



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México

Centro Universitario UAEM Amecameca

Licenciatura en Administración

Balanceo de cargas de trabajo
Para mejorar los procesos de producción
(Caso: Empresa Expreso Mágico)

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN ADMINISTRACIÓN**

Presenta

Sayuri Jiménez Amieva

Asesor

Dr. Omar Ernesto Terán Varela

Marzo 2018

Índice	Pág.
Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Introducción	6
Capítulo 1.- Planteamiento del problema	9
1.1.-Antecedentes	9
1.2.- Descripción de la problemática	16
1.3.- Justificación	18
1.3.1.- Conveniencia	18
1.3.2.- Relevancia Social	19
1.3.3.- Implicaciones prácticas	19
1.4.- Pregunta de investigación	19
1.5 Objetivos de la investigación	19
1.5.1 Objetivo general	19
1.5.2 Objetivos específicos	19
1.6.- Supuesto de investigación	20
1.7.- Metodología de la investigación	20
1.7.1.- Tipo de investigación	20
1.7.2.- Nivel de investigación	20
1.7.3.- Diseño de investigación	21
Capítulo 2.- Generalidades de la Empresa Espresso Mágico.	23
2.1.- Antecedentes	23
2.2.- Estructura Orgánica	27
2.3.- Misión y Visión	27
2.4.- Actividades que se realizan en el área de producción	28
Capítulo 3.- Generalidades de los Procesos de Producción	30
3.1.- Origen de los Procesos de Producción.	30
3.1.1.- Antecedentes	32
3.1.2.- Definiciones	35
3.1.3.- Tipos y/o Clasificación	39
3.2.- Balanceo de cargas de trabajo	45
3.2.1.- Antecedentes	45
3.2.2.- Definiciones	51
3.2.3.- Tipos de uso	53
3.3.- Herramientas para determinar cargas de trabajo	61
3.3.1.- Antecedentes	61
3.3.2.- Definiciones	67
3.3.3.- Tipos de uso	74

Capítulo 4.- Resultado de la investigación	82
4.1.- Diagnóstico	82
4.2.- Estructura y explicación de la propuesta.	88
Conclusiones	104
Referencias Bibliográficas	105
Anexo 1.- Encuesta sobre herramientas para el balanceo de cargas de trabajo en la empresa EXPRESSO MAGICO S.A DE C.V	110

Dedicatoria

Dedico esa tesis a mis padres, principalmente a mi madre porque siempre me ha brindado su apoyo incondicional.

A mis amigos más cercanos por estar siempre en los momentos más complicados.

A mi hijo por darme la fuerza y las ganas para salir adelante siempre, para que día a día sea una mejor persona.

A mi asesor por apoyarme en la búsqueda de nuevos conocimientos.

Agradecimientos

Agradezco a mi madre que siempre ha sido un pilar en mi vida, que siempre me ha apoyado en todos mis proyectos y me ha impulsado para ser una gran persona, le agradezco el apoyo en los momentos más complicados, que aun que hemos tenido deferencias ella siempre ha estado a mi lado, gracias mamá por estar conmigo compartiendo una de tantas metas.

a mi hermano por ser también un amigo y brindarme su confianza, al escucharme.

A mi hijo por ser esa fuerza que en ocasiones necesitaba que gracias a el eh aprendido a ser madre, a no rendirme y ahora poder decir que tengo una licenciatura, él es mi mayor impulso para seguir preparándome para el ámbito laboral, por el estoy concluyendo con uno de tantos objetivos que tengo en mente.

A mi querida amiga Elisa por ser parte de esta etapa, por compartir mis triunfos, por escucharme y darme esas palabras de aliento, tal vez regaños que siempre se necesitan de una amiga.

A esas personas que conocí en el trascurso de esta bella etapa, por sus palabras, por sus conocimientos y su amistad.

Alas personas que dejaron este mundo antes de tiempo, a ti abuela (Q.E.P.D) que no pudiste compartir conmigo este logro, pero aun así sé que en donde estés estarás feliz de saber que no me quede estancada y que Salí adelante.

A mis profesores, por darme el arma del conocimiento, por ser unos profesionales a la hora de transmitirnos sus conocimientos.

Introducción

El balance o balanceo de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las estrategias parciales de producción. López.,(2016), existen herramientas de apoyo para mejorar el balanceo de cargas de trabajos, tales como el PERT, MRP, DIAGRAMA DE GATT, entre otras. La herramienta PERT según Hopeman (1986), es especialmente útil para la planeación y el control de proyectos complejos que pueden presentarse como excepciones, en vez de representar operaciones repetitivas. Por tanto, se entiende que PERT es de más amplia aplicación en el área de la investigación y desarrollo del producto. Dávila, (2008) dice que las técnicas de Planificación de las Requisiciones de Materiales (MRP), son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son precisos y al propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo inventario.

La Distribución de plantas según Sortino, (6 de junio, 2001), implica un ordenamiento físico de los elementos considerados este ordenamiento requiere espacio para movimientos de materiales, almacenamientos y procesos, además de las actividades de servicio relacionadas. Realizar un análisis sobre errores cometidos en la distribución de gran cantidad de empresas de nuestro país (y de muchos otros) sería sumamente extenso. Lo importante no es efectuar una excelente descripción de los errores cometidos, sino aprender de ellos, sus causas y buscar posibilidades para corregirlos. Se destaca la importancia de un buen Layout. Se debe de incluir esta expresión en el vocabulario de uso técnico diario, como generalidad para todo lo que es distribución, ordenamiento de un sector, máquinas y equipos.

El siguiente trabajo se hablara de las cargas de trabajo, que son determinantes para el balanceo de las cargas de trabajo, donde el sistema MRP es básicamente el que llevara un orden y control del material. La empresa Expresso Mágico S.A de C.V la cual se dedica la producción de mini-trenes eléctricos, como toda empresa de

producción tiene pequeños detalles en lo que es su producción, sin dejar de lado que es una empresa que utiliza materiales de primera calidad. Uno de los problemas que tiene es el tiempo que tardan en producir un tren, el taller donde se producen dichos trenes está dividido en 6 áreas funcionales las cuales; carpintería, herrería, lijado, pintura, acabado y electrónica.

El trabajo está integrado por cuatro capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

En el capítulo 1, se plantea la problemática existente en la empresa, donde se determina cuáles son las causas y los factores que intervienen en el balanceo de cargas de trabajo y él porque es necesario que haya un balanceo de cargas de trabajo en dicha empresa.

Para el capítulo 2, se muestran las generalidades de la empresa Expreso Mágico, la cual se dedica a la elaboración de trenes eléctricos, a la venta y renta de los mismos para lo cual utilizan diversos materiales, pero los más importantes son las estructuras de metal, que son el esqueleto de la cabina y de los vagones es la base, posteriormente, se realizan los moldes de madera, que serán unidos a las bases de metal cada tren lleva un número determinado de piezas de madera y metal. Las piezas que son utilizadas para la maquina son 171 piezas entre metal madera y eléctrico, para la estación son 15, carbonero 40, cabuz 42, y vagón 30.

En el capítulo 3, se realizó una búsqueda y revisión bibliográficas sobre las generalidades de los procesos de producción, a través de los siglos los procesos productivos, como todo sistema inventado por el hombre, han tenido innumerables cambios y mejoras por la introducción de innovaciones tecnológicas que han elevado la producción a cantidades inimaginables para los seres humanos. Inicialmente, la producción estaba circunscrita a la artesanía, producción artesanal, que se basaba en la idea de que las máquinas y los procesos podían aumentar las calificaciones del artesano y permitirle así plasmar sus conocimientos en productos cada vez más diversos. Piore y Sabel, (1990).

En el capítulo 4, se plantea la propuesta una vez que se aplicó y analizó el instrumento en los diferentes niveles de la organización, se plantea una propuesta basada en un programa maestro que ayuda a determinar cuántas órdenes de producción se han recibido al año, con esto poder sacar los pronósticos de la demanda obtenida. La planeación de requerimientos de materiales, la cual consta de llevar un registro de todos los materiales que son adquiridos, principalmente de aquellos que son más costosos, como lo son los materiales eléctricos. Llevar un orden en lo que se compra a base de las facturas emitidas por los proveedores, los planes de materiales es hacer un listado con los materiales que salen del almacén y para qué área van dirigidos así como también para que pedido van y la elaboración de una lista de materiales con cantidades exactas de lo que se ocupa por tren para que no haya exceso de material.

Por último, se plantean las conclusiones, la revisión bibliográfica y se muestra en los anexos el instrumento que se aplicó.

Capítulo 1.- Planteamiento del problema.

1.1.- Antecedentes.

El balanceo es una herramienta para el control de la producción, así como un equilibrio entre tiempo y hombre, lo que se pretende realizar es una reducción de tiempos muertos y una mejor eficiencia, en la producción , aplicar una herramienta que sirva para dicho cometido, con el apoyo del método PERT, y el sistema MRP y el método de Slaverson, la estrategia que va muy ligada con el MRP es el LAYOUT que tiene que ver con la distribución de los materiales y espacios en la empresa, para un mejor rendimiento.

De acuerdo a López (2012), menciona que el balanceo o balanceo de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones.

Para Lume (2016), el método heurístico de balanceo de líneas casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajos empleados. Después, se deben determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (como taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar con aerosol una parte). La administración también necesita conocer la relación de precedencia entre las actividades, es decir, la secuencia en que deben desempeñarse las tareas.

Lumen (2016) retoma lo que establece “Slaverson propone un tiempo de ocio igual a cero (tocio=0), y expone que:

- Las líneas de ensamble se Caracterizan por el movimiento de una pieza de trabajo de una estación de trabajo a otra.
- Las tareas requeridas para completar un producto son divididas y asignadas a
- Las estaciones de trabajo tal que cada estación ejecuta la misma operación en Cada producto.
- La pieza permanece en cada estación por un período de tiempo llamado Tiempo de ciclo, el cual depende de la demanda.
- Consiste en asignar las tareas a estaciones de trabajo tal que se optimice un Indicador de desempeño determinado. El criterio para seleccionar una asignación de tareas determinada puede Ser el tiempo de ocio total: Éste se determina por: $I = Kc - \sum p_i$
- Dónde k es el número de estaciones de trabajo, c representa el tiempo p_i corresponde al tiempo total de operación S de ciclo y
- El propósito es el de tener $I = 0$. Esto se daría si la asignación de tareas puede hacerse a una cantidad entera de estaciones. (Lume, academia.edu, s.f.)

Para Jaramillo &, Restrepo (2010), determinan que las clases de problemas de balanceo de línea de ensamble, consiste en distribuir las tareas necesarias para ensamblar un producto a través del conjunto de estaciones que conforman la línea de ensamble, esta distribución de las tareas en las estaciones de trabajo se hace siguiendo un objetivo, puede ser maximizar la eficiencia de la línea, o minimizar el tiempo ocioso o minimizar el número de estaciones requeridas en la línea de ensamble. Un problema de balanceo de línea está compuesto por una función objetivo y un conjunto de restricciones. Una solución factible de un problema de balanceo de línea de ensamble debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Cada tarea se debe asignar exactamente a una estación
- Se debe cumplir por completo con las relaciones de precedencia
- La suma de los tiempos de las tareas de cada estación no deben exceder el tiempo de ciclo, para todas las estaciones. El problema de balanceo de línea de ensamble conocido como Assembly Line Balancing Problem with Setups (ALBP) se divide en dos categorías, los Solving the General Assembly Line Balancing Problem with Setups (SALBPs), que son problemas simples de balanceo de línea, en los que se consideran pocas variables de entrada desconocidas para reducir la complejidad del mismo; y los General Assembly Line Balancing Problem with Setups (GALBPs), problemas generales de balanceo de línea de ensamble, que estudian casos más reales y complejos que se presentan en la industria.

Jaramillo &, Restrepo (2010), retoman de Capacho & Pastor, que el problema general de los (GALBP), que según el documento de los problemas generales de balanceo de líneas de ensamble, consideran los problemas que no son SALBP, es decir, problemas más complejos, cuyas características se asemejan a un problema real de balanceo de línea. Se distinguen cuatro casos de GALBP: UALBP: U-line assembly line balancing problem – problema de equilibrado de líneas tipo U. Los UABLP están caracterizados de manera similar a los problemas SALBP pero consideran una línea tipo U en lugar de una serial. Las líneas tipo U se consideran líneas más flexibles que las líneas tipo serial, según (Scholl y Becker, en los SALBP únicamente se pueden asignar aquellas tareas cuyos predecesores han sido asignados.

Las estaciones pueden ser colocadas de tal manera que, durante el mismo tiempo de ciclo, se puedan manejar a la vez dos piezas en diferentes posiciones de la línea. Esto implica que hay un mayor número de posibilidades de asignar las tareas a las estaciones, lo que resulta, en algunos casos que el problema se pueda resolver de manera más eficiente que cuando se tiene un línea simple. De manera similar a los problemas simples SALBP, se distinguen los problemas UABLP-1, UABLP-2 y UABLP-E, en donde se busca minimizar el número de estaciones, minimizar el tiempo de ciclo y maximizar la eficiencia de la línea U, respectivamente. Mixed-Model Assembly Line Balancing Problem (MALBP). Problema de equilibrado de líneas de modelos mixtos. Este tipo de problemas se presentan cuando se consideran varios modelos de un mismo producto y, por lo tanto, se tiene un conjunto de tareas básicas que se realizan en todos los modelos sin considerar tiempos de Setup. En este caso, también se tiene el problema de secuenciación de los diferentes modelos así como el problema de determinar el tamaño de los lotes de cada modelo; la secuenciación puede ser importante dado que los tiempos de tareas entre modelos pueden variar significativamente. También se tienen las versiones MALPB-1, MALPB-2 y MALPB-E, Robóticas Sembly Line Balancing Prob (RALBP).

La Distribución de plantas según Sortino, (6 de junio, 2001), implica un ordenamiento físico de los elementos considerados este ordenamiento requiere espacio para movimientos de materiales, almacenamientos y procesos, además de las actividades

de servicio relacionadas. Realizar un análisis sobre errores cometidos en la distribución de gran cantidad de empresas de nuestro país (y de muchos otros) sería sumamente extenso. Lo importante no es efectuar una prolija descripción de los errores cometidos, sino aprender de ellos, sus causas y buscar posibilidades para corregirlos. Comenzaremos destacando la importancia de un buen Layout. Incluida esta expresión en nuestro vocabulario de uso técnico diario, como generalidad para todo lo que es distribución, ordenamiento de un sector, máquinas y equipos. Asimismo en el estudio de operaciones para equipos de última generación es aceptado internacionalmente que la expresión Layout, en sentido genérico, es también la distribución del herramental sobre los mismos y la relación de éstos con el producto (Layout de las operaciones). Comprendida esta definición analizaremos como individualizar caminos correctos a fin de arribar a una buena solución. Utilizaremos el término Layout particularizado para la distribución de planta y de sus áreas auxiliares. Uno de los factores que afectan los Layout, de una empresa o depósito, es la decisión acerca de quién debe tener la responsabilidad del nuevo diseño. El primer error es asignar esta responsabilidad a las personas que dirigen la operación de la empresa, a medida que realicemos el análisis de lo que representa una buena distribución, veremos que distancia separa las funciones mencionadas.

La segunda fuente de error es encarar esta tarea una vez decidida la localización, en lugar de seguir una metodología coherente. Si es un hecho consumado, generalmente no habrá un buen Layout a menos que la ubicación de la planta y el tamaño del terreno no nos impongan restricciones al diseño. Suele cometerse el error de asignarle a la estética del diseño una importancia exagerada, desmereciendo la funcionalidad. No significa descuidar la estética, simplemente debemos enmarcar el diseño en una correcta escala de valores. Cuando el empresario se preocupa demasiado por el frente de su fábrica y descuida la distribución, el diseño resulta deficiente. La Distribución de Planta es enseñada como disciplina de la Organización Industrial, por distintos factores no se han realizado experiencias sobre este punto pues las mismas son relativas.

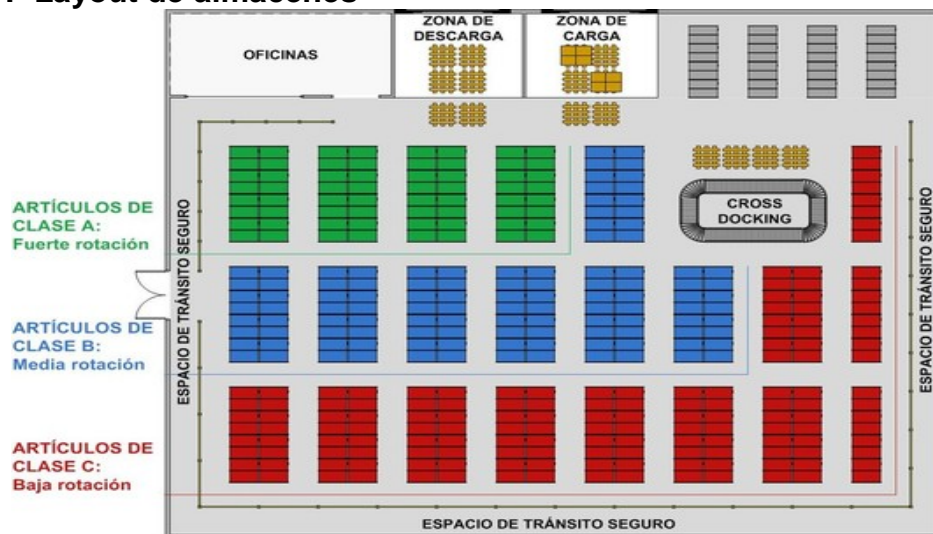
Estrategias de Layout de almacenes

Estudiar técnicas de trabajo, métodos auxiliares, fórmulas de evaluación, recorridos, equipos sofisticados para el manipuleo, etc. pero no el concepto profundo que rige el diseño de planta. La bibliografía con la que se cuenta no es condición suficiente por lo expuesto para alcanzar con éxito el mejor Layout. Sortino, (6, junio, 2001)

- Layout de almacenes

El Layout de almacenes consiste en la búsqueda del mejor equilibrio entre los costes de mantenimiento o los costes de manipulación de los materiales y los costes asociados con el espacio de almacenamiento. Su optimización depende tanto de la variedad de productos almacenados como del movimiento de los mismos. La empresa para alcanzar este objetivo puede basarse en una estrategia de: Cross docking en la que se busca un almacenamiento 0% ya que se basa en la idea de que el mismo no genera valor añadido, por lo que para ahorrar costes se procesan materiales a medida que entran en la empresa (ver figura 1).

Figura. 1.- Layout de almacenes



Fuente: Heizer, Render, González, Dominguez & Alvarez (2013).

Almacenamiento aleatorio consistente en que los materiales se colocarán donde haya una ubicación de almacén libre, por lo que es necesario disponer de registros exactos que faciliten la localización de los mismos.

Personalización de manera que el almacenamiento se utilice para añadir valor al producto, lo cual será de gran importancia cuando los mercados en los que opera la empresa cambien rápidamente.

- **Layout orientado al proceso:**

El Layout orientado al proceso es aquel que se emplea cuando se dispone de una producción de bajo volumen y alta variedad de productos, por lo que es el Layout más eficiente cuando una empresa fabrica productos con requisitos diferentes o cuando trata con clientes que tienen distintas necesidades. La principal ventaja que posee este tipo de Layout es la flexibilidad en la asignación de equipos y tareas, debido a que en caso de que una de las máquinas se averíe no tiene por qué detenerse todo el proceso productivo. Sin embargo, presenta algunos inconvenientes como por ejemplo, que los equipos deben ser multifuncionales y las órdenes de producción son más lentas y más difíciles de programar, además para poder utilizar dichos equipos se requieren empleados con ciertas habilidades.

El Layout repetitivo y orientado al producto se organiza en torno a productos o familias de productos similares, donde existe un alto volumen y una baja variedad de productos. Suele utilizarse en producción continua. Existen dos tipos de Layouts repetitivos, en primer lugar, tenemos la línea de fabricación que se encarga de la elaboración de los componentes, y en segundo lugar, se encuentra la línea de montaje, la cual ensambla las piezas fabricadas en una serie de estaciones o puestos de trabajo. El principal problema al que se enfrenta el Layout repetitivo es el de equilibrar las tareas en cada estación de trabajo de la línea de producción de manera que el tiempo en cada una de las estaciones sea aproximadamente el mismo, con la condición de que se obtenga la cantidad de producción deseada de la línea. En base a esto, podemos afirmar que el objetivo de este tipo de Layout es la minimización del desequilibrio en la línea de fabricación o montaje. (López, 2016).

Las principales ventajas del Layout orientado al producto son:

- El bajo coste variable por unidad, normalmente asociado a productos estandarizados de alto volumen

- Bajos costes de manejo de materiales
- Reducidos inventarios de trabajo en curso de fabricación
- Formación y supervisión más fáciles
- Producción rápida
- Los inconvenientes del Layout orientado al producto son los siguientes:
- Es necesario un alto volumen de producción, debido a las grandes inversiones que hacen falta para montar el proceso
- La detención del trabajo en cualquier punto de la línea provoca la parada de todo el proceso
- Existe falta de flexibilidad cuando se manejan diversos productos o diferentes tasas de la producción

Diseño y Layout de almacenes y centros de distribución.

Los objetivos del diseño, y Layout de los almacenes son facilitar la rapidez de la preparación de los pedidos, la precisión de los mismos y la colocación más eficiente de existencias, todos ellos en pro de conseguir potenciar las ventajas competitivas contempladas en el plan estratégico de la organización, regularmente consiguiendo ciclos de pedido más rápidos y con mejor servicio al cliente. (López, 2016).

¿Qué es el diseño y qué es el Layout de un almacén y un centro de distribución?.

Especialistas en logística (como es el caso del equipo de Price Wáter House Coopers) han identificado dos fases fundamentales al momento de diseñar un almacén; estas son:

- **Fase de diseño de la instalación. El continente**

Fase de diseño de la disposición de los elementos que deben "decorar" el almacén; el Layout del almacén

- **Qué debe incluir el diseño de las instalaciones?**

El diseño de las instalaciones hace parte de los procesos estratégicos que debe ejecutar la gestión de almacenes, dicho diseño debe incluir: Número de plantas: preferentemente almacenes de una planta, Planta del almacén: diseño en vista de planta de la instalación, Instalaciones principales: Columnado, instalación eléctrica, ventilación, contra-incendios, seguridad, medio ambiente, eliminación de barreras arquitectónicas, Materiales: principalmente los suelos para lo cual

se debe tener presente la resistencia al movimiento de los equipos de mantenimiento, la higiene y la seguridad. (López, 2016).

1.2.- Descripción de la problemática.

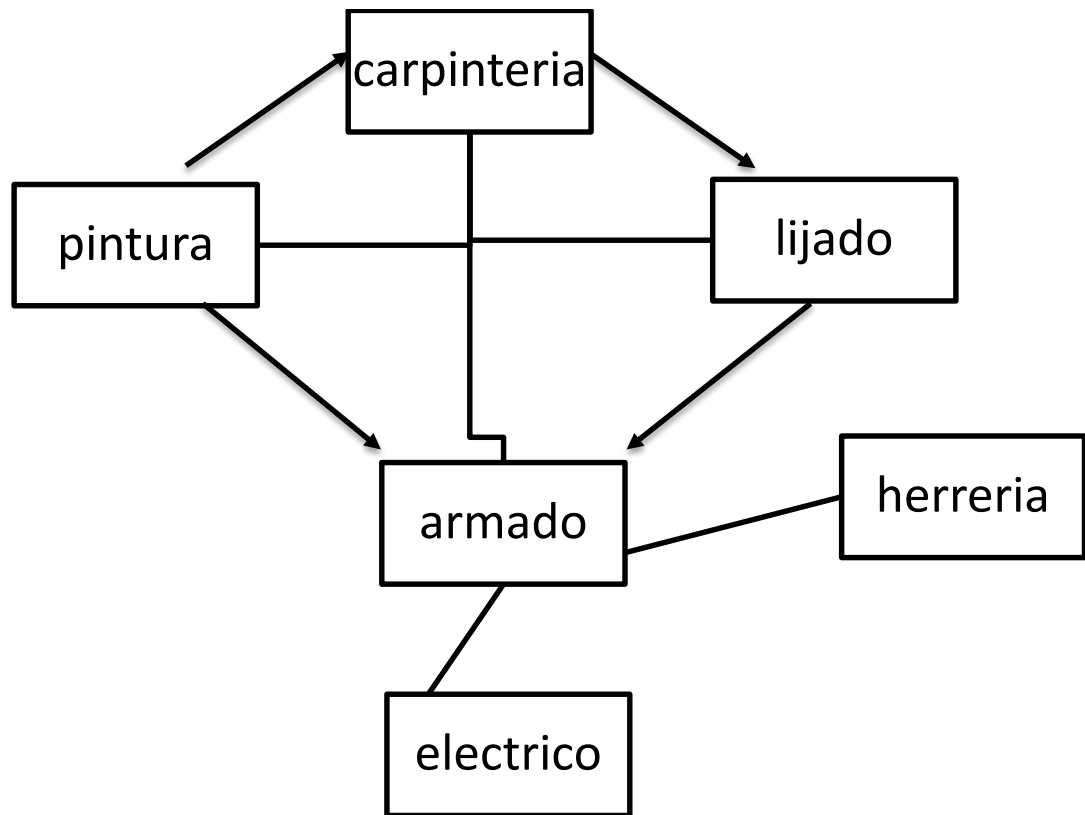
La presente investigación tiene como propósito generar una propuesta que permita el Balanceo de las cargas de trabajo para mejorar los procesos de producción en la Empresa Expresso Mágico. Debido a que hay que equilibrar los factores que intervienen en las mismas y los tiempos de trabajo, se observa poca coordinación, falta de espacio, mala comunicación entre las áreas. Así mismo, hay problemas la reducción de tiempos de producción, distribución de cargas de trabajo, con los tiempos muertos, desorden en el almacén, reducir el exceso y falta de materiales, También, la organización es deficiente, para la producción de cada lote o pedido, también se presenta por las siguientes causas el exceso de materiales, o en algunos casos la falta de este para la elaboración oportuna de cada pieza y lote, lo que provoca que haya retraso en la entregas. La empresa tiene una gran experiencia en la producción de trenes eléctricos, por lo tanto se tiene un amplio conocimiento de todos los componentes de estos, pero como lo mencionaba, en los párrafos anteriores no hay un equilibrio entre sus tiempos de producción, y sus inventarios llegan a ser poco eficientes para la producción de los lotes que se tienen que entregar, no se les ha establecido de forma estricta los tiempos límites coherentes, ya que hay lotes que son programados en un lapso muy corto de tiempo, y esto provoca que haya una carga de trabajo muy elevada en cada área, que no se tenga un control exacto de lo que ya se tiene en almacén y las piezas que faltan, haciendo que trabajen más horas, más días, y no se entreguen a tiempo los lotes. Las mermas, retrasos en entrega de pedidos de material también retrasa la producción.

Este trabajo está pensado y basado en la empresa Expresso mágico S.A de C.V., esta investigación se origina a partir de una observación minuciosa en las diferentes áreas que son empleadas, otra causa muy importante es el poco orden que existe entre el almacén, y el inventario. La herramienta que será empleada para dicho trabajo de investigación es el balanceo de cargas, la cual es para tener un equilibrio en los tiempos de producción. Se usara el método PERT –evaluación de programas y revisión

de técnicas para dar la cantidad que debe producirse y el sistema MRP- consiste en la planeación de requerimientos, orden de clientes, pronóstico de demanda y cambios en inventarios, así como la estrategia LAYOUT- el objetivo principal es facilitar la preparación de los pedidos, la precisión de los mismos y la colocación más eficiente de cada uno de los materiales, la reorganización del almacén.

La empresa EXPRESSO MÁGICO S.A.DE.C.V se dedica a la producción de trenes eléctricos, los cuales son un producto de gran calidad, y de origen mexicano, estos trenes son de madera, y estructura de metal, su motor es eléctrico, cada tren está conformado por una maquina o cabina, un carbonero, y 3 vagones. En la empresa se trabaja por áreas de producción, las cuales son carpintería, herrería, lijado, pintura, armado, eléctrico. Al término de las piezas de madera, se puede seguir trabajando ya que no son dependientes carpintería de herrería, por lo tanto se puede seguir trabajando con la parte de madera, ya que están las piezas terminadas, pasan a lijado y pintura aquí es donde se les da ese toque fino al tacto. Se continua con el armado en este punto es donde se detalla el ensamble, una vez terminado este paso se continua con la parte eléctrica, aquí es donde se le hacen las conexiones eléctricas que le corresponden para las bocinas, las pantallas, las baterías, el motor y las máquinas de humo (ver figura 2).

Figura 2.- Esquema de trabajo de la empresa EXPRESSO MÁGICO S.A.DE.C.V.



Fuente: Elaboración propia (2016).

1.3.- Justificación.

Este trabajo de investigación, es importante, porque servirá para reducir tiempos de producción, una mejor distribución de cargas de trabajo, así como también eliminar los tiempos muertos, se pretende con esto tener un orden en el almacén para reducir el exceso de material y la falta de materiales.

Criterios de investigación

- **Conveniencia**

Este trabajo de investigación servirá para analizar, detectar en que área en específico está el problema y si en una se encuentran problemas en las demás también las habrá esto genera un retraso en la entrega, posteriormente la solución se dará con la ayuda de estrategias, sistemas y métodos, cada uno

ellos enfocados a resolver el problema detectado y así dar solución a la problemática en la empresa.

- **Relevancia social**

Se espera que este trabajo de investigación tenga un impacto positivo en la empresa ya que se implementaran métodos para la evaluación de la producción (PERT), un sistema para llevar un correcto control del inventario (MPR) y una estrategia para la buena distribución del almacén (LAYOUT), tener una producción eficiente y una entrega de pedidos a tiempo, esto traerá un cambio positivo a la empresa Expresso Mágico, interna y en sus empleados.

- **Implicaciones prácticas**

Ayudará a resolver problemas, actuales los cuales son en la producción, también las estrategias, que se utilizaran permitirán prevenir y resolver problemas, futuros en la empresa, y también para poder implementar adecuadamente el balanceo de cargas de trabajo, (PERT), (MRP) y (LAYOUT).

1.4.- Pregunta de Investigación.

¿Cuáles son los elementos que intervienen en el Balanceo de cargas de trabajo para mejorar los procesos de producción, para la Empresa Expresso Mágico?

1.5.- Objetivos

1.5.1.- Objetivo general.

Generar una propuesta que permita el balanceo de las cargas de trabajo para mejorar los procesos de producción en la Empresa Expresso Mágico.

1.5.2.- Objetivo específico.

- Identificar y analizar los elementos que intervienen en el Balanceo de cargas de trabajo.
- Identificar y analizar la estructura organizacional de la Empresa Expresso Mágico.

1.6.- Supuesto de Investigación

El generar estrategias sobre el balanceo de las cargas de trabajo en la Empresa Expresso Mágico, esto permitirá mejorar los procesos de producción.

1.7.- Metodología

En la tabla 1 se muestra la conceptualización y operacionalización de las variables que se utilizan en la investigación. La población de objeto de estudio para esta investigación es de 19 encuestados que representan el 100%, de los cuales el 16% representan al nivel estratégico y el 16% al nivel táctico, y el resto 68% al nivel operativo, se incluyen todos para que tenga validez el estudio. Para ello se aplicó un instrumento de 12 reactivos que se vinculan con el tema de investigación.

A continuación se describen los tipos, niveles y diseño de la investigación:

1.7.1.- Tipo de investigación

La investigación es de tipo cualitativa debido a que se toma como referencia artículos científicos, páginas de internet, observación, para la recolección de información, que permitan implementar un balanceo en las cargas de trabajo y el orden de sus inventarios, esto será posible con el sistema MPR, y el balanceo, para poder implementarlo será necesario, tener lo antes mencionado, saber sobre la problemática a base de la observación detallada de los procesos.

1.7.2.- Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo ya que se describirán los procesos de producción así como la problemática, básicamente de la observación se podrá analizar y describir paso a paso como es el procedimiento de la producción, la cual estará distribuida por fases, es una investigación basada en observación continua, la cual permitirá la correcta implementación de balanceo de cargas de trabajo, y con esto dar una estrategia de acomodo almacén y distribución de materiales, y

con esto mejorar la productividad y la correcta aplicación y distribución de tiempos de producción.

1.7.3.- Diseño de la investigación

La investigación es de diseño no experimental transversal debido a que los datos y la información recolectada servirán para poner en práctica el método PERT que va de la mano del camino crítico o ruta crítica, el sistema MPR y la estrategia del LAYOUT, con lo que ya se sabe de los sistemas, estrategias y métodos será posible el balanceo de cargas de trabajo para la optimización de la producción de la empresa Espresso mágico.

Tabla 1.- Definiciones de las variables.

PALABRAS CLAVE:	CONCEPTO:	OPERACIONALIDAD:
BALANCEO	El balance o balanceo de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. López S. B., (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. ✓ requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas ✓ En las líneas d producción de una empresa.
CARGAS DE TRABAJO	Carga de trabajo es el conjunto de requerimientos a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral. Estos requerimientos pueden ser de tipo físico y/o mental. (PRL, s.f.)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se usa para medir la capacidad que tiene la empresa para ✓ Satisfacer los estándares de productividad de las empresas
PRODUCTIVIDAD	Definición que hace la EPA (2010) (Agencia Europea de Productividad). "La productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy. Requiere esfuerzos continuados para adaptar las actividades económicas a las condiciones cambiantes y aplicar nuevas técnicas y métodos. Es la firme creencia del progreso humano".	<ul style="list-style-type: none"> ✓ la relación entre el producto físico y los insumos físicos ✓ medición del tiempo que tarda un trabajador en elaborar un producto o en proporcionar un servicio

Fuente: Elaboración propia (2016)

Capítulo 2.- Generalidades de la Empresa Expreso Mágico

2.1.- Antecedentes

Somos una empresa especializada en la creación, diseño, fabricación, operación y comercialización de trenes eléctricos sobre ruedas, dedicados al entretenimiento infantil y de toda la familia. Nuestros trenes son considerados como juguetes, son libres de contaminación, silenciosos, maniobrables y sobre todo muy seguros. Nuestro principal valor es la experiencia adquirida en la fabricación y utilización de nuestros trenes en centros comerciales, parques recreativos y eventos especiales. Durante 3 años hemos conocido, profundizado y estudiado el comportamiento de nuestros trenes con diversos firmes, pendientes o condiciones de trabajo con el fin de brindar siempre el mejor entretenimiento familiar (ver imagen 1).

Imagen 1.- Modelos de trenes



Fuente: Tomada de la página <http://www.expressomagico.com.mx/>

Como consumidores reales de nuestros productos y con la experiencia en el uso diario de nuestros trenes, hemos llenado vacíos que existían en México en la fabricación tradicional de trenes infantiles basándonos en diseños realistas, seguros y fáciles de maniobrar, utilizando sofisticados motores eléctricos silenciosos y de alto desempeño.

Así nació Expresso Mágico, un mini tren panorámico, totalmente eléctrico, inspirado en los trenes del siglo XIX, elaborado con los mejores materiales, con brillantes colores y un acabado exquisito, que personifica la calidad del tren. En pocas palabras, nuestros trenes son hermosos y ofrecen una experiencia única de negocio y entretenimiento.

Imagen 2 -. Características del producto



Fuente: Tomada de la página <http://www.expressomagico.com.mx/>

Expresso Mágico tiene como objetivo lograr la felicidad y un montón de sonrisas en las caras de quienes viajan a bordo de nuestros trenes, proporcionando entretenimiento y valor agregado además de atractivos ingresos que representan un sólido y rápido retorno de inversión para nuestros clientes.

Imagen 3.- Contenido de Modelos de trenes



Fuente: Tomada de la página <http://www.expressomagico.com.mx/>

Imagen 4.- Modelo thomas



Fuente: Tomada de la página <https://www.youtube.com/watch?v=YxhnJKxMNiM>

La empresa ha crecido en los últimos años gracias a que su mercado se ha expandido, logrando con esto que se exporte a Chile, Canadá y otros países del continente europeo se está ampliando el catálogo de modelos, con esto se están realizando camiones panorámicos que son algo nuevo para la empresa, pero se está logrando terminar el pedido especial, de trenes panorámicos el cual fue un pedido para la Cremería Chilchota, este último pedido es para que este en la central de abastos de la Ciudad de México, se hicieron los siguientes vagones panorámicos (ver imagen 5)

Imagen 5-. Modelo panorámico chilchota

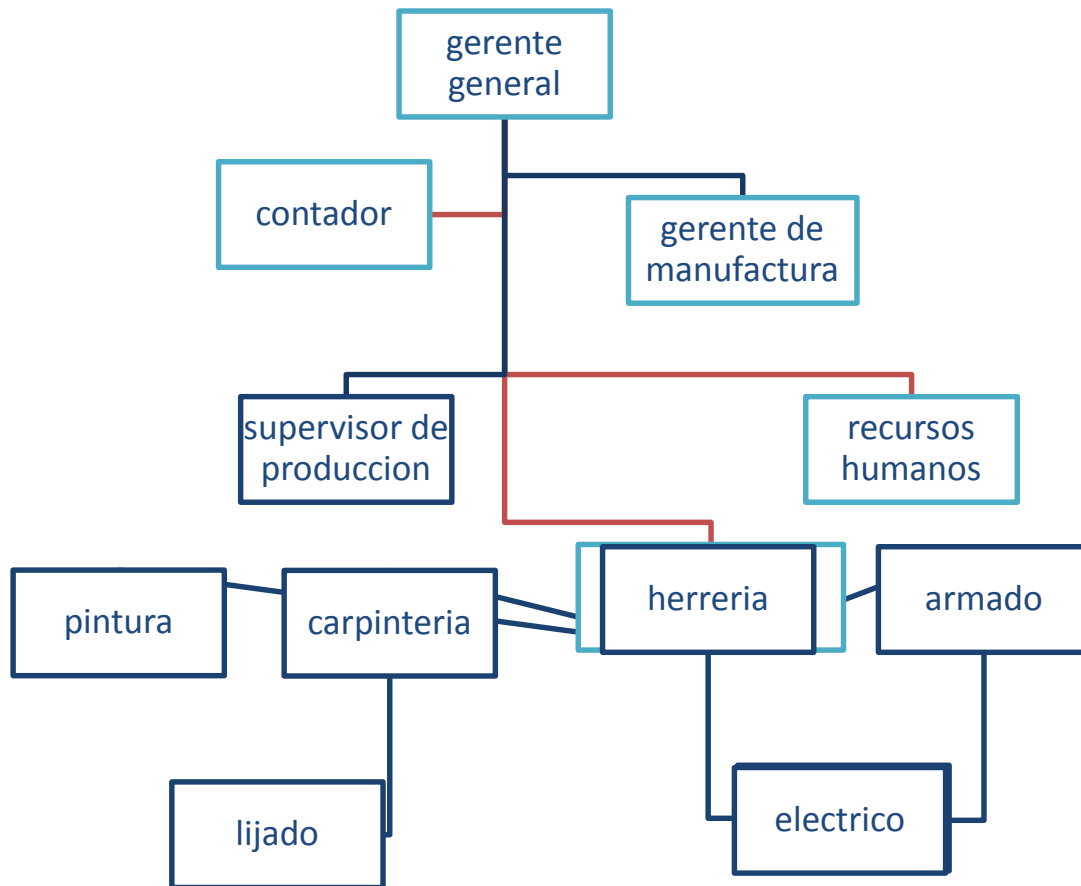


Fuente: Imagen tomada de la página de facebook

https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=10210742655782992&id=1247553438

2.2.- Estructura Orgánica

Gráfica 1.- Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia (2016)

2.3.- Misión y Visión

Misión

¿Quiénes somos?

Somos una empresa especializada en la creación, diseño, fabricación, operación y comercialización de trenes eléctricos sobre ruedas, dedicados al entretenimiento infantil y de toda la familia. Nuestros trenes son considerados como juguetes, son libres de contaminación, silenciosos, maniobrables y sobre todo muy seguros. Expreso mágico es una empresa que se preocupa por la ecología ya que nuestros trenes no contaminan al ser eléctricos.

Visión

¿A dónde queremos llegar?

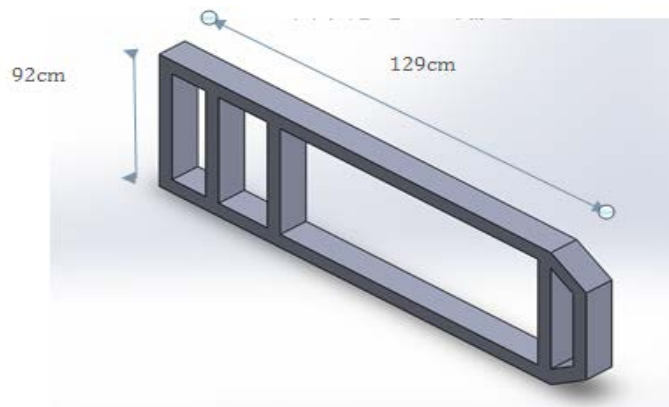
Llegar a ser la empresa número 1 en México en la fabricación de mini trenes eléctricos, y seguir expandiendo nuestro mercado a más países de Latinoamérica, así como entrar a más países del continente europeo.

2.4.- Actividades que se realizan en el área de producción

Empresa de sociedad anónima y capital variable. Actividad de transformación sector terciario.

La empresa se dedica a la elaboración de trenes eléctricos, a la venta y renta de los mismos para lo cual utilizan diversos materiales, pero los más importantes son las estructuras de metal, que son el esqueleto de la cabina y de los vagones es la base, posteriormente, se realizan los moldes de madera, que serán unidos a las bases de metal cada tren lleva un número determinado de piezas de madera y metal. Las piezas que son utilizadas para la maquina son 171 piezas entre metal madera y eléctrico, para la estación son 15, carbonero 40, cabuz 42, y vagón 30. Las piezas de metal entre placas y ángulos, son variadas. Pero a continuación se muestran algunas figuras de las piezas que son utilizadas:

Figura 3.- Estructura de la máquina, unión de los vagones



Fuente: Manual de herrería (Expresso mágico 2016)

El procedimiento que se sigue es el siguiente, se dan los modelos de los pedidos, se sacan medidas y moldes para la realización de la base de metal que es el esqueleto de todo el tren, la producción no es seriada, por lo tanto no tiene que ir por fases, se puede trabajar con herrería y carpintería al mismo tiempo ya que estas son muy independientes. Ya terminada la base de metal entra al área de pintura, para que se le ponga una base de pintura, en carpintería ya se están trabajando las piezas que serán unidas a la base de metal, pero antes de esto las piezas ya terminadas pasan al área de lijado, posteriormente a pintura, en pintura se les pone una base que se llama blanco de España después de este paso regresa a lijado pero antes de esto se sigue trabajando en la base de metal. Por lijado pasa por 6 etapas las cuales es pintura donde le ponen pasta, regresa a lijado donde lo tienen que pulir. En la base de metal, deben de instalar las baterías y motor, esto lo realiza el área de eléctrico, en armado es donde se ensamblan las partes de madera que ya pasaron por lijado y pintura, se unen y es aquí en este punto donde los vagones maquinas carboneros empiezan a tomar forma y de les van agregando los detalles que los hacen especiales. A la par se comienza a trabajar con la parte eléctrica que se encarga del cableado y del funcionamiento de las máquinas, se instalan las máquinas de humo, el equipo de sonido y todo el equipo eléctrico. En armado se sigue con los detalles como lo son los tubos de adorno, el vinil de animal print, este fue un tren como pedido personalizado. (ver imagen 6)

Imagen 6.- Modelo safari



Fuente: Expresso mágico

Capítulo 3.- Generalidades de los Procesos de Producción.

3.1.- Origen de los Procesos de Producción.

García, (2016) en su artículo retoma la información de Kranzberg (1981), donde se puede afirmar que el hombre prehistórico, según los restos arqueológicos hallados en diversos lugares del planeta, principalmente en Europa, se preocupó por satisfacer sus necesidades básicas de alimentos y vestido. Para lograr este propósito se valió de una gama de procedimientos aplicados a la agricultura y a la caza, en donde primero se limitó a la utilización de un esfuerzo manual directo; para posteriormente incorporar herramientas que hicieran más funcional el trabajo y que fue mejorando paulatinamente en la medida que transcurría el tiempo. Desde el punto de vista de la producción es bueno destacar que el hombre observó que al mejorar sus procedimientos de trabajo también mejoraba sus condiciones de vida, esto se presentaba ya que la producción se multiplicaba con respecto a un procedimiento anterior de manera relevante. Así fue como surgieron los primeros cuchillos, hoces, arados elaborados de diferentes materiales y que representaron una mejora espectacular en su momento.

Con la invención de la escritura se sientan las bases de la historia, se inicia a evolución cronológica de las actividades humanas con el medio en el cual se desenvuelve, así tenemos y para el desarrollo de este tema, que se enfocará esta rama del saber humano desde el punto de vista de la producción. Si nos remontamos a aproximadamente 10.000 años atrás, nos daremos cuenta que las primeras civilizaciones utilizaban métodos arcaicos de producción, sin embargo no deja de asombrar al hombre de ciencia moderno, las construcciones fabulosas fruto de una organización disciplinada y rígida en donde se plasmaba toda la grandeza del soberano de turno. Una de las características notables del período antiguo es que el modo de producción trabajo, estaba concentrado básicamente en el sometimiento del hombre por el hombre y en algunos casos el pueblo pagaba tributo al gobierno o recibía alguna remuneración en especies si colaboraba con la construcción de templos y palacios. Kranzberg (1981). En el periodo antiguo se puede considerar a la producción como un elemento importante para el desarrollo de los pueblos, pero en contraste a

ello tenemos una percepción muy de la época de esclavizar al hombre para obtener los beneficios necesarios derivados de la producción. Las grandes civilizaciones no se preocupaban por fomentar la creación de nuevas tecnologías que mejorasen el trabajo, ya que estos eran llevados a cabo por los esclavos y en algunas culturas se consideraba al trabajo como una maldición de los dioses que solo podía ser ejercida por estas infortunadas personas.

La Revolución Industrial y los Procesos de Producción

A través de los siglos los procesos productivos, como todo sistema inventado por el hombre, han tenido innumerables cambios y mejoras por la introducción de innovaciones tecnológicas que han elevado la producción a cantidades inimaginables para los seres humanos. Inicialmente, la producción estaba circunscrita a la artesanía, producción artesanal, que se basaba en la idea de que las máquinas y los procesos podían aumentar las calificaciones del artesano y permitirle así plasmar sus conocimientos en productos cada vez más diversos: cuanto más flexible era la máquina y más amplias las posibilidades de aplicación del proceso, más aumentaba la capacidad del artesano para la expresión productiva. Los visionarios de la producción artesanal imaginaban un mundo de pequeños productores, especializado cada uno en un tipo de trabajo y dependiente de los demás. (Piore y Sabel, 1990).

La producción artesanal a la industrial

A mediados del siglo XVIII eran los talleres artesanales los que producían gran parte de las mercancías consumidas en Europa. En estos talleres, los artesanos controlaban el proceso de producción. Frecuentemente en los talleres un grupo de artesanos se dedicaban a la producción de una mercancía de su principio a su fin, es decir, hacían las mercancías en su totalidad, no existía una profunda división del trabajo, y eran ellos los que establecían, por ejemplo, las jornadas de trabajo. Los artesanos producían solo un artículo sin que nadie interviniera, de manera que conocían la totalidad de su producto, las bases prácticas para hacerlo, y lo vendían directamente a sus consumidores, el producto era usualmente exhibido por una ventana. En la segunda mitad del el siglo XVIII, con la llegada de la Revolución Industrial, cuando la extensión y profesionalización de la producción de bienes de consumo, así como también la

dirección de estas operaciones, tuvo un gran despegue. La Revolución industrial estuvo dividida en dos etapas: la primera del año 1750 hasta 1840, aproximadamente. (Palagot, 2011)

3.1.1.- Antecedentes

Una gran cantidad de los bienes eran producidos por personas altamente calificadas, que empleaban herramientas flexibles y sencillas, y luego vendían sus productos en los mercados de los pueblos. En este contexto, tal y como señala González (2005). El empresario adquiría la materia prima, encargaba la actividad a pequeños talleres artesanales que constituían de hecho una mano de obra a destajo y vendía los productos en el mercado. Podíamos decir que prácticamente toda la actividad descansaba en operaciones externas, ya que el empresario, que era el propietario de la empresa, no realizaba por sí mismo la actividad productiva.

Por tanto, toda actividad se representaba suficientemente por la Contabilidad Financiera. Hasta mediados del siglo XX, algunos países continuaron innovando y preservando su estructura artesanal y su relación flexible con el mercado, pero una vez que los gobiernos nacionales fomentaron la conversión de las empresas a la producción en serie, con la finalidad de mejorar su crecimiento económico, a costa de un desmejoramiento de las regiones, aparentemente parecían estar decretando con ello el fin de la producción artesanal. Empero, la realidad es otra, por cuanto la producción artesanal, aunque en menores proporciones que en el pasado, todavía en el presente convive subyacente con la producción en serie. (Chacón, Bustos, & Rojas, 2006)

La Revolución Industrial puede ser considerada como la serie de transformaciones económicas, sociales, tecnológicas y culturales que se producen en la Historia Moderna de Europa, después del Mercantilismo; sin embargo, cuando tratan su expansión hacia otros países, hacen referencia a la industrialización o desarrollo industrial de los mismos. (Baguer, 2001)

La Revolución Industrial generó una ola expansiva de cambios, al vincular las innovaciones tecnológicas con los sistemas fabriles, que tuvieron su origen en Gran Bretaña, a mediados del siglo XVIII y, posteriormente, en diferentes épocas y con distintos ritmos se propaga al resto del mundo, desde amplias zonas de Europa y América del Norte, hasta zonas de América Central, América del Sur, Asia, África y Oceanía. Empero, sus efectos no se han detenido, pues, aún en nuestros días, seguimos presenciando la influencia de este fenómeno en la organización industrial moderna y el orden mundial establecido. (Bagner, 2001)

Bagner, (2001), plantea que fue un movimiento de implicaciones globales, que comenzó con una serie de descubrimientos energéticos e ingeniosos inventos técnicos, dirigidos hacia el mejoramiento progresivo de los procesos productivos, y concluyó con la metamorfosis del mundo agrícola y artesano en naciones completamente dominadas por la industria y la mecanización. A partir de la entrada en escena de la máquina, la industria y el mundo no han dejado de evolucionar.

García, (2016), menciona que la cronología de las actividades humanas con el medio en el cual se desenvuelve, se tiene que para el desarrollo de este tema, se enfocará esta rama del saber humano desde el punto de vista de la producción. Si se remonta aproximadamente a 10.000 años atrás, daremos cuenta que las primeras civilizaciones utilizaban métodos arcaicos de producción, sin embargo no deja de asombrar al hombre de ciencia moderno, las construcciones fabulosas fruto de una organización disciplinada y rígida en donde se plasmaba toda la grandeza del soberano de turno. Una de las características notables del período antiguo es que el modo de producción trabajo, estaba concentrado básicamente en el sometimiento del hombre por el hombre y en algunos casos el pueblo pagaba tributo al gobierno o recibía alguna remuneración en especies si colaboraba con la construcción de templos y palacios.

García (2016) retoma a Chacón, Bustos, & Rojas, (2006) en la parte de los antecedentes, donde menciona que en el periodo antiguo se puede considerar a la producción como un elemento importante para el desarrollo de los pueblos, pero en

contraste a ello tenemos una percepción muy de la época de esclavizar al hombre para obtener los beneficios necesarios derivados de la producción. Las grandes civilizaciones no se preocupaban por fomentar la creación de nuevas tecnologías que mejorasen el trabajo, ya que estos eran llevados a cabo por los esclavos y en algunas culturas se consideraba al trabajo como una maldición de los dioses que solo podía ser ejercida por estas infortunadas personas.

La Revolución Industrial, efectivamente, da lugar al contexto tecnológico, social, político y económico en el que nacen las grandes concentraciones económicas de capital privado financiero, es decir, los artificios humanos a partir de los cuales se plantea la necesidad de contar con un cuerpo sistemático de conocimientos que provea información contable pertinente para el costeo de productos y fundamentación del control, la planificación y la toma de decisiones estratégicas. El surgimiento de la Contabilidad de Costos como una disciplina contable con carácter científico, se ubica a finales del siglo XIX, por lo que se le considera un área de conocimiento joven y aún en formación. Concretamente, no es sino hasta el año 1885 cuando Henry Metcalfe publicó su libro "Costos Industriales", que podemos distinguir a la Contabilidad de Costos como un área científica. En líneas generales, se dice que la contabilidad de gestión ha evolucionado a la par de los cambios acaecidos en los entornos productivos y organizativos de las empresas (Gutiérrez, 2005). En otras palabras, se desarrolla para atender a las necesidades de información de las nuevas empresas industriales emergidas de la Revolución Industrial, que la Contabilidad General o Financiera por sí sola con su teoría de la partida doble como basamento fundamental no pudo satisfacer.

La teoría de la partida doble se postuló como una forma de llevar un registro sistematizado de lo que se debía y le debían, pero no como soporte de las funciones gerenciales de planificación, control interno y toma de decisiones estratégicas (Gutiérrez, 2005). La Contabilidad de Costos se gesta a raíz del advenimiento de la empresa industrial del siglo XIX, y como complemento de la contabilidad financiera, a fin de proporcionar la información requerida por la gerencia, tanto para determinar el

valor de las existencias de productos terminados y productos en proceso, como para controlar su proceso productivo (González, 2005).

Los cambios que la revolución industrial trajo sobre el proceso de producción fueron:

- Cambio en la estructura organizativa de las fábricas (dejaron de existir los pequeños talleres para dar lugar a enormes estructuras donde se producía en masa);
- Implementación de herramientas más tecnológicas en la elaboración de los productos para aumentar la eficiencia productiva;
- Cambio en la estructura social de la ciudad (los que poseían los medios productivos fueron llamados empresarios y los que trabajaban, empleados).

La tecnología es, por su parte, un factor que modifica constantemente los procesos de producción; tal es así que, a medida que pasa el tiempo, los innumerables avances que se realizan en materia de herramientas de trabajo vuelven menos pesados los trabajos y colaboran con una mejor calidad de vida para los empleados; sin embargo, muchas personas están en contra de estas transformaciones porque consideran que de este modo, los puestos de trabajo a disposición de las personas se reducen y por ende, aumentan los individuos que carecen de trabajo. Es importante, por tanto, señalar que, si bien la tecnología puede colaborar muchísimo con la calidad de vida de las sociedades, de las personas depende hacer un buen uso de ella y no vivir a su disposición, sino utilizándola para vivir de una mejor forma. (Pérez & Gardey, 2008).

3.1.2.- Definiciones

La producción es la creación de bienes y servicios. La dirección de operaciones es la serie de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los recursos en productos. En las empresas industriales, las actividades de producción de bienes son bastante obvias. En ellas se ve la producción de un bien tangible. La función de la producción de la producción puede resultar menos obvia, cuando se presta un servicio no se produce un bien tangible. Al contrario, el producto puede tomar formas tan variadas como una transferencia de fondos de una cuenta de ahorro a una cuenta

corriente, un trasplante de hígado, la ocupación de un asiento vacío en un avión de una compañía aérea o la educación de un estudiante. (Heizer & Render, 2007).

La definición que da Chain, (2014) dice que un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda. Los factores de producción son trabajo, recursos y capital que aplicados a la fabricación se podrían resumir en una combinación de esfuerzo, materia prima e infraestructura.

Etapas del proceso de producción

Para saber qué es un proceso de producción es necesario atender a sus etapas. Cada una de ellas interviene de forma decisiva en la consecución del objetivo final, que no es otro que lograr la satisfacción del cliente, cubriendo las necesidades que se extraen de su demanda mediante un producto o servicio.

Podría hablarse de la existencia de tres fases en todo proceso de producción:

- **Acopio/ etapa analítica:** esta primera etapa de la producción, las materias primas se reúnen para ser utilizadas en la fabricación. El objetivo principal de una empresa durante esta fase del proceso de producción es conseguir la mayor cantidad de materia prima posible al menor costo. En este cálculo hay que considerar también los costes de transporte y almacén. Es en esta fase cuando se procede a la descomposición de las materias primas en partes más pequeñas.
- **Producción/ etapa de síntesis:** durante esta fase, las materias primas que se recogieron previamente se transforman en el producto real que la empresa produce a través de su montaje. En esta etapa es fundamental observar los estándares de calidad y controlar su cumplimiento.
- **Procesamiento/ etapa de acondicionamiento:** la adecuación a las necesidades del cliente o la adaptación del producto para un nuevo fin son las metas de esta fase productiva, que es la más orientada hacia la

comercialización propiamente dicha. Transporte, almacén y elementos intangibles asociados a la demanda son las tres variables principales a considerar en esta etapa. (Project Management en Supply Chain, 2014).

En este sentido, el proceso productivo se desarrolla por etapas sucesivas que constan de una serie de operaciones interrelacionadas que deben desembocar en la consecución de un producto final cuyo valor, como resultado, se ha incrementado y está apto para su venta y consumo. Actividades que van desde la extracción de las materias primas hasta la puesta en venta del producto, puede decirse que forman parte del proceso de producción. (Significados, 2013).

Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Desde una perspectiva general se entiende que el devenir de un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión. De esta forma, un proceso industrial acoge el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios. De manera que el propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida. (López, 2016)

Proceso de producción

Un proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (productos), tras un proceso en el que se incrementa su valor (Pérez & Gardey, 2008).

Proceso de producción

Los factores son los bienes que se utilizan con fines productivos las materias primas. Los productos, en cambio, están destinados a la venta al consumidor o mayorista. Las acciones productivas son las actividades que se desarrollan en el marco del proceso. Pueden ser acciones inmediatas (que generan servicios que son consumidos por el producto final, cualquiera sea su estado de transformación) o acciones mediatas que generan servicios que son consumidos por otras acciones o actividades del proceso. Por otra parte, aunque existen una gran cantidad de tipologías de productos, podemos mencionar las principales: los productos finales, que se ofertan en los mercados donde la organización interactúa, y los productos intermedios, utilizables como factores en otra u otras acciones que componen el mismo proceso de producción. (Pérez & Gardey, 2008).

Cartier, (2003), menciona que todo proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientado a la transformación de ciertos elementos “entrados”, denominados factores, en ciertos elementos “salidos”, denominados productos, con el objetivo primario de incrementar su valor, concepto éste referido a la “capacidad para satisfacer necesidades”. Los elementos esenciales de todo proceso productivo son:

- Los factores o recursos: en general, toda clase de bienes o servicios económicos empleados con fines productivos;
- Las acciones: ámbito en el que se combinan los factores en el marco de determinadas pautas operativas, y
- Los resultados o productos: en general, todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo.

La teoría de la producción estudia estos sistemas, asumiendo que esa noción de transformación no se limita exclusivamente a las mutaciones técnicas inducidas sobre determinados recursos materiales, propia de la actividad industrial. El concepto también abarca a los cambios “de modo”, “de tiempo”, “de lugar” o de cualquier otra

índole, provocados en los factores con similar intencionalidad de agregar valor. (Cartier, 2003)

3.1.3.- Tipos y/o Clasificación

Según Project Management en Supply Chain,(2014) dice lo siguiente existen cuatro tipos de proceso de producción diferentes. Son los siguientes:

- **Producción bajo pedido:** en esta modalidad productiva solamente se fabrica un producto a la vez y cada uno es diferente, no hay dos iguales, por lo que se considera un proceso de mano de obra intensiva. Los productos pueden ser hechos a mano o surgir como resultado de la combinación de fabricación manual e interacción de máquinas y/o equipos.
- **Producción por lotes:** con la frecuencia que sea necesario se produce una pequeña cantidad de productos idénticos. Podría considerarse como un proceso de producción intensivo en mano de obra, pero no suele ser así, ya que lo habitual es incorporar patrones o plantillas que simplifican la ejecución. Las máquinas se pueden cambiar fácilmente para producir un lote de un producto diferente, si se plantea la necesidad.
- **Producción en masa:** es como se denomina a la manufactura de cientos de productos idénticos, por lo general en una línea de fabricación. Este proceso de producción, a menudo, implica el montaje de una serie de sub-conjuntos de componentes individuales y, generalmente, gran parte de cada tarea se halla automatizada lo que permite utilizar un número menor de trabajadores sin perjuicio de la fabricación de un elevado número de productos.
- **Producción continua:** permite fabricar muchos miles de productos idénticos y, a diferencia de la producción en masa, en este caso la línea de producción se mantiene en funcionamiento 24 horas al día, siete días a la semana. de este forma se consigue maximizar el rendimiento y eliminar los costes adicionales de arrancar y parar el proceso de producción, que está altamente automatizado y requieren pocos trabajadores.

Para la página wordpress, (2010) establece que la producción se divide en:

- **Por proyectos:** se ocupa de obtener productos individualizados que satisfacen las necesidades específicas de cada cliente. Se caracteriza por tener un alto coste, utilizar trabajadores especializados, disponer de maquinaria de uso general se puede utilizar para realizar diferentes tareas y resulta difícil de planificar y controlar. El producto no es fácil de definir en sus etapas iniciales y está sometido a un alto grado de cambio e innovación. La construcción de un puente, de un barco, o un proyecto telemático son algunos ejemplos.
- **La producción por lotes discontinua o intermitente y la producción artesanal taller de trabajo:** se caracterizan por fabricar un volumen pequeño de una gran variedad de productos. En general, la producción por lotes se distingue de la producción artesanal por el mayor tamaño del lote, la mayor uniformidad de los productos y la relación más estrecha entre las tareas necesarias. La producción artesanal ofrece generalmente una mayor adaptabilidad a las distintas exigencias de los clientes, hallándose más a menudo en aquellas actividades que requieren prototipos o fabricación por encargo. Por ejemplo, ebanisterías y talleres de reparación de vehículos. La producción por lotes se puede justificar cuando el producto no está estandarizado o cuando el volumen de producción es bajo. En este caso, es la más económica y tiene el menor riesgo. Esta forma de producir es común a las etapas iniciales de los ciclos de vida de los productos y en los productos con baja cuota de mercado.
- **La producción en masa y la producción continua:** Se caracteriza porque las máquinas y centros de trabajo están alineados unos a continuación de otros, según la secuencia lógica de las tareas a realizar para transformar los materiales en productos terminados. La producción en masa, aunque altamente mecanizada e incluso automatizada, requiere una cantidad de trabajadores más elevada que la producción continua. En ambos casos, las tareas se definen minuciosamente y existe una marcada división del trabajo. En general, la producción continua se diferencia de la producción en masa por su mayor volumen, la diferenciación más limitada de sus productos, la mayor dependencia de los bienes de equipo, la relación más estrecha entre las

diversas etapas de su proceso de transformación y el uso más intenso de equipos automatizados de manipulación y transferencia de materiales. Entre los productos elaborados por un proceso de producción en masa se incluyen los automóviles, los bolígrafos, las calculadoras de bolsillo, etc; entre los fabricados por procesos continuos se encuentra el acero, los productos químicos, el papel, etc. La producción en masa satisface las necesidades de un número elevado de clientes, mediante la fabricación a un coste relativamente bajo de una gran cantidad de productos uniformes estandarizados. Para ello se apoya en dos pilares fundamentales: el intercambio de las partes y la cadena de montaje.

El intercambio de las partes requiere un ensamblaje sencillo y proporciona una serie de ventajas (wordpress, 2010):

1. Permite eliminar todas las tareas relacionadas con el limado y ajuste de las partes, así como a los trabajadores encargados de realizarlas.
2. Facilita el servicio de mantenimiento, al vender los recambios cualquier concesionario o distribuidor oficial, y realizar las actividades de reparación técnicas de empresas especializadas en realizar este tipo de trabajos.

Estrada (2016), menciona que los tipos de procesos en la manufactura son los siguientes:

- **Procesos por proyecto:** Manejan productos hechos prácticamente a la medida. Con frecuencia el tiempo para obtenerlos es prolongado, al igual que el intervalo entre la terminación de cada producto. Las características son bajo volumen y alta variedad. Las actividades involucradas pueden ser inciertas y estar mal definidas, algunas veces cambian durante el proceso de producción. Ejemplos: Astilleros, constructoras, Construcción de túneles, grandes operaciones de manufactura como turbogeneradores, pozos petroleros, instalación de sistemas de cómputo, etc. La esencia de los procesos por proyecto es que cada trabajo tiene un principio y un fin definidos, el tiempo entre el inicio de las distintas tareas es relativamente largo y los recursos que transforman tal vez tengan que organizarse para cada producto.

- **Procesos por tareas:** Al igual que los procesos por proyectos, también manejan alta variedad y bajo volumen. Mientras que los procesos por proyectos tienen recursos casi exclusivos, en este caso cada producto tiene que compartir los recursos de las operaciones con muchas otras. Estos recursos procesan una serie de productos pero, aunque todos requieren el mismo tipo de atención, difieren en sus necesidades específicas. Ejemplos: Herramientas especializadas, restauradores de muebles, sastres, impresión de boletos, etc. Los procesos por tareas producen más artículos y más pequeños que los procesos por proyecto pero, igual que éstos, el grado de repetición es bajo.

Por lo que Estrada, (2016) menciona la frase “La mayoría de los trabajos talvez sean de una sola vez”.

- **Procesos por lotes:** Estos procesos pueden parecerse a los procesos por tareas pero el lote tiene un menor grado de variedad asociada. Cada vez que opera un proceso por lotes, fabrica más de un producto. Cada parte de la operación tiene periodos de repeticiones, al menos mientras se procesa el lote. Ejemplos: componentes para ensambles de fabricación en masa y la producción de casi toda la ropa. (Estrada, 2016)
- **Procesos en masa:** Los procesos en masa son los que producen bien en gran volumen y con relativamente poca variedad, poca en términos de las bases del diseño de su producto. Una planta de automóviles, por ejemplo puede producir varios miles de variantes si se cuenta cada opción de tamaño de máquina, color, equipo adicional. Pero en esencia es una producción en masa porque las variantes no afectan el proceso básico de producción. Las actividades en la planta de automóviles, como en todas las operaciones en masa son repetitivas y predecibles. Otros ejemplos: Televisores, planta embotelladora de cerveza, producción de discos compacto.
- **Procesos continuos:** Los procesos continuos van un paso delante de los procesos en masa. También lo hacen durante periodos más largos. Son literalmente continuos porque sus productos se fabrican en un flujo sin fin. Con frecuencia se asocian con inflexibilidad y con tecnologías de alta inversión con

un flujo altamente predecible. Ejemplos: Refinerías petroquímicas, suministros de servicios luz, agua, producción de acero.

Para Estrada (2016), establece que los Tipos de procesos en los servicios son:

- **Servicios profesionales:** Se definen como organizaciones de alto contacto donde los clientes pasan un tiempo considerable en el proceso de servicio. Proporcionan servicios personalizados y el proceso es adaptable para cumplir con las necesidades individuales del cliente. El personal de contacto pasa mucho tiempo en la oficina de atención a clientes y tiene poder de decisión para servir al cliente. Tienden a basarse en personas y no en maquinarias. Incluyen consultores en Administración, abogados, arquitectos, cirujanos, auditores, cada producto es diferente.
- **Talleres de servicio:** Se caracterizan por sus niveles de contacto con el cliente, personalización, volúmenes de clientes y toma de decisiones del personal que los coloca en los extremos de los servicios profesionales y masivos. El servicio se proporciona mediante combinaciones de actividades en oficina de atención y de apoyo, personas y equipo y se centra en el producto/proceso. Ejemplos: Bancos, tiendas de departamentos, restaurantes, hoteles, agencias de viajes.
- **Producción en baja cantidad:** En la gama de baja cantidad de producción 1 a 100 unidades/año se usa frecuentemente el término de taller de trabajo para describir las instalaciones de producción. Un taller de trabajo hace bajas cantidades de productos especializados y a la medida.

El proceso o ensamble de los diferentes productos o partes se realiza en células que consisten en varias estaciones de trabajo o máquinas. El término manufactura celular se asocia frecuentemente con este tipo de producción. Cada célula se diseña para producir una variedad limitada de las configuraciones de parte; es decir, la célula se especializa en la producción de un conjunto determinado de partes similares, según los principios de la tecnología de grupos.

Para Linarte (2014), la disposición de planta se llama disposición celular el término disposición de tecnología de grupos también es común):

- **Producción en altas cantidades:** El rango de alta cantidad de producción (de 10,000 a millones de unidades por año) se conoce como producción en masa. La situación se caracteriza por una alta demanda del producto y porque las instalaciones están dedicadas a la manufactura de ese único producto. Pueden distinguirse dos categorías de producción en masa: 1) producción en cantidad y 2) producción en línea. La producción en cantidad comprende la producción en masa de partes sencillas con piezas sencillas del equipo. El método de producción involucra máquinas estándar que habilitan efectivamente al equipo para la producción de un solo tipo de parte. Las disposiciones de planta típicas que se usan en la producción de grandes cantidades son: la disposición de procesos y la disposición celular. La producción en línea de flujo implica múltiples piezas de equipo o estaciones de trabajo dispuestas en secuencia, a través de la cual se mueven físicamente las unidades de trabajo para completar el producto. (Linarte, 2014)

El equipo y las estaciones de trabajo están diseñados para procesar el producto con la mayor eficiencia. La disposición recibe el nombre de disposición del producto, y las estaciones de trabajo se disponen a lo largo de una línea, o dentro de una serie de segmentos conectados. El trabajo generalmente se mueve entre las estaciones por transportadores mecanizados. En cada estación se termina una pequeña cantidad de trabajo sobre cada unidad o producto. El ejemplo más familiar de producción en línea de flujo es la línea de ensamble de productos, tales como los automóviles y algunos aparatos domésticos. En el caso fundamental de producción en línea de flujo no hay variación en los productos hechos en la línea. Todos los productos son idénticos y la línea se dedica a la producción de un solo modelo.

Para comercializar exitosamente un producto determinado es útil introducir variaciones en el aspecto y los modelos para que los clientes puedan elegir la

mercancía exacta que más les atraiga. Desde el punto de vista de producción, las diferencias en el aspecto representan un caso de variedad suave de productos. El término línea de producción de modelos mixtos se aplica a las situaciones donde existe una variedad suave en los productos manufacturados en la línea. El ensamble moderno de automóviles es un ejemplo, en el cual los carros que salen de la línea de ensamble tienen una variedad de opciones y accesorios que representan modelos diferentes y, en muchos casos, marcas diferentes para el mismo diseño básico de automóvil. (Linarte, 2014).

3.2.- Balanceo de cargas de trabajo

3.2.1.- Antecedentes

En el siguiente link es cual es una práctica profesional sobre balanceo de cargas http://148.204.211.134/polilibros/portal/polilibros/P_Terminados/ASPII/POLILIBRO/2%20PORTAL/PRACTICA%206/GENERALIDADES6.htm, se retoma información de KANAWATY (2004), el cual dice que el Balanceo de Líneas de Ensamble consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella. En su estado más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo en el cual las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, en donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten efectividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonable directo.

Los obstáculos a los que no enfrentaremos al tratar de balancear una línea de producción serán:

- Líneas con diferentes tasas de producción
- Inadecuada distribución de planta
- Variabilidad de los tiempos de operación.

Para remediar esta situación debemos nivelar las cargas de trabajo, de tal manera que los operarios tengan una misma cantidad de trabajo en un tiempo determinado, de modo que se pueda reducir al máximo el tiempo ocioso de las estaciones de trabajo mediante una secuencia tecnológica predeterminada.

Para poder realizar un balanceo de línea es necesario contar con:

- Descripción de las actividades
- Determinación de la precedencia de cada operación o actividad
- Determinar el tiempo de cada actividad u operación.
- Tener un diagrama de proceso.
- Determinar el tiempo ciclo,
- Determinar el número de estaciones.
- Determinar el tiempo de operación
- Determinar el tiempo ciclo.
- Determinar el tiempo muerto
- Determinar el número de estaciones
- Determinar la eficiencia
- Determinar el retraso del balance
- Determinar que operaciones quedan en cada estación de trabajo
- Determinar el contenido de trabajo en cada estación
- Determinar el contenido total de trabajo

La idea fundamental de una línea de ensamble es que un producto se arma progresivamente a medida que es transportado, pasando frente a estaciones de trabajo relativamente fijas, por un dispositivo de manejo de materiales, por ejemplo una cinta transportadora. Los principios básicos en línea son los siguientes:

- Principio de la mínima distancia recorrida
- Principio del flujo de trabajo
- Principio de la división del trabajo
- Principio de la simultaneidad o de las operaciones simultáneas
- Principio de operación conjunta
- Principio de la trayectoria fija
- Principio del mínimo tiempo y de material en proceso
- Principio de la intercambiabilidad

Los elementos de trabajo, establecidos de acuerdo con el principio de la división del trabajo, se asignan a las estaciones de manera que todas ellas tengan aproximadamente la misma cantidad de trabajo. A cada trabajador, en su estación, se le asignan determinados elementos y los lleva a cabo una y otra vez en cada unidad

de producción mientras pasa frente a su estación. Si los tiempos productivos que se requieren en todas las estaciones de trabajo fuesen iguales no existirían tiempos muertos, y la línea estaría perfectamente equilibrada. El problema de diseño para encontrar las formas de igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- **Cantidad.** El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- **Equilibrio.** Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- **Continuidad.** Una vez puesta en marcha debe continuar pues la detención en un punto, corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub ensamblés, etc., y la previsión de fallas en el equipo.

Los casos típicos en el balanceo de líneas de producción son:

- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.
- Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo
- Conocida el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a las mismas.

Los resultados que se esperan alcanzar después de balancear una línea son:

- En toda la línea de ensamble existen operaciones en secuencia.
- Los tiempos para completar las operaciones son distintos.
- Cada operario puede ejecutar una o varias operaciones. (Kanawaty, 2004)

Machuca (2012), en su artículo retoma a Harrington (2000), el cual dice lo siguiente: El estudio de las Cargas de trabajo es un tema que toma fuerza en el nuevo milenio

conforme el trabajo se vuelve cada vez más administrativo, y cuya medición es muy difícil desarrollar si no se cuenta con una técnica que permita obtener dicha medición. Por otra parte, el tema de cargas de trabajo no cuenta con mucha información bibliográfica y/o virtual que permita desarrollar una metodología practica para su aplicación. Dentro de mi experiencia como consultor Organizacional he observado y experimentado el crecimiento de las organizaciones, las cuales diversifican sus actividades tratando de satisfacer las necesidades de sus clientes con productos y servicios de manera eficaz, pero el crecimiento desbordado y mal planificado genera confusiones y desequilibrios al interior tales como: errores frecuentes, insuficiencia en controles, aumento de horas extras, trabajo represado, vacaciones acumuladas, quejas, reclamos, etc. que poco a poco se van manifestando en el comportamiento de las personas Agresividad, desgaste, baja calidad, ausentismo, disminución en su motivación, incapacidades, rotación, etc. que afectan directamente el clima organizacional y por ende la productividad de la organización. Por otro lado, también he encontrado empresas que buscan reestructurar al interior, pero se basan en resultados financieros que por lo general aplican en la misma proporción a la planta del personal. Esto es que si la empresa tuvo un decremento en sus finanzas del 20 al 30%, ese mismo decremento aplican a las áreas, generando nuevamente desequilibrios que finalmente van ajustando con nuevo personal pero con costos mayores por la contratación, capacitación, e inducción que hay que realizar con estas nuevas personas.

La mayoría de las estructuras y/u Organigramas de las organizaciones están montadas subjetivamente, ya que no cuentan con una técnica y/o herramienta que les permita calcular el número idóneo de personal que requieren para satisfacer un volumen dado de operación, sin caer en desequilibrios y a base de prueba y error van ajustando sus estructuras al grado de poder satisfacer las necesidades de sus clientes pero con costos muy elevados. (Machuca, 2012). Aunado a esto las empresas se basan en competencias genéricas para todos y difícilmente identifican e integran las competencias y el perfil que las personas requieren para realizar sus actividades y responsabilidades, de tal forma que la curva de aprendizaje para desarrollar y aplicar

sus conocimientos y habilidades se vuelve lenta y aletargada, desperdiciando la oportunidad de maximizar la productividad. Otro aspecto importante que las empresas pasan por alto, es la cuantificación del número de actividades que directamente están relacionadas con los procesos y procedimientos, ya que entre más actividades generen valor agregado, nos aseguramos de transformar los insumos en menor tiempo y poder proporcionar productos y servicios con mayor eficacia y eficiencia. (Machuca, 2012).

La construcción de la métrica ya sistematizada se inició al final de un Proyecto realizado en México aproximadamente en el año 2003 Banamex-Aegon. Esto como resultado a una serie de requerimientos que el cliente solicitaba para entender tanto los resultados como la metodología aplicada en base a preguntas, y como la mayoría de la técnica era muy subjetiva en la forma de recolectar la información, carecía de veracidad. Esto llevo a realizar un nuevo paradigma en el que los resultados fueran llevados matemáticamente para obtener credibilidad y mayor veracidad. Se construyó el formato en Excel, el cual se analizaron las variables que deben ser contempladas para obtener una información matemática que explicara con lógica y números el tiempo que las personas dedican a sus actividades y posterior sumarlas para saber cuánto tiempo le consumen realizarlas todas en un día. En cada proyecto que se ha aplicado esta técnica, se han encontrado nuevas variables y análisis que han ayudado a mejorar la herramienta proporcionando mayor información para la toma de decisión de los cargos. En ese sentido quiero agradecer profundamente a todas aquellas empresas que de alguna manera creyeron y me dieron la oportunidad de aplicar esta técnica cuyos beneficios han generado productividad al interior de sus organizaciones, poniéndolos en la vanguardia y modelo a seguir de gestión organizacional empresarial. (Machuca, 2012).

Tales condiciones son:

- **Cantidad:** El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen

proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).

- **Continuidad:** Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub ensambles. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso. (López, 2016).

Para lograr un balanceo de cargas de trabajo se usan herramientas tales como Program Evaluation and Review Technique (PERT), Planeación de Requerimientos de Material (MPR) y la estrategia de reacomodo LAYOUT.

Para Hoopeman (1986), menciona que en 1958 cuando se creó una nueva técnica de planeación y control, conocida como PERT. Se trata de una técnica que proporciona a la gerencia información sobre los problemas reales y potenciales que pueden presentarse en la terminación de un proyecto, la condición corriente del proyecto en relación con el logro de sus objetivos, la fecha esperada de terminación de un proyecto, la condición corriente del proyecto en relación con el logro de sus objetivos, la fecha esperada de terminación de proyecto y las probabilidades de lograrlo, y en donde se encuentran las actividades más críticas y menos críticas en el proyecto total.

El PERT es especialmente útil para la planeación y el control de proyectos complejos que pueden presentarse como excepciones, en vez de representar operaciones repetitivas. Por tanto, se entiende por qué PERT es de más amplia aplicación en el área de la investigación y desarrollo del producto. (Hoopeman, 1986), tiene varias ventajas que la convierten en una técnica útil en el área de desarrollo del producto. Una red modelo presenta todas las principales actividades comprendidas en un proyecto, así sus relaciones, predica los requisitos de tiempo para la terminación de una de las actividades de que consta el proyecto, enfoca la atención sobre aquellas actividades que son las de mayor importancia para lograr el objetivo de llevar a cabo el proyecto y también indica los recursos que pueden emplearse en otras formas. Cuando se verifican cambios, el sistema PERT reacciona a estos cambios y dirige la

atención de la gerencia hacia aquellos puntos que han adquirido importancia para el éxito del proyecto debido a los cambios. Finalmente proporciona información actual acerca de la condición relativa del proyecto y sobre la probable condición futura del mismo. (Hoopeman, 1986).

3.2.2.- Definiciones

El Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso. (Ramos, 2012).

Las actividades compatibles entre sí se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan las relaciones de precedencia, las cuales especifican el orden en que deben ejecutarse las tareas en el proceso de ensamble. Una estrategia importante para balancear la línea de ensamble es compartir los elementos de trabajo. Dos operarios o más con algún tipo ocioso en su ciclo de trabajo pueden compartir el trabajo de otra estación para lograr mayor eficiencia en toda la línea. Una segunda posibilidad para mejorar el balanceo de una línea de ensambles dividir un elemento de trabajo. También una secuencia de ensamble distinta puede producir resultados más favorables. En general, el diseño del producto determina la secuencia de ensamble. Sin embargo, no deben ignorarse las alternativas. Las líneas de ensamble bien balanceadas no solo son menos costosas, también ayudan a mantener un buen ánimo en los trabajadores porque existen diferencias muy pequeñas en el contenido de trabajo que realizan en la línea. (Ramos, 2012)

El siguiente procedimiento para resolver el problema de balanceo de líneas de ensamble se basa en el balanceo de líneas de General Electric. El método supone lo siguiente:

- 1.- Los operarios no se pueden mover de una estación a otra para ayudar a mantener una carga de trabajo uniforme.

2.- Los elementos de trabajo establecidos son de tal magnitud que dividirlos más, disminuiría la eficiencia del desempeño de manera sustancial. Una vez establecidos, los elementos de trabajo deben identificarse con un código.

Para obtener un balanceo más favorable, se puede resolver el problema para tiempos de ciclo menores de 1.50 minutos. El resultado puede ser más operarios y más producción por día que tal vez tenga que almacenarse. Otra posibilidad incluye operar la línea de balanceo más eficiente durante un número limitado de horas al día. (Ramos, 2012)

La red PERT es un modelo esquemático de las actividades y eventos que participan para llevar a término un proyecto. Una actividad es una operación necesaria para alcanzar un fin determinado. Un evento es un punto en el tiempo cuando una actividad se inicia o se termina. En una red PERT las actividades están representadas por flechas y los eventos están representados por círculos y elipses. La suposición detrás de estas definiciones es que una actividad no puede iniciarse, sino hasta que todas las actividades precedentes y necesarias hayan concluido, y que un evento no puede ocurrir si no hasta que han terminado todas las operaciones que lo originen. (Hoopeman, 1986)

Una serie de estaciones de trabajo de montaje (ensamble) manual o automatizado, en las cuales se ensamblan en secuencia un producto o varios. (Maynard, 1996).

Es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonablemente directo. (García, 2011)

Según esta página Industrialtec, (2012) dice lo siguiente, Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso. Se combinan en grupos de tiempos

aproximadamente iguales que no violan las relaciones de precedencia, las cuales especifican el orden en que deben ejecutarse las tareas en el proceso de ensamble.

Una estrategia importante para balancear la línea de ensamble es compartir los elementos de trabajo. Dos operarios o más con algún tipo ocioso en su ciclo de trabajo pueden compartir el trabajo de otra estación para lograr mayor eficiencia en toda la línea. Una segunda posibilidad para mejorar el balanceo de una línea de ensamble es dividir un elemento de trabajo. También una secuencia de ensamble distinta puede producir resultados más favorables. En general, el diseño del producto determina la secuencia de ensamble. Sin embargo, no deben ignorarse las alternativas. (Industrialtec, 2012)

3.2.3.- Tipos de balanceos de cargas

Balanceo de Carga Estático

Este tipo de balanceo de carga se trata antes de la ejecución de cualquier proceso. El balanceo de carga estático tiene serios inconvenientes que lo sitúan en desventaja sobre el balanceo de carga dinámico.

Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Es muy difícil estimar de forma precisa el tiempo de ejecución de todas las partes en las que se divide un programa sin ejecutarlas.
- Algunos sistemas pueden tener retardos en las comunicaciones que pueden variar bajo diferentes circunstancias, lo que dificulta incorporar la variable retardo de comunicación en el balanceo de carga estático.
- A veces los problemas necesitan un número indeterminado de pasos computacionales para alcanzar la solución. Por ejemplo, los algoritmos de búsqueda normalmente atraviesan un grafo buscando la solución, y a priori no se sabe cuántos caminos hay que probar, independientemente de que la programación sea secuencial o paralela. (Cordero & Arzolay & Moreno & Aviles & Marcano, 2015).

Balanceo de Carga Dinámico

Este tipo de balanceo de carga se trata durante la ejecución de procesos. Con el balanceo de carga dinámico todos los inconvenientes que presenta el balanceo de carga estático se tienen en cuenta. Esto es posible porque la división de la carga computacional depende de las tareas que se están ejecutando y no de la estimación del tiempo que pueden tardar en ejecutarse. Aunque el balanceo de carga dinámico lleva consigo una cierta sobrecarga durante la ejecución del programa, resulta una alternativa mucho más eficiente que el balanceo de carga estático. En el balanceo de carga dinámico, las tareas se reparten entre los procesadores durante la ejecución del programa. Dependiendo de dónde y cómo se almacenen y repartan las tareas el balanceo de carga dinámico se divide en: Balanceo de carga dinámico centralizado. Se corresponde con la estructura típica de Maestro/Esclavo. Balanceo de carga dinámico distribuido o descentralizado. Se utilizan varios maestros y cada uno controla a un grupo de esclavos. (Cordero & Arzolay & Moreno & Aviles & Marcano, 2015).

Balanceo de carga dinámico centralizado

El nodo maestro es el que tiene la colección completa de tareas a realizar. Las tareas son enviadas a los nodos esclavos. Cuando un nodo esclavo finaliza una tarea, solicita una nueva al maestro. Esta técnica también se denomina programación por demanda o bolsa de trabajo, y no sólo es aplicable a problemas que tengan tareas de un mismo tamaño:

En problemas con tareas de distintos tamaños es mejor repartir primero aquellas que tengan una mayor carga computacional. Si la tarea más compleja se dejase para el final, las tareas más pequeñas serían realizadas por esclavos que después estarían esperando sin hacer nada hasta que alguno completara la tarea más compleja. También se puede utilizar esta técnica para problemas donde el número de tareas pueda variar durante la ejecución.

En algunas aplicaciones, especialmente en algoritmos de búsqueda, la ejecución de una tarea puede generar nuevas tareas, aunque al final el número

de tareas se debe de reducir a cero para alcanzar la finalización del programa. En este contexto se puede utilizar una cola para mantener las tareas pendientes. Si todas las tareas son del mismo tamaño y de la misma importancia o prioridad, una cola First In First Out (FIFO) puede ser más que suficiente, en otro caso debe analizarse la estructura más adecuada. (Cordero & Arzolay & Moreno & Aviles & Marcano, 2015).

Balanceo de carga dinámico distribuido o Descentralizado

En el balanceo de carga descentralizado intervienen varios maestros los cuales tendrán el control de un grupo diferente de esclavos. Una gran desventaja del balanceo de carga dinámico centralizado es que el nodo maestro únicamente puede repartir una tarea cada vez, y después de que haya enviado las tareas iniciales sólo podrá responder a nuevas peticiones de una en una. Por tanto, se pueden producir colisiones si varios esclavos solicitan peticiones de tareas de manera simultánea. La estructura centralizada únicamente será recomendable si no hay muchos esclavos y las tareas son intensivas computacionalmente. Para tareas de grano fino (tareas con muy poca carga computacional) y muchos esclavos es apropiado distribuir las tareas en más de un sitio. (Cordero & Arzolay & Moreno & Aviles & Marcano, 2015).

La página de internet que se menciona a continuación, se apoya en los autores, W. Niebel & Freivalds, (2009), donde se hace referencia que para establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones

(<https://sites.google.com/site/2014estudiodeltrabajoi/unidad-4-balanceo-de-linea>).

Tales condiciones son:

- **Cantidad:** El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).
- **Continuidad:** Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub-ensambles. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso.
- **Equilibrio:** Se deben asignar operaciones a cada operador por igual en cuestión de tiempo, esto adquiere decir que no se le dará a un operador mas tiempo productivo que otro. Que son los tiempos estándar, en los cuales se tomaran para el balanceo.

<https://sites.google.com/site/2014estudiodeltrabajoi/unidad-4-balanceo-de-linea>

Hay tres tipos de balanceo de línea; el tradicional, el de peso posicional y el heurístico, a continuación se explica brevemente cada uno:

- **Tradicional**, se balancea dependiendo del tiempo de la estación más tardada, la cual marcará el tiempo mayor de tiempo de ciclo por estación.
- **Peso posicional**, se saca el tiempo posicional de cada operación y se acomodan en orden descendiente de modo que las de mayor tiempo sean las estaciones que se atiendan primero en el reparto de operaciones.
- **Heurístico**, se realiza dependiendo de la cantidad de operadores o de estaciones que se tengan para hacer el balance de esa línea.

Estos tres tipos de métodos de balanceo de línea, los cuales se basan en el diagrama Program Evaluation and Review Technique (PERT).

El método Tradicional, el cual consiste en balancear o crear estaciones de trabajo en base a la operación o actividad más tardada, sin que ninguna otra estación rebase el tiempo de dicha actividad.

Pasos:

1. Realizar el diagrama PERT.
2. Tomar la actividad más tarda.
3. Agrupar las actividades de acuerdo al tiempo de ciclo (en este caso la actividad más tarda).

Método Heurístico, este método consiste en trabajar con las condiciones con las que se cuentan, es decir, con el número de operadores disponibles. En este caso se determina el tiempo de ciclo de acuerdo a la división de la sumatoria de todos los tiempo estándar de las operaciones entre el número de operadores. En este método si se puede rebasar el tiempo máximo del tiempo del ciclo.

Pasos:

1. Realizar el diagrama PERT.
2. Determinar el tiempo de ciclo, el máximo y el mínimo.
3. Agrupar las actividades de acuerdo a los rangos del tiempo de ciclo.

Método de Peso Posicional, consiste en hacer una relación entre los tiempos de las actividades secuenciales de acuerdo a su tiempo y al diagrama PERT, el tiempo de ciclo de este método se determina mediante la siguiente relación, Tiempo de ciclo: (Tiempo disponible)/(Producción). En este método no se puede rebasar el tiempo de ciclo.

Pasos:

1. Realizar diagrama PERT.
2. Determinar el tiempo de ciclo.
3. Determinar el peso de las actividades
4. Reacomodar en una tabla las actividades por su peso (para poder realizar más rápido el balanceo).
5. Agrupar las actividades por su peso posicional, se rebasar el tiempo de ciclo.

Eficiencia de la Línea.

La eficiencia de la línea se determina por la siguiente ecuación (wordpress, 2010).

$$\epsilon = \frac{\text{Sumatoria de los tiempos estandar}}{(\text{numero de estaciones}) * (\text{Tiempo de la estacion mas tardada})}$$

Balanceo de líneas de ensamble para la producción de más de un modelo

Una estrategia importante para balancear la línea de ensamble es compartir los elementos de trabajo. Dos operarios o más con algún tiempo ocioso en su ciclo de trabajo pueden compartir el trabajo de otra estación para lograr la mayor eficiencia. Por ejemplo la figura 2-18 muestra la línea de ensamble con seis estaciones de trabajo. La estación uno tiene tres elementos, A, B y C, con un total de 45 seg. (ver ecuación 1).

Observe que los elementos B, D y E no pueden iniciar hasta terminar A y que B, D y E pueden ocurrir en cualquier orden. Es posible compartir el elemento H entre las estaciones 2 y 4 con un incremento de solo un segundo de tiempo de ciclo (de 45 a 46 seg.), a la vez que ahorrar 30 segundos por unidad ensamblada.

Debe observarse que compartir elementos puede aumentar el manejo de materiales pues quizá tengan que entregarse las partes en más de un lugar. Además, es posible que se incrementen los costos por la duplicidad de herramientas.

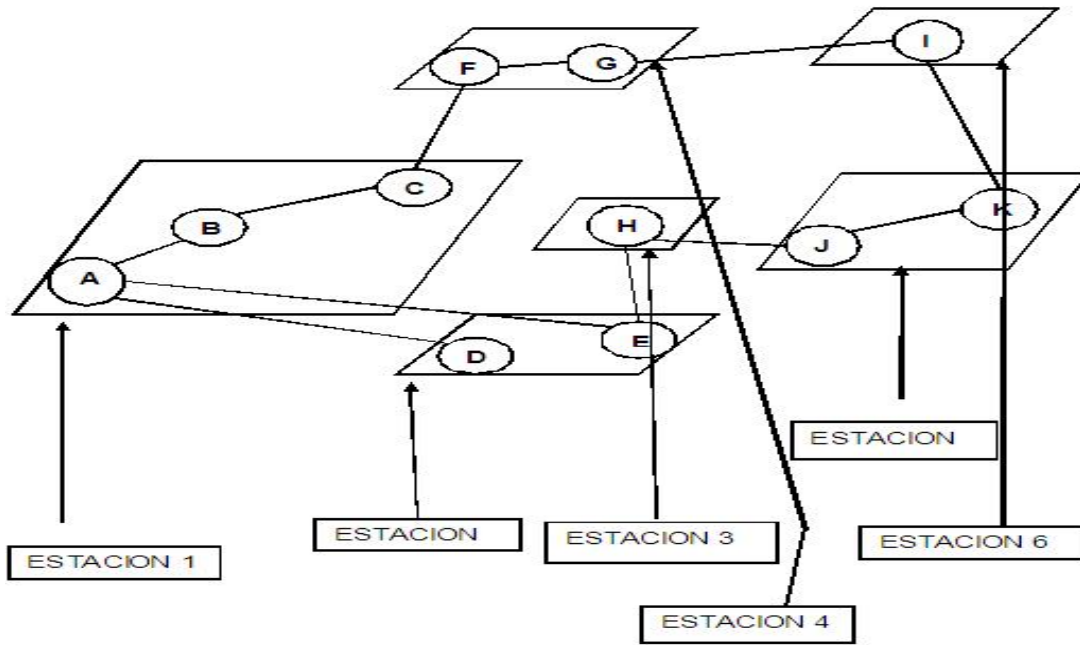
Una segunda posibilidad para mejorar el balanceo de una línea de ensamble es dividir un elemento de trabajo. En la fig 2 y 3, es posible dividir el elemento H, en lugar de tener la mitad de las partes de la estación 2 y la otra mitad en la estación 4.

A menudo no es económico dividir un elemento. Un ejemplo sería atornillar ocho tornillos mecánicos con un desarmador eléctrico. Una vez que el operario localiza las partes, obtiene el control de la herramienta y la pone a funcionar, lo normal es que sea más ventajoso atornillar los ocho tornillos y no solo una parte para dejar el resto a otro operario, Siempre que los elementos se puedan dividir, se obtendrán estaciones de trabajo mejor balanceadas.

También cabe recalcar que una secuencia de ensamble distinta puede producir resultados más favorables. En general, el diseño del producto determina la secuencia de ensamble. Sin embargo no deben ignorarse las alternativas. Las líneas de ensamble bien balanceadas no solo son costosas, también ayudan a mantener un

buen animo en los trabajadores porque existen diferencias muy pequeñas en el contenido de trabajo de los centros, (ver figura 4).

Figura 4.- Línea de ensamble con seis estaciones de trabajo



Fuente.- Ramos, (2012).

Los cálculos de servicio sincronizado y aleatorio y las técnicas de balanceo de líneas se usan para desarrollar operaciones mas eficientes mediante métodos cuantitativo.

Balanceo de líneas (análisis de la producción)

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

1. **Cantidad.** El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

2. **Equilibrio.** Los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales.
3. **Continuidad.** Deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, etc., y la prevención de fallas de equipo. (Ramos, 2012)

Los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

1. Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
2. Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
3. Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a la misma.

Para poder aplicar el balanceo de línea nos apoyaremos de las siguientes fórmulas:

Ejemplo 1:

Se desea saber el Costo Unitario de la fabricación de 500 artículo en un turno de 8 horas, donde el salario es de \$50, entonces aplicando el tiempo estándar obtenido, tenemos que por cada elemento tenemos, teniendo en cuenta que se tiene una eficiencia del 90%

Ya que determinamos nuestro tiempo estándar, por cada elemento de nuestra tarea definida, que es la laminación, pulido, etc., planteamos el costo unitario para la fabricación de 500 artículos, en un jornada de 8 horas de trabajo, observando la situación de la condiciones de trabajo.

Balanceo de líneas asistido por computadora.

Auto-observación: Mecanismo en que el individuo reflexiona sobre sus propios pensamientos, sentimientos, motivaciones y comportamientos, y actúa de acuerdo con ellos. La autoobservación es un doble proceso: (Ramos, 2012)

Atender deliberadamente a la propia conducta. Registrarla a través de un procedimiento previamente establecido.

En qué cosas es favorable la autoobservación:

Conductas íntimas y privadas. Conductas Encubiertas difíciles de observar: pensamientos, tomas de decisiones, fantasías. Conductas que pueden estar desencadenadas por reacciones internas (ej.: fumar por nerviosismo). Puede ayudar al sujeto a motivarlo para seguir un tratamiento. La autoobservación se usa como técnica de evaluación y como método terapéutico. Requiere entrenamiento y determinadas características personales. La autoobservación se usa como técnica de evaluación y como método terapéutico. Requiere entrenamiento y determinadas características personales. (Ramos, 2012). El sistema de recogida de información es mediante lápiz y papel, o cronómetro mecánica. Requiere también recogida de datos. El hecho de observar en sí mismo una conducta problema lleva a que el sujeto la autodirija y la autocontrole.

Conductas que están fuertemente consolidadas (Ej.: fumar) hace que se rompa la cadena de conductas sucesivas y ayuda a modificarlas (Ej.: dar un botón cuando van a fumar) = Reactividad de la conducta problema que hace que se modifique esta conducta por otra. (Ramos, 2012)

3.3.- Herramientas para determinar cargas de trabajo

3.3.1.- Antecedentes

Método PERT

Para Hoopeman, (1986), el PERT en 1958 se creó una nueva técnica de planeación y control, conocida como PERT. Se trata de una técnica que proporciona a la gerencia información sobre los problemas reales y potenciales que pueden presentarse en la terminación de un proyecto, la condición corriente del proyecto en relación con el logro de sus objetivos, la fecha esperada de terminación de un proyecto, la condición corriente del proyecto en relación con el logro de sus objetivos, la fecha esperada de

terminación de proyecto y las probabilidades de lograrlo, y en donde se encuentran las actividades más críticas y menos críticas en el proyecto total.

El PERT es especialmente útil para la planeación y el control de proyectos complejos que pueden presentarse como excepciones, en vez de representar operaciones repetitivas. Por tanto, se entiende por qué PERT es de más amplia aplicación en el área de la investigación y desarrollo del producto. (Hoopeman, 1986).

PERT tiene varias ventajas que la convierten en una técnica útil en el área de desarrollo del producto. Una red modelo presenta todas las principales actividades comprendidas en un proyecto, así sus relaciones, predica los requisitos de tiempo para la terminación de una de las actividades de que consta el proyecto, enfoca la atención sobre aquellas actividades que son las de mayor importancia para lograr el objetivo de llevar a cabo el proyecto y también indica los recursos que pueden emplearse en otras formas. Cuando se verifican cambios, el sistema PERT reacciona a estos cambios y dirige la atención de la gerencia hacia aquellos puntos que han adquirido importancia para el éxito del proyecto debido a los cambios. Finalmente proporciona información actual acerca de la condición relativa del proyecto y sobre la probable condición futura del mismo. (Hoopeman, 1986)

Rioja (2007), dice que los antecedentes del PERT, que los proyectos en gran escala por una sola vez han existido desde tiempos antiguos; este hecho lo atestigua la construcción de las pirámides de Egipto y los acueductos de Roma. Pero sólo desde hace poco se han analizado por parte de los investigadores operacionales los problemas gerenciales asociados con dichos proyectos. Dos son los orígenes del método del camino crítico: el método PERT, que quiere decir evaluación de programa y técnica de revisión, fue desarrollado por científicos de la oficina Naval de Proyectos Especiales. Booz, Allen y Hamilton y la División de Sistemas de Armamentos de la Corporación Lockheed Aircraft. Se desarrolló por la Armada de los Estados Unidos de América, en 1957, para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, por la necesidad de terminar cada una de

ellas dentro de los intervalos de tiempo disponibles. Fue utilizado originalmente por el control de tiempos del proyecto de armamentos del Polaris, empezando 1958, ya que con tantas componentes y subcomponentes juntos producidos por diversos fabricantes, se necesitaba una nueva herramienta para programar y controlar el proyecto. (Rioja, 2007). La técnica demostró tanta utilidad que ha ganado amplia aceptación tanto en el gobierno como en el sector privado; actualmente se utiliza en todo el programa espacial.

El método Critical Path Method (CPM), el segundo origen del método actual, fue desarrollado también en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para la firma Dupont junto con la División UNIVAC de la Remington Rand, desarrolló el método de CPM, para controlar el mantenimiento de proyectos de plantas químicas de DuPont, buscando el control y la optimización de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto. (Rioja, 2007). Ambos métodos aportaron los elementos administrativos necesarios para formar el método del camino crítico actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, para buscar que el proyecto total sea ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

Según el manual de INCE titulado principios fundamentales de PERT-CPM. Explica que el desarrollo histórico del PERT afirmando que "En el año 1957 los señores R. Walter de la Du Pont y E. Nelly de la Remington Rand, introdujeron una nueva técnica gerencial que exigía una estimación de los tiempos de duración de las diferentes actividades de un proyecto. Esta técnica permitía determinar aquellas actividades que por su duración y secuencia dentro del proyecto se hacían críticas para la terminación del mismo. Este hecho determinó que se le denominara: CPM. (Rosales, 2004).

Continuando con el enfoque, la técnica introducida por Walter, permite al director del proyecto investigar el efecto total de cambiar la dirección estimada del proyecto por algunos otros valores. Los datos necesarios para esto son el tiempo y el costo de cada actividad cuando se ejecuta en su tiempo normal y después en tiempo de quiebre. "En

enero de 1958, la oficina de proyectos especiales de la marina norteamericana, empezó a desarrollar un nuevo sistema de control gerencial diagramado el cual va a llamarse más tarde PERT. Para ese entonces el programa de proyectiles dirigidos, que desarrollaba los Estados Unidos de América, concentraba en un mismo proyecto alrededor de 2000 contratistas, lo que convertía al programa en un programa de grandes proporciones y de mucha complejidad."

Desde sus inicios, a finales de la década de 1950, PERT y CPM han tenido una aplicación amplia como ayuda en los administradores para la planeación, programación y control de sus proyectos. Con el tiempo, ha ocurrido una fusión gradual de estas dos técnicas. (Rosales, 2004)

Gould y Eppen en su publicación editorial titulada investigación de operaciones en las ciencias administrativas año 1992 expone que: "El método PERT fue desarrollado en la década de 1950, por la navy special projects office en colaboración con la empresa de consultoría administrativa de Booz, Allen y Hamilton... Desde esa fecha, ha sido ampliamente aceptado en otras ramas del gobierno y de la industria y se ha aplicado en proyectos tan diferentes como en la aplicación de fábrica, edificios y carreteras, investigación administrativa desarrollo de productos, instalación de sistemas nuevos de computadoras, entre otros. Es como de manera sencilla se puede analizar la importancia que a lo largo del tiempo esta técnica ha tenido, y más allá de eso la fama de la misma, logrando imponerse por encima de otras herramientas que en su tiempo fueron igualmente populares. (Rosales, 2004).

Sistema Planificación de las Requisiciones de Materiales (MRP)

Dávila, (2008) retoma a los autores Cardenas & Monden, (1993), donde mencionan que en la Segunda Guerra Mundial, cuando el gobierno estadounidense empleó programas especializados que se ejecutaban en las enormes y complejas computadoras recién surgidas en el principio de la década de los años 40 para controlar la logística u organización de sus unidades en acciones bélicas, estas soluciones tecnológicas, son conocidas como los primeros MRP. Para el final de los

años 50, los sistemas MRP brincaron las trincheras del ejército para hallar cabida en los sectores productivos en especial de los Estados Unidos de América. Las compañías que los adoptaron se dieron cuenta de que estos sistemas les permitían llevar un control de diversas actividades como control de inventario, facturación, y pago y administración de nómina. De manera paralela, la evolución de las computadoras favoreció el crecimiento de estos sistemas en cuanto al número de empresas que optaban por ellos. Claro que esas computadoras eran muy rudimentarias pero contaban con la capacidad de almacenamiento y recuperación de datos que facilitaban procesar transacciones, es decir, manejar información y canalizarla de manera apropiada a aquellas áreas que, al integrarla, podían ejecutar acciones mucho más rápidas. (Dávila, 2008) En las décadas de los años 60 y 70, los sistemas MRP evolucionaron para ayudar a las empresas a reducir los niveles de inventario de los materiales que usaban, esto porque, al planear sus requerimientos de insumos con base en lo que realmente les demandaban, los costos se reducían, ya que se compraba sólo lo necesario.

Dávila (2008), el objetivo principal de estos sistemas es controlar el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. La producción en este entorno supone un proceso complejo, con múltiples etapas intermedias, en las que tienen lugar procesos industriales que transforman los materiales empleados, se realizan montajes de componentes para obtener unidades de nivel superior que a su vez pueden ser componentes de otras, hasta la terminación del producto final, listo para ser entregado a los clientes externos. La complejidad de este proceso es variable, dependiendo del tipo de productos que se fabriquen. Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma. Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción eficientemente: ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costes de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción.

Dávila (2008), las técnicas MRP, son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son precisos y al propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo inventario. La gran cantidad de datos que hay que manejar y la enorme complejidad de las interrelaciones entre los distintos componentes trajeron consigo que, antes de los años sesenta, no existiera forma satisfactoria de resolver el problema mencionado, lo que propició que las empresas siguiesen, utilizando los stocks de seguridad y las técnicas clásicas, así como métodos informales, con el objeto de intentar evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la programación debido a falta de stocks, por desgracia, no siempre conseguían sus objetivos, aunque casi siempre incurrían en elevados costos de posesión. (Dávila, 2008)

Hubo que esperar a los años sesenta para que la aparición del ordenador abriera las puertas al MRP, siendo ésta, más que una simple técnica de gestión de Inventarios. El MRP no es un método sofisticado surgido del ambiente universitario, sino que, por el contrario, es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda dependiente. Su aparición en los programas académicos es muy reciente. La popularidad creciente de esta técnica es debida no sólo a los indiscutibles éxitos obtenidos por ella, sino también a la labor publicitaria realizada por la American Production and Inventory Society (APICS), que ha dedicado un considerable esfuerzo para su expansión y conocimiento, encabezado por profesionales como J. Orlicky, O. Wight, G. Plossl y W. Goddard. Todo ello ha propiciado que el número de empresas que utilizan esta técnica haya crecido en forma rapidísima. (Dávila, 2008)

Historia del MRP

Zarate (2013), en su artículo menciona que un sistema MRP, es el sistema de planeación de compras y manufactura más utilizado en la actualidad. Y que las empresas probablemente lo utilicen para generar sus órdenes de compra o sus

órdenes de trabajo. En la década de los 60' s, Joseph Orlicky, de IBM, dirigió los primeros experimentos de lo que bautizó como planeación de requerimientos de materiales o MRP.

3.3.2.- Definiciones

Método PERT

El Método PERT-Técnica de evaluación y revisión de programas, es una técnica que le permite dirigir la programación de su proyecto. El método PERT consiste en la representación gráfica de una red de tareas, que, cuando se colocan en una cadena, permiten alcanzar los objetivos de un proyecto. Como se mencionó anteriormente fue diseñada por la marina de los Estados Unidos para permitir la coordinación del trabajo de miles de personas que tenían que construir misiles con cabezas nucleares POLARIS. (Rioja, 2011).

En su etapa preliminar, el método PERT incluye lo siguiente (Rioja, 2011):

- Desglose preciso del proyecto en tareas,
- Cálculo de la duración de cada tarea,
- La designación de un director del proyecto que se haga cargo de asegurar la supervisión de dicho proyecto, de informar, en caso de ser necesario, y de tomar decisiones en caso de que existan variaciones de las proyecciones.

Para Rioja, (2011), el PERT/CPM fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el PERT/CPM expone la “ruta crítica” de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programa. El PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos. Soloinvestigacion.

UNIATLANTICO, (2010) menciona que la traducción de las siglas **PERT**, en inglés significan: técnica de revisión y evaluación de programas, es una técnica de redes desarrollado en la década de los 50, utilizada para programar y controlar programas a realizar. Cuando hay un grado extremo de incertidumbre y cuando el control sobre el tiempo es más importante sobre el control del costo, PERT es mejor opción que CPM. **CPM**. La traducción de las siglas en inglés significan: método del camino crítico, es uno de los sistemas que siguen los principios de redes, que fue desarrollado en 1957 y es utilizado para planear y controlar proyectos, añadiendo el concepto de costo al formato PERT. Cuando los tiempos y costos se pueden estimar relativamente bien, el CPM puede ser superior al PERT:

- **Actividad**. Es un trabajo que se debe llevar a cabo como parte de un proyecto, es simbolizado mediante una rama de la red de PERT.
- **Lista de actividades**. Es una lista cuidadosa y ordenada donde se recopilan todas las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.
- **Evento**. Se dice que se realiza un evento, cuando todas las actividades que llegan a un mismo nodo han sido terminadas. Son los círculos numerados que forman parte del diagrama de red y representan el principio y el fin de las actividades que intervienen en el proyecto.
- **Rama**. Son las flechas que forman Parte del diagrama de red y significan las actividades en el proyecto.
- **Ruta crítica o camino crítico**. Camino es una secuencia de actividades conectadas, que conduce del principio del proyecto al final del mismo, por lo que aquel camino que requiera el mayor trabajo, es decir, el camino más largo dentro de la red, viene siendo la ruta crítica o el camino crítico de la red del proyecto.
- **Predecesor Inmediato**. Es una actividad que debe Preceder (estar antes) inmediatamente a una actividad dada en un proyecto, también nombradas prioridades inmediatas.
- **Diagrama de red**. Es una red de círculos numerados y conectados con flechas, donde se muestran todas las actividades que intervienen en un determinado proyecto y la relación de prioridad entre las actividades en la red.

- **Actividad ficticia.** Actividades imaginarias que existen dentro del diagrama de red, sólo con el Propósito de establecer las relaciones de precedencia y no se les asigna tiempo alguno, es decir, que la actividad ficticia Permite dibujar redes con las relaciones de Precedencia apropiadas, se representa por medio de una línea punteada.
- **Holgura.** Es el tiempo libre en la red, es decir, la cantidad de tiempo que puede demorar una actividad sin afectar la fecha de terminación del, proyecto total.
- **Distribución beta.** Distribución utilizada para la estimación del tiempo de actividad esperado en el PERT, esta estimación se basa en el supuesto de que el tiempo de la actividad es una variable aleatoria cuya Probabilidad tiene una distribución beta unimodal.
- **Tiempo optimista.** Es el tiempo mínimo o más corto posible en el cual es probable que sea terminada una actividad si todo marcha a la Perfección, utilizado en el PERT y simbolizado con a.
- **Tiempo más probable.** Es el tiempo que esta actividad sea más probable que tome sí se repitiera una y otra vez, en otras palabras, es el tiempo normal que se necesita en circunstancias ordinarias, utilizado en el PERT y simbolizado con “m”.
- **Tiempo pesimista.** Es el tiempo máximo o más largo posible en el cual es probable sea terminada una actividad bajo las condiciones más desfavorables, utilizado en el PERT y simbolizado con b.
- **Tiempo esperado para una actividad.** Es el tiempo calculado en el PERT usando el promedio ponderado $(a+4m+b)/6$.
- **Tiempo normal.** Es el tiempo en el CPM requerido para terminar una actividad si esta se realiza en forma normal. Es el tiempo máximo para terminar una actividad con el uso mínimo de recurso, el tiempo normal se aproxima al tiempo estimado probable en PERT.
- **Tiempo acelerado.** Tiempo en el CPM que sería requerido si no se evita costo alguno con tal de reducir el tiempo del proyecto. Tiempo mínimo posible para terminar una actividad con la concentración máxima de recursos. UNIATLANTICO, blogspot, (2010)

Sistema MRP

Definición.

Dávila (2008), en su artículo retoma lo que mencionan Cárdenas & Monden (1993), los cuales tienen un amplio estudio sobre el sistema enseguida mencionado el MRP, el cual es un sistema de planificación de la producción y de gestión de stocks que responde a las preguntas: ¿Qué? ¿Cuánto? y ¿Cuándo?, se debe fabricar y/o aprovisionar. El Objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado a determinar los requerimientos de materiales de la empresa.

Tabla 4-. Definición.

	Técnicas Clásicas	M.R.P
Tipo de demanda	Independiente (aleatoria).	Dependencia (predeterminada).
Determinación de la demanda.	Previsión estadística en base a la demanda histórica.	Explosión de las necesidades en base al Plan Maestro de Producción.
Tipo de artículos	Finales y piezas de repuesto.	Partes y componentes.
Base de los pedidos	Reposición.	Necesidades.
Stocks de seguridad	Necesario para paliar la aleatoriedad de la demanda.	Tiende a desaparecer salvo en los productos finales.
Objetivos directos	Satisfacción del cliente.	Satisfacción de las necesidades de producción.

Fuente-. Dávila, (2008)

El procedimiento del MRP está basado en dos ideas esenciales:

1. La demanda de la mayoría de los artículos no es independiente, únicamente lo es la de los productos terminados.
2. Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de unos datos bastantes sencillos:
 - Las demandas independientes.
 - La estructura del producto.

Así pues, el MRP consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la

oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación. (Dávila, 2008)

En la base del nacimiento de los sistemas MRP está la distinción entre demanda independiente y demanda dependiente:

- **Demanda Independiente.** Se entiende por demanda independiente aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, por ejemplo la demanda de productos terminados acostumbra a ser externa a la empresa en el sentido en que las decisiones de los clientes no son controlables por la empresa (aunque sí pueden ser influidas). También se clasificaría como demanda independiente la correspondiente a piezas de recambio. (Dávila, 2008)
- **Demanda Dependiente.** Es la que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa, por ejemplo aún si se pronostica una demanda de 100 coches para el mes próximo (demanda independiente) la Dirección puede determinar fabricar 120 este mes, para lo que se precisaran 120 carburadores , 120 volantes, 600 ruedas, etc. La demanda de carburadores, volantes, ruedas es una demanda dependiente de la decisión tomada por la propia empresa de fabricar 120 coches. (Dávila, 2008)

López (2016), describe que el MRP es un procedimiento sistemático de planificación de componentes de fabricación, el cual traduce un Plan Maestro de Producción en necesidades reales de materiales, en fechas y cantidades. El MRP funciona como un sistema de información con el fin de gestionar los inventarios de demanda dependiente y programar de manera eficiente los pedidos de reabastecimiento. Que gestiona los inventarios de demanda dependiente, razón por la cual debemos definir los diferentes tipos de demanda según su criterio de dependencia:

- **Demanda Independiente:** Es la demanda en la que solamente influyen las condiciones del mercado, es sumamente difícil estimarla con exactitud, razón por la cual esta debe ser pronosticada. Está influenciada por las condiciones de mercado fuera de control interno de la empresa. Los inventarios de productos terminados y las partes de reemplazo, generalmente presentan este tipo de

demanda. En si Es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa. (Zarate, 2013)

- **Demanda Dependiente:** Es la demanda cuya cantidad es función derivada de una demanda independiente, por ejemplo: la demanda de llantas en ocasiones es una demanda dependiente de la demanda independiente de bicicletas. La demanda de otro artículo y de mercado no la determina independientemente. Cuando los productos están formados de partes y ensamblados. Este tipo de inventarios debe administrarse mediante el sistema justo a tiempo (JIT): debido a que se tiene como característica que se surgen de manera intermitente en grandes cantidades, De una sola vez. Es la que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa. (Zarate, 2013)
- **Demanda Mixta:** Es el caso de los elementos que pueden estar sujetos tanto a demandas dependientes como independientes, por ejemplo: el caso en que las llantas de una bicicleta sean comercializadas también de forma individual. En tal caso tendrá una demanda independiente sujeta al mercado, y una demanda dependiente del número de bicicletas que se vendan.

Hoopman (1986), menciona que la estrategia de MRP es tomar la lista de materiales que registra todas las partes componentes, multiplicarla por la demanda para generar los requisitos totales de partes y materiales, revisar estas cantidades contra inventarios actuales y trabajo en proceso y ajustar el programa de acuerdo a ello. El sistema MRP formal enfoca esta tarea con lógica sistemática; el proceso analítico, sin embargo, ha estado en las mentes de los planeadores eficientes por años. El sistema MRP comprende la interacción de información obtenida de cuatro fuentes:

- Pedidos de clientes
- Pronósticos de demanda
- Cambios en inventario
- Cambios en ingeniería

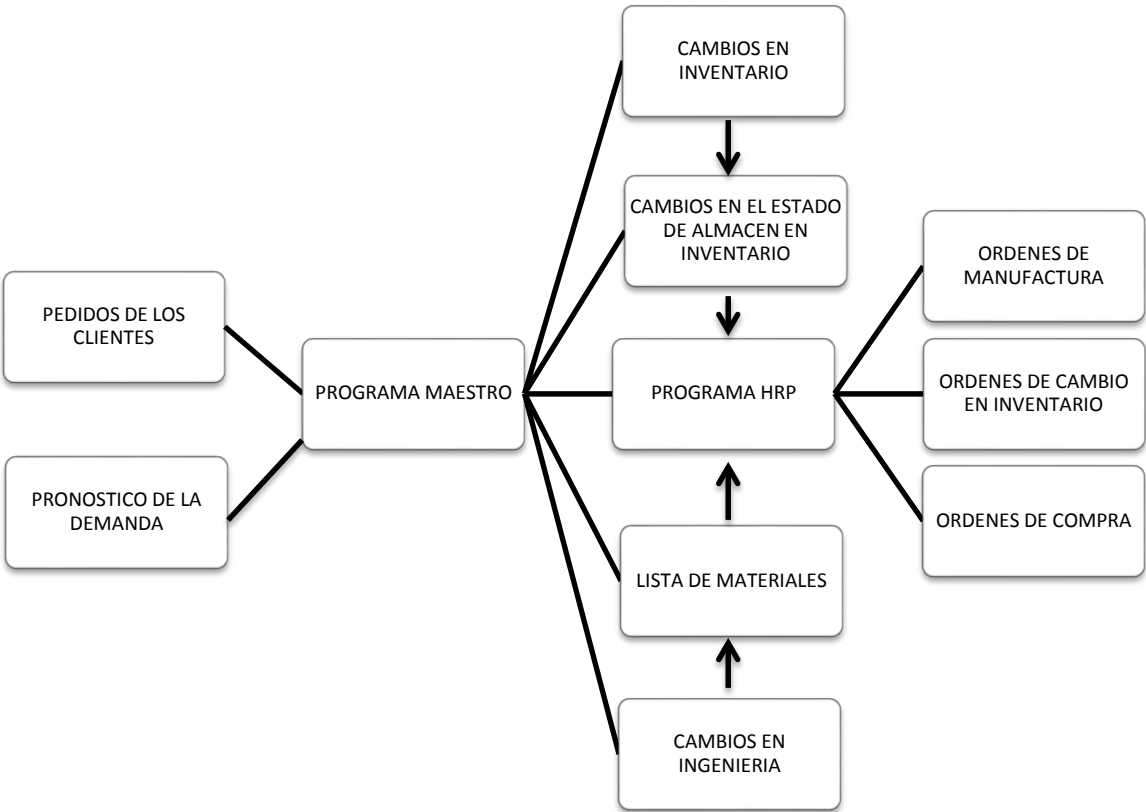
Los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda proporcionan la información para la planeación de la producción agregada y general el programa de producción maestro. Los cambios en inventario crean nuevos niveles en el sistema del estado del almacén en inventario, informado cuanto de cada artículo está disponible en el

almacén. Los cambios en ingeniería reflejan modificaciones en el diseño del producto, lo que cambia la lista de materiales de la que se hacen los productos. En cada caso, estos cambios generan los tres documentos fundamentales para el funcionamiento del programa de computadora del MRP (ver figura 5). (Hoopeman, 1986).

Qué es el MRP

Zarate (2013), plantea que el sistema de planeación y requerimiento de materiales (MRP) es una técnica de administración de inventarios que tiene por objetivo planear la adquisición de insumos y de los procesos de producción con el propósito de cumplir con la demanda en tiempo y la cantidad establecida. En otras palabras el MRP permite conocer que se debe requerir, cuando requerir y en qué cantidad.

Figura 5.- Pedidos de los clientes y pronósticos de demanda



Fuente-. Hoopeman, (1986)

3.3.3.- Tipos de Uso

Método PERT

Rosales (2004), en su artículo retoma al autor, Waynel (1994), en su libro Investigación de operaciones, el cual dice que: “Los modelos de red se pueden utilizar como una ayuda en la programación de proyectos complejos de gran tamaño que consisten de muchas actividades.” El autor describe en esta misma publicación editorial hace mención también al papel que desempeña cada método (siendo estos uno solo), de acuerdo a la necesidad, definiendo al respecto que: “El CPM, también se utiliza para determinar cuánto se puede retardar cada actividad del proyecto, sin retrasar la terminación del mismo.”

El autor Waynel en la obra Investigación de operaciones 4ta edición menciona en su obra anteriormente citado la diversa aplicabilidad que ha tenido el método, a continuación “CPM-PERT, se ha utilizado con éxito en muchas aplicaciones, entre otros. (Rosales, 2004).

1. Programación de proyectos de construcción como edificios, carreteras y albercas.
2. Programación del movimiento de un hospital.
3. Desarrollo de un procedimiento de conteo regresivo y procedimiento de reserva de un lanzamiento de vuelos especiales.
4. Instalación de un nuevo sistema de computadora.
5. Diseño y comercialización de un nuevo producto.
6. Completar una fusión corporativa.
7. Construcción de una nave.”

Estas son una de las aplicaciones del método.

En la recopilación de los datos se pudo encontrar a otro autor mencionando la aplicabilidad del método.

Rosales (2004), cita a Hillier, en su obra Investigación de operaciones año (2001), “PERT-CPM, se han aplicado en una gran variedad de proyectos, entre ellos se cuentan los siguientes tipos:

1. Construcción de una nueva planta.
2. Proyecto de exploración del espacio en la NASA.
3. Producción de películas.

4. Proyectos patrocinados por el gobierno para el desarrollo de nuevos sistemas bélicos.
5. Construcción de un barco.
6. Relocalización de una instalación grande.
7. Mantenimiento de un reactor nuclear.”

Con estas definiciones se puede observar que la gran aplicabilidad que tiene el modelo PERT-CPM, es muy extenso y aplicable de diversas maneras. De acuerdo a esto, se puede decir que el crea confiabilidad, seguridad y concertación de todo aquel que lo emplea en sus planes. (Rosales, 2004)

Duggan (2016), dice que el PERT, es un diagrama, la cual es una herramienta de gestión de proyecto usada para planear, organizar y coordinar tareas de proyectos. Esta metodología también se conoce como el Método de Camino Crítico (CPM). Usa un diagrama PERT/CPM para identificar las tareas de proyecto y los hitos, descubrir la secuencia adecuada, crear un diagrama, estimar la cantidad de tiempo necesaria para cada tarea y evaluar el camino crítico para asegurar el éxito del proyecto. Esto es particularmente importante para proyectos globales complejos.

Para Duggan, (2016), el usar un diagrama PERT/CPM es:

- **Identifica tareas e hitos.** Las tareas son cosas que hay que hacer. Incluyen crear un plan de proyecto, producir productos y llevar a cabo comprobaciones de calidad. Los hitos significan puntos finales en las tareas.
- **Establece el orden correcto.** Analiza tareas de proyectos y recursos asociados para determinar la forma más eficiente de conseguirlos. Usa un diagrama PERT para ayudarte a representar tareas con dependencias u otras.
- **Crea un diagrama.** Hazlo usando un software de computadora como Microsoft Visio o dibújalo manualmente. Usa líneas para establecer tareas y círculos para los hitos.
- **Estima el tiempo asociado con cada tarea.** Normalmente, pondrás el tiempo en días o semanas. Determina la menor cantidad de tiempo en que la tarea se puede completar (conocida como tiempo optimista), el tiempo necesario más probable y la mayor cantidad de tiempo que la tarea puede requerir (conocida

como tiempo pesimista). Puedes calcular el tiempo esperado en base a estos valores. La fórmula suele ser tiempo esperado = (tiempo optimista + 4 x tiempo más probable + tiempo pesimista) / 6. Si usas software de computadora, puede calcularlo por ti.

- **Determina el camino crítico.** La diferencia en el acabado final e inicial de cada tarea se conoce como holgura. El camino crítico es la secuencia a través de la que el diagrama sin tarea tiene una holgura. Usa tu diagrama para explicar el tiempo menor en el que se puede completar el proyecto y las tareas que afectan directamente al horario. Usa el diagrama para priorizar actividades y posiblemente planear más tareas en paralelo, añadiendo más recursos. Reconoce que éstas son estimaciones y tu plan de proyecto debería ir sin complicaciones.

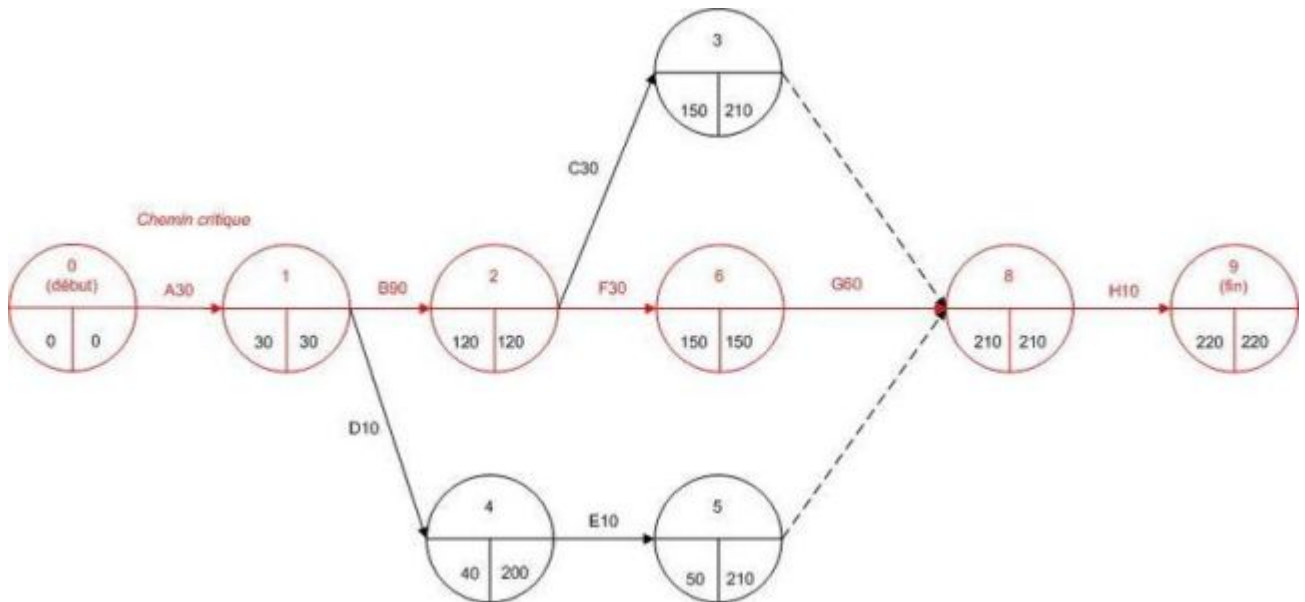
Para que se utiliza

- **Planificación.-** Recursos Requeridos, Plazos en forma global
- **Programación de Actividades.-** Plazos detallados, Actividades específicas, Relaciones de Precedencia
- **Medidas de Control.-** Supervisión y seguimiento

Redes PERT

Una malla PERT permite planificar y controlar el desarrollo de un proyecto. A diferencia de las redes CPM, las redes PERT trabajan con tiempos probabilísticos. Normalmente para desarrollar un proyecto específico lo primero que se hace es determinar, en una reunión multidisciplinaria, cuáles son las actividades que se deberá ejecutar para llevar a feliz término el proyecto, cuál es la precedencia entre ellas y cuál será la duración esperada de cada una. Para definir la precedencia entre actividades se requiere de una cierta cuota de experiencia profesional en el área, en proyectos afines (ver figura 6).

Figura 6-. Redes PERT



Fuente: Tomado del blog soloinvestigacion, (2011)

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- A. Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- B. Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte del mismo, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
- C. Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

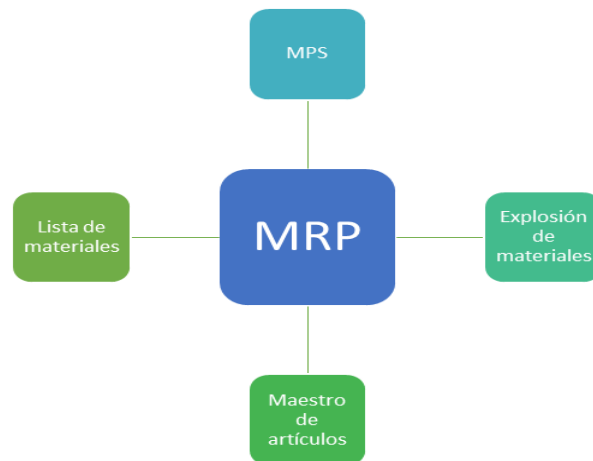
Dentro del ámbito aplicación, el método se ha estado usando para la planeación y control de diversas actividades, tales como construcción de presas, apertura de caminos, pavimentación, construcción de casas y edificios, reparación de barcos, investigación de mercados, movimientos de colonización, estudios económicos regionales, auditorías, planeación de carreras universitarias, distribución de tiempos de salas de operaciones, ampliaciones de fábrica, planeación de itinerarios para cobranzas, planes de venta, censos de población (UNIATLANTICO, 2010).

Sistema MRP

Inputs - Datos de entrada en un MRP

De acuerdo a López (2016), establece que para poder llevarse a cabo los datos de entrada para un MRP, esta dado por cuatro elementos que se muestran en la figura 7:

Figura 7-. Datos de entrada en un MRP



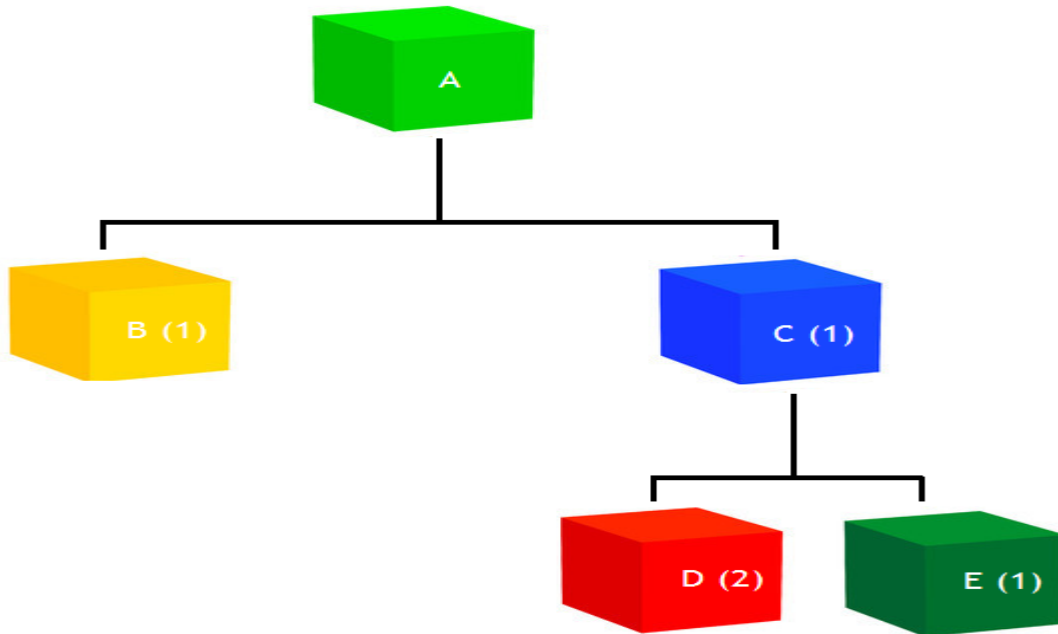
Fuente -. Tomado de la página de internet de [ingenieriaindustrialonline](http://ingenieriaindustrialonline.com), (2016).

- **MPS:** Plan Maestro de Producción que nos indica las demandas independientes
- **Maestro de artículos:** Listado de todos los artículos de demanda independiente
- **Lista de materiales:** Listado de todos los materiales que se precisan para la obtención de los artículos de demanda independiente
- **Explosión de materiales - BOM:** Registro donde figuran todos los componentes de un artículo, su relación padre - hijo y las cantidades de uso estandarizadas establecidas por diseño e ingeniería.

Explosion de materiales - Bill of Materials (BOM)

López, (2016), menciona que la explosión de materiales es una relación entre el artículo final y cada uno de sus componentes y subcomponentes, para entender mejor cómo funciona la explosión de materiales se acude a un árbol de estructura del producto como el siguiente:

Figura 8-. Bill of Materials (BOM)



Fuente: Tomado de la página [ingenieriaindustrialonline](http://ingenieriaindustrialonline.com), (2016).

Explicando el ejemplo de la figura 6, se observa que el artículo principal (producto independiente) es A, el cual se compone de 1 unidad de B y 1 unidad de C, este último que a su vez se compone de 2 unidades de D y 1 unidad de E. Por ende, la explosión de materiales debe suministrarnos la información referente a por ejemplo cuantas unidades de cada parte se requieren para producir 200 unidades de A. En tal caso serían:

Código de parte	Cantidad
A	200
B	200
C	200
Código de Materia Prima	Cantidad
D	400
E	200

El MRP trabaja en base a dos parámetros básicos del control de producción: tiempos y cantidades. Para Zarate, (2013) el sistema debe de ser capaz de calcular las

cantidades a fabricar de productos terminados, de los componentes necesarios y de las materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda independiente. Además, al hacer esto debe considerar cuándo deben iniciar los procesos para cada artículo con el fin de entregar la cantidad completa en la fecha comprometida. Para obtener programas de producción y compras en términos de tiempos y cantidades. El MRP realiza cinco funciones básicas:

- Cálculo de requerimientos netos.
- Definición de tamaño de lote.
- Desfase en el tiempo.
- Explosión de materiales.
- Iteración.

Cálculo de requerimientos netos

El MRP considera los requerimientos brutos, obtenidos el Plan Maestro de Producción (MPS por sus siglas en inglés) para los productos terminados, y los requerimientos obtenidos de una corrida previa de MRP para los componentes. A ellos les está el inventario disponible y cualquier trabajo en proceso actualmente en piso. Así, el resultado es lo que realmente el sistema requiere producir y/o comprar para satisfacer la demanda en el tiempo requerido. Zarate, (2013), menciona que en base a los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, que productos finales hay que fabricar y en que plazos debe tenerse terminados.

Definición de tamaño de lote.

El objetivo de esta función es agrupar los requerimientos netos en lotes económicamente eficientes para la planta o el proveedor.

Desfase en el tiempo

Consiste en desfasar los requerimientos partiendo de su fecha de entrega, utilizando lead times fijos para determinar su fecha de inicio. Como veremos más adelante, este es uno de los problemas de fondo del MRP y que pone en duda la universalidad profesada por sus precursores. (Zarate, 2013).

Explosión de materiales

Es la parte estructural del MRP que ejecuta su concepto fundamental: ligar la demanda dependiente con la independiente. Esto lo hace por medio de la lista

de materiales de cada producto terminado, por medio de la cual todos los componentes de un artículo se relacionan en un orden lógico de ensamble para formar un producto terminado. (Zarate, 2013)

Iteración

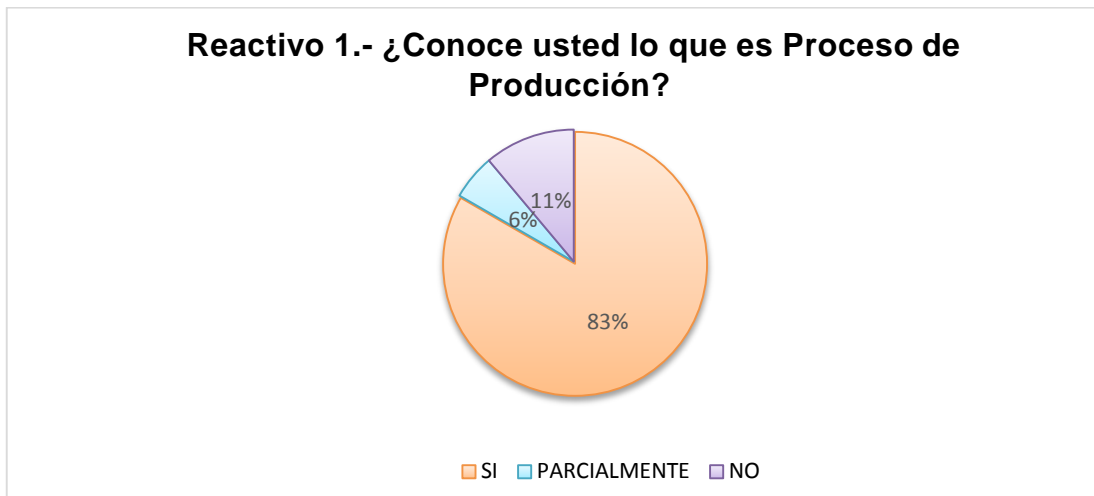
Consiste en repetir los cuatro primeros pasos para cada nivel de la lista de materiales hasta obtener los requerimientos de cada artículo y componente. Al ejecutar el algoritmo, es decir, las cinco funcionalidades descritas, el MRP genera tres tipos de documentos de salida o outputs: Órdenes planeadas: Son las órdenes de trabajo o de compras obtenidas a partir de los cálculos del MRP. Normalmente, una orden incluirá componentes de varios pedidos o requerimientos, correspondientes a varios clientes. Noticias de cambio: Indican cambios en las especificaciones de trabajos existentes, ya sea en cantidad o tiempo. (Zarate, 2013)

Capítulo 4.- Resultado de la investigación

A continuación se presenta la estructura del resultado de la investigación, formulada en dos partes, en la primera parte, se considera por un lado los derivaciones de la encuesta aplicada al personal de la empresa en los niveles operativos, tácticos y estratégicos, donde se muestra cómo se lleva a cabo el proceso de producción actualmente y que tipo de herramientas son utilizadas para determinar cuáles son los elementos que se toman en consideración en el balanceo de cargas de trabajo. Y en la segunda parte se planteará la propuesta y explicación de cada una de las fases basada en planes los maestros que permitan optimizar los procesos de balanceo.

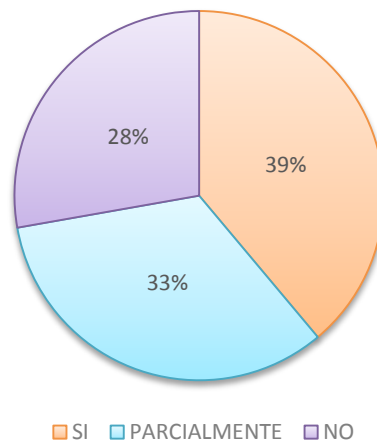
4.1.- Diagnóstico

En este apartado se muestra y se analizan cada uno de los 18 reactivos aplicados al personal de la empresa en sus diferentes niveles. Y se realiza una conclusión que permita identificar cuáles son los elementos que presentan deficiencias en los procesos de balanceos de cargas de trabajo. A continuación, se muestra cada reactivo con su gráfica correspondiente:



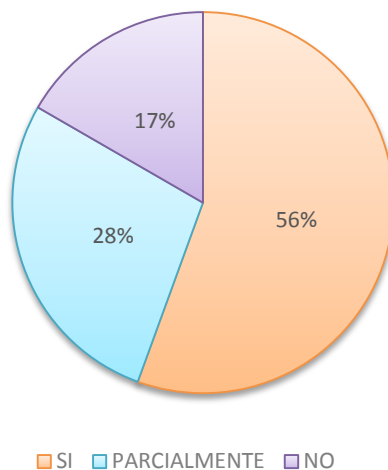
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron que el 83% conocen lo que es Proceso de Producción, el 11% respondieron que NO lo conocen y que el 6% lo conocen parcialmente.

Reactivo 2.- ¿Conoce usted lo que es un Balanceo de Cargas de Trabajo?



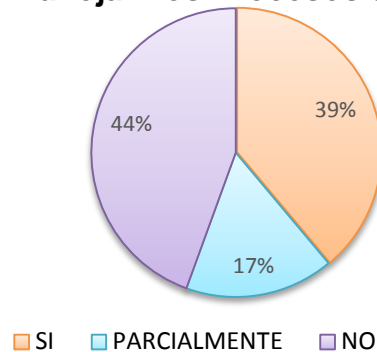
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron que el 39% si conocen lo que es un balanceo de cargas de trabajo, el 28% respondieron que NO conocen un balanceo de cargas de trabajo y que el 33% lo conocen parcialmente.

Reactivo 3.- ¿Sabe usted si en la empresa se lleva a cabo la planeación de las cargas de trabajo?



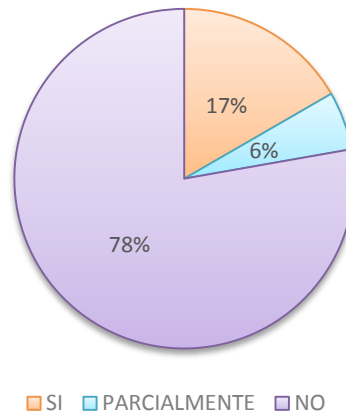
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles el 56% respondieron que en la empresa si llevan a cabo la planeación de las cargas de trabajo, el 17% respondieron que NO saben si se lleva a cabo la planeación de cargas de trabajo y que el 28% restante parcialmente.

**Reactivo 4.-
¿Conoce usted alguna herramienta administrativa que sirva para manejar los Procesos de Producción?**



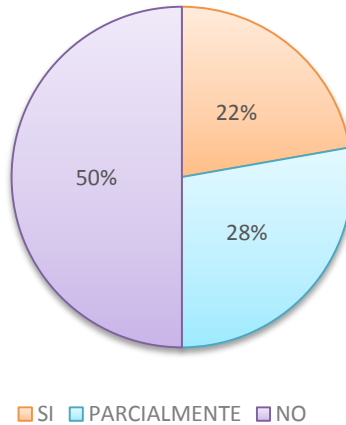
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles un 39% respondió que si tienen conocimiento de algunas herramientas, el 44% respondieron que NO tienen conocimiento de ninguna herramienta administrativa que sirva para el manejo de los procesos de producción y que el 17% restante tienen un conocimiento parcial de algunas herramientas.

**Reactivos 5.-
¿Conoce usted alguna herramienta administrativa que se aplique para el Balanceo de Cargas de Trabajo?**



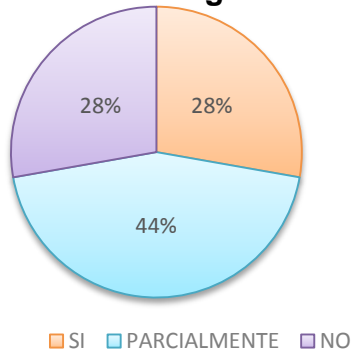
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron que el 17% conocen una herramienta administrativa para poder aplicarla en el balanceo de cargas de trabajo, un 76% respondieron que NO lo conocen ninguna herramienta aplicable al balanceo de cargas y el 6% solo tienen una muy remota idea de alguna herramienta.

**Reactivo 6.-
¿Ud. ha manejado el Sistema MRP para el Balanceo de Cargas de Trabajo?**



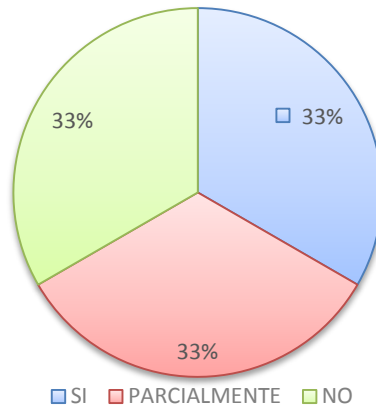
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron un 22% que si han manejado en algún momento el sistema MRP, con un 50% respondieron que NO han manejado dicho sistema y el 28% parcialmente lo han manejado.

**Reactivo 7.-
En la empresa se maneja el sistema MRP para el Balanceo de Cargas de Trabajo.**



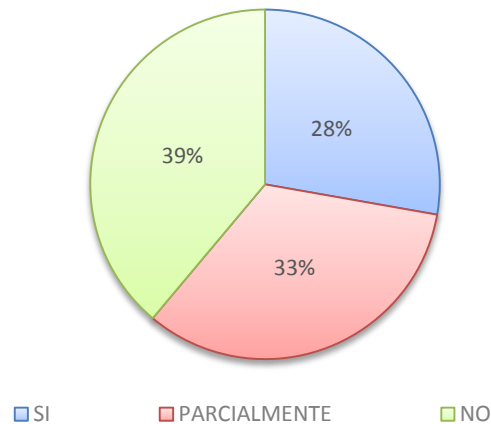
La encuesta aplicada a los diferentes niveles de respondieron con un 28% que si han manejado el sistema MRP, de igual forma con un 28% respondieron que NO han manejado el sistema MRP para el balanceo de cargas de trabajo y el 44% parcialmente lo han manejado para el balanceo de cargas de trabajo

**Reactivo 8.-
Ha manejado usted el Método PERT para el Balanceo de Cargas de Trabajo**



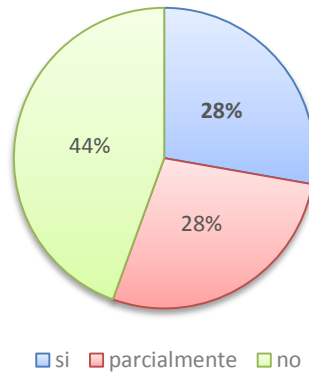
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron positivamente con un 33% que han manejado el método PERT para el balanceo de cargas de trabajo, con un 33% respondieron que NO han manejado este método y el 33% restante menciona que parcialmente lo han manejado.

**Reactivo 9.-
En la empresa se maneja el método PERT, para el Balanceo de Cargas de Trabajo**



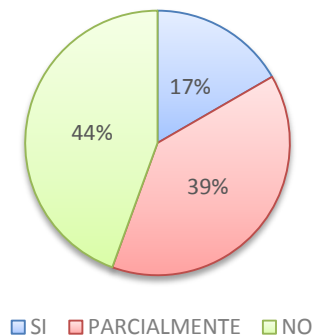
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron con un 28% que el método PERT si ha sido empleado en la empresa para el balanceo de cargas de trabajo, con un 39% respondieron que NO se maneja este método y el 33% restante menciona que parcialmente ha sido aplicado a la empresa.

**Reactivo 10.-
Sabe usted si en la empresa los empleados están
capacitados para el diseño de Cargas de Trabajo**



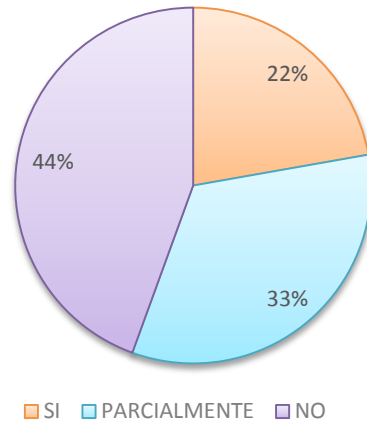
De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron con un 28% que si está capacitado el personal para llevar a cabo un diseño de cargas de trabajo, con un 44% respondieron que NO tienen esa capacitación los empleados para llevar a cabo un diseño de cargas y el 28% restante menciona que parcialmente se sienten con esa capacidad de llevar a cabo un diseño de cargas de trabajo.

**Reactivo 11.-
Sabe usted si en la empresa los empleados están
capacitados para la Planeación de Cargas de Trabajo**



De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron 17 % que los empleados están capacitados para la planeación de cargas de trabajo con un 44% respondieron que NO están capacitados para una planeación de cargas de trabajo y un 39% restante menciona que parcialmente tienen esa capacidad para una planeación de cargas de trabajo.

**Reactivo 12.-
Sabe usted si en la empresa los empleados están
capacitados para Diseñar las Cargas de Trabajo**



De acuerdo al personal encuestado en los diferentes niveles respondieron que el 22% de los empleados tienen la capacitación para diseñar las cargas de trabajo, el 45% de los trabajadores que NO están capacitados para dicha actividad, de diseñar las cargas de trabajo y el 33% restante contestó que parcialmente tienen esa capacidad.

El diagnóstico arroja que: aunque el personal conozca los procesos y como llevar a cabo cada una de las actividades, existen muchas restricciones por deficiencia en la programación de las cargas de trabajo, estas se dan debido a factores financieros y de recursos humanos, los cuales permiten que se bloqueen procesos en ejecución. Así mismo, por tareas imprevistas dentro de la programación, tales como la suspensión de fases por falta de materia prima, o por la urgencia en la ejecución de otros proyectos.

4.2.- Estructura y explicación de la propuesta

De acuerdo al diagnóstico formulado, se presenta una propuesta que le proporcione alternativas de solución a dicha problemática y cumpliendo con los objetivos de la investigación, dicha propuesta está integrada por tres fases que se muestran y se explican a continuación (ver imagen 7):

Imagen 7.- Propuesta de la investigación.



Fuente: Elaboración propia (2017)

Fase 1.- Elementos del Programa Maestro de Producción (PMP)

La primera fase es básicamente determinar los **Elementos del Programa Maestro de Producción (PMP)**, de acuerdo al análisis de los nuevos pedidos, de los existentes y de los que se encuentran programados que están en ejecución en el Departamento de Producción. Los elementos del PMP se integran en tres partes, la primera que es el formulario que es llenado por el cliente, los pronósticos de demanda que determinan los productos que se pueden fabricar en un periodo fiscal, y por último, la estructura de los elementos que integran al PMP.

Una vez que se recibe el pedido, se analizan las cargas de trabajo existentes con el propósito de realizar la nueva asignación de acuerdo a los tiempos de entrega de los que están en desarrollo, los planeados y en proceso de ejecución. Una vez que el pedido fue aceptado, se procede a realizar el PMP, donde se hace una revisión minuciosa de la materia prima a utilizar y que se encuentra disponible en el almacén, en caso contrario, se realizan los pedidos correspondientes y se solicitan los tiempos de entrega, para poder determinar la programación mediante un Diagrama de Gantt (gráfica 4), y proceder a dar cumplimiento a dicho pedido. Otro elemento a considerar es la disponibilidad del recurso humano en cada fase, y los recursos financieros que permitan solventar todos los gastos que sean necesario, y por último ver la prioridad de los trabajos planeados y en procesos.

De acuerdo a lo anterior, se procede a elaborar el PMP basado en las órdenes de clientes y el pronóstico de la demanda (ver gráfica 2).

Gráfica 2.- Programa Maestro de Producción (PMP).



Fuente: www.ingenieriaindustrialonline.com

A continuación se describe cada elemento del PMP, el cual se elabora con dos elementos que son las órdenes de clientes y el pronóstico.

Órdenes de clientes

Para las ordenes de clientes se presenta el formulario 1, que es el documento que llena el cliente (Órdenes de Producción), con el propósito de detallar el producto que se va a fabricar, y a partir de ese documento, se procede a realizar las cantidades de materia prima que se van a comprar, el tipo de producto, el precio, las condiciones de pago y otros datos importantes para la operación comercial. Esto servirá para que a ya un mejor control de lo que se va a vender, se tendrá un mejor control para ver la cantidad de material que se necesitara


por tren, si hay material, para la realización del pedido esta orden es una lista en la cual se especificara cada detalle que llevara el tren y con esto ya se podrá trabajar.

En el formulario 1, se muestran los campos que deben ser llenados con datos que se le solicitan al cliente. A continuación, se explica que datos debe de ir en cada campo del formulario y como debe ser llenado:

- El número de orden este es como un folio el cual al final del año se puede realizar un conteo de este, y llegar al resultado de cuantos trenes u órdenes por año se tienen y así obtener la media en que meses se venden más trenes y cuáles son las temporadas del año en las que está más baja la demanda de estos.
- El cliente – es el nombre completo de la persona física o moral dependiendo si el pedido es para una empresa
- En la fecha es muy importante saber cuándo se está tomando el pedido y posteriormente informarlo con el área de producción para hacer un cálculo aproximado de tiempo dependiendo de las especificaciones con las que se está haciendo el pedido, y así revisar y consultar con almacén cuanto tiempo se tardan los proveedores en surtir el material, si hay fondos suficientes para la adquisición de material, como el tiempo en que se tardara la producción de dicho pedido, con esto evitar aplazar fechas de entrega por falta de material o personal y poder dar una fecha exacta sin tener demoras por aspectos que se pueden controlar.
- El modelo se debe especificar para que a partir de aquí se empiece a ver cuánto material se llevara.
- En la pintura es saber con qué colores se quiere si es algún color con el que no se ha trabajado, es un color especial, consultarlo con el proveedor si cuenta con él o se tiene que conseguir con otro, también a partir de esto se sacara un presupuesto de pintura.

- En las características, es necesario que el cliente marque las que cree necesitar para que se pueda hacer ya al final el presupuesto final

Formulario 1.- Formato Orden de Producción

FORMATO ORDEN DE PRODUCCION					
					
NO. DE ORDEN	<input type="text"/>			FECHA DE PEDIDO:	<input type="text"/>
CLIENTE:	<input type="text"/>			FECHA DE SALIDA:	<input type="text"/>
MODELO:	<input type="checkbox"/> CHICO <input type="checkbox"/> MEDIANO <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> TURISTICO <input type="checkbox"/> OTRO		PINTURA VINIL	<input type="checkbox"/> COLORES NORMAL <input type="checkbox"/> COLORES PERSONALIZADOS <input type="checkbox"/> SAFARI <input type="checkbox"/> OTRO	
ESPECIFIQUE:	<input type="text"/>		ESPECIFIQUE:	<input type="text"/>	
CARACTERISTICAS:					
<input type="checkbox"/> ESTACION					
<input type="checkbox"/> CUIDADO CON EL TREN					
<input type="checkbox"/> AUDIO					
<input type="checkbox"/> RUEDAS GIRATORIAS					
<input type="checkbox"/> PANTALLA CON CAMARA					
<input type="checkbox"/> SENSORES DE PROXIMIDAD					
<input type="checkbox"/> LEDS					
<input type="checkbox"/> MAQUINA DE HUMO					
OBSERVACIONES:					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					
<input type="text"/>					

Fuente: Expreso Mágico (2017)

Ya que están validados todos los campos del formulario llenado por el cliente, se prosigue a hacer el presupuesto total para posteriormente mandar la misma orden pero con el costo total (en el campo de observaciones se incluye el costo del pedido) y la fecha exacta para la entrega del pedido.

Pronostico de Demanda

En este documento simplemente es la cantidad de trenes que se están produciendo o se produjeron en un semestre.

En el semestre de julio a diciembre se produjeron aproximadamente 8 trenes.

Los pedidos variaban dependiendo la cantidad y para el lugar para donde iban dirigidas, las cantidades siempre han sido variables ya que dependiendo de la temporada es la cantidad de pedidos.

Plan Maestro de Producción (PMP)

Para llevar a cabo un plan maestro de producción son necesarios estos puntos:

- **Lo primero:** El tiempo de producción debe ser igual o menor al horizonte de planeación
- **Lo segundo,** considera definir barreras de tiempo, que determina qué debe hacerse y cuándo se establecen los pedidos específicos, es una decisión de lo que se va a producir, no un pronóstico más, por lo que, se recomienda que ya elaborado el MPS se evalúe en su viabilidad cada vez que corresponda a un período de planificación. El MPS es una declaración susceptible de ajustes, por lo tanto es conveniente establecer un criterio de flexibilidad por horizonte, para lo cual tenemos:
- **Horizonte fijo:** Período durante el cual no se harán ajustes al MPS
- **Horizonte medio - fijo:** Período en el que se pueden hacer cambios a ciertos productos.
- **Horizonte flexible:** Período más alejado, en el que es posible hacer cualquier modificación al MPS.

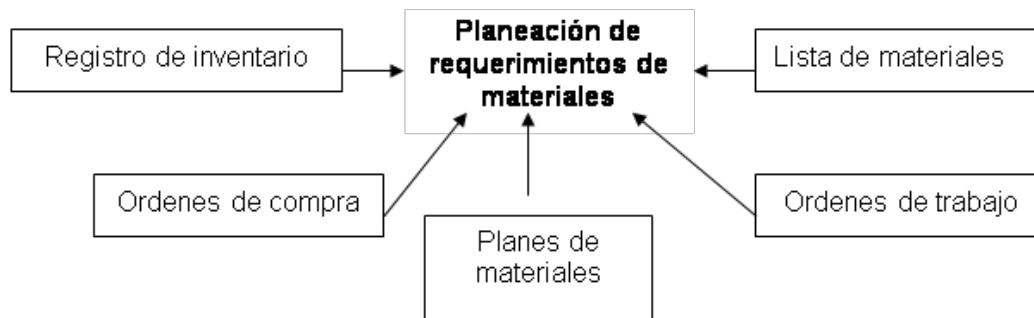
Todo lo antes mencionado, sirve para la elaboración de un PMP, con el conocimiento de los pedidos y el tiempo que tardaran será posible elaborarlo, y con esto evitar demoras en las entregas de pedidos.

Fase 2.- Planeación de requerimientos de material

La segunda fase es implementar el sistema MRP el cual tiene las siguientes funciones, una es la planeación y administración de los recursos materiales con los que se cuenta

esto es para saber si lo que hay en almacén es suficiente para realizar la producción o en su caso se necesitara para la realización de este. Y está integrado por los elementos que se muestran en la gráfica 3, el cual está integrado por cinco partes, que se explican a continuación:

Gráfica 3.- Programa Maestro de Producción (PMP).



Fuente: Tomado y adaptado de la página www.ingenieriaindustrialonline.com

Los beneficios que se ofrece el sistema MRP, es que los:

Beneficios/ Implicaciones: Los beneficios más significativos son:

- Satisfacción del cliente
- Disminución del stock
- Reducción de las horas extras de trabajo
- Incremento de la productividad
- Menores costos, con lo cual, aumento en los beneficios
- Incremento de la rapidez de entrega
- Coordinación en la programación de producción e inventarios
- Rapidez de detección de dificultades en el cumplimiento de la programación
- Posibilidad de conocer rápidamente las consecuencias financieras de nuestra planificación

Registro de inventario

1. Encuentra un buen lugar con el espacio suficiente para mantener un inventario. Puede ser un armario vacío, una oficina pequeña o una bodega.
2. Asegúrate de que el espacio que elijas esté limpio, seco y bien iluminado.
3. Asegúrate de que haya espacio y estantería suficiente para colocar el inventario.
4. Protege el inventario al cerrar la puerta con llave al final del día.
5. Encuentra un buen lugar con el espacio suficiente para mantener un inventario.

Planes de materiales

En esta etapa es básicamente diagnosticar con cuántos recursos materiales y de mano de obra cuenta la empresa para empezar la producción de los trenes, aquí ya se está usando el MRP la cual ayudara a cumplir con estos 3 puntos:

1. Asegurar materiales y productos para que la producción y para la entrega de los pedidos
2. Mantener un numero de inventario adecuado para la operación
3. Planear las actividades de manufactura, horarios de entrega y actividades de compra.

Ordenes de trabajo

Aquí es llevar el seguimiento de los costos directos e indirectos, para que con esto se pueda sacar el costo de producción. Se tendrán que generar informes en los cuales se especificaran costos de producción de cada una de las órdenes (ver formulario 2).

Formulario 2: Orden de mantenimiento Expreso Mágico



Marcos Carrillo 26-B
México Distrito Federal

Expreso Mágico
Colonia Vista Alegre
Código Postal 06860

Delegación Venustiano Carranza
Oficina +52 (55) 5271-6679



ORDEN DE SERVICIO /CARTA INSTRUCCIONES

Fecha	_____	Próximo Servicio Hrs.	_____
Cliente	_____	Horometro del prox. servicio	_____
Sucursal	_____	Hora de Inicio	_____
Solicitado Por	_____	Hora de Fin	_____
Marca	_____		
Serie	_____		

Tipo de servicio	
Servicio 250 horas	<input type="checkbox"/>
Servicio 500 horas	<input type="checkbox"/>
Servicio 750 horas	<input type="checkbox"/>
Servicio 1000 horas	<input type="checkbox"/>
Servicio 2000 horas	<input type="checkbox"/>
Correctivo	<input type="checkbox"/>
Levantamiento	<input type="checkbox"/>

Condiciones del Equipo	Nota		Estado			Nota
			B	R	M	
Faro	<input type="checkbox"/>	Maquina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pasadores	<input type="checkbox"/>	Vagones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Campana	<input type="checkbox"/>	Asiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Espejo Izq. Der.	<input type="checkbox"/>	Llanta Delantera Izq.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Amplificador	<input type="checkbox"/>	Llanta Delantera Der.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fuente de pod.	<input type="checkbox"/>	Llanta Trasera izq.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bocinas maqui	<input type="checkbox"/>	Llanta Trasera Der.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bocinas Vagones	<input type="checkbox"/>	Llantas vagones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Dirección Maquina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Dirección Vagones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Sistema de Frenado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Baterías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Cables Baterías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ORDEN DE SERVICIO /CARTA INSTRUCCIONES

Aplicación de Servicio	Limpieza	Recup.	Cambio		
Motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limpieza de chasis	<input type="checkbox"/>
Carbones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Agua Bateria	<input type="checkbox"/>
Baleros Motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aplicación de Desengrasante	<input type="checkbox"/>
Balero Tambor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limpieza Panel de Conectores	<input type="checkbox"/>
Balatas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Baterías	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Acete Diferencial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Observaciones

Nombre y Firma del Cliente
Aceptación del Servicio Realizado

Nombre y Firma del Técnico
Que Realizo el servicio



Fuente: **Expresso Mágico (2017)**

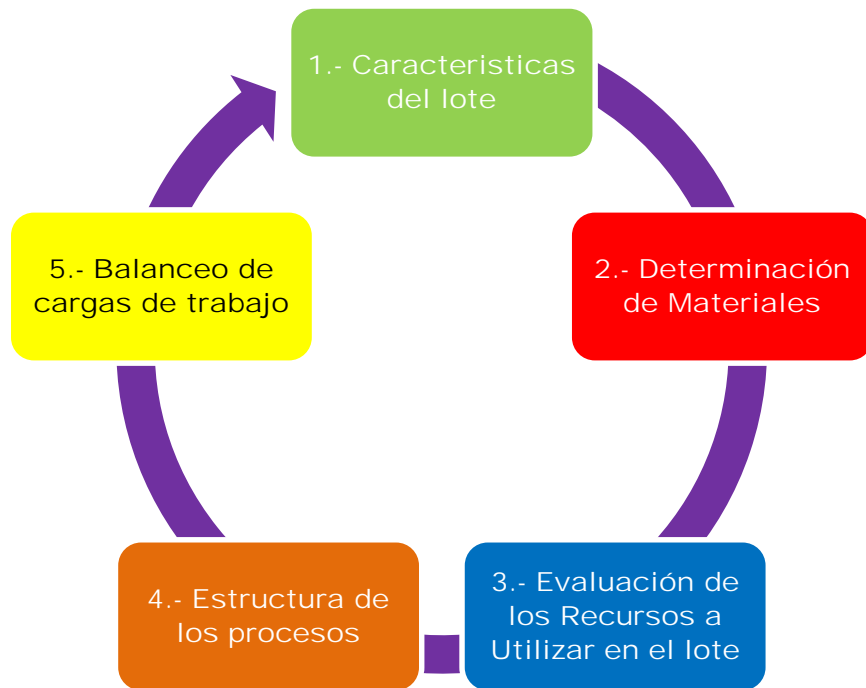
Lista de materiales

Aquí es básicamente analizar qué es lo que lleva cada tren y desglosar una lista con todos los recursos materiales con los que se producen cada una de las partes que lo componen al tren, maquina, carbonero, 2 vagones y un cabus, esto también sirve a la hora de hacer el pedido de materiales.

Fase 3.- Estructura del balanceo de cargas de trabajo

En esta fase se realizará un análisis de: **“COMO, CUANDO y en QUÉ TIEMPO”**, se elabora un pedido, con esto poder detectar en que área funcional está ocurriendo el problema para que haya un retraso en el tiempo de entrega que se propone a la hora de recibir un pedido. Para esto se hará uso del sistema MRP, el método PERT, y la herramienta del Layout.

Imagen 8.- Propuesta de la Estructura del balanceo de cargas de trabajo.



Fuente: Elaboración propia (2017)

1.- Características del lote

La empresa Expresso mágico trabaja con la producción por lotes a continuación se mencionan algunos puntos:

1. La fábrica es capaz de producir productos con diferentes características.
2. El trabajo pasa de un área a otra, la producción es intermitente.
3. Cada área cuenta con su maquinaria por lo tanto se divide por departamento o sección.
4. cada departamento tiene una capacidad de producción que no siempre es igual a la de los demás departamentos de la empresa.
5. Para cada lote de producción deben modificarse y adecuarse las máquinas y herramientas para atender a los pedidos con sus diferentes características.
6. La producción por lotes permite una utilización regular y ordenada de la mano de obra, sin grandes picos de producción.
7. La producción por lotes impone la necesidad de un plan de producción bien hecho y que pueda integrar nuevos lotes de producción en la medida que se terminen otros.

2.- Determinación de Materiales

Requisición de compra

Una requisición de compra es una solicitud escrita que usualmente se envía para informar al departamento de compras acerca de una necesidad de materiales o suministros. Las requisiciones de compra están generalmente impresas según las especificaciones de cada compañía, la mayor parte de los formatos incluye:

- Numero de requisición
- Nombre del departamento o persona que solicita
- Cantidad de artículos solicitados
- Identificación del número de catálogo
- Descripción del artículo
- Precio unitario
- Precio total
- Costo de embarque, de manejo, de seguro y costos relacionados
- Costo total de requisición
- Fecha del pedido y fecha de entrega requerida
- Firma autorizada.

3.- Evaluación de los Recursos a Utilizar en el lote

Orden de compra

Una orden de compra es una solicitud escrita a un proveedor, por determinados artículos a un precio convenido. La solicitud también especifica los términos de pago y de entrega. La orden de compra es una autorización al proveedor para entregar los artículos y presentar una factura. Todos los artículos comprados por una compañía deben acompañarse de las órdenes de compra, que se enumeran en serie con el fin de suministrar control sobre su uso. Por lo general se incluyen los siguientes aspectos en una orden de compra:

- Nombre impreso y dirección de la compañía que hace el pedido
- Número de orden de compra
- Nombre y dirección del proveedor
- Fecha del pedido y fecha de entrega requerida
- Términos de entrega y de pago
- Cantidad de artículos solicitados
- Número de catálogo
- Descripción

- Precio unitario y total
- Costo de envío, de manejo, de seguro y relacionados. Costo total de la orden
- Firma autorizada

El original se envía al proveedor y las copias usualmente van al departamento de contabilidad para ser registrados en la cuenta por pagar y otra copia para el departamento de compras.

Informe de Recepción

Cuando se despachan los artículos ordenados, el departamento de recepción los desempaca y los cuenta. Se revisan los artículos para tener la seguridad de que no estén dañados y cumplan con las especificaciones de la orden de compra y de la lista de empaque. Luego el departamento de recepción emite un informe de recepción. Este formato contiene:

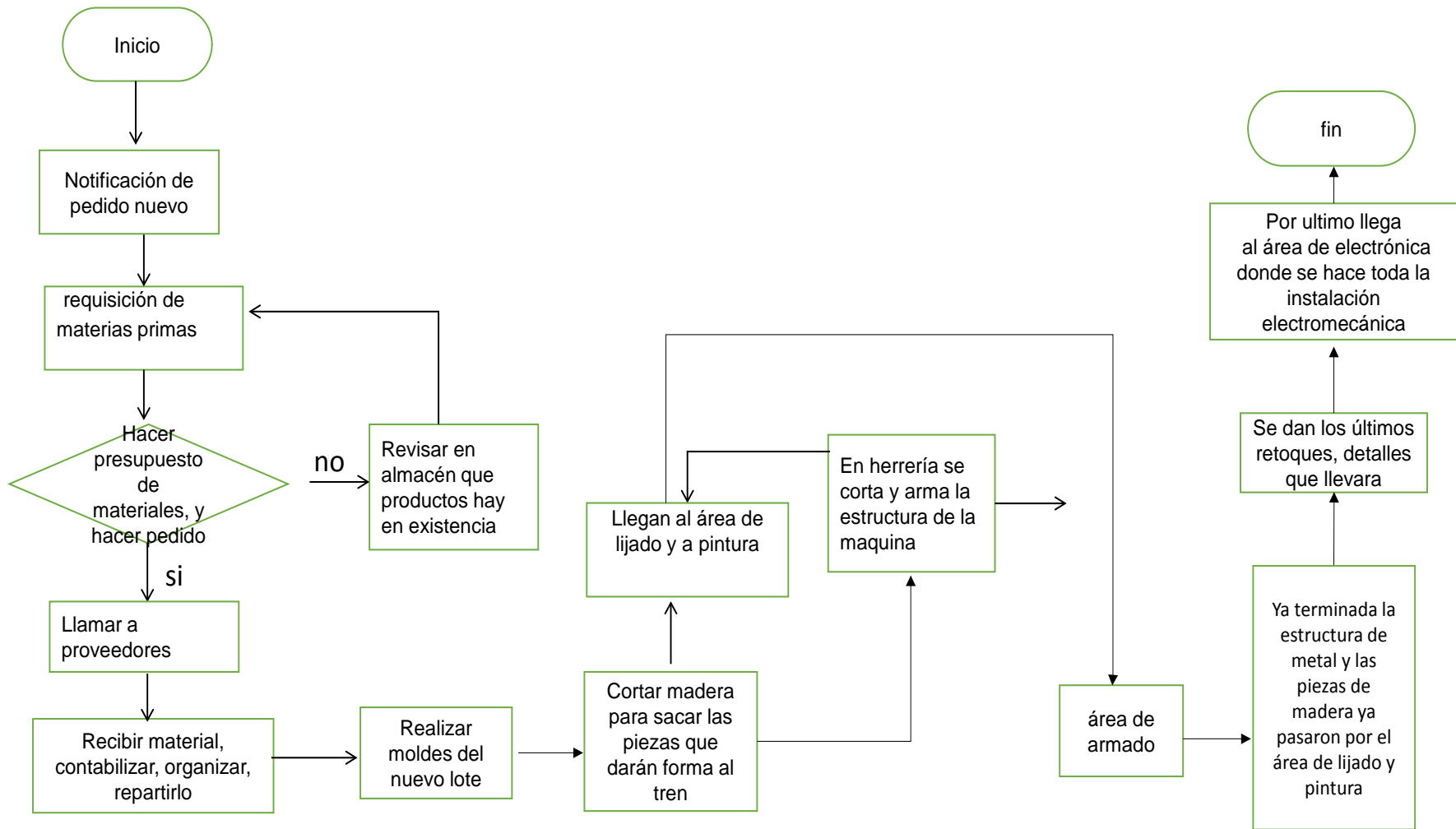
- Nombre del proveedor
- Número de orden de compra
- Fecha en que se recibe el pedido
- Cantidad recibida
- Descripción de los artículos
- Diferencia con la orden de compra (artículos dañados)
- Firma autorizada

El original lo guarda el departamento de recepción. Las copias se envían al departamento de compra y al departamento de cuentas por pagar, las copias también se envían al departamento de contabilidad y al empleado de almacén que inició la requisición de compra, además se adjunta una copia de los materiales que van al almacén. Los puntos que aparecen anteriormente son los que se recomiendan para que sea más eficiente la determinación de materiales, esto es lo que debe realizar el área de compras para tener una mejor disponibilidad.

4.- Estructura de los procesos

En la fase 1, se hace referencia a los elementos que integran al proceso de producción, los cuales forman parte de la estructura de los procesos, es por ello que en la gráfica 4, se muestran los pasos a seguir en los procesos propuestos, que ayudaran a darle solución a dicha problemática.

Gráfica 4.- Diagrama de Flujo de los procesos propuestos



Fuente: Elaboración propia (2017)

5.- Balanceo de cargas de trabajo.

En este paso se muestra la estructura y los pasos a seguir para su integración e implementación, de cómo se deben de balancear las líneas de producción y con qué herramienta logran ser más eficientes en dicho proceso, entre ellas se encuentra el Diagrama de Gantt, que permite ver la programación de los procesos en el tiempo de acuerdo a su categorización (ver gráfica 5).

Este método para ver qué tan benéfico puede ser:

1. Cronometrar actividades y obtener el tiempo promedio para cada operación.
2. Aplicar fórmula para determinar el tamaño de muestra.
3. Calcular el tiempo y velocidad (Ritmo al cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente).
4. Obtener el promedio entre el tiempo más alto y el más bajo de cada operación.
5. Graficar promedios tiempo y velocidad.
6. Ajustar (unificar o separar) todas las operaciones necesarias del proceso en base al tiempo del Takt Time.

$$TaktTime = \frac{TiempoDisponible}{DemandaDelCliente}$$

7. Obtener el tiempo estándar de cada operación.
8. Graficar tiempo estándar y Takt time.
9. Una vez balanceada la línea, se calcula la productividad del “antes” y el “después” para determinar en qué porcentaje aumentó la productividad.

$$Pr oductividad = \frac{Salida(Unidades)}{(Número de personas * Jornada)}$$

Grafica 5.- Diagrama de Gantt de actividades por día, de la empresa Expresso Mágico

Actividad	Inicio	Fin	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar	15-mar	16-mar	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	26-mar	27-mar	28-mar	29-mar
Diseño	10/03/2017	11/03/2017	■	■																		
Pedido de Materiales	13/03/2017	17/03/2017				■	■	■	■	■												
Carpintería	18/03/2017	20/03/2017									■	■	■									
Herrería	18/03/2017	20/03/2017									■	■	■									
Lijado	21/03/2017	23/03/2017											■	■	■							
Ensamble	20/03/2017	23/03/2017											■	■	■							
Pintura	20/03/2017	22/03/2017											■	■	■							
Eléctrico	24/03/2017	29/03/2017															■	■	■	■	■	■
Acabados / Detalles	23/03/2017	25/03/2017														■	■	■				

Fuente: Elaboración propia (2017)

Conclusiones

De acuerdo a la problemática planteada en la investigación, la cual tiene como propósito generar una propuesta que permita el balanceo de las cargas de trabajo para mejorar los procesos de producción en la Empresa Expresso Mágico, se encontró que hay que equilibrar los factores que intervienen en las mismas y los tiempos de trabajo, se observa poca coordinación, falta de espacio, mala comunicación entre las áreas. Así mismo, hay problemas en la reducción de tiempos de producción, distribución de cargas de trabajo, con los tiempos muertos, desorden en el almacén, reducir el exceso y falta de materiales, También, la organización es deficiente, para la producción de cada lote o pedido, esto se presenta por las siguientes causas el exceso de materiales, o en algunos casos la falta de este para la elaboración oportuna de cada pieza y lote, lo que provoca que haya retraso en la entregas. Para la cual, se planteó la propuesta basada en tres fases que permiten darle solución a la problemática planteada, es por ello que, se formula la propuesta en herramientas tales como el PERT, MRP, MPM, LAYOUT, entre otros, que logren la eficiencia de los procesos.

Se puede concluir que si la empresa aplica dicha propuesta será beneficiada en costos, tiempos de respuestas de los procesos, logrando un equilibrio entre sus tiempos de producción, y sus inventarios llegan a ser poco eficientes para la producción de los lotes que se tienen que entregar. Este trabajo fue desarrollado en la empresa Expresso mágico S.A de C.V., la cual se dedica a la producción de trenes eléctricos, con productos de gran calidad, y de origen mexicano, estos trenes son de madera, y estructura de metal, su motor es eléctrico, cada tren está conformado por una maquina o cabina, un carbonero, y 3 vagones. Además, la empresa debe manejar un pequeño stock de material en su almacén, así como, trenes ya elaborados solo con la última intención de darle los detalles que este pidiendo el cliente, que no haya tantas fugas de efectivo, ni tiempos muertos en el caso de los trabajadores.

Referencias bibliográficas

Libros

Adam, Jr. E. & Ebert, R. (1991). Administración de la producción y operaciones. Prentice Hall, México.

Benjamin W. Niebel, Andris Freivalds (2009), Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo, Ed Mc. Graw Hill, México, D.F.

Domínguez Machuca, José A., Álvarez Gil, María José (2005), Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill

Everett E Adam. y Ebert, Ronald J. (1992). Administración de Producción y las operaciones. Ed. Prentice Hall.

García, Criollo Roberto (2005) Estudio del Trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. 2ª edición, Edit. Mac Graw Hill

Heizer, Jay & Render, Barry (2007). Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas, 8va edición Pearson Educación, S.A Madrid.

Hoopeman, Richard J (1971). Producción Análisis y Control, CECSA

Jay Heizer, Barry Render (2006), Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas. 8ª ed. Madrid: Pearson Editorial.

Kanawaty, George, (2004) Introducción al estudio del trabajo (O.I.T.) 4a. edición revisada, México: Limusa-noriega.

Maynard B. H. Reverte (1960). Manual de ingeniería de la producción industrial México

Miranda González, Francisco Javier (2008), Manual de dirección de operaciones. 3ª ed. Madrid: International Thomson Editores Spain-Paraninfo.

Schroeder, Roger G. (1992). Administración de operaciones Ed. McGraw Hill.

Solana, Ricardo F. Producción, su organización y administración en el umbral del tercer milenio. (1996-1998) Ed. Interoceánicas S.A.

W. Niebel, benjamin † & freivalds, andris (2005). Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo. 11ª edición, México; alfa-omega.

Sitios de internet

Anónimo, (febrero 2010). Dirección de Producción: tipos de procesos productivos. Recuperado de <https://beluru87.wordpress.com/2010/02/27/tipos-de-procesos-productivos/>

Pérez Porto Julián & Gardey Ana, Publicado: 2008. Actualizado: 2008. Definición de: Definición de proceso de producción (<http://definicion.de/proceso-de-produccion/>)

Blogs:

Carro paz, Roberto & González Gómez s/f el sistema de producción y operaciones. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1606/1/01_sistema_de_produccion.pdf

Daidsvt, (2012, diciembre). Balanceo de líneas. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://industrialtec2.blogspot.mx/>

Duggan, Tara & Navarro, Natalia (s/f). Como usar PERT/CPM. Recuperado de http://www.ehowenespanol.com/pert-cpm-como_69267/

Flores Dávila, Ana Laura. (2008, Febrero). *Sistemas MRP Materials Requirement Planning (Planeación de recursos de materiales)*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/sistemas-mrp-materials-requirement-planning/>

García, francisco Antonio. (Julio de 2016). Breve historia de la administración de la producción y de las operaciones. Recuperado de <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/ProduccionI/Historiap.pdf>

http://148.204.211.134/polilibros/portal/polilibros/P_Terminados/ASPII/POLILIBRO/2%20PORTAL/PRACTICA

<http://cursos.aiu.edu/Control%20de%20la%20Produccion/PDF/Tema%205.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Planificaci%C3%B3n_de_los_requerimientos_de_material

<http://www.monografias.com/trabajos23/planeacion-requerimientos/planeacion-requerimientos.shtml>

Linarte, ariel (2014, mayo). Administracion de los sistemas de produccion. Recuperado de <http://ariellinarte.udem.edu.ni/wp-content/uploads/2014/05/Administ.-de-la-produccion.pdf>

Lume, Víctor Auccapure (2016), Balanceo de líneas o balance de líneas. [Mensaje en un blog] recuperado de: <https://asfsf.academia.edu/VictorAuccapureLume>

Moreno, Wilfredo. (2015, Abril). Tipos de balanceo de carga. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://redesbalanceodecarga.blogspot.mx/2015/04/tipos-de-balanceo-de-cargas>.

Ramos, Emmanuel. (2012, Diciembre). Balance de líneas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://baalaancedelineas.blogspot.mx/2012/12/balanceo-de-lineas.html>

Retos en supply chain, (julio de 2014). Proceso de producción: en que consiste y como se desarrolla. Recuperado de <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2014/07/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla.htm>

Rioja, Ricardo. (2011, Junio). Pert - cpm. [mensaje de un blog]. Recuperado de <http://percpcm.blogspot.mx/2011/06/metodo-pert.html>

Rosales, Mariluz (2009, febrero). Antecedentes Históricos del PERT, CPM. Recuperado de <http://www.zonaeconomica.com/metodo-pert-cpm/antecedentes>

Salasar lopez, bryan (2016). Herramientas para el ingeniero industrial. Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>

Sevillano, Fernando. (2010,18 de mayo), Concepto y definiciones de Productividad Industria [mensaje en un blog]. Recuperado de <http://e/rdindustria.blogspot.mx/2010/05/concepto-y-definiciones-de.html>

Solo investigación (2011, abril). Método pert y cpm. Recuperado de <https://invdeop.wordpress.com/2011/04/07/metodo-pert/>

Vega Machuca, J.C. (2012). Técnicas de Cargas de Trabajo. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos91/tecnica-cargas-trabajo/tecnica-cargas-trabajo.shtml#ixzz4Mq15xZ30>

Zarate flores, lorelay a. (2013). Historia del MRP. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://manufactura704-a.blogspot.mx/p/mrp.html>

Revistas en línea

Chacón, Galia; Bustos, Carlos; Rojas, Eli Saúl (2006) Los Procesos de Producción y la Contabilidad de Costos Actualidad Contable Faces, vol. 9, núm. 12, enero-junio, 2006, pp. 16-26 Universidad de los Andes Merida, Venezuela

<http://www.revistavirtualpro.com/revista/index.php?=2010-09-01&pag=13>

Jaramillo Garzon Andres & Restrepo Correa Jorge Hernan, (2010) REDALYC. Scientia Et Technica, vol. XVII, núm. 46, diciembre, 2010, pp. 62-67 Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia

Sortino, 6, junio,(2001) Redalyc. Radiación y distribución de planta (Layout) como gestión empresaria Invenio, vol. 4, núm. 6, junio, 2001, pp. 125-139 Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Rosario, Argentina

