

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Parte IX: Reparaciones mayores

Almacén de mantenimiento

50307

Por: Ingeniero Camilo Botero
Gerente Térmicas Ingenieros

REPARACIONES MAYORES

En todas las empresas existen equipos que, debido a su complejidad y a su funcionamiento en forma continua, no se pueden parar frecuentemente; por ello, sólo se paran en caso de una avería o cuando su funcionamiento no es el más adecuado (los productos obtenidos son defectuosos debido al desgaste de cada una de sus partes) y se someten a una revisión detallada de todos sus elementos procediendo a sustituir las partes en mal estado por unas nuevas o a repararlas cuando es muy difícil conseguir las. Esta es la denominada *reparación mayor*.

Las reparaciones son programadas a través de los denominados programas de proyectos, en los cuales se utiliza el computador como una gran ayuda, pues en él se almacenan programas de PERT, CPM, y MC. PROJECT; estos programas de proyectos, después de suministrarles la información de las diferentes etapas por seguir y sus duraciones respectivas, determinan una ruta crítica, la cual se debe controlar durante la ejecución de la reparación porque una variación en la duración de ella se traduce en un aumento del tiempo de reparación (tiempo de parada del equipo). Por ejemplo, si esta

semana se escoge para construir todos los repuestos requeridos en la reparación, se debe programar el taller de máquinas herramientas para concluir la construcción de ellos en el tiempo estimado, ya que de no ser así, la siguiente actividad se postergaría un tiempo igual al del retraso alcanzado.

Cuando se decide que una máquina debe someterse a una reparación mayor, se deben dirigir todos los recursos técnicos y administrativos hacia ella, para así obtener una reparación rápida y eficiente, para disminuir el tiempo de parada de la máquina y evitar el incumplimiento con los clientes.

En una reparación mayor normalmente se siguen los pasos siguientes:

- Estudio completo y exhaustivo de la falla que se presenta en la máquina, esto con el fin de conocer a fondo el tiempo de deficiencia que existe y la manera de corregirla.

- Conocida la falla se procede a elaborar un plan tentativo de trabajo que conduzca a una pronta y efectiva reparación. Para esto es preciso reunir a los administradores, ingenieros y técnicos para programar paso a paso el plan a seguir, estableciendo los tiempos

probables en que se ejecutaría cada paso y con ello se determinaría un tiempo probable de reparación de la máquina.

- Una vez determinados los pasos por seguir, se utilizan programas de PERT, CPM, MC. PROJECT o diagramas de GANT para programar las actividades a través de una ruta crítica que conduzca a una pronta reparación.

- Posteriormente se iniciará la ejecución del plan de trabajo, realizando el desmonte de la máquina y en seguida las reparaciones correspondientes.

Se deberá revisar en forma detallada cada uno de los elementos de la máquina (parte de los técnicos de la sección a que corresponda cada elemento), pues debe evitarse una falla inmediata por insignificante que sea.

- Una vez terminada la reparación, se procede al montaje de la máquina; éste es similar al que se realiza cuando se compra un equipo o se han construido sus partes dentro de la empresa y consiste en tomar las medidas del caso y colocar cada una de las partes en sus respectivas posiciones para el correcto funcionamiento de la máquina.

- Finalmente, el equipo se pone en funcionamiento, realizando los ajustes pertinentes hasta obtener un correcto funcionamiento.

Se debe crear conciencia en cada una de las personas que participan en la reparación para que cumplan estrictamente con las etapas y los tiempos establecidos inicialmente y, si es posible, acortarlos.

Como ejemplo de una reparación mayor, podemos citar la que se realizó en la empresa Carvajal S.A., en donde la prensa ULTRA M-A-N de cuatro colores sufrió un hundimiento en los cilindros impresores y portacauchos de la primera y segunda unidad, debido a una falla en los detectores de la entrada de pliegos, permitiendo pasar varios pliegos a la vez, alcanzando hasta siete milésimas de pulgada (0.007") en la primera unidad y cuatro en la segunda.

Luego se estableció una programación tentativa, correspondiéndole al "Departamento de Electricidad" la revisión de todos los motores y mandos eléctricos. Se elaboró una programación con cada uno de los 24 pasos que se deberían seguir, para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos

Se constituyeron dos equipos conformados con un montador, un mecánico y un ayudante, asignando uno en el lado de manejo y otro en el de impulso, trabajando en equipo para actividades tales como: desarme y ensamble de las unidades impresoras, desmonte de cilindros, desacople de alimentador, tambores cobrizados y unidades de registro.

Se desmontaron los cilindros distribuidores de tinta para cobrizarlos, se desmontó la primera

unidad desacoplando el alimentador, el motor principal y unidad de registro, retirando los tambores distribuidores de tinta, transmisiones, bujes, portabujes y tinteros. Se bloquearon los cilindros y tambores de traspaso con un soporte de madera. Se procedió a la revisión y balanceo de los cilindros para posteriormente metalizarlos; a fin de recuperarlos, se recubrió el cuerpo de la pieza utilizando acero inoxidable endurecido, dependiendo de las necesidades del cilindro; en este caso se utilizó acero inoxidable como protección contra la humedad.

Una vez revisadas y rectificadas todas las partes, se procedió al montaje, utilizando para ello un soporte y un diferencial (ya que las piezas rectificadas eran muy pesadas); una vez montados, se colocaron las cureñas o parte exterior que sostiene los cilindros.

Se montaron las piezas exteriores como tapas y tarimas, luego se graduaron las presiones entre los cilindros y se sincronizó la entrada del papel utilizando material de trabajo.

Para determinar si la máquina estaba lista se imprimieron fondos de cada uno de los colores procediendo al control de calidad de la impresión.

Finalmente, se imprimieron trabajos comerciales y los técnicos estuvieron pendientes para darle el visto bueno.

ALMACÉN DE MANTENIMIENTO

Las políticas y los procedimientos relacionados con el Almacén de

Mantenimiento, necesitan diseñarse cuidadosamente para que se ajuste a las condiciones existentes en una empresa específica. Como se notará, existen muchos aspectos pertinentes al manejo del almacén de mantenimiento y van desde la organización básica hasta el personal que lo maneja y los formatos correspondientes.

Se dará aquí un tratamiento especial, además de algunas fórmulas y gráficos referentes a las cantidades y costos que involucra un inventario, al tiempo que se enunciarán, sucesivamente, aspectos que servirán para analizar y evaluar Almacenes de Mantenimiento que se encuentran instalados o bien, recomendaciones de diseño y organización para almacenes que se van a montar.

Para que un programa de mantenimiento preventivo logre sus objetivos, se debe contar con un almacén que posea las cantidades, los equipos y las piezas claves, para ser utilizados en un momento dado, garantizando de esta manera, una adecuada prestación del servicio.

Es importante anotar que la normalización y estandarización de los equipos de la planta contribuirá a disminuir la cantidad de repuestos existentes y por consiguiente los costos.

MÉTODOS PARA ORGANIZAR EL ALMACÉN

Los métodos que se describen a continuación no son únicos, sino que dependerán del tipo de empresa y de las necesidades del mantenimiento. Existen dos métodos primordiales para organizar un

Almacén de Mantenimiento: el centralizado y el descentralizado; además, existe una tercera alternativa que corresponde al almacenaje de los elementos de mantenimiento junto con los suministros de producción.

Para escoger alguna de las alternativas presentadas, se deben considerar dos factores: el primero deberá ser el de la facilidad para establecer procedimientos de control y el segundo, los requerimientos del mantenimiento.

A continuación se dará una pequeña explicación de cada uno de estos métodos, citando sus ventajas.

1. Almacén Centralizado

Como su nombre lo indica, con ésta modalidad se busca ubicar en un sitio adecuado todos los elementos y herramientas necesarios para el mantenimiento.

Ventajas

- Evitar existencias repetidas: mediante este método se tienen bases para mantener las existencias totales en un mínimo, evitando la multiplicidad de artículos que existen cuando se cuenta con varios almacenes.
- Disminución del personal que maneja el Almacén: hay menos trabajo para controlar y manejar las existencias de un artículo. Por ejemplo, se necesitará menos personal en un Almacén Centralizado de Mantenimiento que en un Almacén Descentralizado para atender un mismo número de salidas. El único inconveniente que existe es la presencia de horas críticas de pedido, ya identificadas, en las cuales se podrá transferir, temporalmente, a un empleado

adiestrado de otra área para que colabore en el Almacén.

- Reducción de pérdidas: al tener todos los elementos en un mismo sitio se hará una supervisión y un manejo más ordenado de estos, pudiéndose así controlar y disminuir las pérdidas por deterioro, depreciación y obsolescencia.
- Entregas programadas: mediante esta modalidad se podrán implantar métodos de pedido y entrega que eviten los continuos viajes del personal de mantenimiento al almacén. Por otra parte, se podrá lograr más fácilmente y mediante una programación anticipada, la separación de ciertos artículos en existencia, para asegurar que estos estén disponibles en el caso de una reparación mayor, por ejemplo.

Lo anterior es una tarea muy difícil cuando se cuenta con varios subalmacenes de mantenimiento.

- Manejo más confiable de los costos: generalmente los «Almacenes Centralizados de Mantenimiento» proporcionan un manejo más serio de la contabilidad, de las requisiciones de entrada y salida; por consiguiente, brindan un manejo mejor y más confiable de los costos. Lo anterior se debe a que en estos se logra una mejor supervisión administrativa que en los Almacenes Descentralizados.
- Uso eficiente del espacio: se tiene en dicho tipo de almacén (centralizado), un mejor aprovechamiento del espacio por no existir la multiplicidad de artículos que se mencionó antes y por contar sólo con un área ocupada por el personal administrativo.

La mayoría de las ventajas mencionadas arriba se presentan

en este tipo de almacén sólo cuando se le maneja de una manera eficiente y con buenos métodos de control sobre todos sus aspectos.

2. Almacenes Descentralizados de Mantenimiento

Esta modalidad se basa en colocar materiales específicos de mantenimiento cerca a los puntos de consumo, luego de haber hecho un estudio de las necesidades de cada una de las secciones de producción.

Ventajas

- Disminución en el tiempo de adquisición: esta ventaja es quizás la razón primordial para que se escoja dicha modalidad y la explica su definición.
- Mejor control de existencias: cuando estos almacenes no son sencillamente una subdivisión de un almacén central, sino que son especializados, se manejarán volúmenes más pequeños que implican un mejor control de las existencias, disminuyendo los costos del inventario y agilizando las entregas.
- Mejores registros de consumo: los registros que se lleven de cantidades y períodos de consumo pueden ser más específicos y fáciles de realizar, aunque el Almacén de Mantenimiento Descentralizado tiene unas ventajas muy llamativas que no posee el Almacén de Mantenimiento Centralizado y siempre le podrá competir de una excelente manera si es bien manejado.

Quizás la ventaja de mayor peso que posee el Almacén de Mantenimiento Descentralizado es la de manejar los elementos específicos de cada sección, sin dejar a un lado

la gran agilidad que estos le proporcionan.

Para escoger una de estas dos modalidades debe hacerse un estudio ponderado de las ventajas de cada una, de acuerdo con los requerimientos de la planta.

Se puede también, si las condiciones lo permiten, hacer un manejo mixto del Almacén de Mantenimiento, teniendo la mayoría de los materiales de éste en un Almacén Central y los elementos específicos y de gran circulación cerca del punto de consumo. Este subalmacén estaría bajo supervisión del Almacén Central.

3. Almacén de Mantenimiento dentro del Almacén de Producción

Cuando el tipo de empresa es tal, que la cantidad de materiales de mantenimiento es muy pequeña comparada con la de insumos de producción, es posible tener el inventario de mantenimiento dentro del Almacén de Producción. Con este sistema se corre el riesgo de que los suministros de mantenimiento queden dispersos por todas partes en el Almacén de Producción y sean tratados de una manera discriminatoria.

QUIÉN ADMINISTRA EL ALMACÉN DE MANTENIMIENTO

Existen tres departamentos vinculados de una manera muy estrecha al control y manejo de los materiales de mantenimiento; estos son:

- Departamento de Compras
- Departamento de Contabilidad

- Departamento de Mantenimiento

El Departamento de Compras se ve involucrado en esto por la necesidad de comprar sensatamente.

El Departamento de Contabilidad tiene una gran incidencia dentro del Almacén de Mantenimiento ya que éste maneja todo lo concerniente a sus costos, además, es quien establece los controles necesarios para proteger la inversión.

Por último, el Departamento de Mantenimiento es quien establece las políticas y procedimientos necesarios para controlar el material que ahí se maneja, garantizando la existencia de un servicio adecuado. Debido a la importancia que esto tiene para lograr los objetivos del mantenimiento, es a dicho departamento a quien se deja la responsabilidad de administrar y manejar el Almacén de Mantenimiento.

Lo anterior no quiere decir que se deje de contar con la asistencia y colaboración de los Departamentos de Compras y Contabilidad en los ramos mencionados.

Se requiere además, de una auditoría periódica del Almacén por parte de la gerencia.

TIPOS DE EXISTENCIAS

Normalmente se pueden dividir las existencias de mantenimiento en tres grandes grupos; estos son:

Fungibles. Este grupo contiene todos aquellos materiales de mantenimiento que una vez salen del almacén no regresan a él. Este grupo se subdivide en dos:

- Repuestos específicos. Como su nombre lo indica son todas aquellas

piezas que estando en existencia garantizan y aseguran que la continuidad del servicio prestado por un equipo, no va a ser interrumpida por mucho tiempo. Estos repuestos deben ser almacenados sólo cuando el costo de tenerlos en inventario es menor que el asociado a la falla del equipo y su tiempo de consecución. Ejemplo de estos son:

Cojinetes, rodillos, levas especializadas, motores especiales, circuitos, controles electrónicos, etc.

- Existencias normales. Estas partes tienen un uso menos específico e intervalos de rotación más cortos. Ejemplo de estos son: tubería, tornillería, válvulas, cojinetes de uso común, interruptores eléctricos, electrodos de soldadura, etc.

Dichas existencias pueden ser conseguidas en el mercado local por medio de importaciones. En ambos casos, como se verá más adelante, se debe hacer un estudio del consumo y la demora en la adquisición, para establecer las cantidades óptimas de pedido el momento en que se debe pedir y cada cuánto se debe hacer.

Devolutivos. Son todos aquellos artículos que se retiran del almacén a manera de préstamo y luego de ser utilizados, son devueltos para su uso posterior. Por ejemplo: herramientas, instrumentos de medición, etc.

Así como en el grupo anterior, la adquisición de estos puede ser local o mediante importación. En ambos casos y si recién se está montando el Almacén de Mantenimiento, se deben conseguir sólo los elementos de los que con certeza se conozca su necesidad

y uso posterior, dejando que los elementos especializados se consigan sólo cuando sean requeridos.

En algunos casos resulta más conveniente alquilarlos que comprarlos.

Cuando el valor de los elementos, por su depreciación ha llegado a cero, deben ser dados de baja y adquirir nuevos y modernos equipos que los replacen, evitando que elementos viejos y deteriorados causen accidentes más costosos que el valor de su reposición.

Inservibles. Son todos aquellos artículos que no han sido requeridos por más de dos años o están dañados en alguna forma. Es realmente sorprendente la cantidad de estos elementos que se encuentran en el Almacén. Una de las causas más comunes es la vieja costumbre de los operarios de entregar al almacén la pieza dañada cuya reposición se solicita. En ocasiones ocurre que la pieza pasa a remplazar el espacio ocupado por la buena, quedando incluida físicamente en el inventario con el resultado de que al cabo de un tiempo, se tienen los 75 rodamientos que figuran en el inventario, pero ninguno de ellos sirve para trabajar.

Este grupo se divide en tres subgrupos:

Artículos dañados irreparables. Se debe revisar cuidadosamente el almacén y retirar todas aquellas piezas usadas y dañadas y si figuran en el inventario, hacer luego el descargo correspondiente. Estas piezas deben ser separadas en grupos de acuerdo con su naturaleza para su venta como chatarra.

Obsoletos. A menudo se encuentran piezas en perfecto estado que son obsoletas por haber sido retirada de servicio la máquina a la que corresponden. Las piezas o partes que se encuentran en esta lista deben ser limpiadas y luego hacer un estudio para ver la posibilidad de venderlas y así recuperar algo de la inversión.

Para evitar la obsolescencia en una fábrica, es necesario que el Departamento de Provisiones esté al corriente de los proyectos, cambios y ventas planeadas por la Gerencia para así evitar la adquisición de artículos que posteriormente no tendrán uso.

Una manera de evitar la obsolescencia, es vender la maquinaria junto con sus repuestos aún existentes.

Deteriorados. Este renglón es muy extenso pues va desde máquinas viejas, totalmente inservibles y por lo tanto invendibles, hasta pedazos de tubería, alambre, etc.

En cuanto a las máquinas, es antieconómico tenerlas almacenadas, pues ocupan espacio valioso dentro de la fábrica. Es recomendable proceder a venderlas por peso como chatarra y así evitar costos de almacenamiento.

Los retazos de tubería, varillas, alambre, etc., deben ser clasificados por grupos para su posterior venta.

QUÉ Y CUÁNTO ALMACENAR Y CADA CUÁNTO PEDIR

QUÉ ALMACENAR

Cuando la fábrica está recién montada, o bien se va a implantar

un programa de mantenimiento, será necesario determinar el material y las partes de maquinaria que requieren los equipos para efectos de mantenimiento. Para ello, deben consultarse las recomendaciones de los fabricantes del equipo referentes a los requerimientos de repuestos, al tiempo que se consulta la experiencia de los técnicos y operarios involucrados en el manejo y mantenimiento de equipos similares o afines.

Una vez realizado lo anterior, se tendrá una lista que contiene todos los elementos necesarios para realizar un buen mantenimiento; se tomará ahora una decisión acerca de cuáles de estos se almacenarán y cuáles se comprarán sólo en el momento de presentarse la falla. Como es obvio, para esto debe hacerse un estudio de los costos que involucran cada posibilidad.

Para procurar su mejor entendimiento, se describen a continuación los costos que se presentan al tener un inventario:

Costos de obtener (Co): son los involucrados en la tarea de adquirir cualquier material con fines de mantenimiento. El total deberá ser la suma de los siguientes costos:

- Costos de solicitar, procesar y expedir la orden de compra requerida
- Costos de recibir, identificar y manipular el material entrante
- Costos contables y administrativos al hacer pagos, preparar registros y manejar copias de las órdenes de compra

Costos de almacenar (Ca): estos, como su nombre lo indica, son la suma de todos los costos

asociados por mantener en el Almacén un artículo determinado:

- Interés sobre el capital invertido, el cual puede situarse entre las tasas de interés bancario y el rendimiento esperado si se hiciese una inversión equivalente en otras áreas del negocio
- Aumento de la depreciación, debido a la cantidad extra que se mantiene en existencia
- Aumento de los riesgos de obsolescencia
- Seguros e impuestos
- Costos del espacio, facilidades y servicios
- Costos de mano de obra por manejo del Almacén

Costo del elemento (Ce): este es el costo real de una pieza y se puede determinar sumando:

- Precio de compra
- Costos del flete
- Descuentos

Basándose en los costos descritos anteriormente, se puede decir que el costo total de un inventario es la suma de:

Los costos de obtener, el costo de almacenar y el costo real de cada elemento.

$$Cti = Co + Ca + Ce$$

Donde **Cti**: Costo total de un inventario.

Ahora bien, los costos asociados con la compra de una pieza sólo en el momento de necesitarla (por

haberse presentado una falla), son: la suma de los costos de obtenerla, el costo real del elemento, el lucro cesante que involucra la parada del equipo y los incrementos de los dos primeros costos como consecuencia de la situación irregular presentada.

$$Cna = Co + ^ Co + Lc + Ce + ^ Ce$$

Donde

Cna: Costos por no almacenar.
Lc: Lucro cesante.
^ Co y **^ Ce**: Incrementos de sus respectivos costos fijos por la situación anormal existente.

Como se mencionó anteriormente, la decisión de no mantener en existencia una pieza se justifica sólo cuando los costos que esto genera (**Cna**) no sean mayores que los costos totales del inventario (**Cti**). Dicho de otra manera, existen dos clases de artículos según su trascendencia:

- Importantes: **Cna > Cti**

Cuando no se almacena un artículo de esta clase, se corre el riesgo de incurrir en los costos que genera su ausencia en el momento de una falla.

- No importantes: **Cna < Cti**

Cuando un artículo es catalogado de esta manera, generalmente se toma la decisión de no almacenarlo o bien mantenerlo en una existencia mínima.

Existen situaciones en ocasiones inmanejables e imperceptibles que ocasionan los fenómenos de tener un exceso o un defecto en la cantidad de existencias. Estas se mencionan a continuación:

Exceso de Inventarios

Este fenómeno implica una mayor inversión, mayores gastos de almacenamiento, un incremento en los costos de los seguros y además el deterioro, la depreciación y la obsolescencia de los artículos en exceso.

Las causas más frecuentes son:

- La falta de proveedores cercanos que obligan a comprar más de lo necesario. Por ejemplo, en las primeras décadas del presente siglo, el comercio local colombiano era surtido casi en su totalidad desde el exterior, así que las empresas grandes optaron por importar directamente grandes cantidades de los artículos que necesitaban para sus operaciones. Hoy en día esta situación ha cambiado y las industrias locales están produciendo miles de elementos de consumo rápido, olvidando la necesidad de importarlos.

- Otra causa muy común de excesos, es la tendencia a importar o comprar cantidades excesivas de repuestos cuando se adquiere maquinaria nueva. Es fácil caer en esta tentación puesto que la maquinaria que se adquiere representa, posiblemente, un cambio en el proceso manufacturero y el personal de la empresa no está familiarizado con ella. De ahí la causa de encontrar muchas veces repuestos costosos que no son utilizados durante varios años.

También hay que confesar que los mismos vendedores del equipo tienden a complicar el problema sugiriendo la adquisición de repuestos en cantidades excesivas.

- Cuando por algún motivo sucede una falla demasiado traumática y

costosa que en realidad era muy poco factible y por eso no se tenía el repuesto, existe la tendencia de asegurarse para el futuro comprando una buena cantidad de estos elementos.

- Una planeación demasiado anticipada de una reparación mayor, hace que se consigan y mantengan los elementos requeridos mucho tiempo antes de su ejecución, sin ser usados e incrementado las existencias.

- El hecho de que muchos artículos cuesten menos cuando son comprados en cantidad, constituye una gran tentación y en ocasiones es causa de un incremento en los inventarios. Cuando se presenta esta situación, se debe hacer una comparación entre los ahorros realizados y los costos en que se incurre al mantener un excedente de inventario por un tiempo.

- La falta de normalización de partes y equipos dentro de una planta. Por ejemplo; tener diferentes marcas de bombas y motores eléctricos con las mismas especificaciones de funcionamiento, pero diferentes repuestos, diferentes controles eléctricos, que realizan la misma función, válvulas y relevadores con las mismas condiciones, etc. Esta es una tarea dispendiosa y difícil, pero se tienen excelentes resultados cuando se logra estandarizar un gran porcentaje de los elementos.

- Como ya fue mencionado, tener Almacenes de Mantenimiento Descentralizados puede provocar la duplicidad de algunas de las existencias especialmente cuando no son almacenes especializados de acuerdo con el área sino que son generales.

- Si no se lleva un registro actualizado del inventario y se realiza tan solo inspecciones visuales periódicas e inexactas, se caerá con seguridad en el error de pedir más de lo necesario para compensar la posible falla en la inspección.

- Cuando existen equipos que poseen un comportamiento impredecible, bien sea por condiciones de trabajo o por su propio estado, tales como equipos de proceso de trabajo continuo, equipos viejos o deteriorados que deben seguir marchando para atender necesidades de producción; a ellos resulta más costoso hacer una reparación mayor, que mantenimiento continuo.

- Si el contrato externo de labores de mantenimiento es poco, las existencias deben ser lo suficientemente grandes para suplir las necesidades que se presenten.

Falta de existencias

La falta de artículos en el almacén también es mala, puesto que implica la pérdida de ventas causada por la detención de alguna máquina o proceso. Además, representa un mayor costo de adquisición por los gastos del transporte rápido y una pérdida de tiempo del personal esperando la llegada de repuestos.

Las causas más frecuentes son:

- Si después de hacer el estudio detallado de los costos se concluye que es mejor comprar algunos elementos únicamente cuando son requeridos, debido a los costos asociados con su almacenamiento, se estará reduciendo el número de existencias.

- Si se tiene un excelente servicio

por parte de los proveedores o se está muy cerca de ellos, de tal manera que la demora de adquisición es mínima, se puede optar por reducir la cantidad de existencias, sumando siempre al costo del producto, el costo que representa el recogerlo del proveedor.

- Cuando plantas de tipo particular, tales como las de proceso, tienen equipo sustituto o en reserva, las cantidades de materiales de mantenimiento se reducirán en un gran número.

- De igual manera, cuando un equipo está nuevo sus requerimientos para mantenimiento serán mínimos por un largo periodo.

CUÁNTO ALMACENAR

Si se tomó la decisión de almacenar un artículo, será necesario establecer la cantidad del elemento que se almacenará, teniendo en cuenta que los costos de mantener un inventario son directamente proporcionales a su tamaño. Por lo tanto, para lograr un menor costo debe pedirse solamente la cantidad que logre equilibrar los costos de obtener un artículo con los asociados a su almacenaje y costo unitario.

Se definen a continuación las variables que serán citadas durante el planteamiento matemático para obtener la de pedido que logre el propósito descrito:

- Ca:** Costo de almacenar un elemento
- Co:** Costo de obtener dicho elemento
- Ce:** Costo real del elemento
- Ke:** Cantidad de cada elemento consumida durante un año

Kp: Cantidad de pedido (unidades de cada artículo)

Ki: Cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina

Ta: Tiempo que se demora el aprovisionamiento

Np: Número de pedidos hechos en un año

Pp: Periodicidad de pedido (1/Np)

Ri: Rata de interés anual por costos de almacenamiento. Esta involucra: el interés comercial perdido por el almacenamiento y el interés por gastos de almacenamiento (arriendos, seguros, depreciación, deterioro, administración, control, etc.). Para fines prácticos, se puede estimar esta rata en el orden del 10%

Pped: Punto de pedido

KEP: Cantidad económica de pedido

Ep: Existencia de protección

Describiremos primero las tres clases de elementos que existen, en cuanto a consumo se refiere.

- *De consumo continuo.* Se consumen más de una vez la cantidad máxima instalada en una misma máquina durante un año.

Cumplen que: $Ke * Ta/Ki > 1$

- *De consumo programable.* Dentro de este grupo quedan enmarcados todos los elementos que son utilizados en períodos muy definidos y programados.

Cumplen que: $0.25 < Ke * Ta/Ki < 1$

- *De consumo fortuito.* Son los repuestos de consumo eventual y aleatorio y que no alcanzan un consumo superior al 25% de la cantidad máxima instalada en un mismo equipo.

Cumplen que: $Ke * Ta/Ki < 0.25$

A continuación se describirán modelos matemáticos (para cada una de las clases de existencias antes mencionadas), que permitirán establecer una cantidad de pedido capaz de lograr el equilibrio de costos antes mencionado.

Existencias de consumo continuo

El comportamiento de éstas teóricamente se puede graficar como se muestra, es decir: la periodicidad de pedido es directamente proporcional a la cantidad de pedido.

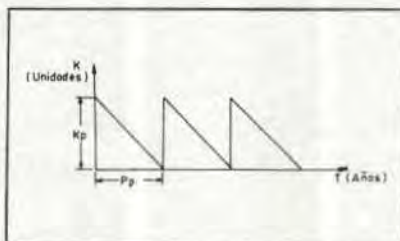


Figura 1. K vs T (Consumo continuo)

Si se dice que la cantidad promedio almacenada durante un año es el área bajo la curva K vs. T, se tiene que el costo de almacenar y tener un inventario durante un año es:

$$C1 = (Pp/2 * Kp * Np) * Ce * Ri$$

Si: $1/Pp = Np = Ke/Kp$, entonces:

$$C1 = (Ke * Ce * Ri) * Pp/2 \text{ o}$$

$$C1 = Ce * Ri * Kp/2$$

Por su parte, los costos anuales de adquirir un artículo serán:

$$C2 = Co * Ke/Kp = Co * Np$$

Si se suman los costos anteriores, se tendrá el costo total.

$C = C1 + C2$ entonces:

$$C = Co * Ke/Kp + Ce * Ri * Kp/2$$

Se puede obtener ahora la cantidad óptima o económica de pedido (KOP o KEP), bien sea graficando los costos anteriores y encontrando el mínimo del costo total o derivando la ecuación obtenida para C respecto de Kp y encontrando el punto que minimiza C.

Derivando:

$$dc/dKp = 0$$

$$Ce * Ri/2 + Co * Ke/Kp = 0$$

$$Kp = KEP = \frac{2 * Ke * Co}{Ce * Ri}$$

Existencias de consumo programable

El comportamiento de estas existencias depende de la cantidad máxima instalada de un repuesto en un equipo (Ki) y de si se mantiene o no en un mínimo estas existencias. Hay dos situaciones extremas, una en la cual la cantidad de pedido satisface las necesidades de todas las máquinas (figura 3a) y otra en la cual la cantidad de pedido equivale únicamente al consumo máximo Ki (figura 3b).

Si se dice de nuevo que la cantidad promedio anual almacenada es el área bajo la curva K vs. T, entonces se puede concluir que para esta clase de existencias resulta más económico comprar únicamente la cantidad máxima instalada en el equipo.

Entonces: $KEP = Ki$

Esta decisión dará buenos resultados siempre y cuando las reposiciones de un mismo repuesto en los diversos equipos, no sean simultáneas sino ubicadas de una manera racional en el tiempo, lo cual se logra con una programación adecuada de dichas actividades.

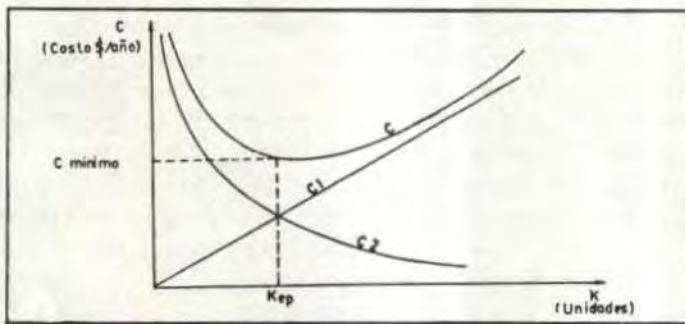


Figura 2. Costo vs Cantidad de pedido

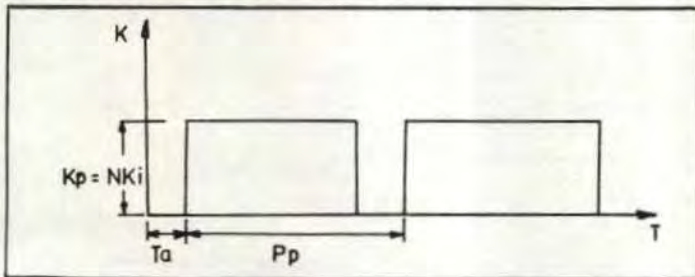


Figura 3a

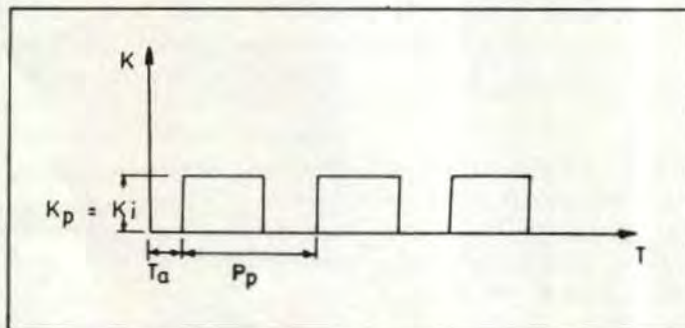


Figura 3b

Existencias de consumo fortuito

Como lo indica su nombre, el consumo de éstas es aleatorio y la cantidad de elementos que se almacenan para mantenimiento, cumple sólo la tarea de ser una existencia de protección.

Es recomendable pedir como máximo una cantidad igual a K_i o en su defecto la cantidad que haga falta para alcanzar este número.

$K_{EP} = K_i$ (si la cantidad de elementos en el almacén es cero)

$K_{EP} = K_i$ - Cantidad existente (Si todavía existen elementos en el almacén).

CUÁNDO PEDIR:

Esto se determina por medio de una cantidad numérica mínima de existencias que se establece mediante un estudio estadístico y de probabilidad a cargo de la Organización de Mantenimiento. Lo anterior causa que en un principio, al montar el Almacén de Mantenimiento, se tomen valores

para cada artículo que no corresponden exactamente a la realidad, pero con el transcurso del tiempo y por medio de los informes periódicos de consumo, así como por la experiencia adquirida por parte de los almacenistas, estas cantidades alcanzarán sus valores óptimos. Deben tenerse muy en cuenta los cambios de requerimientos en los equipos y la adquisición de nuevos, para reajustar estas cantidades.

Cuando se llegue a dicha cantidad en el registro de inventario, será necesario hacer un nuevo pedido; por tal razón, a esta cantidad se le llama generalmente «Punto de pedido» (P_{ped}).

Por contar con dos clases de existencias en cuanto al nivel de importancia, se recomienda fijar un punto superior al punto de pedido cuando de existencias importantes se trate, sumando a la cantidad de pedido un monto que cumple la función de una existencia de protección (E_p). Las existencias no importantes serán adquiridas únicamente con base en el punto de pedido.

Existencias importantes $E_p > 0$

Existencias no importantes $E_p = 0$

Se describe a continuación un modelo matemático que sirve para calcular P_{ped} y E_p teniendo en cuenta los distintos tipos de existencias mencionados.

- De consumo continuo, basándose en la figura 1 de K vs. T , se tiene que:

P_{ped} debe ser tal que cuando se llegue a él, exista tiempo suficiente para que el nuevo pedido llegue antes de que K alcance el valor de cero.

Mostrando gráficamente esto, tenemos:

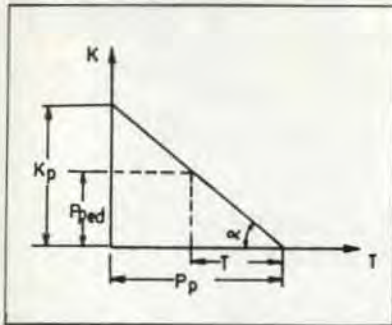


Figura 4.

Donde T_a es el tiempo que se demora en llegar un pedido (tiempo de adquisición).

Tenemos: $K_e = K_p/P_p = \tan \alpha$

También: $P_p/T_a = \tan \alpha$

Entonces: $P_{ped} = K_e * T_a + E_p$

Donde:

$E_p = K_e * T_a/4$ (Existencias importantes)

$E_p = 0$ (Existencias no importantes)

Una forma más exacta de calcular E_p es tener en cuenta las desviaciones o incrementos que se puedan causar por no usar el punto de pedido como $P_{ped} = K_e * T_a$.

Debe entenderse también que estas desviaciones varían como función de la posición geográfica, de la organización de mantenimiento, de las exigencias del pedido y de los detalles de adquisición de cada elemento.

Por lo anterior, resulta más simplificado tomar:

$$E_p = K_e * T_a/4$$

Esta existencia de protección debe tener muy en cuenta la cantidad

máxima instalada en un equipo (K_i), ya que si se llega al final de un período y sólo se cuenta con la existencia de protección, ésta debe ser capaz de suplir las exigencias de las fallas. Entonces:

$$E_p = K_e * T_a/4 \quad \text{Cuando } E_p > K_i$$

$$E_p = K_i \quad \text{Cuando } E_p < K_i$$

La figura K vs. T para una existencia de consumo continuo e importante, queda ahora así: Figura 5.

- De consumo programable, como ya fue determinado, la existencia óptima de esta clase de elementos es igual a la cantidad máxima instalada en un equipo (K_i). Entonces, el punto de pedido se podrá determinar por el punto de quiebre de esta cantidad.

$$P_{ped} = (K_i - 1) + E_p$$

Donde $E_p = K_i$ Para existencias importantes, ya que se deben cubrir las posibles necesidades de los equipos, como se mencionó anteriormente.

$E_p = 0$ Para existencias no importantes.

La figura K vs. T para existencias de consumo programado e importantes, queda ahora así: Figura 6.

- De consumo fortuito, debido al comportamiento esporádico de estas existencias, cualquier cantidad que se mantenga almacenada se comportará como una existencia de protección, pero si continuamos tomando a K_i como la cantidad mínima aceptable para garantizar una protección confiable, tendremos que:

$E_p = K_i$ para repuestos importantes, siendo el punto de pedido P_{ped} el

punto de quiebre de esta cantidad.

$$\text{Entonces: } P_{ped} = K_i - 1$$

Para repuestos no importantes, el punto de pedido se puede establecer por inspección.

GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DEL ALMACÉN

Existen muchísimos aspectos para tener en cuenta durante el diseño de un almacén y mencionar métodos o alternativas al respecto, sería una labor muy dispendiosa debido a las diversas clases, estilos y tipos de plantas existentes. Por tal razón, se mencionarán aquí tan sólo aspectos generales que se deben tener en cuenta durante el diseño del almacén.

- Este se debe situar en un lugar adecuado dentro de la planta y que cumpla con los requerimientos de la misma, buscando reducir los tiempos de adquisición de material, así como una equidistancia a todos los puntos de consumo.

- Se deben codificar todos y cada uno de los elementos para que sean incluidos dentro de un catálogo de existencias, facilitar el control de inventario, poder ubicarlos fácilmente dentro del almacén y si se tiene implantado el computador dentro de éste, facilitar su manejo.

- Debe proveerse al almacén de los métodos más adecuados de almacenaje para cada tipo de elementos, teniendo en cuenta su circulación, delicadeza y valor. Estos pueden ser: vitrinas, estantes, repisas, mostradores giratorios, etc.

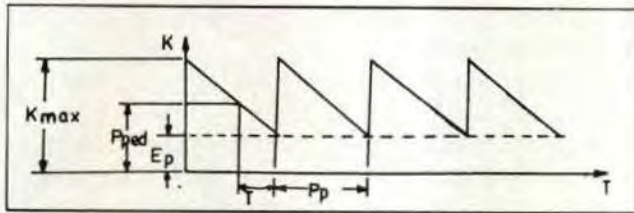


Figura 5.

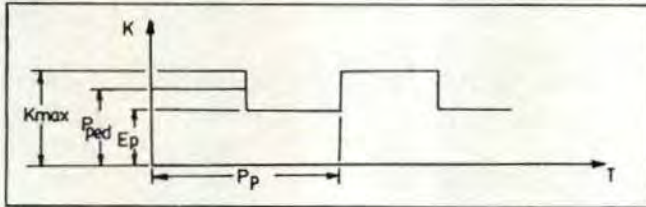


Figura 6.

- Debe existir, dentro del Almacén, un área que permita recibir, contar e inspeccionar las mercancías entrantes y que pueda ser utilizada para almacenar temporalmente material programado en alguna reparación mayor.
- Debe establecerse una señalización de los lugares de almacenamiento con el fin de facilitar la búsqueda de material dentro del Almacén. Este debe ser de fácil comprensión y permitir una búsqueda ágil.
- Los almacenistas o encargados del Almacén deben ser personas bien adiestradas, confiables y que tengan un buen conocimiento de los materiales existentes, así como buena retentiva, genio estable y gran agilidad mental.

ÓRDENES DE SALIDA O REQUISICIÓN DE MATERIAL

Cuando se trata de plantas en las que no se usa la misma orden de trabajo como requisición de material, ésta es considerada como el paso esencial para obtener

- cualquier elemento del Almacén ya que proporciona:
- Autorización de entrega a los encargados del Almacén
- Un medio por el cual el operario de mantenimiento obtiene la autorización y aprobación de retiro por parte de su jefe.
- Una fuente de información confiable para establecer métodos de control
- Descripción, código y cantidad de material
- Código de la sección o área a la cual se debe cargar el costo del elemento retirado

Debido a que quien autoriza las requisiciones de salida es el superintendente de mantenimiento, pero con frecuencia el tiempo gastado localizando dicho personaje incide directamente sobre los costos de mantenimiento, se acostumbra entregar el material al operario sólo con la firma de éste. Al final de la jornada, se reúnen todas las requisiciones para que sean

firmadas por el superintendente de mantenimiento con el fin de enterarlo de los pedidos hechos y además para que tome nota de aquello que crea necesario, con el fin de aclararlos al día siguiente con el operario involucrado.

ÓRDENES DE PEDIDO O ADQUISICIÓN

Si después de una salida de material del almacén, el encargado detecta en el registro de inventario (listado de computador o monitor del mismo), que la cantidad existente ha llegado a su punto de pedido, debe expedir una solicitud de adquisición.

Esta debe contener:

- Descripción del material y número de referencia del fabricante
- Método de adquisición: compra, construcción, importación
- Proveedores aprobados:
 - . Almacenes locales
 - . Talleres
 - . Representantes de casas extranjeras (importación)
- Cantidad aprobada de pedido
- Fecha límite de recepción

Esta orden pasa a Compras, departamento que se encarga de la acción correspondiente y que permanecerá en comunicación con el encargado del Almacén o el superintendente de mantenimiento, sobre todo cuando aparezcan en una orden incrementos desmesurados en la cantidad de pedido respecto del pedido inmediatamente anterior.



FE DE ERRATA

Presentamos disculpas a nuestros lectores por los errores involuntarios publicados en el Informador Técnico, edición 55 en el IX capítulo del Manual de Mantenimiento, página 31, renglones 10, 11 y 12

ERROR

$$dc/dkp = 0$$

$$Ce \cdot Ri/2 + Co \cdot Ke/Kp = 0$$

$$Kp = KEP = \frac{2 \cdot Ke \cdot Co}{Ce \cdot Ri}$$

CORRECCIÓN

$$dC/dKp = 0$$

$$Ce \cdot Ri \cdot \frac{1}{2} + Co \cdot Ke \cdot (-1/Kp^2) = 0$$

$$\frac{Ce \cdot Ri}{2} = \frac{Co \cdot Ke}{Kp^2}$$

$$Kp^2 = \frac{2 \cdot Co \cdot Ke}{Ce \cdot Ri}$$

$$Kp = KEP = \sqrt{\frac{2 \cdot Co \cdot Ke}{Ce \cdot Ri}}$$