados de esta comparación, el sistema de control de navegación mantiene el vehículo en el camino.

4. Sistema de control

Un sistema de control AGV es el programa que integra los anteriores y se posiciona por encima ejerciendo un control general. Estos sistemas de control cubren todos los rangos de complejidad, desde simples sistemas de vehículos uno a uno los cuales son obtenidos y despachados de forma manual hasta un sistema que despacha, guía y programa AGV en forma automática.

Cuanto más actualizado sea el sistema, más importancia cobra el sistema de control al comunicarse de forma directa con el AGV. El método para esta comunicación puede tomar la forma de cable inductivo, dispositivos de piso, transmisión de radiofrecuencia e infrarrojo óptico.

La indicación de ruta y el control de tráfico son también funciones fundamentales del sistema de control: la ruta que el (los) vehículo(s) debe seguir y qué pasa cuando dos entran en la misma área. Con algunas formas de comunicación (por ejemplo, cable inductivo), en una zona se controla (comunicarse con) un solo vehículo. Si se encuentran en la zona los dos vehículos, ambos buscarán el modo de ejecutar las órdenes que da el sistema de control.

Herramientas para el manejo de materiales

Tanto las herramientas para el manejo de materiales y el mobiliario de almacenamiento, son esenciales para llenar el hueco entre las operaciones manuales y las mecanizadas, así como para implantar los denominadores comunes del sistema. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran: las plataformas, bandejas para piezas, gatos para plataformas, carretillas de dos ruedas, carretillas de cuatro ruedas, estantes para plataformas, estanterías y tolvas. Con el fin de garantizar la capacidad y compatibilidad dimensional, estas herramientas deben ser diseñadas de manera adecuada para cumplir con la función específica.

En los últimos años la mecanización ha tenido un enorme impacto en el manejo de materiales. Se han desarrollado máquinas para movilizar material de diferentes formas y bajo condiciones que antes no eran posibles. El desarrollo repentino hizo que las instalaciones existentes se volvieran casi incompetentes; con el afán de actualizarse, se desarrollaron métodos innovadores. Sin embargo, el cuello de botella actual y el más notorio es como utilizar mejor el equipo moderno y como coordinar su potencial en forma más eficiente con las necesidades de producción.

Presentándose ciertos afectan de forma directa las decisiones sobre el manejo de los materiales como: el

tipo de sistema de producción, los productos a manejar, instalaciones donde se van a manejar los materiales y el costo de los dispositivos para el manejo de estos.

Redes de flujo de materiales

En la actualidad, se han presentado cambios en la configuración del manejo de materiales, debido a que el flujo de estos no es la responsabilidad de una sola persona (gerente, administrador, jefe, supervisor, Etc.) como en épocas anteriores, sino como la responsabilidad de un equipo de personas que administran el flujo de materiales desde los distribuidores hasta los clientes como una red continua integrada.

De esta manera, se elaboran planes para cubrir la adquisición de materiales y suministros, su transporte a la planta, su almacenamiento, su transformación en un proceso de producción, su almacenamiento mientras llegan los clientes y sus rutas de transporte. Un sistema conformado alrededor de una red de flujo de materiales de esta forma, vincula de forma positiva a los distribuidores de la empresa con sus clientes, reduciendo retrasos e información equivocada que tanto ocurre en el enfoque funcional.

Un diseño para la red de flujo de materiales concentra a cuatro funciones enlazadas por el sistema de información:

- 1. Planeación y control de inventarios:***
Considera la determinación de

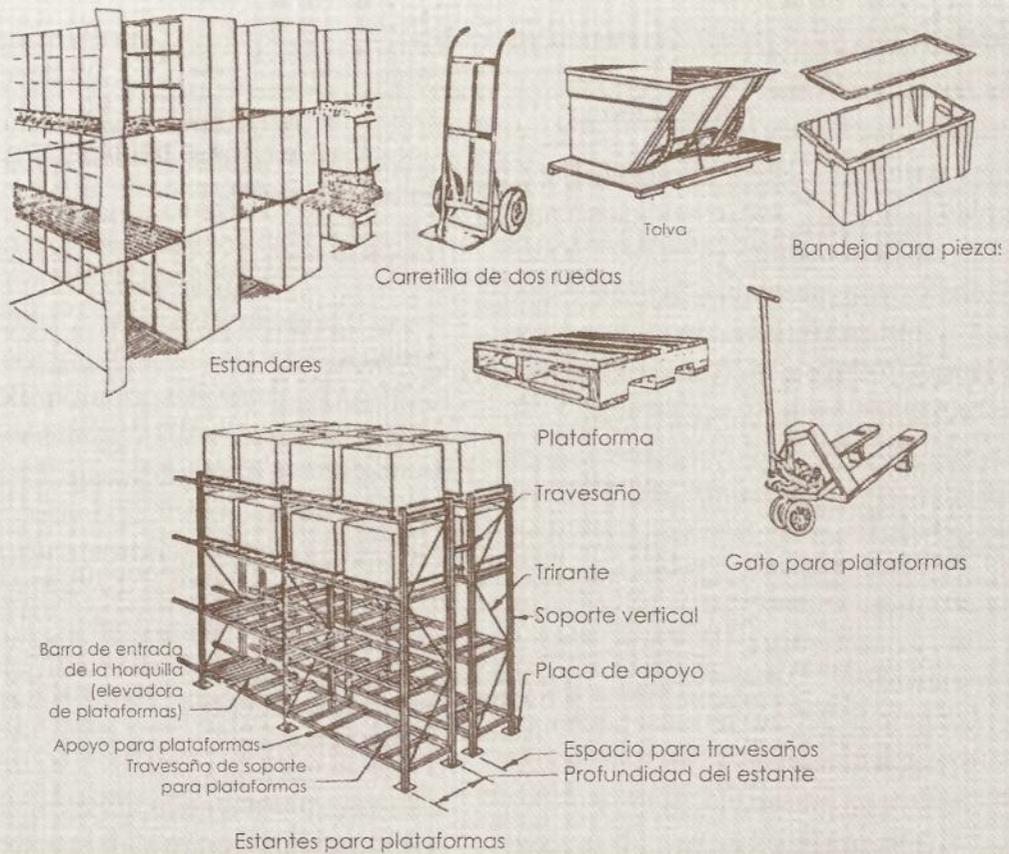


Figura 6.57 Herramientas para el manejo de materiales Biblioteca. S5 401/ 10.312

la demanda futura por medio de pronósticos, análisis de capacidad del sistema y el análisis integrado del volumen operado.

2. Vigilancia del estado de mercancía almacenada en inventario:

Comprende el movimiento y el stop de inventarios en el sistema. Los cuales bajan y suben sus niveles, mientras fluyen a través de la empresa, controlando la información para proporcionar datos de entrada a los modelos de decisión con el fin de determinar la cantidad económica de pedido, los puntos de repedido. El objetivo

principal de esta función es el volumen de material en el sistema.

3. La función de compras: Considera el aprovisionamiento de la red de flujo de materiales. Desde el área correspondiente, los pedidos se transfieren a los vendedores para cubrir los suministros requeridos y mantener la red de flujo de materiales balanceada.

4. Logística: Comprende el control del material a movilizar, a través del sistema, el cual es indispensable para las decisiones de distribución, así como para determinar cuándo y cuánto pedir.