

CONTROL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS PARA UNA FLOTA DE EQUIPO
LIVIANO EN EL CERREJÓN

JORGE ANDRÉS GIRALDO GIL

UNIVERSIDAD EAFIT

MAESTRÍA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2015

CONTROL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS PARA UNA FLOTA DE EQUIPO
LIVIANO EN EL CERREJÓN

JORGE ANDRÉS GIRALDO GIL

TRABAJO DE GRADO

ASESOR

PHD. ING. LUIS ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD EAFIT

MAESTRÍA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2013

CONTENIDO

CONTENIDO.....	4
ILUSTRACIONES.....	6
ECUACIONES	7
0 INTRODUCCIÓN.....	8
0.1 JUSTIFICACIÓN	11
0.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O MEJORA	11
0.3 OBJETIVOS.....	15
0.3.1 General.....	15
0.3.2 Específicos.....	15
0.3.2.1 Uno - Provisiones	15
0.3.2.2 Dos - Mejoras	15
0.3.2.3 Tres - Optimización	16
0.3.2.4 Cuatro - Conclusiones	16
1 FUNDAMENTOS	17
1.1 OBJETIVO.....	17
1.2 INTRODUCCIÓN.....	17
1.3 DESARROLLO	17
1.3.1 Inventarios	18
1.3.1.1 Generalidades	19
1.3.1.2 Metodología estandarizada de inventarios	19
1.3.1.3 Costos de inventarios.....	20
1.3.1.3.1 Costos de pedir:	20
1.3.1.3.2 Costos de sostener:	21
1.3.1.4 Technology Push	21
1.3.1.5 Demand Pull.....	22
1.3.1.6 Play Frozen.....	24
1.3.1.7 Clasificación ABC.....	26
1.3.2 Pronósticos	28
1.3.2.1 Generalidades	28
1.3.2.2 Metodología universal estandarizada de pronósticos.....	29
1.3.2.3 Análisis previo	29
1.3.2.3.1 Estructura vertical – Nivel.....	30
1.3.2.3.2 Estructura horizontal – Ruido o aleatoriedad	30
1.3.2.3.3 Estructura tendencial	31
1.3.2.3.4 Estructura estacional y/o cíclica	31
1.3.2.4 Hipótesis	39
1.3.2.4.1 Modelos clásicos.....	39
1.3.2.4.1.1 Modelos clásicos de Ajuste por Tendencia Lineal	40
1.3.2.4.1.2 Modelos clásicos de Ajuste por Tendencias no Lineales	40
1.3.2.4.1.3 Modelos clásicos de suavización pura	41
1.3.2.4.1.4 Modelos clásicos de suavización exponencial – Brown.....	42
1.3.2.4.1.5 Modelos clásicos por descomposición – Holt.....	42
1.3.2.4.1.6 Modelos clásicos por descomposición – Holt-Winter	43
1.3.2.4.2 Modelos AR.I.MA.....	45

1.3.2.4.3 Metodología Box – Jenkins	46
1.4 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO 1.....	48
2 MEJORAS.....	50
2.1 OBJETIVO.....	50
2.2 INTRODUCCIÓN.....	50
2.3 DESARROLLO.....	51
2.3.1 Clasificación de los repuestos	51
2.3.1.1 Codificación de los repuestos	51
2.3.2 Almacén de repuestos	52
2.3.3 Incumplimiento de órdenes.....	52
2.3.4 Política de compras.....	54
2.3.5 Proveedores.....	55
2.3.5.1 Inscripción de proveedores	55
2.3.5.2 Selección de proveedores.....	55
2.3.5.3 Mantenimiento de proveedores.....	57
2.3.5.4 Como se desvinculan.	57
2.3.6 Negociación de repuestos para Cerrejón.	57
2.3.6.1 Listas maestras.....	57
2.3.6.2 Repuesto por mandato.	57
2.3.6.3 Costo reembolsable.	58
2.3.7 Descripción del proceso de compras.....	58
2.3.7.1 Portafolio de productos.....	61
2.3.7.2 Rotación de inventario.....	62
2.3.7.3 Stock Máximo, Stock mínimo, Punto de re-orden, Stock de seguridad	63
2.3.8 Costos en los inventarios	63
2.3.8.1 Costos de penalización por inexistencia de los repuestos:	63
2.3.8.2 Ajustes en el inventario/pérdida desconocida	64
2.3.8.3 Seguros.....	64
2.3.8.4 Obsolescencia	64
2.3.9 Software de inventarios.....	65
2.4 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	67
3 OPTIMIZACIÓN.....	69
3.1 OBJETIVO.....	69
3.2 INTRODUCCIÓN.....	69
3.3 DESARROLLO.....	70
3.3.1 Técnica	78
3.3.1.1 Datos.....	79
3.4 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	90
4 CONCLUSIONES.....	91
4.1 OBJETIVO.....	91
4.2 DESARROLLO.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	93

ILUSTRACIONES

Ilustración	1 - Área en concesión para Cerrejón.	8
Ilustración	2 - Localización Cerrejón Mina y Puerto	9
Ilustración	3 - Tiempos que impiden la funcionalidad del equipo.	14
Ilustración	4 - Secuencia Lógica de Objetivos.	16
Ilustración	5 - Avance.....	17
Ilustración	6 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario	18
Ilustración	7 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario	18
Ilustración	8 - Sistema integral logístico de manejo de inventarios	20
Ilustración	9 - Costos de la gestión de materiales	21
Ilustración	10 - Criterios de Ítems en Inventarios <i>MTS MTO MTF</i>	23
Ilustración	11 - Push & Pull - Curvas típicas.....	24
Ilustración	12 - Estructura de los elementos de la Metodología <i>MTS MTO MTF</i>	25
Ilustración	13 - Deber Ser - Secuencia Lógica - Fines intermedios & último	27
Ilustración	14 - Síntesis Inventarios	28
Ilustración	15 - Layout.....	32
Ilustración	16 - Método Científico y Pronósticos Series temporales	33
Ilustración	17 - Tipos, criterios y usos de los Modelos de Pronósticos AR.I.MA. y Clásicos	34
Ilustración	18 - Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins.....	38
Ilustración	19 - Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins.....	47
Ilustración	20 - Avance.....	50
Ilustración	21 - Equipos DW en TSAEL	53
Ilustración	22 - Cantidad de Equipos en Taller por repuestos	53
Ilustración	23 - Formato Inscripción de Proveedor	56
Ilustración	24 - Rangos	58
Ilustración	25 - Proceso Compras.....	58
Ilustración	26 - Diagrama de flujo proceso de compras actual	59
Ilustración	27 - Requisición de repuestos	60
Ilustración	28 - Diagrama del proceso de compras	61
Ilustración	29 - Movimiento Total del Inventario	62
Ilustración	30 - Pantalla Software MP2.....	66
Ilustración	31 - Preguntas cruciales que responde eficazmente el <i>MTS MTO MTF</i>	67
Ilustración	32 - Avance.....	69
Ilustración	33 - Ítems <i>Pull</i>	70
Ilustración	34 - Ítems <i>Push</i>	71
Ilustración	35 - Criterios de cuánto y cuándo pedir en Push Pull y Frozen	71
Ilustración	36 - Pull.....	72
Ilustración	37 - Sistema P o T	73
Ilustración	38 - Sistema Q.....	74
Ilustración	39 - Sistema R – M (ROP (mínimo) – Máximo).....	76
Ilustración	40 - Sistema T - R - M (<i>Time</i> - Tiempo - ROP (mínimo) – Máximo)	77
Ilustración	41 - Síntesis Elementos relevantes Inventarios	78
Ilustración	42 - Archivo Datos a Junio 2015	79
Ilustración	43 - Programa central 3Ejecutor.....	82
Ilustración	44 - Proveedores	87
Ilustración	45 - Probabilidades de Riesgo - Hazard Fallas por Agotados - Plan de Compras	88
Ilustración	46 - Plan final de Compras	89
Ilustración	47 - Avance.....	91

ECUACIONES

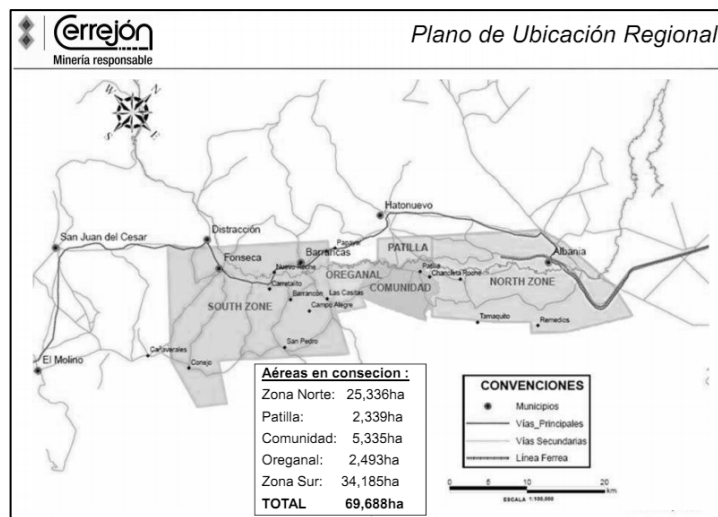
Ecuación 1 - Ecuación de modelo de ajuste por tendencia lineal	40
Ecuación 2 - Modelos clásicos de ajuste por tendencia no lineal.....	41
Ecuación 3 - Medias móviles	42
Ecuación 4 - Expresión para los modelos clásicos de alisamiento exponencial	42
Ecuación 5 - Expresión para los modelos clásicos por descomposición Holt	43
Ecuación 6 - Expresiones de cálculo y estimación de Holt – Winter.....	44

0 INTRODUCCIÓN

Cerrejón es un complejo de minería y transporte de carbón en La Guajira, departamento en el extremo norte de Colombia. Abarca una mina a cielo abierto de carbón térmico que produce 32 millones de toneladas al año, un ferrocarril de 150 km de largo y un puerto marítimo capaz de recibir buques de hasta 180.000 toneladas de capacidad. Emplea a 10.000 personas, de las cuales más del 99% son nacionales colombianas, es el exportador privado más grande y uno de los más importantes contribuyentes de impuestos en Colombia (Cerrejón, 2011).

El área en concesión de la mina del cerrejón supera las 69.000 hectáreas. El trayecto desde la mina hasta Puerto Bolívar es de más de 150 kilómetros de los cuales la mayoría son vías en muy mal estado.

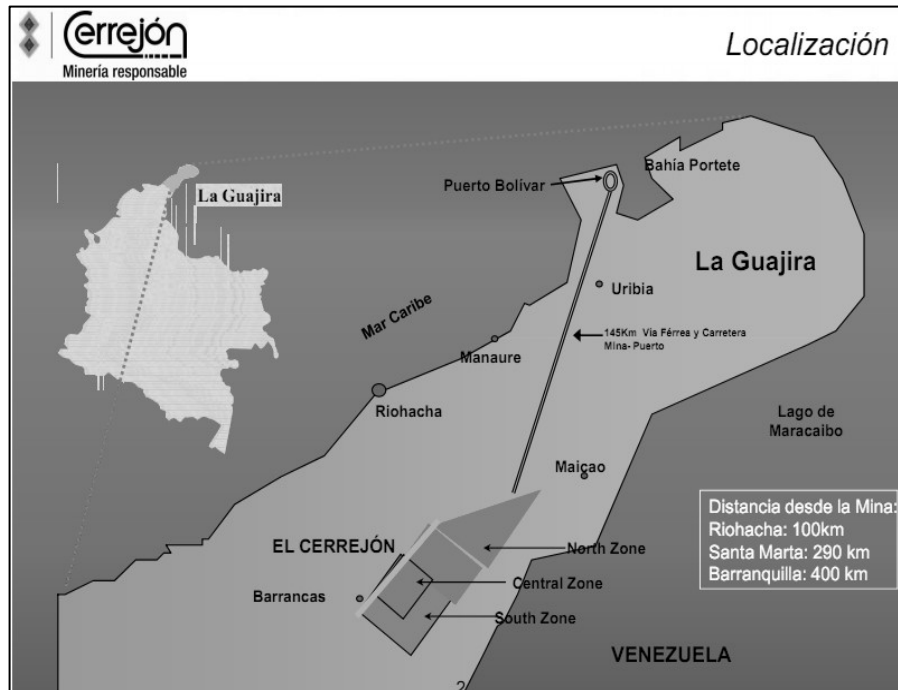
Ilustración 1 - Área en concesión para Cerrejón.



(Cerrejón, 2013)

Los vehículos que laboran en la mina del Cerrejón y Puerto Bolívar superan en recorrido diario en promedio, los 200 kilómetros por día por vías sin pavimentar, esto es una exigencia superior a las condiciones de diseño de estos equipos.

Ilustración 2 - Localización Cerrejón Mina y Puerto



(Cerrejón, 2013)

El mantenimiento de toda la flota del Cerrejón lo realiza un contratista¹, el cual debe brindar todos los repuestos y la mano de obra para garantizar los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

Las condiciones en las que el contratista de mantenimiento de la flota brinda el servicio de mantenimiento de equipos a Cerrejón, se enmarca en un contrato comercial por un periodo de tiempo específico.

El contratista a cargo del mantenimiento tiene como objeto propio maximizar la rentabilidad del contrato comercial firmado con el Cerrejón.

El contrato comercial suscrito para el mantenimiento de equipo liviano, exige que el inventario para la flota sea suministrado por el contratista; esto implica una

¹ A mediados del año 2015 lo asume directamente Cerrejón.

inversión superior a los 1400 millones COP², de forma permanente. Esta inversión por parte del contratista en los elementos a utilizar, para el sostenimiento de los equipos livianos en la BhP. Billiton en el Cerrejón, válida la necesidad de tener los más estrictos controles en los inventarios de repuestos para minimizar la inversión en inventario.

La necesidad natural para mantener el equipo en las condiciones originales del servicio, para el cual se adquiere un activo, implica el aumento en las actividades de mantenimiento y por ende el consumo de repuestos, a medida que los equipos se usan.

Los gerentes, supervisores y técnicos tienden a pensar que mientras los equipos envejecen, requiere un alto stock de repuestos en los almacenes para garantizar la continuidad operativa. Actualmente existen metodologías de gestión de activos con el fin de dimensionar y seleccionar adecuadamente el inventario de repuestos que se desean tener a disposición, con un control del stock de almacén óptimo para la gestión del mantenimiento (Mora, 2014).

El análisis del comportamiento del inventario de repuestos en el almacén de mantenimiento, es un elemento central de este proyecto, cuyo fin es plantear una técnica para el manejo de inventarios y para la implementación de pronósticos de los repuestos requeridos en la estimación de cuánto y cuándo pedir, de acuerdo a las políticas de inventarios *MTS*³ *MTO*⁴ *MTF*⁵, *Technology Push - Demand Pull - Play Frozen*, con metodologías que se desarrollan a lo largo de esta investigación.

² COP Pesos Colombianos

³ *MTS - Make To Stock*

⁴ *MTO - Make To Order*

⁵ *MTF - Make To Frozen*

0.1 JUSTIFICACIÓN

Un almacén de repuestos para una flota de vehículos de más de 500 equipos, en este caso en particular, maneja más de mil millones de pesos colombianos⁶, en el costo del inventario.

El inventario de un almacén de repuestos es el mayor activo con el que se cuenta, los problemas relacionados con este, quiebran a los negocios cuando existe un exceso de inventario, lo que provoca la iliquidez de la compañía, y cuando existe un déficit afecta la imagen ante los clientes y las diferentes relaciones comerciales; esto ocasiona que el análisis de la gestión de inventarios sea una obligación dentro de la compañía como herramienta fundamental para alcanzar los objetivos estratégicos de organización, que suministre repuestos a las flotas automotrices reabastecerse (Guerrero, 2009).

El desarrollo de esta investigación busca obtener soluciones a la problemática de inventarios de repuestos para flotas automotrices, a través de un modelo de gestión y operación de inventarios de repuestos de mantenimiento, basado en el estado futuro, mediante la predicción anticipada por series temporales de la demanda futura, lo cual puede traducirse en una reducción importante en los costos de adquisición, compra, almacenaje, transporte, consumo de los productos ofrecidos y el suministro de los repuestos en el tiempo que se estima y el lugar que son requeridos por el departamento de mantenimiento.

0.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O MEJORA

Los inventarios de repuestos de mantenimiento son el conjunto de activos (piezas de repuestos, aceite, consumibles, insumos de mantenimiento, accesorios) que la empresa adquiere con el propósito de utilizar posteriormente en las reparaciones de los activos que la compañía requiera para brindar una oportuna respuesta.

⁶ TRM Tasa de cambio a la fecha de 16 de julio de 2015, es de 2713,04 pesos por dólar.

El servicio de mantenimiento para una flota automotriz de más de 500 equipos requiere un alto costo de inversión para mantener un inventario acorde a los niveles de servicios deseados, estos costos son superiores a los 100.000 USD mensuales, lo anterior justifica ampliamente el establecimiento de criterios, estrategias y herramientas informáticas para la administración de los inventarios de repuestos para el mantenimiento y una metodología seria *MTS*⁷ *MTO*⁸ *MTF*⁹, para optimizar el stock lograr los dos principios básicos del manejo de almacenes: minimizar el capital y maximizar el nivel de servicio.

La existencia de inventarios, se justifica desde dos hechos posibles:

- La velocidad de demanda es más alta que la de producción o aprovisionamiento.
- El tiempo de transporte y/o la distancia entre el punto de fabricación o comercialización de productos y el punto donde se consumen o donde se requieren, son muy grandes (Mora, 2012a) (Mora, 2014).

El inventario de repuestos en servicio de mantenimiento automotriz se rige por los dos tipos de mantenimiento:

- Los mantenimientos planeados.
- Los mantenimientos no planeados (reparaciones por fallas imprevistas).

Usualmente los mantenimientos planeados, tales como predictivo y preventivos, dado que se conoce con antelación sus fechas posteriores de realización caen en la categoría de *Pull*, que son solicitados cuando los demandan; a diferencia de los *Push* que es factible asociarlos a los trabajos correctivos.

⁷ *MTS Make To Stock*

⁸ *MTO Make To Order*

⁹ *MTF Make To Frozen*

Los mantenimientos planeados, requieren repuestos en función de la labor a realizar y se puede proyectar la cantidad a utilizar y la fecha estimada de realización de la reparación, en la cual se debe tener en cuenta todos los procesos de gestión de compra en los que se interviene en una compañía con buenas prácticas (niveles de autorización, validación de proveedores y documentación) y las posibles variaciones de entrega del equipo a reparar por cuenta de la operación y oportunidad de mantenimiento (necesidades de producción, paros generales de planta, criticidad de la falla), este tipo de repuestos se llaman *Demand Pull*.

Los mantenimientos no planeados exigen normalmente que sus repuestos se encuentren disponibles en almacén, ya que su misma definición de no planeados, hace que se requieran en cualquier momento y por lo tanto deben estar permanentemente en el inventario para dar una adecuada respuesta al nivel de servicio, las condiciones anteriores nos inducen a que estos repuestos sean tipo *Technology Push*.

La utilización de un sistema o metodología que permita administrar y controlar el manejo de los insumos, los repuestos y las materias primas de mantenimiento se considera como un instrumento avanzado de mantenimiento ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros en la gestión y operación del mantenimiento industrial, como también se logran mejoras logísticas en el servicio de mantenimiento (Mora, 2006)

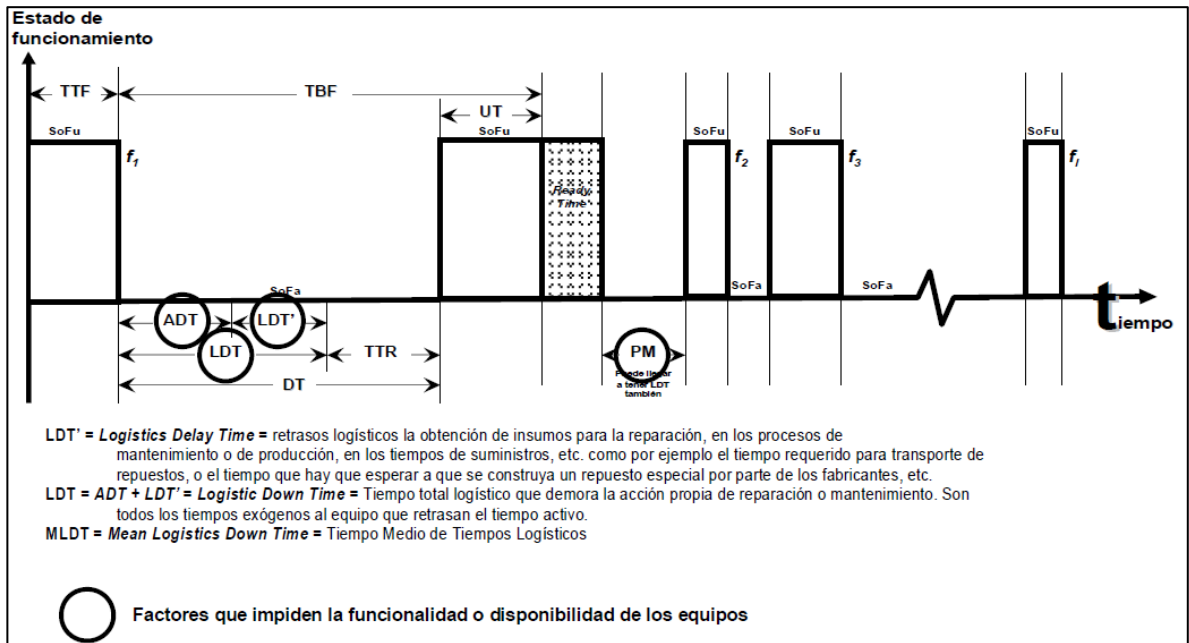
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se refleja como el DT¹⁰ se afecta principalmente por dos elementos:

- *TTR, (Time To Repair)* tiempo para reparar.
- *LDT, (Logistic Down Time)* Retraso logísticos en la consecución de insumos o repuestos

¹⁰ DT significa Down Time, este término refleja el tiempo fuera de servicio de un equipo.

Lo anterior muestra la gran importancia que tener un buen sistema de inventarios de repuestos, repercute en la disminución del tiempo fuera de servicio para los equipos y su aumento en el indicador de disponibilidad.

Ilustración 3 - Tiempos que impiden la funcionalidad del equipo.



(Mora, 2006)

Una buena gestión de inventarios de repuestos exige claridad en cómo se administran los repuestos *Demand Pull*, *Technology Push* y *Play Frozen*, mediante una correcta utilización de recursos en la compañía, a través del crecimiento y continuidad en el mercado de cualquier empresa. Invertir más de lo necesario en repuestos de mantenimiento, compromete la liquidez de la compañía e invertir menos de lo necesario compromete los niveles de cumplimiento, en cualquiera de los dos extremos las consecuencias son indeseables.

Las pérdidas que genera la cadena de la gestión de mantenimiento, en gran porcentaje se deben a una gestión no adecuada de repuestos. Esta problemática se puede traducir en dos variables, claramente identificables, para cada uno de los repuestos que se deben manejar en el almacén: qué cantidad debo solicitar por

cada pedido de compra (cuánto) y en qué momento debo realizar el pedido de compra (cuándo).

Si estas variables no se manejan eficientemente puede ocurrir un aumento de los costos totales de gestión y/o la faltante de repuestos en el momento en que se lo necesita para cumplir con los requerimientos de mantenimiento (Garrido@, 2009).

Lo anterior genera importancia en esta investigación, dadas las responsabilidades que existen entre la calidad de la gestión de inventarios para repuestos de mantenimiento y los costos que estos generan, donde se trabaja en conjunto para buscar un equilibrio de cuándo comprar y cuánto comprar, con el fin de buscar el punto óptimo que permita asegurar la disponibilidad de los equipos con el mínimo capital inmovilizado posible. La informática es esencial en inventarios.

0.3 OBJETIVOS

El proyecto se centra en el cumplimiento de los objetivos, primero los específicos y luego el principal.

0.3.1 General

Controlar el proceso de cálculo y reabastecimiento del inventario en un Taller de Servicio Automotriz de Equipo Liviano (TSAEL) en la mina del Cerrejón.

0.3.2 Específicos

0.3.2.1 Uno - Provisiones

Describir el proceso de cálculo de reabastecimiento *Technology Push*, *Demand Pull* y *Play Frozen* de TSAEL en la mina del Cerrejón. Nivel 1 -Conocer

0.3.2.2 Dos - Mejoras

Determinar los puntos clave del proceso actual de reabastecimiento en aras de optimizar el inventario. Nivel 2 – Comprender

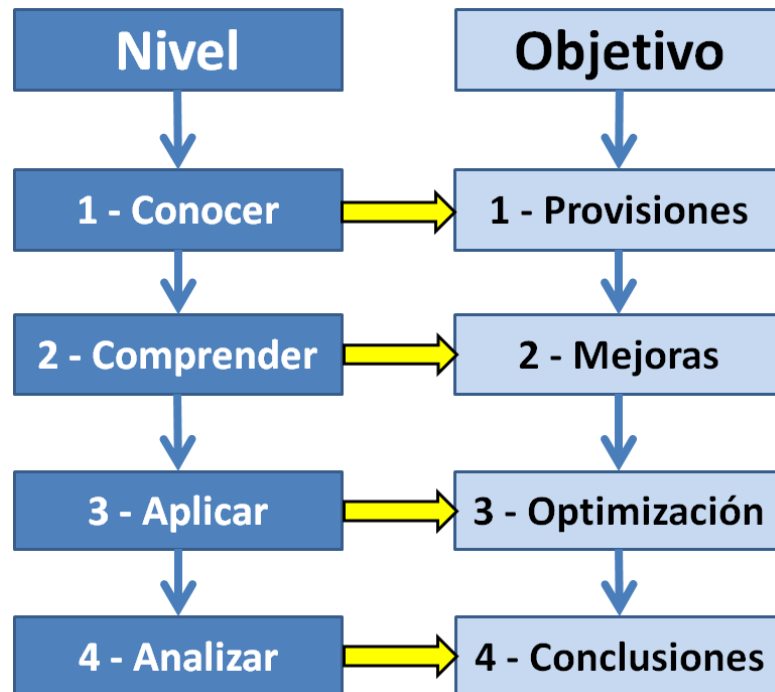
0.3.2.3 Tres - Optimización

Establecer controles de proceso que permitan minimizar el capital del inventario sin sacrificar el nivel de servicio; mediante los cálculos de cantidad y frecuencia en el reabastecimiento *Push*, *Pull* y *Frozen*. Nivel 3 - Aplicar

0.3.2.4 Cuatro - Conclusiones

Concluir los principales resultados. Nivel 4 - Analizar - Escala Bloom Gagné y Barret (Gagné@, y otros, 2008)¹¹.

Ilustración 4 - Secuencia Lógica de Objetivos.



¹¹ @ el símbolo de arroba se usa en este libro para denotar que la fuente es tomada de Internet y se clasifica en forma detallada en la Bibliografía.

1 FUNDAMENTOS

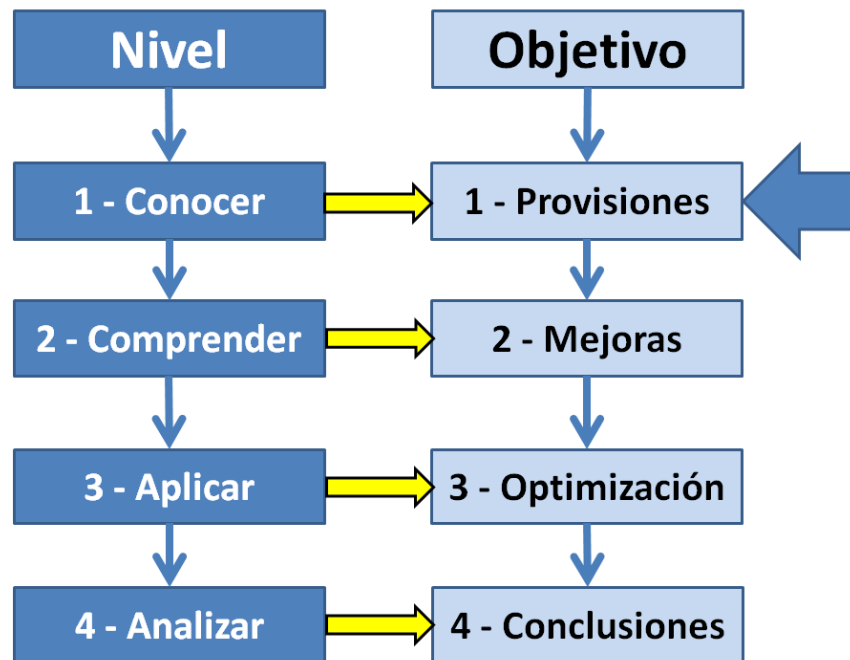
1.1 OBJETIVO

Describir el proceso de cálculo de reabastecimiento *Technology Push*, *Demand Pull* y *Play Frozen* de TSAEL en la mina del Cerrejón. Nivel 1 -Conocer

1.2 INTRODUCCIÓN

La primera sección aporta los principios y fundamentos estructurales, que permiten determinar de una manera científica y práctica las cantidades y las frecuencias del reabastecimiento, mediante la utilización de estándares internacionales específicos para referencia o ítems *Push*, *Pull* y *Frozen*.

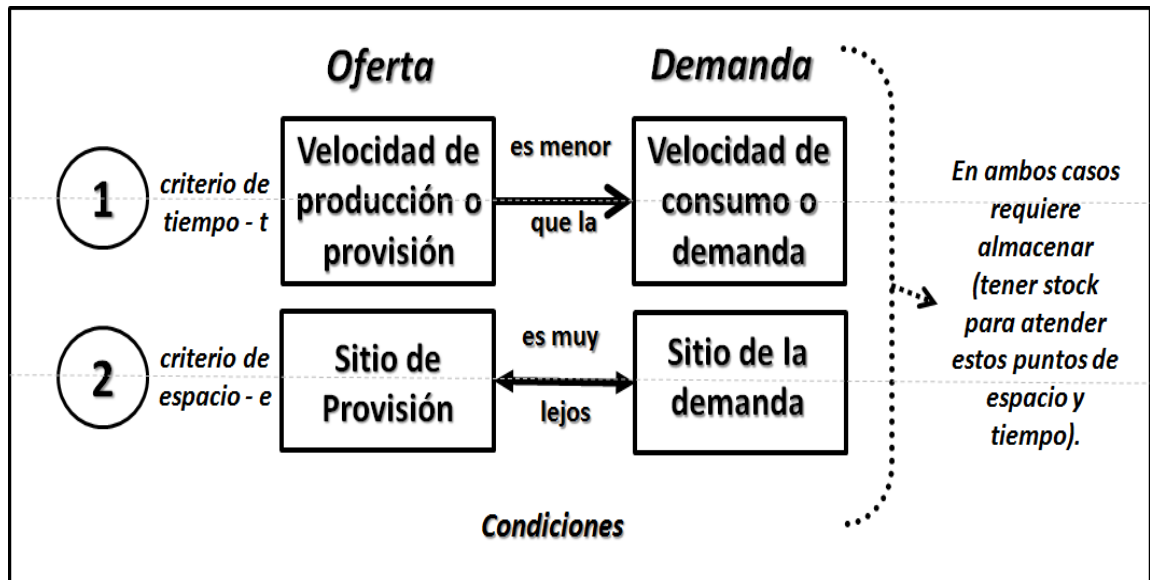
Ilustración 5 - Avance



1.3 DESARROLLO

El capítulo en su desenvolvimiento, aporta la fundamentación del objetivo de reabastecimiento de inventarios bajo la Metodología *MTS MTO MTF*.

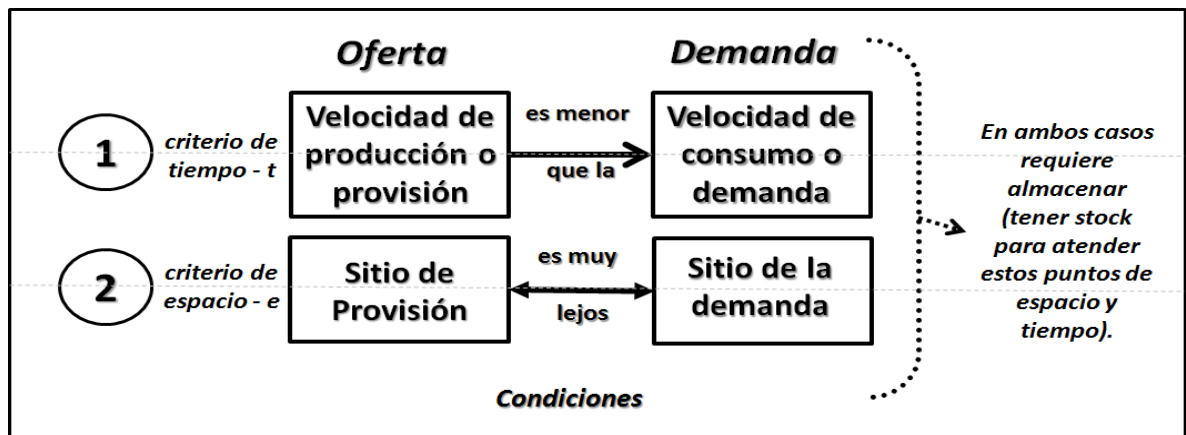
Ilustración 6 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario



1.3.1 Inventarios

La razón de tener inventarios en las empresas, tiene dos fuentes: primero, cuando la distancia entre el proveedor y el consumidor es muy grande y segundo, cuando la velocidad de demanda del consumidor es en grado sumo, más alta que la velocidad de provisión del oferente.

Ilustración 7 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario



(Mora, 2014)

1.3.1.1 Generalidades

El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de materiales necesarios, para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de comercialización de los servicios y de esta forma afrontar la demanda.

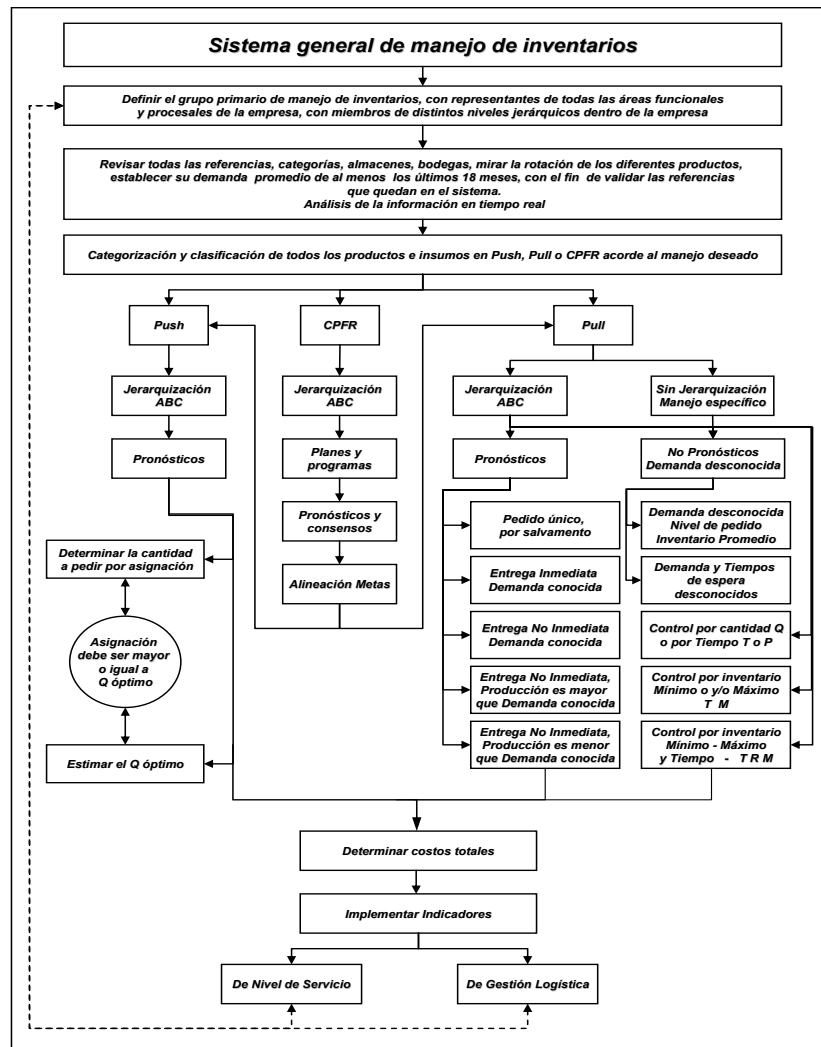
La situación más compleja en la gestión de inventarios, se da cuando ocurren faltantes o excesos en los volúmenes de existencia en las referencias que se manejan, ambos son dos problemas difíciles de manejar en el almacenamiento: los agotados de por sí generan muchos tropiezos en los procesos logísticos y los excesos atormentan a los financieros de las empresas, en el sentido de que el capital de trabajo está amarrado y no circula, con lo cual se generan posibles pérdidas, pues si estos excesos no se utilizan, se convierten en obsoletos y afectan el capital de la empresa, a la vez que disminuyen la rentabilidad (Mora, 2012a).

1.3.1.2 Metodología estandarizada de inventarios

Existen a nivel mundial muchas prácticas y teorías probadas como eficientes, que presentan bastantes coincidencias en las formas, técnicas, metodologías, cálculos y procedimientos técnicos efectivos para estimar los inventarios que se requieren mantener a la hora de atender a los clientes cuando estos demanden productos (Norman, 2003).

El proceso de gestión de inventarios y estimación de pronósticos de demanda, se fundamenta en el siguiente proceso:

Ilustración 8 - Sistema integral logístico de manejo de inventarios



(Mora, 2012a)

1.3.1.3 Costos de inventarios

1.3.1.3.1 Costos de pedir:

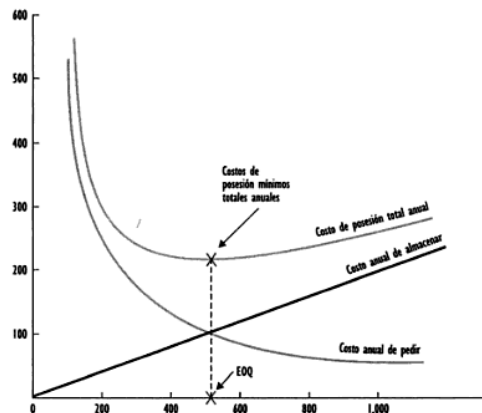
Esta cifra se asocia al mismo hecho de solicitar al proveedor o al fabricante una cantidad definida de referencias, esto conlleva costos como: procesamiento del pedido, comunicaciones, elaboración de la documentación pertinente, el tiempo de los funcionarios que intervienen, el costo de las transacciones bancarias y

financieras, transporte, recursos de los diferentes departamentos internos o externos que facultan la compra y demás coligados.

1.3.1.3.2 Costos de sostener:

El mantenimiento en si del inventario, conlleva una serie de costos como: renta o alquiler del espacio físico volumétrico que se ocupa y vacío para el almacén o bodega, costo financiero del valor promedio del total de la mercancía en almacén, costos de seguros e impuestos en relación con el valor y volumen del inventario que se maneja y costos por obsolescencia que es el que generan los productos que por alguna razón de tiempo u otra, se deterioran, o dejan de utilizarse diversas razones.

Ilustración 9 - Costos de la gestión de materiales



(Norman, 2003)

1.3.1.4 Technology Push

En el caso particular de los artículos tipo *Technology Push*, en ocasiones los lotes de pedidos a los proveedores son mayores que el requerimiento, o la capacidad de fabricación de piezas excede la cantidad solicitada (Mora, 2012a)

Es el caso de un hipermercado, una ferretería o almacén de telas. La demanda y fabricación se trabaja netamente contra un inventario. Salen desde las fábricas

hacia el consumo, de allí su denominación *Technology Push*, son empujados desde las fábricas (tecnología) hacia los mercados.

Las referencias *Technology Push* siempre deben estar disponibles en el almacén o bodega, una vez se agota el inventario establecido y se llega al nivel de reposición o nivel de pedido, se solicita mercancía nuevamente para completar el nivel que se desea a mantener en forma permanente.

Básicamente esta categoría de *Technology Push* trabaja contra el nivel real del inventario. Su demanda en la mayoría de las veces tiene patrones de conducta algo similares.

Los sistemas de manejo *Technology Push* toman relevancia, cuando las cantidades posibles de producir son superiores a la demanda, en los casos en que se justifica reabastecer los diferentes centros de despacho o almacenamiento. Los *Technology Push* se usan en demasía cuando predominan en el sistema logístico, los procesos integrales de compra o suministro sobre la distribución o el almacenamiento (Mora, 2012a).

1.3.1.5 Demand Pull

Solo se fabrican cuando el cliente los solicita, son hechos a la medida y características de la demanda, de allí su nombre *Demand Pull*. De ellos no se mantienen inventarios y si por alguna razón la cantidad de fabricación es superior a la demanda, a lo que queda no se le denomina inventario sino remanente.

Los artículos *Demand Pull*, solo se piden al proveedor o fabricante cuando se solicitan por el cliente, el saldo remanente que queda, es como una especie de inventario, pero es solo eso, un residuo de la solicitud anterior, por lo general en esta categoría se mantienen los productos de escasa demanda, que no implican consecuencias negativas en el evento de no mantenerlos en stock, el tiempo de espera del proveedor es denominado *lead time*, aparecer como uno de los criterios más importantes en este tipo de artículos (Mora, 2012a).

Las Máximas y Mejores prácticas que gobiernan internacionalmente el Buen Manejo de Inventarios son:

- 1) Se tienen Inventarios, por dos razones básicas, de forma independiente o combinadas:
 - a) La velocidad de Consumo es mucho más alta que la velocidad de Provisión y/o b) La distancia física entre el punto de origen del aprovisionamiento es inmensamente lejos del Punto de Consumo
- 2) Un buen inventario procura, alcanzar dos principios básicos universales: **Mínimo Capital de Trabajo** y **Máximo Nivel de Servicio**, evitando a toda costa los **Agotados** y los **Excesos**

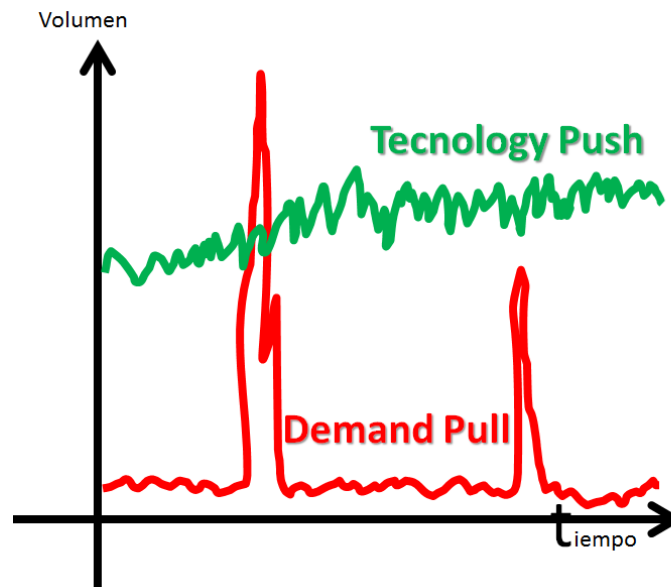
Función Primaria de las diferentes clases de Items en Inventarios



(Mora, 2012a) (INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF, 2013)

En general el comportamiento de los artículos *Demand Pull* siempre mantienen un comportamiento irregular y aleatorio (Hanke, y otros, 1996) (Mora, 2012a) (Mora, 2012b).

Ilustración 11 - Push & Pull - Curvas típicas



(Mora, 2014)

En ambos casos existen metodologías ya probadas a nivel universal para determinar las cantidades a pedir y el tiempo en que estos se deben realizar, con el fin de: optimizar el capital de trabajo, mantener niveles altos de satisfacción en los clientes que demandan o piden, minimizar los costos de almacenamiento y pedido, disminuirle nivel de remanentes en los *Demand Pull* maximizando la rentabilidad, suavizar y facilitar el proceso de producción y muchos otros beneficios (Mora, 2012a).

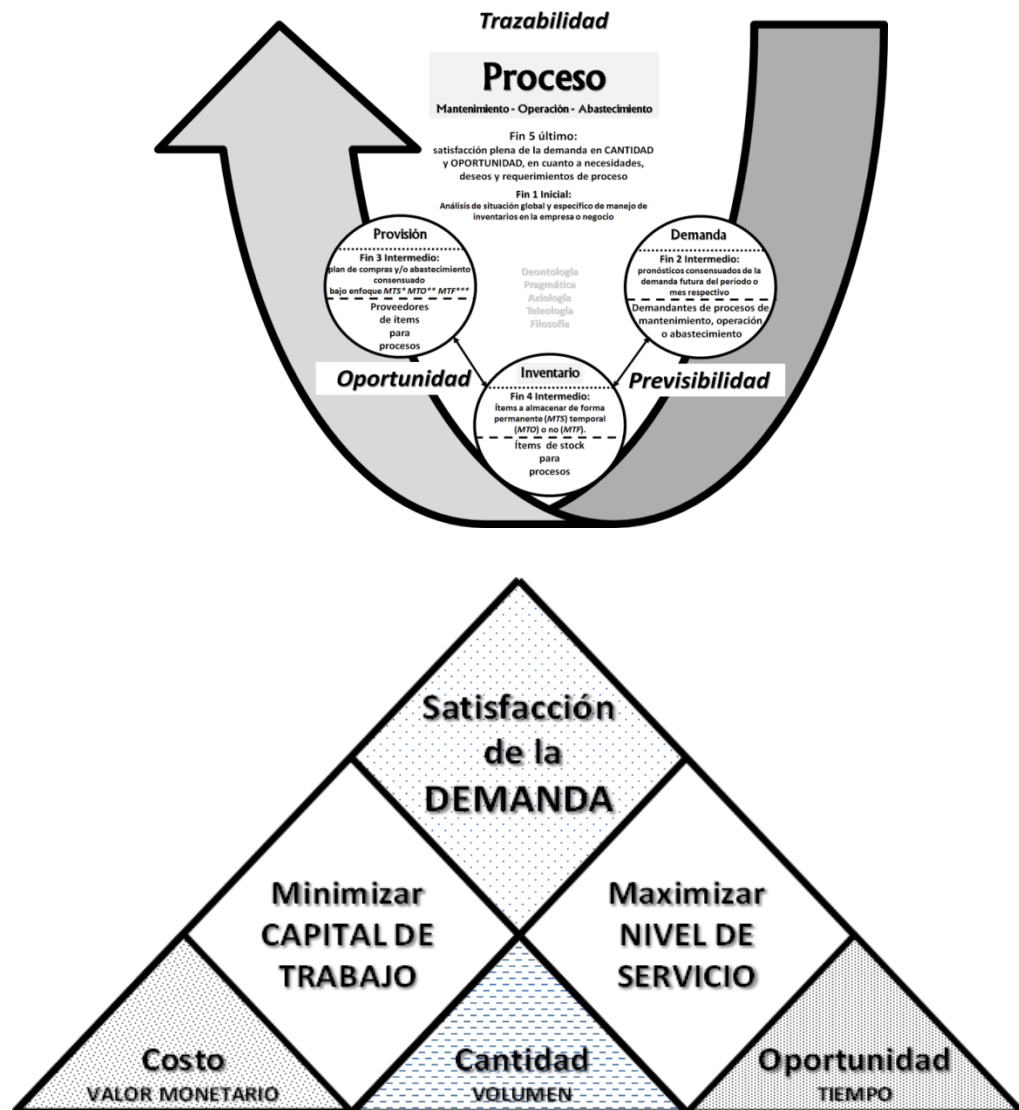
1.3.1.6 Play Frozen

Esta categoría se mantienen los productos de escasa demanda o los muy costos, similar a los *Demand Pull*, pero al contrario de los anteriores el no tenerlos implican consecuencias negativas para el mantenimiento o el nivel de servicio.

El pedido de este tipo de repuestos es el mínimo posible y se calcula como la demanda que se espera en el próximo mes, menos el inventario actual, menos el pedido en tránsito, menos los pedidos pendientes de entrega.

Este tipo de repuestos son de estratégicos al impactar negativamente en el caso de su falta al momento de ser pedidos (Mora, 2012b).

Ilustración 12 - Estructura de los elementos de la Metodología *MTS MTO MTF*



(Mora, 2014)

Los cuales sirven para llevar a cabo un permanente monitoreo y mejora de los resultados periódicos o mensuales, que se obtienen de aplicar de manera integral y específica la Metodología *MTS MTO MTF*. El sistema y las condiciones

1.3.1.7 Clasificación ABC

Una vez que se selecciona la forma de manejar el sistema de inventarios, mediante su categorización *Technology Push* o *Demand Pull*, en cada una de ellas se deben jerarquizar mediante la metodología de clasificación ABC cada una de sus referencias, para poder darles un correcto manejo, ABC permite darle un mejor nivel de servicio al cliente de cada referencia, a la vez admite otorgar un excelente apoyo logístico y una mayor atención a aquellos productos que tengan elevados volúmenes y altas demanda, en el sistema integral de inventarios, en sustitución de no desperdiciar tiempo y esfuerzos logísticos en aquellos productos que poco o nada aportan al sistema de inventarios.

El principio ABC jerarquiza los productos o insumos acorde a la cantidad de unidades usadas y el precio de las mismas, el concepto del monto económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo es el concepto más importante para definir la categoría A o B o C, de cada ítem.

El esfuerzo logístico se le debe prestar a una cantidad pequeña de referencias que mueven un gran volumen y un alto porcentaje de los artículos de los inventarios, para ellos es posible establecer algunas relaciones, entre las más relevantes, existen dos que son las más usadas:

- Árbones recomienda que un 10% de los artículos mueven un 75% de la cantidad utilizada o demandada (Tipo A); el siguiente 35% de las referencias representan el 20% del movimiento total del almacén (Tipo B) y el 55% restante de los productos solo mueve el 5% de la cantidad total de lo que se utiliza en el inventario (Tipo C).

- Ronald Ballou expresa que un 20% de las referencias representa al menos el 80% de la cifra que se utiliza en el total del inventario (Tipo A), luego el siguiente 30% de los productos trabaja con el 10% de la demanda total (Tipo B) y por último el restante 20% de los artículos mueve otro 10% de la cantidad global que se demanda (Tipo C) (Mora, 2012a)

Ilustración 13 - Deber Ser - Secuencia Lógica - Fines intermedios & último



(Mora, 2014)

Ilustración 14 - Síntesis Inventarios



(Mora, 2012)

1.3.2 Pronósticos

Los procedimientos de predicciones se requieren de manera vital en inventarios. Los dos grandes temas sensibles de stock son: pronósticos de demanda y plan de compras, que son los ejes centrales de este proyecto.

1.3.2.1 Generalidades

Los métodos proyectivos de series temporales, se basan exclusivamente en una extrapolación de los datos del presente y del pasado hacia el futuro, lo que denota que las causas que originan el comportamiento numérico en el pasado y en el presente, son los mismos que patronean el comportamiento futuro (Carrión, 1999).

El pronóstico de repuestos se puede realizar entre otros varios métodos, por la Metodología Universal de Pronósticos siguiendo un método riguroso y simple que

permite llegar a obtener cifras del estado futuro de la demanda bastante cercanas a la realidad, el método exige disciplina, paciencia y mucho análisis; es tan útil su aplicación que aparte de los beneficios del pronóstico en sí, el analista llega a conocer profundamente el fenómeno de la demanda analizándola bajo un esquema organizado y lógico que le permite pronosticar un comportamiento futuro casi perfecto de la serie en estudio.

Un buen pronóstico, en el caso específico de los inventarios, es la puerta de entrada para un manejo adecuado y óptimo de los mismos, los cálculos que usan para el control y manejo de inventarios, todos requieren de los estimados o pronósticos, de allí su importancia en este tema (Mora, 2012a).

1.3.2.2 Metodología universal estandarizada de pronósticos

El proceso muestra un desarrollo estándar que permite aseverar y asegurar errores mínimos, siempre y cuando se cumpla en todo su detalle, en las tres etapas: análisis y observación, postulación y verificación.

1.3.2.3 Análisis previo

El primer paso del método científico obliga a desarrollar un proceso de observación, análisis y estudio de los datos que se tienen para ser proyectados, esto obliga a tener en cuenta todos los parámetros relevantes que inciden en el comportamiento del fenómeno evaluado, para esto es necesario primero definir las características básicas de la información antes del proceso de pronósticos (Tamayo, 2001).

La definición de un pronóstico en una serie temporal, conlleva obtener las respuestas a cuestiones cómo:

- ¿Qué va a suceder en el futuro? - Factor cualitativo
- ¿Cuándo debe ocurrir? - Factor temporal
- ¿En qué cantidad va a suceder? - Factor cuantitativo
- ¿Cuál es la probabilidad de que eso ocurra? - Factor probabilístico

1.3.2.3.1 Estructura vertical – Nivel

Es la forma horizontal que adopta la serie en su comportamiento histórico y actual, en el caso donde se presenten varios niveles, es necesario solo tomar el período más reciente.

Los cambios de nivel básicamente lo que reflejan es una variación de las condiciones del entorno, al cambiar lo que expresa es que se está en un ambiente diferente al natural de la serie, lo que conlleva a afirmar que la metodología de pronósticos con series temporales no trabaja bien, por lo cual se deben descartar los distintos niveles anteriores diferentes al actual, una forma de descubrir estos cambios de nivel es mediante la observación de la gráfica y otra forma un poco más rigurosa es calcular la relación de la desviación estándar de toda la serie entre la media total, si esta es superior al 50% lo más probable es que los cambios de nivel afecten la calidad de los pronósticos y la precisión de la bondad de ajuste entre pronósticos y realidad, en síntesis para relaciones entre Media / Desviación estándar superiores al 50% no es recomendable pronosticar, antes de eliminar los diferentes niveles distintos al último más reciente (Mora, 2012a).

1.3.2.3.2 Estructura horizontal – Ruido o aleatoriedad

El patrón o estructura horizontal aparece cuando la serie es neutra (o tiende a cero) y posee una desviación estándar pequeña y constante a lo largo de toda ella, a este fenómeno se le denomina estacionalidad, en estos casos se enuncia que la serie permanece estable dentro de cierto rango o desviación estándar de valores; cuando esto ocurre en las series estacionarias en media, existe una probabilidad igual de que el siguiente valor esté por encima como por debajo de la media (o sea que hay ausencia de ruido o alternatividad de valores alrededor de la media) (Makridakis, y otros, 1998).

El principio básico para determinar la existencia de una estructura horizontal, ruido o aleatoriedad es mediante la suavización, cuya finalidad es minimizar la desviación estándar (oscilaciones alternadas alrededor de una serie) de la serie

mediante la supresión del componente de ruido para eliminar las incidencias estocásticas o aleatorias, que a la larga son las que generan el ruido. El fundamento es sencillo, si se aplica la suavización con una media móvil simple a una serie temporal, en forma de línea recta, no debe existir ninguna diferencia entre la línea suavizada y la original (Mora, 2012a).

1.3.2.3.3 Estructura tendencial

Las series que presentan un crecimiento o decrecimiento en su pendiente al través del tiempo, poseen una estructura tendencial, se puede detectar visualmente, se dice que se tiene estructura tendencial cuando la pendiente es diferente de cero (se analiza con el método de regresión lineal con mínimos cuadrados).

La presencia de una estructura tendencial se visualiza fácilmente en primera instancia mediante la aplicación de un ajuste por tendencia lineal, de la forma $y = a + b * t$, donde a es el intercepto de la alineación y b es la tendencia, en ambos casos tanto creciente como decreciente se observa que la pendiente no es cero.

Otra forma de evaluar la presencia de una estructura tendencial en una serie, es mediante la utilización de la función de auto correlación (ACF), la cual consiste en valorar las diferencias de los valores reales de la serie con un retraso de una unidad (Mora, 2012a).

1.3.2.3.4 Estructura estacional y/o cíclica

Las series que poseen estructuras repetitivas en el tiempo influenciadas por factores estacionales (o cíclicos), denotan una repetición iterativa (inferior a doce meses para las estacionales y superior a un año para las cíclicas) de sus comportamientos; ejemplos de estas series estacionales son los fenómenos climáticos como el verano o el invierno, la demanda de objetos para navidad, la utilización de servicios de playa o descanso en períodos de vacaciones, etc.; en general son fenómenos que repiten dentro de un lapso de tiempo de un año.

Fundamentos de Inventarios

Incidencia primordial de pronósticos en Inventarios y/o en la Cadena de Suministros

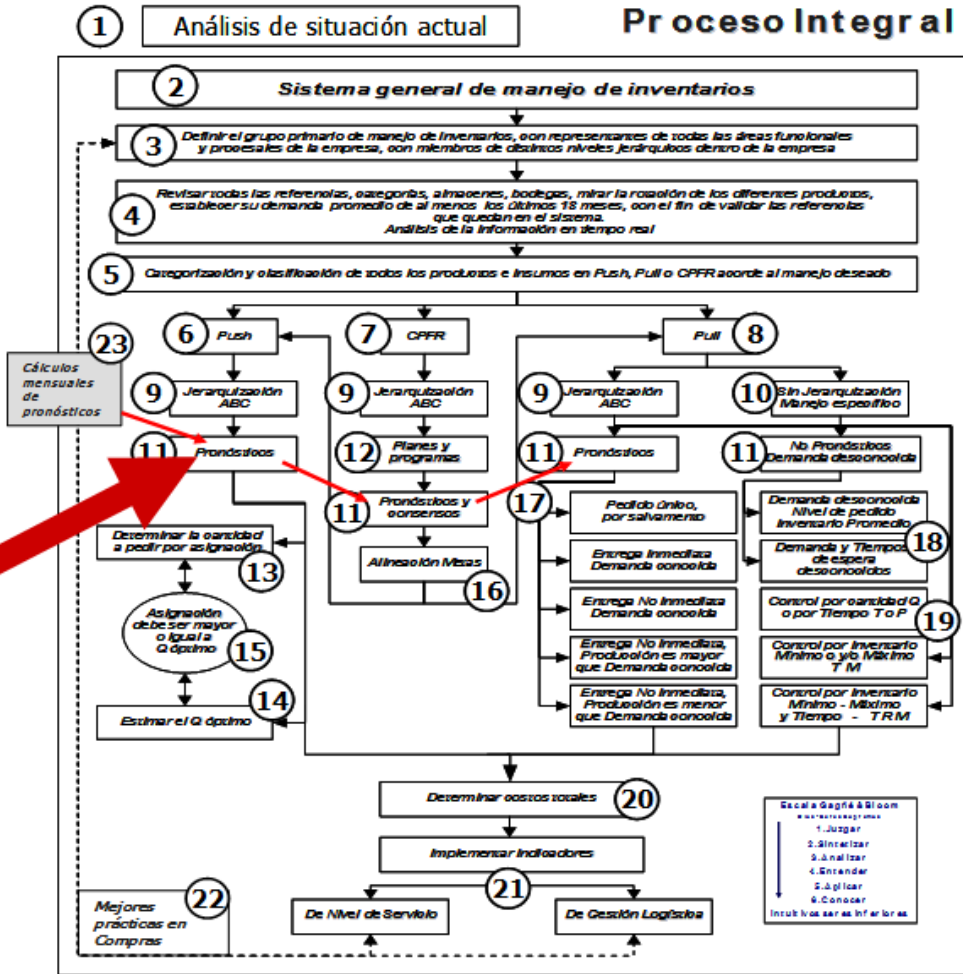


Ilustración 16 - Método Científico y Pronósticos Series temporales

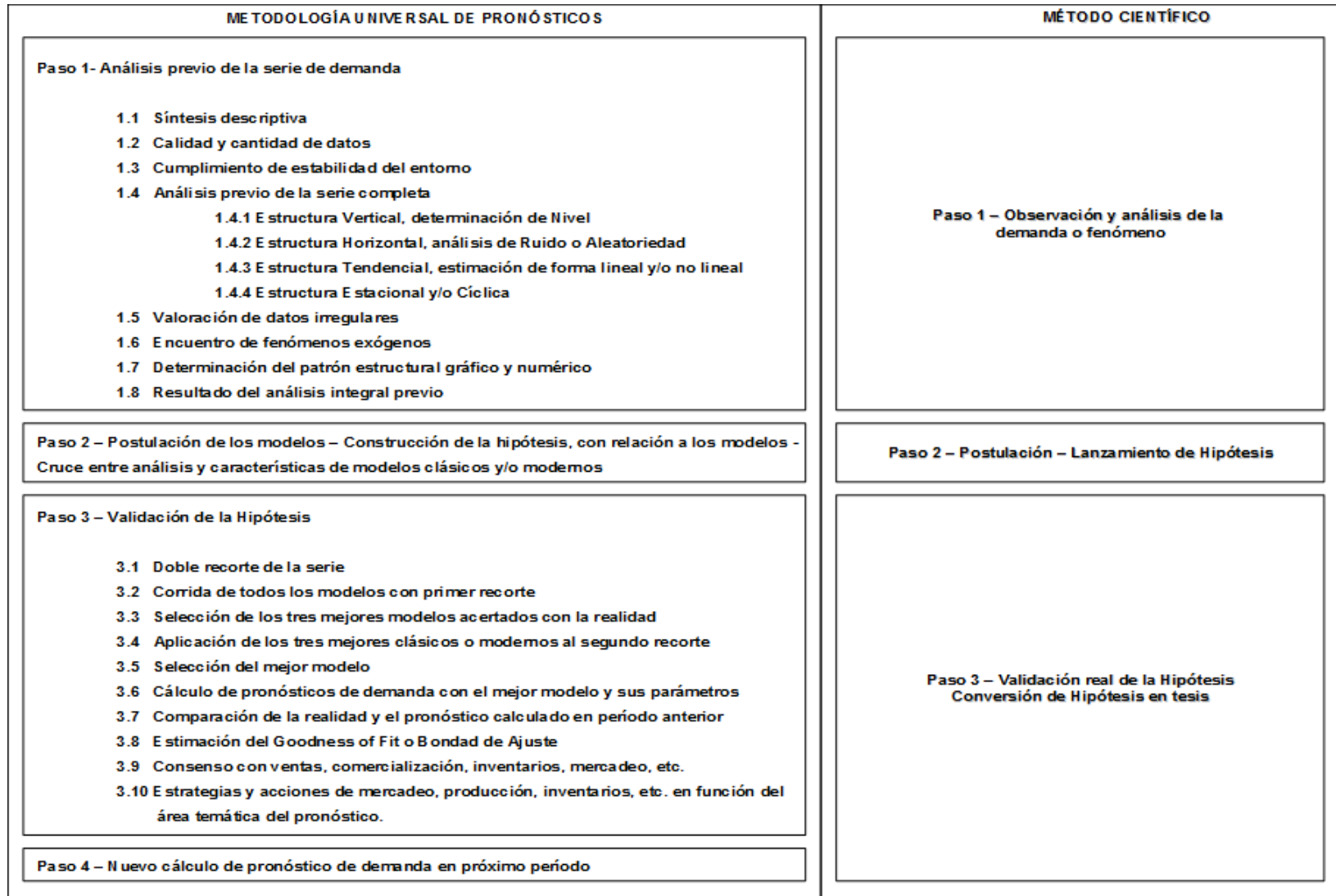
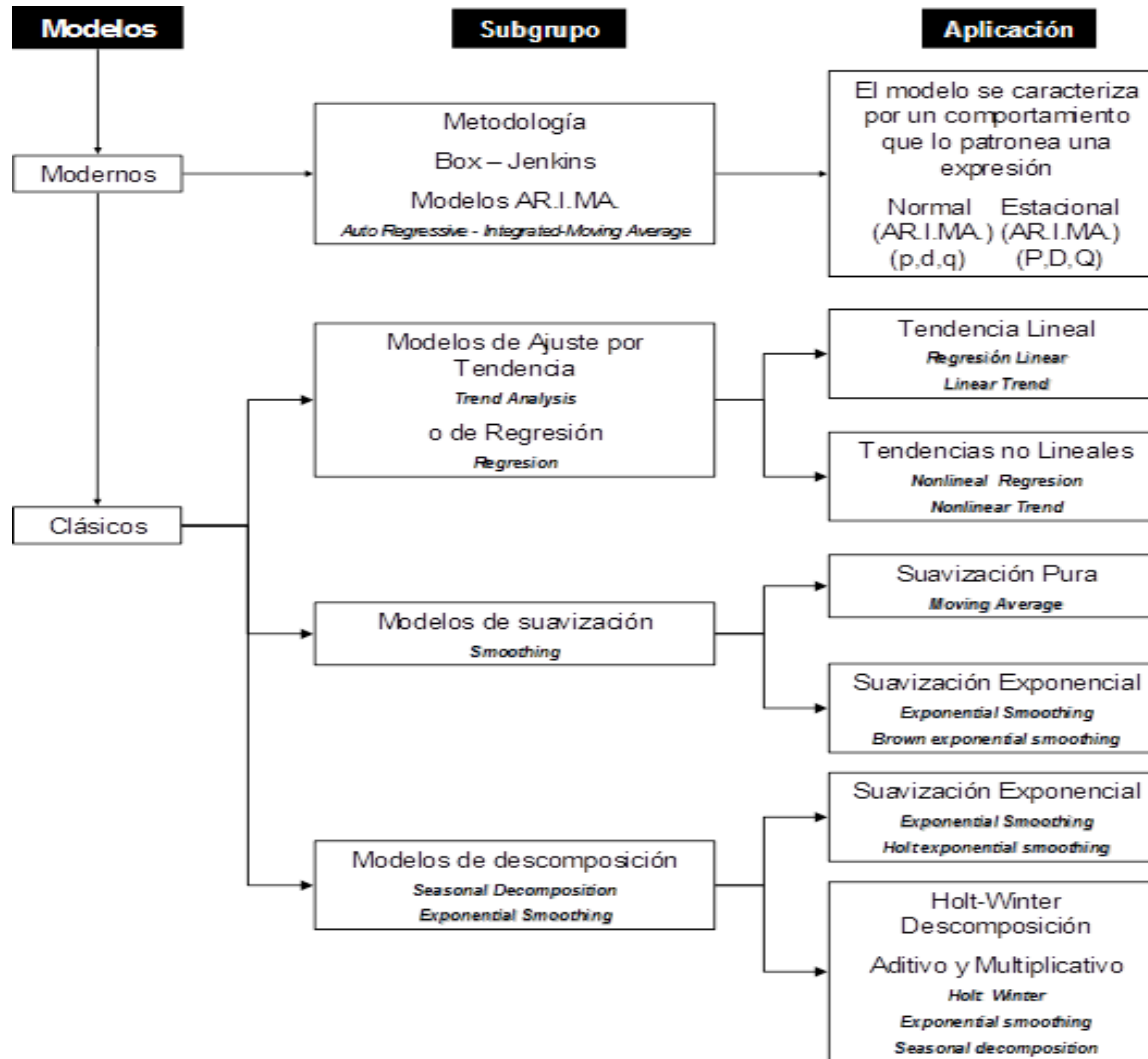
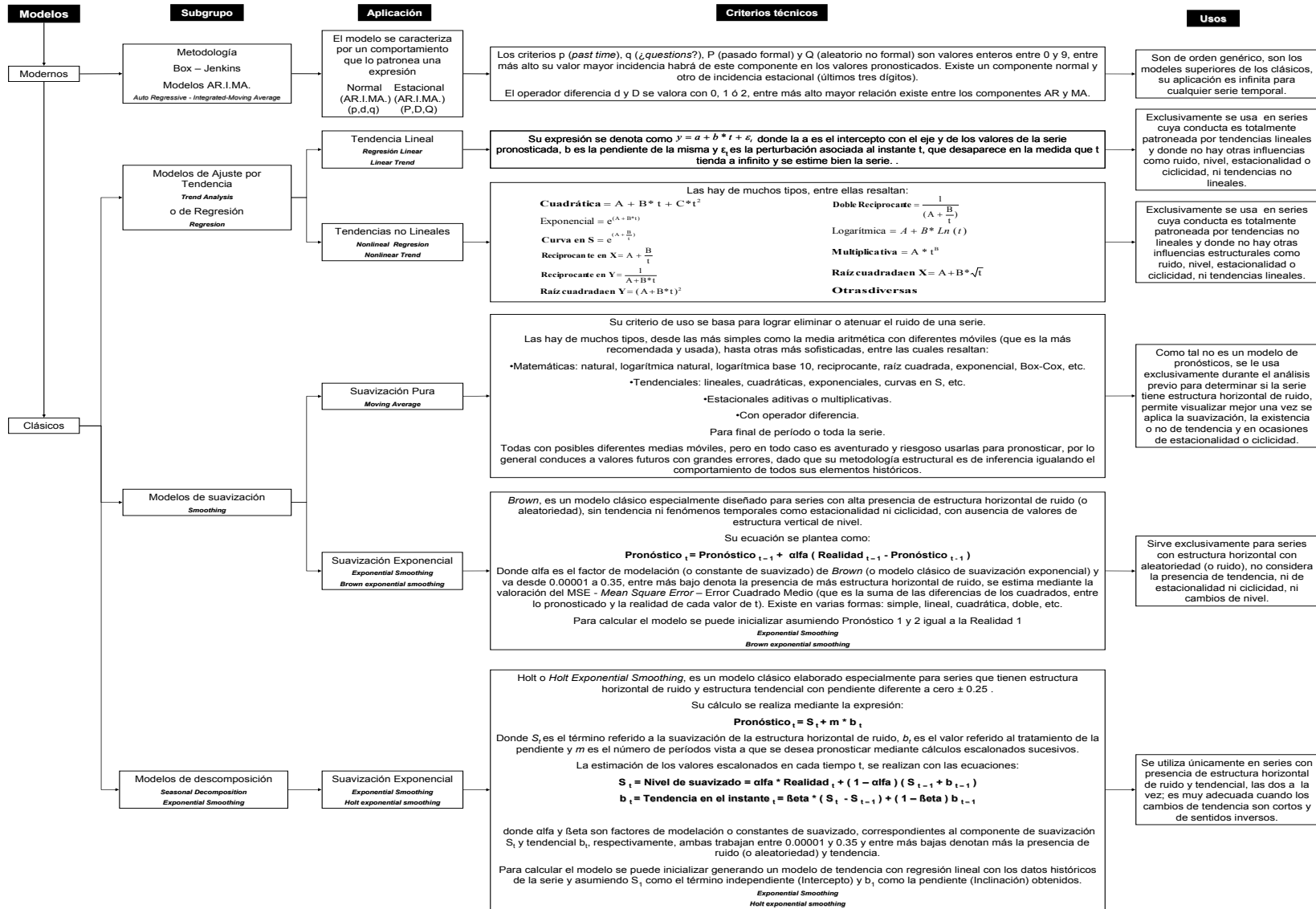
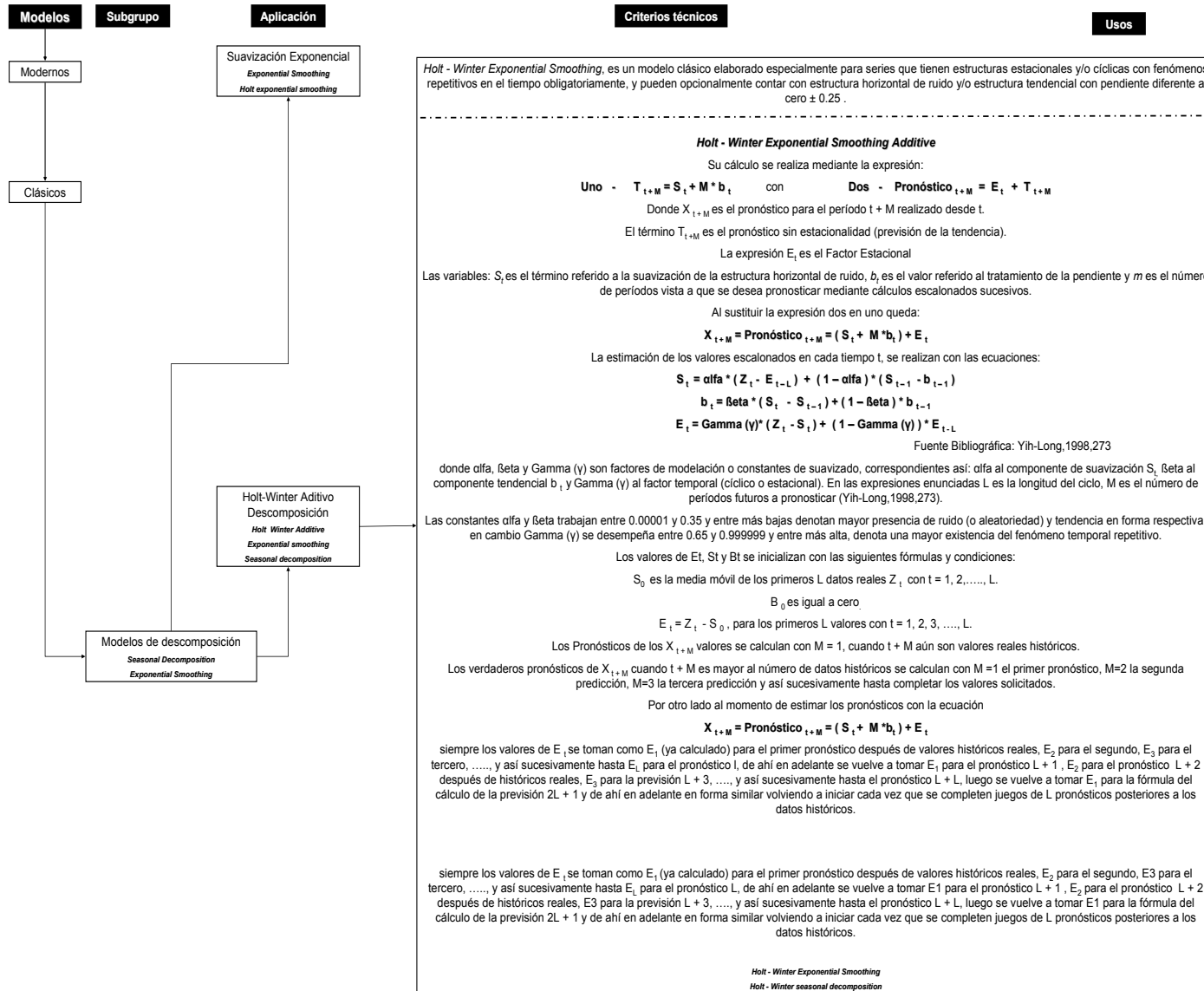
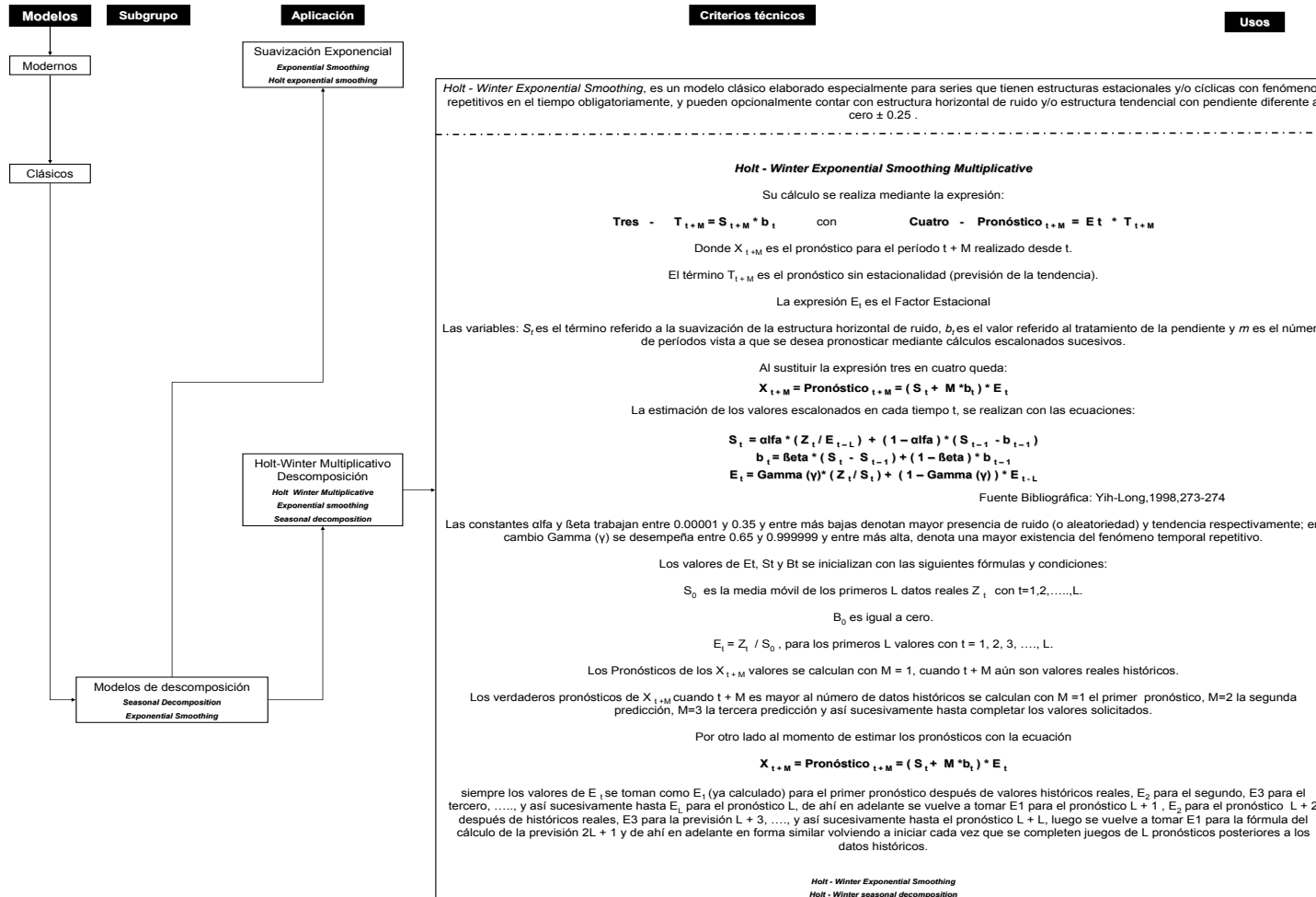


Ilustración 17 - Tipos, criterios y usos de los Modelos de Pronósticos AR.I.MA. y Clásicos









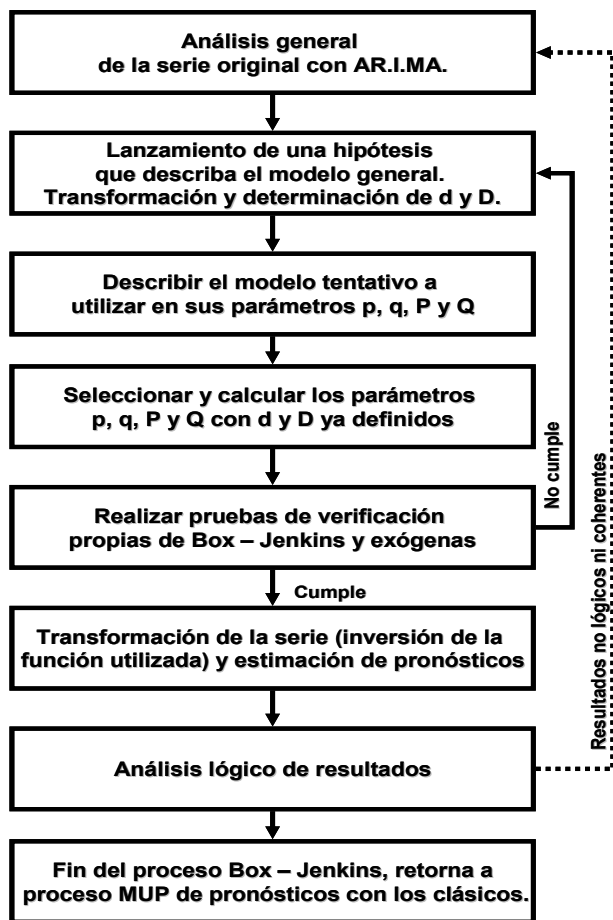
(Sistemas de Inventarios con pronósticos de Demanda de Múltiples Referencias, 2010) (Mora, 2014)

(Mora, 2012a)

Los modelos clásicos tienen un enfoque determinista, en ellos la serie posee una pauta de comportamiento constante, las variaciones que se observan son desviaciones generadas por eventos puntuales que ocurren en su entorno, sin que estas afecten la pauta básica del modelo.

Los métodos AR.I.MA: (o modernos) se basan en planteamientos probabilísticos y asumen a las series temporales como manifestaciones de procesos estocásticos con cierta estructura, en la cual esas perturbaciones que el entorno introduce, forman parte de la propia estructura de la serie (Carrión,1999,7).

Ilustración 18 - Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins



(INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF, 2013)

Cuando los eventos que se manifiestan como valores repetitivos en frecuencias superiores a un año, están en una serie, se dice entonces que la variable posee una estructura cíclica.

Es casi imposible determinar a simple vista, mediante la observación detallada de la serie no se puede analizar si existe un comportamiento estructural estacional, por eso se requiere de la ayuda de programas de ordenador (Mora, 2012a).

1.3.2.4 Hipótesis

El paso 2 en Metodología Universal de Pronósticos - MUP consiste en determinar el (los) modelo (s) que mejor se acomode(n) a las características de la serie objeto del análisis en el paso 1. Se trata entonces de conocer las particularidades de cada uno de los modelos más utilizados tanto de clásicos como de los modernos, con el fin de lanzar la hipótesis a partir del apareamiento con las características de la serie encontradas en el paso 1 del MUP denominada Análisis y observación, o análisis previo.

Los modelos de las series temporales se pueden clasificar en dos grandes grupos: modernos (AR.I.MA.) y clásicos (que son casos particulares y específicos de los primeros).

1.3.2.4.1 Modelos clásicos

Las metodologías clásicas de series temporales se basan en extrapolar una función, que simula el comportamiento pasado y presente de la serie, hacia el futuro cercano.

Algunos aspectos relevantes de los modelos clásicos, son:

- Determinísticos: se les puede expresar mediante una función matemática, que se construye con la modelación de los datos históricos y actuales.
- Pronósticos: básicamente estos se calculan a partir de los datos del pasado y están relacionados con ellos.

- Fenómenos exógenos: estos se involucran en la serie, la perturban durante un tiempo y luego se marchan.
- Simple vista: se puede predecir su tendencia con la simple observación humana.

Se basan exclusivamente en la extrapolación de datos, por lo cual se deben usar con prudencia ya que esta premisa se cae en el corto plazo, por norma es mejor no extrapolar a estados futuros superiores al 10% de los datos históricos, siempre y cuando no sobrepase los dos meses (Mora, 2012a).

1.3.2.4.1.1 Modelos clásicos de Ajuste por Tendencia Lineal

El modelo clásico de ajuste por tendencia lineal, se acomoda a la forma de la expresión:

Ecuación 1 - Ecuación de modelo de ajuste por tendencia lineal

$$\text{Pronóstico}_t = a + b * t$$

(Mora, 2012a)

Donde a es el intercepto de la serie temporal con el eje Y de los valores de la variable y b es la pendiente medida con la horizontal, t es el instante del tiempo en que se desea valorar el pronóstico.

El uso de la idea del método permite realizar para un conjunto de datos, un ajuste por medio del análisis matemático de regresión lineal con mínimos cuadrados a una línea recta, donde se trata de estimar los parámetros de la pendiente y el intercepto, que minimicen el componente aleatorio de error (Mora, 2012a).

1.3.2.4.1.2 Modelos clásicos de Ajuste por Tendencias no Lineales

Existen diversos modelos de tendencia no lineal, en la ilustración donde se describen los diferentes métodos de previsión, se esbozan algunos de ellos:

Ecuación 2 - Modelos clásicos de ajuste por tendencia no lineal

$$\text{Cuadrática} = A + B * t + C * t^2$$

$$\text{Exponencial} = e^{(A + B * t)}$$

$$\text{Curva en S} = e^{(A + \frac{B}{t})}$$

$$\text{Reciprocante en X} = A + \frac{B}{t}$$

$$\text{Reciprocante en Y} = \frac{1}{A + B * t}$$

$$\text{Logarítmica} = A + B * \text{Ln} (t)$$

$$\text{Multiplicativa} = A * t^B$$

$$\text{Raíz cuadrada en X} = A + B * \sqrt{t}$$

$$\text{Raíz cuadrada en Y} = (A + B * t)^2$$

$$\text{Doble Reciprocante} = \frac{1}{(A + \frac{B}{t})}$$

(Mora, 2012a)

La modelación clásica (Makridakis, y otros, 1998) por métodos clásicos de ajuste por tendencias no lineales, no obliga a correr exhaustivamente todos los modelos que existen, basta con algunos de ellos, en los cuales se trabaja con Cuadrática, Exponencial y Curva en S; con los cuales es más que suficiente para evaluar la posibilidad de que las previsiones estimadas, puedan comportarse de una forma similar a las tendencias no lineales, en series con estructuras tendenciales exentas de ruido, nivel, estacionalidad y ciclicidad (Mora, 2012a) (Hanke, y otros, 1996).

1.3.2.4.1.3 Modelos clásicos de suavización pura

El sistema de medias móviles o simples promedios, es muy útil para determinar la existencia o no de estructuras horizontales de aleatoriedad o ruido en las series, durante el análisis previo o fase I del MUP, una vez se logra controlar o eliminar el componente de ruido se puede observar mejor la presencia o no de elementos tendenciales o estacionales. No se las recomienda para realizar previsiones por su carácter de inferencia o de asumir que todos los elementos se comportan de una forma similar a la calculada. En ellas, es importante determinar la móvil o cantidad

de elementos que se toman como base de suavización y definir a la vez si es una móvil izquierda, centrada o derecha en términos del tiempo (Mora, 2012a).

Ecuación 3 - Medias móviles

$$\text{Media Móvil o Promedio Simple} = \frac{\sum_{t=1}^F \text{Valor real}_t}{n}$$

(Mora, 2012a)

Donde n es el número de términos recientes que se toman como móviles, F es el número de datos reales que tiene la serie temporal (Mora, 2012a).

1.3.2.4.1.4 Modelos clásicos de suavización exponencial – Brown

El modelo clásico Brown de suavización exponencial se usa exclusivamente para series temporales, que tienen una estructura horizontal de ruido o aleatoriedad.

Su expresión matemática viene expresada en los siguientes términos:

Ecuación 4 - Expresión para los modelos clásicos de alisamiento exponencial

$$\text{Pronóstico}_{\text{instante } t} = \text{Pronóstico}_{t-1} + \alpha \text{ (Realidad}_{t-1} - \text{Pronóstico}_{t-1})$$

(Mora, 2012a)

1.3.2.4.1.5 Modelos clásicos por descomposición – Holt

Este modelo es muy útil para series con estructuras tendenciales (con pendiente diferente de cero) y horizontales de ruido que actúan en simultáneo. Trabaja con dos constantes de suavizado o factores de modelación: alfa para el ruido y beta para la estacionalidad. (Mora, 2012a)

Su cálculo se realiza mediante la expresión:

Ecuación 5 - Expresión para los modelos clásicos por descomposición Holt

$$\text{Pronóstico}_t = S_t + m * b_t$$

(Mora, 2012a)

Donde S_t es el término referido a la suavización de la estructura horizontal de ruido, b_t es el valor asignado al tratamiento de la pendiente y m es el número de períodos vista a que se desea pronosticar mediante cálculos escalonados sucesivos.

La estimación de los valores escalonados en cada tiempo t , se realizan con las ecuaciones:

$$S_t = \text{Nivel de suavizado} = \text{alfa} * \text{Realidad}_t + (1 - \text{alfa}) * (S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \text{Tendencia en el instante } t = \text{beta} * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \text{beta}) * b_{t-1}$$

Donde α y β son factores de modelación o constantes de suavizado, correspondientes al componente de suavización S_t y tendencial b_t , respectivamente.

Para calcular el modelo se inicializa generando un modelo de tendencia con regresión lineal con los datos históricos de la serie y asumiendo S_1 como el término independiente (Intercepto) y b_1 como la pendiente (Inclinación) obtenidos (Mora, 2012a).

1.3.2.4.1.6 Modelos clásicos por descomposición - Holt-Winter

El modelo se utiliza cuando se tiene en la serie una estructura estacional o cíclica, debido a fenómenos repetitivos temporales.

Trabaja con tres constantes de suavizado o factores de modelación: α para controlar el ruido, β para trabajar la tendencia y γ para modelar el fenómeno estacional o cíclico.

En el caso particular de Holt – Winter debe existir en forma obligatoria la presencia de una sub-estructura de ciclicidad, de estacionalidad o de ambas; la presencia de ruido o tendencia no es esencial (Mora, 2012a).

Ecuación 6 - Expresiones de cálculo y estimación de Holt – Winter

$$\text{Aditiva } X_{t+M} = \text{Pronóstico}_{t+M} = (S_{t+M} * b_t) + E_t$$

$$\text{Multiplicativa } X_{t+M} = \text{Pronóstico}_{t+M} = (S_{t+M} * b_t) * E_t$$

La estimación para el aditivo se realiza con los siguientes parámetros:

$$S_t = \alpha * (Z_t - E_{t-L}) + (1 - \alpha) * (S_{t-1} - b_{t-1})$$

$$b_t = \beta * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) * b_{t-1}$$

$$E_t = \gamma * (Z_t - S_t) + (1 - \gamma) * E_{t-L}$$

La estimación para el multiplicativo se realiza con los siguientes parámetros:

$$S_t = \alpha * (Z_t / E_{t-L}) + (1 - \alpha) * (S_{t-1} - b_{t-1})$$

$$b_t = \beta * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) * b_{t-1}$$

$$E_t = \gamma * (Z_t / S_t) + (1 - \gamma) * E_{t-L}$$

(Mora, 2012a)

1.3.2.4.2 Modelos AR.I.MA.

Son de carácter general, esto denota que siempre existe uno de ellos que se adecua a cualquier serie temporal por más especial que esta sea; otro asunto es, si esta modelación de pronto no copia fielmente los valores reales del fenómeno evaluado; pero en todo caso se puede afirmar que siempre existe un modelo AR.I.MA., que es capaz de simular cualquier variable temporal. (Mora, 2012a)

Algunas características de los modelos AR.I.MA. son:

- Estocásticos: ya que se basan en estos procesos, no se les expresa en forma determinística con ecuaciones, sino con expresiones que involucran operadores.
- Pronósticos: los modelos modernos pueden lanzar pronósticos que estén en función neta del pasado, pero también pueden predecir hechos totalmente novedosos que muy poca o ninguna relación tengan con los eventos ya descritos del pasado; como también una combinación de los anteriores, pronósticos que por una parte dependan del pasado y por otra parte sean totalmente aleatorios.
- Fenómenos exógenos: estos se involucran, alteran la serie y pasan a formar parte de ella.
- Simple vista: no es factible predecir el comportamiento futuro de la serie con la simple observación humana, en los modelos modernos.

Los modelos modernos de Promedio Móvil Auto Regresivo AR.I.MA, son más generales y teóricos que los de ajuste por tendencia, que los de suavización o que los de descomposición, son capaces de tratar cualquier patrón de datos y a la vez son aptos para establecer directamente un modelo estadístico de clase general que simule más adecuadamente la serie de datos temporales, en vez de usar modelos estrechos o específicos, como los clásicos (Mora, 2012a).

Unas herramientas básicas para la aplicación de estos modelos son la auto-correlación y los promedios móviles.

Las técnicas de los modelos AR.I.MA. se basan en una síntesis de los patrones históricos de los datos, son una clase especial de métodos de filtrado que desconocen por completo a las variables independientes, son herramientas de alto refinamiento que utilizan los valores reales y anteriores de la variable dependiente para generar pronósticos bastante exactos de corto plazo, son muy apropiadas cuando los valores de la serie que se pronostica están correlacionados o son dependientes estadísticamente entre sí (Hanke, y otros, 1996).

1.3.2.4.3 Metodología Box – Jenkins

La metodología Box – Jenkins de pronósticos es bastante particular y muy diferente de la mayoría de los demás métodos de previsiones, ella no asume ningún patrón específico de los valores de la serie que se pronostica, utiliza un modelo basado en iteraciones que permite identificar el mejor modelo a partir de patrones de tipo general.

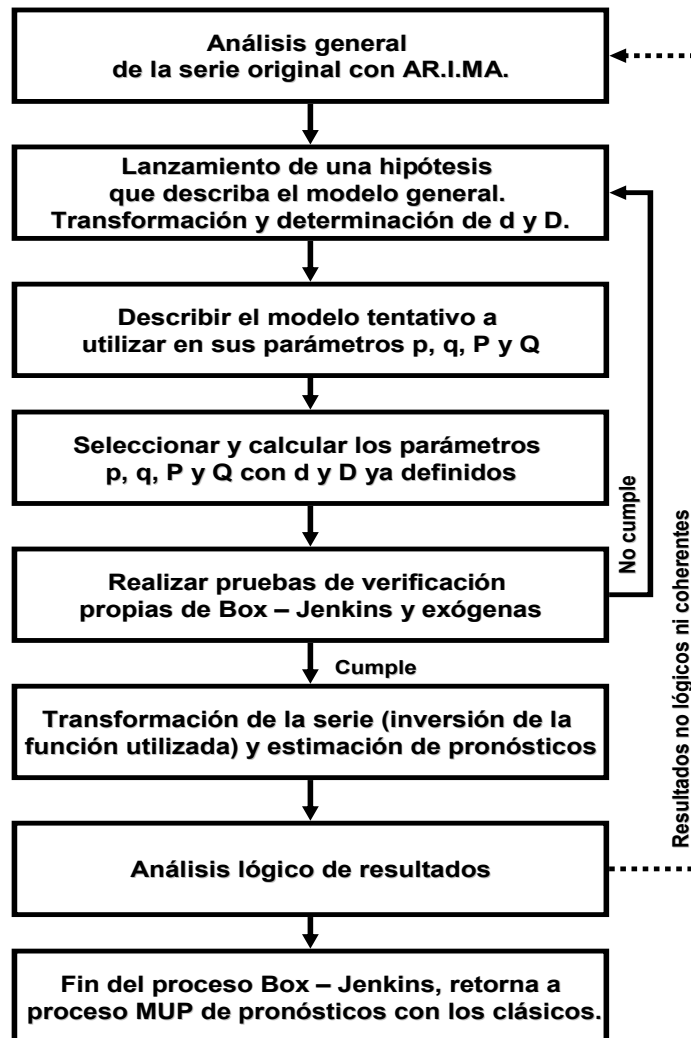
El modelo se ajusta siempre y cuando los residuos entre el modelo real y el seleccionado sean bajos y se distribuyan de una forma aleatoria e independiente, a lo largo del tiempo; este proceso se repite sucesivamente hasta alcanzar el modelo que más se ajuste a estas especificaciones. Son especialmente apropiados para series estacionarias en media, denominación esta que se otorga a las series históricas cuyo promedio no varía significativamente a través del tiempo.

La selección del modelo apropiado se realiza mediante la comparación de la distribución de los coeficientes de auto correlación (simple) (ACF) y parcial (PACF) (Hanke, y otros, 1996).

La metodología Box – Jenkins se lleva a cabo en tres etapas:

- Identificación del modelo
- Estimación del modelo y prueba de su ajuste
- Previsiones con el modelo ajustado que se selecciona

Ilustración 19 - Metodología AR.I.MA. Box – Jenkins



(Mora, 2006)

La metodología Box – Jenkins, requiere como paso obligatorio que la serie temporal que se analiza, cumpla unas hipótesis de partida denominadas condiciones de estacionalidad. Estas hipótesis son tres:

- Promedio constante.
- Varianza constante.
- Estructura de autocorrelaciones constante.

El principal objetivo de las series temporales bajo modelos clásicos o modernos es predecir el comportamiento futuro; esto se logra en los modelos AR.I.MA., después de seleccionar los parámetros (p,d,q) (P,D,Q) y comprobar que el modelo con sus valores estimados explica adecuadamente el pasado de la serie, ahora se realiza la extrapolación hacia el porvenir en un plazo moderado, se miden los criterios de bondad de ajuste respectivos y se espera a que ocurra el valor que se pronostica para comprobar su acercamiento a la realidad.

Las predicciones bajo la metodología de Box – Jenkins en los modelos AR.I.MA., presupone que el comportamiento estructural de la serie en el pasado, es muy similar al del futuro de corto plazo, esto se basa en el principio de estacionariedad que desarrolla en su proceso. Si por alguna razón se descubre algún cambio significativo, esto implica que el modelo estimado no es válido para conocer los valores futuros de la serie.

Otra condición relevante del proceso Box – Jenkins, se asocia a que las auto correlaciones deben ser constantes en todo el umbral (pasado y futuro) de la serie; esto conlleva a que el modelo que se calcula con los parámetros (p,d,q) (P,D,Q) es único en todo el horizonte del tiempo que se evalúa (Mora, 2012a).

1.4 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO 1

En este capítulo se explican los conceptos básicos necesarios para entender e interpretar las metodologías utilizadas para el control del reabastecimiento de un almacén de repuestos en TSAEL y se fundamentan los conocimientos que permiten llegar a plantear estrategias idóneas para optimizar en el capital en inventario de repuestos, sin afectar negativamente el nivel de servicio esperado en el almacén de repuestos.

El texto que desarrolla la primera unidad describe de manera clara y concisa los fundamentos básicos y técnicos que permiten diferenciar, las características de los algoritmos y de los métodos requeridos para determinar las cantidades por asignación en *Push* y el *EOQ (Economic Order Quantity)* en *Pull*, como la

ecuación de balance másico en *Frozen*. De esta manera cumple a cabalidad su objetivo.

2 MEJORAS

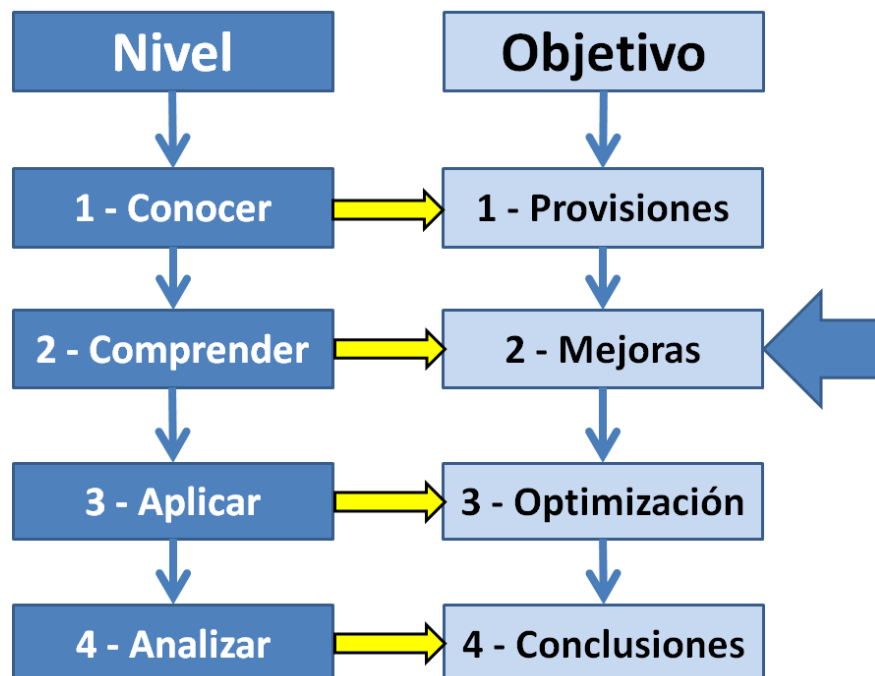
2.1 OBJETIVO

Determinar los puntos clave del proceso actual de reabastecimiento en aras de optimizar el inventario. Nivel 2 – Comprender

2.2 INTRODUCCIÓN

Este capítulo determina los puntos susceptibles de mejora en el estado actual de la empresa, como por ejemplo las cantidades y frecuencias a solicitar periódicamente. Más sin embargo el eje central oscila alrededor del estudio procesal del manejo de inventarios, mediante el cual busca acciones claves para mejorarlas.

Ilustración 20 - Avance



2.3 DESARROLLO

Para la mejor comprensión y entendimiento del capítulo se muestra una metodología descriptiva del proceso, en varias etapas.

El TSAEL al ser un contrato entre Cerrejón y un contratista, este se convierte en el único proveedor autorizado para el mantenimiento de los equipos livianos de El Cerrejón, en la Güajira y tiene como objetivo primordial el de ofrecer el mejor servicio, que satisfaga las necesidades de su principal cliente y, ofrece además el soporte técnico especial para los servicios de mantenimiento y reparación de los equipos livianos.

A pesar de ser una empresa grande y competitiva, con un cliente tan importante como El Cerrejón, la empresa realiza el manejo de sus operaciones con base netamente en su experiencia y en consideraciones subjetivas, lo que conduce a una situación caótica en la administración del inventario, ocasionando la insatisfacción del cliente; disminución de los indicadores de desempeño, situación que refleja en:

2.3.1 Clasificación de los repuestos

La clasificación es una de las mejores medidas de control interno de inventarios, dado que de aplicarse correctamente puede permitir mantener el mínimo de capital en stock, entre muchos otros beneficios. En el almacén del TSAEL la clasificación de los repuestos se muestra de la siguiente manera:

2.3.1.1 Codificación de los repuestos

El código de los repuestos o el parte numero identifica a cada uno de los repuestos en el sistema, esta clasificación solo es útil para la automatización pero al momento de la identificación de los usuarios es difícil ya no que posee ninguna otra información que permita identificar alguna característica del repuesto así como la marca del vehículo a la que pertenece. El software que utiliza la empresa no lee código de barras por lo tanto es laborioso consignación de entrada y salida

de materiales y la toma física de inventarios, ya que los anteriores deben hacerse de forma manual.

2.3.2 Almacén de repuestos

El área locativa y las facilidades inmobiliarias del almacén de repuestos del TSAEL están en comodato, es decir solo hay obligación por parte del comodatario conservar el almacén en buen estado y restituirlo al momento de terminar el contrato (sólo condiciones locativas). Este motivo genera que el volumen de repuestos en bodega crezca desmesuradamente ya que el costo de almacenar no es alto, El almacén de TSAEL solo debe costear las personas y equipos que se utilizan, lo demás lo costea el comodante (El Cerrejón), lo que genera una distribución desorganizada de los repuestos lo que conlleva a una deficiente asignación de espacios.

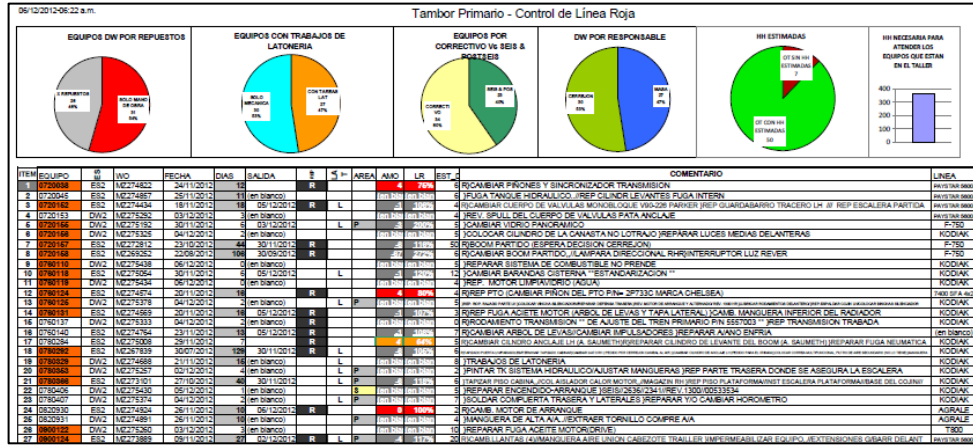
2.3.3 Incumplimiento de órdenes

En el TSAEL el incumpliendo de órdenes de servicio es algo común ante su cliente, ya que en algunos casos el tiempo de entrega y/o de salida del vehículo del taller no es el mejor, al momento de entrar el vehículo en el taller, los mecánicos imponen un (Autor, 2013) a fecha de salida subjetiva sin tomar en cuenta si se tienen disponibles los repuestos y el servicio necesario para poder suministrar el correcto mantenimiento al equipo.

Esto ocasiona que se incumpla en gran manera con el tiempo de entrega al cliente.

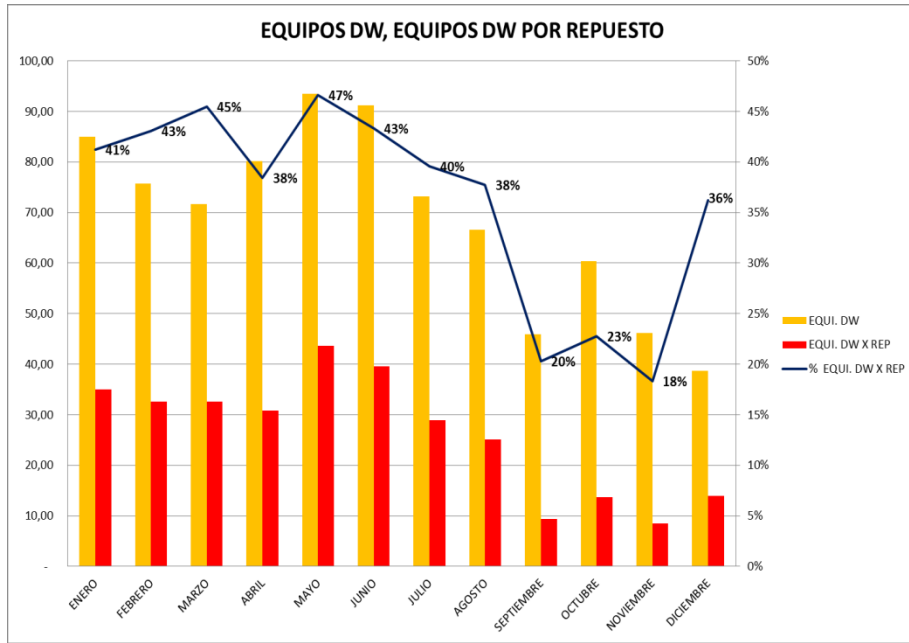
Esto se puede observar en el formato del taller diario que maneja la empresa, en donde se toma como ejemplo el comportamiento del taller en el que normalmente se observa que el 55% de las ordenes están fuera del tiempo estipulado de entrega, en donde se encuentra algunas órdenes de servicio con más del 400% del tiempo se pacta inicialmente.

Ilustración 21 - Equipos DW en TSAEL



(Autor, 2013)

Ilustración 22 - Cantidad de Equipos en Taller por repuestos



(Autor, 2013)

La empresa manifiesta ineficiencia en algunas fases de la cadena de abastecimiento, los incumplimientos por parte de los proveedores, y la no existencia de un método de control continuo que permita la adecuación de los

requerimientos en un menor tiempo genera una distorsión en los niveles de inventarios, elevándolos a valores que le hacen prácticamente insostenibles.

En tal sentido el departamento de compras de repuestos se encarga de garantizar la apropiada existencia de ítems en el almacén, así como también gestionar las solicitudes de partes a nivel nacional e internacional, que permitan satisfacer oportunamente las demandas actuales y futuras de sus clientes. En la actualidad el departamento que se encarga de los inventarios y manejo de almacén cuenta con:

- Tres almacenistas rotativos 24 horas.
- Un recepcionista
- Dos compradores
- Un Coordinador de compras
- Una digitadora de vales

Todas las transacciones de los consumos se registran en el CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) este software es MP2 diseñado por la empresa Data Stream, cuya función es para fortalecer los controles internos en todos los procesos y el registro adecuado de los consumos, compras y disponibilidad en inventarios, (programa originalmente comprado para el control de los mantenimientos) mientras que los tres almacenistas se encargan de la recepción y despachos de los repuestos por ventanilla para todos los equipos en los que se requiera servicio.

2.3.4 Política de compras

En el TSAEL el departamento de compras se encarga de las compras de insumos para el mantenimiento de los equipos, de los consumibles necesarios para el desarrollo de la operación al igual que los repuestos, mercaderías y demás, este departamento no tiene una política de compra definida, en la actualidad solicitan a

los proveedores de maneja subjetiva y empírica, solo se verifican las existencias en el sistema y se hacen los pedidos de acuerdo a los repuestos que ya estén agotados, o si en algún momento los supervisores de mantenimiento hacen algún requerimiento de algún repuesto en específico.

2.3.5 Proveedores

En la base de datos del TSAEL existen alrededor de 700 proveedores inscritos, a continuación se describe el proceso de inscripción, selección, conservación y desvinculación de los proveedores.

2.3.5.1 Inscripción de proveedores

Debe diligenciar el formato de inscripción de proveedor este lo suministra la empresa. Cuando el proveedor es persona natural debe anexar Rut, fotocopia de la cédula, certificado bancario y el formato diligenciado. Si la persona es jurídica debe anexar Rut, cámara de Comercio, fotocopia de la cedula del representante legal, certificado bancario y el formato diligenciado. Para visualizar el formato de inscripción.

2.3.5.2 Selección de proveedores.

La selección de los proveedores es una decisión importante, para seleccionar a los proveedores se tienen en cuenta una serie de criterios muy importantes como son:

- Precio: es, tal vez, el criterio más importante, puesto los repuestos son costosos y se debe escoger el precio más competitivo.
- Plazos de entrega: por el tipo de negocio en donde se realizan gran cantidad de pedido urgentes es necesario que la entrega sea lo más corta posible.
- Descuentos: un proveedor que ofrece descuentos es altamente considerado ya que se manejan repuestos imprescindibles susceptibles y requeridos con alta periodicidad.

- Calidad: La calidad es importante, este se relaciona con la calidad-precio.
- Costes de transporte: La empresa se ubica en un área geográfica distante de las ciudades principales y con pocos proveedores confiables cercanos por lo tanto se busca proveedores con ubicaciones adecuadas para disminución de los costos y tiempos de entrega.
- Seguridad que ofrece: hay algunos repuestos bastante costosos por lo que la garantía de los mismos es muy importante.
- Política de Pago: es importante que un proveedor brinde facilidades de pago de la compra es decir a crédito a 30, 60 o 180 días, todo esto dependiendo del volumen y el valor de la compra.

Ilustración 23 - Formato Inscripción de Proveedor

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA						
NOMBRE COMPLETO * RAZÓN SOCIAL			NOMBRE COMERCIAL * ABBREVIADO			
BIT	CEBILA	T.I	C.I	PROVEEDOR NACIONAL	MONEDA	
N..				PROVEEDOR EXTRANJERO	PES	OTRO
DIRECCIÓN		TELÉFONOS		FAX	EMAIL	
CUIDAD * MUNICIPIO		DEPARTAMENTO		PAIS		
A. A.	REGIMEN COM.			REGIMEN SIMPLIFICADO		
GRAN CONTRIBUYENTE SI			ANTORRETEREN SI			
N.. RESOLUCIÓN			N.. RESOLUCIÓN			
ACTIVIDAD ECONÓMICA			CÓDIGO IC		TARIFA	
2. DATOS DEL CONTACTO						
NOMBRE COMPLETO		CARGO		EMAIL		
DIRECCIÓN DE OFICINA		DIRECCIÓN DE BODEGA		TELÉFONOS	FAX	
3. CUENTAS CORRIENTES O DE AHORROS PARA PAGO POR TRANSFERENCIA ELECTRONICA (mínimo)						
TIPO DE CUENTA		NÚMERO DE CUENTA		NOMBRE COMPLETO TITULAR DE LA CUENTA		CEBILA * BIT DEL
1	2	3	4	5	6	7
EN CASO DE NO TENER CUENTA BANCARIA						
PERSONA AUTORIZADA PARA RECLAMAR LOS CHEQUES						
NOMBRE COMPLETO			NÚMERO DE IDENTIFICACION		TELÉFONO	
CONCEDE DESCUENTO POR PRÓXIMO PAGO?			FORMA DE PAGO			
SI	NO	PORCENTAJE	CONTAR			
			CREDITO: SI <input type="checkbox"/> DÍAS <input type="checkbox"/> DÍAS <input type="checkbox"/> DÍAS			
NOTA						
* FAVOR ANEXAR FOTOCOPIA DEL RUT						
* DEVOLVER MÁXIMO 3 DÍAS DESPUÉS DE RECIBIDO						

(Autor, 2013)

Los criterios de selección anteriores se evalúan cualitativamente, estos criterios los evalúa el Coordinador de Compras, no tienen una base ni unas ponderaciones de importancia para cada criterio.

2.3.5.3 Mantenimiento de proveedores.

No hay criterios establecidos para la conservación de un proveedor en la empresa, una vez inscrito y seleccionado este puede usarse en cualquier momento dependiendo de la necesidad, sin importar el tiempo que tenga en base de datos.

2.3.5.4 Como se desvinculan.

No hay criterios de suspensión o desvinculación de un proveedor para la empresa, los proveedores son dejados de usar pero nunca se desvinculan.

2.3.6 Negociación de repuestos para Cerrejón.

Existen dentro del mantenimiento de equipo liviano existen 3 figuras de compra

2.3.6.1 Listas maestras.

El Cerrejón al ser un cliente que tiene más de 700 vehículos y sus accesorios, hace acuerdos globales con la empresa matrices a estos se les llama listas maestras, los precios y la negociación son acordados entre El Cerrejón y la casa matriz, ejemplo CCA (Compañía Colombiana Automotriz), Janna Motors, General Motors, sobre los precios de lista que tienen estas distribuidoras es que paga El Cerrejón, el TSAEL es responsable de la compra la cual recibe el descuento del precio de lista del repuesto y/o accesorio a comprar.

2.3.6.2 Repuesto por mandato.

Esto se presenta cuando El Cerrejón solicita la compra de algún tipo de repuestos en específico, en este caso el TSAEL realiza la compra del repuesto y todos los costos incurridos en esta compra (costos de transporte, seguros, valor del repuesto y demás), más un porcentaje adicional el cual cancela El Cerrejón por los servicios de compra.

2.3.6.3 Costo reembolsable.

Esta figura tiene 3 escalas, cualquier repuesto por debajo de

Ilustración 24 - Rangos

≤ 1 SMLV	No requiere cotización
≤ 2 SMLV	Dos cotizaciones
> 2 SMLV	Tres cotizaciones

Se escoge la mejor opción técnico-económica entre proveedores, y sobre ese valor de la cotización sin los costos de transporte, seguros, almacenamiento y demás se factura a El Cerrejón un porcentaje adicional.

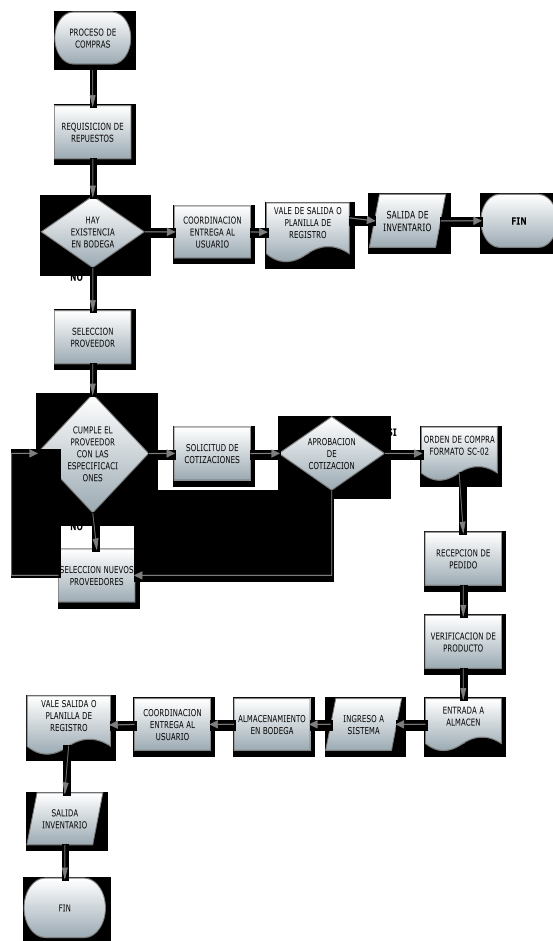
2.3.7 Descripción del proceso de compras

Ilustración 25 - Proceso Compras

PROCEDIMIENTOS	FALLAS EN EL PROCEDIMIENTO	POSIBLE EFECTO
<p>Recepción de requisición de repuestos</p> <p>Es responsabilidad del especialista en compras, iniciar la gestión cada vez que se reciben los requerimientos de productos por parte de los usuarios.</p>	<p>-No hay evidencia de la requisición.</p> <p>- Toman requisiciones de usuarios no autorizados.</p>	<p>- No inicia adecuadamente el proceso de compras.</p>
<p>Verificación de existencias en bodegaEl auxiliar de materiales verifica las existencias en bodega de los productos contenidos en la "requisición de productos". En caso de la confirmación de la existencia de los productos se coordina la entrega al usuario.</p>	<p>En algunos casos no hay requisición para verificar la existencia, haciéndose imposible la confirmación del pedido.</p>	<p>Falta de pedidos al no tener una solicitud formal</p>
<p>Verificación de proveedores seleccionados.El especialista en compras verificará el listado de proveedores seleccionados y determinará cuales proveedores seleccionados aplican para suministrar los productos solicitados, o en caso contrario, procederá a seleccionar nuevos proveedores.</p>	<p>No se tiene una base de datos actualizada de proveedores, estos permanecen indefinidamente y no se les hace evaluación para medir su desempeño.</p>	<p>- Elegir proveedores que no cumplan con las exigencias y requerimientos de la empresa. - Trabajar con proveedores ineficaces que afecten el buen desarrollo de los procesos establecidos. - Se trabaja con los mismos proveedores sin darle oportunidad a nuevos que puedan tener mejores ofertas o tecnologías novedosas.</p>
<p>Solicitud de cotizacionesEl especialista en compras solicitara la cantidad de cotizaciones que según los procedimientos de compras GL-06-001 y P&C-06-005 se necesite, dependiendo del monto de la compra y del tipo o destino de la compra. Esta solicitud de cotizaciones deberá contener todas las especificaciones técnicas de los productos requeridos, cantidades y necesidad de disponibilidad.</p>	<p>Por tratarse de repuestos hay ocasiones que hay un solo proveedor y no es posible realizar este paso.</p>	<p>- Comprar materiales a costos más elevados de los que posiblemente se obtendrían con negociaciones que por volúmenes altos de compra brinden mejores precios y oportunidades.</p>
<p>Confirmación de condiciones de pago con tesoreríaEn el evento en que las condiciones de pago preestablecidas en la orden de compra o en la política de pago a proveedores sean diferentes, se informará a Tesorería sobre las nuevas condiciones de pago.</p>	<p>La política de pago no es difundida a todos los proveedores ocasionado confusión el día de pago.</p>	<p>Cancelación de créditos por malentendidos con la política de pago.</p>
<p>Elaboración y remisión de la orden de compraUna vez definido el proveedor, se elabora el formato SC-02 orden de compra en la cual se consigna la información del proveedor y las características o especificaciones del producto requerido.El original de la orden de compra deberá ser aprobado con la firma del responsable según el nivel de aprobación y enviado al proveedor como documento comercial para la realización de la compra y soporte de la factura o cuenta de cobro al momento de su radicación.</p>	<p>En algunos casos generalmente en los pedidos urgentes se le solicitan verbalmente al proveedor no se realiza la orden de compra.</p>	<p>Error en los pedidos, incumplimientos de especificaciones y cantidades. Ocasiona retrasos en el proceso y la toma de decisiones, pues las negociaciones deben llevar el VoBo de quien realiza la requisición.</p>
<p>Seguimiento a las condiciones de la orden de compraEl periodo de seguimiento se determinará de acuerdo a las condiciones específicas de cada orden de compra y será responsabilidad del especialista en compras realizar este seguimiento</p>		
<p>Recepción de productosPara la recepción de productos se relaciona la orden de compra, la remisión y/o demás documentos que relacionen las especificaciones de los productos.</p>	<p>Por fallas en el proceso de compras se presentan fallas en el proceso y falta de los documentos para soportar la recepción del pedido.</p>	
<p>Inspección del producto recibidoEn esta inspección se verifica el estado físico del producto así como las condiciones de compra para realizar la evaluación del proveedor.</p>	<p>En ocasiones por la urgencia no se realiza inspección, y al momento de darle la entrada al almacén se encuentra repuestos defectuosos.</p>	
<p>Elaboración de entrada de almacén.La factura de proveedor o la entrada de almacén es el documento soporte para registrar en el sistema contable los productos recibidos. Para su elaboración son necesarios otros documentos tales como la orden de compra, la guía de despacho y/o remisión del proveedor y/o la factura de compra.La factura y sus soportes serán entregados a Tesorería para trámite de pago respectivo. Copia de la factura se entregara a contabilidad para archivo.</p>	<p>En esta etapa es cuando se evidencian las fallas en el proceso de compra, en la mayoría de los casos no existen todos los documentos necesarios para darle la entrada al almacén.</p>	
<p>Almacenamiento de productos en bodegaUna vez se termina el ingreso de los productos al sistema de inventario, se procede a realizar el almacenamiento en la bodega.</p>	<p>Inadecuada clasificación física de los repuestos en la estantería.</p>	<p>Desorden el almacenamiento.</p>

PROCEDIMIENTOS	FALLAS EN EL PROCEDIMIENTO	POSIBLE EFECTO
Esta actividad consiste en ubicar los productos en los estantes.		
Entrega de productos a usuarios El auxiliar de materiales y bodega coordinará previamente con los usuarios, la entrega de los productos y la registrará en la planilla de registro de entrega o en la salida de almacén.	No se realiza el vale de salida de todos los repuestos y al momento de realizar en inventario se encuentran inconsistencias.	
Descarga de productos entregados del sistema de inventario Con base en la salida de almacén el auxiliar de materiales y bodega actualizará el sistema de inventario, registrando las entregas (salidas) de los productos. En esta actividad se determinará la necesidad de solicitar la compra para mantener el stock de acuerdo a las necesidades de la operación.	Se presentan salidas de repuesto sin la correcta documentación. No existe registro de la salida de algunos repuestos.	Robos y pérdidas desconocidas. Política de Inventario inapropiada ya que no está actualizada con los cambios del día a día.

Ilustración 26 - Diagrama de flujo proceso de compras actual



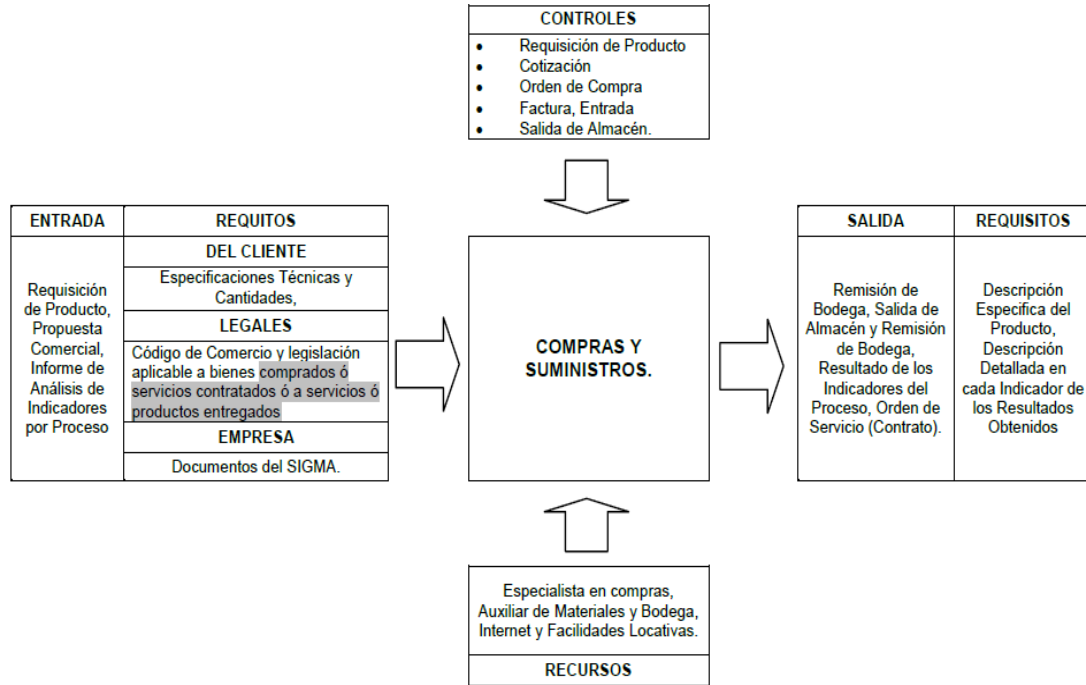
(Autor, 2013)

Los documentos soportes que se usan en la empresa son:

- Requisición de repuestos.
- Pedido Interno.

El TSAEL en el que se desarrolla este trabajo cuenta con una Certificación de calidad en la norma ISO 9001, en el correspondiente manual de calidad se tiene claramente establecidos los procesos de entradas y salidas en el proceso de compras.

Ilustración 28 - Diagrama del proceso de compras



(Autor, 2013)

2.3.7.1 Portafolio de productos

En la empresa el inventario de repuestos es extenso, ya que se manejan alrededor de 10.000 referencias de repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos sin incluir los consumibles.

En el almacén del TSAEL, existe una sub clasificación de los repuestos de acuerdo a el tipo de vehículos que ellos diariamente manejan, dentro de los cuales se cuenta con cerca de 17 tipos de vehículos diferentes, tales como , Mazda, Chevrolet, Ford, Kenworth , entre otros.

Esta sub clasificación, es la guía para los operadores, donde encuentran, piezas importantes de los vehículos tales como ejes, bombas, alternadores entre otros, hasta piezas sencillas como arandelas, tuercas, abrazaderas y demás repuestos necesarios para la reparación de un vehículo.

2.3.7.2 Rotación de inventario

Actualmente el inventario existente posee poca rotación, por la falta de una política de inventarios que le permita controlarlo adecuadamente y este se ha incrementado por el exceso de pedidos innecesarios.

Se encuentran en el almacén repuesto, consumibles y accesorios que no han rotan en más de 6 meses. A continuación se muestra una tabla con la relación del valor del inventario total en un periodo determinado y las salidas y/o consumos de este:

Ilustración 29 - Movimiento Total del Inventario

MES	INVENTARIO	CONSUMO	ROTACION
ENERO	\$ 1.004.063.176,16	\$ 489.416.816,16	0,49
FEBRERO	\$ 1.102.717.270,44	\$ 508.712.678,82	0,46
MARZO	\$ 1.085.528.156,36	\$ 458.810.526,05	0,42
ABRIL	\$ 1.108.931.497,60	\$ 408.251.749,75	0,37
MAYO	\$ 1.014.368.567,60	\$ 523.731.178,29	0,52
JUNIO	\$ 1.078.251.320,69	\$ 492.004.094,29	0,46
JULIO	\$ 1.091.441.969,35	\$ 448.590.142,51	0,41
AGOSTO	\$ 1.055.383.730,62	\$ 482.492.622,36	0,46
SEPTIEMBRE	\$ 1.084.355.528,22	\$ 505.754.544,93	0,47
OCTUBRE	\$ 1.060.374.467,85	\$ 562.234.164,36	0,53
NOVIEMBRE	\$ 938.966.212,42	\$ 651.952.311,29	0,69

(Autor, 2013)

En la ilustración anterior se evidencia que en el almacén de repuestos en promedio el valor del almacén es de \$ 1.056.761.991, solo se consumen \$ 502.904.621, solo rota el 48% del inventario en promedio. Esto demuestra que no hay una política de inventario definida y los inventarios han crecido desmesuradamente.

La rotación del stock y el nivel de inventario mantenido en una empresa son aspectos de vital importancia para cualquier tipo de organización, debido a que una alta rotación y un bajo nivel de stock se traducen significativas mejoras de eficiencia, ahorra de costos y aplicaciones efectivas de los recursos financieros de toda empresa.

2.3.7.3 Stock Máximo, Stock mínimo, Punto de re-orden, Stock de seguridad

La empresa no estima compras periódicas no posee un plan de compras, todo se compra en función de las oportunidades que plantee el proveedor y las solicitudes de mantenimiento que haga la supervisión del taller. No hay políticas para definir estas partes. Todo se maneja de manera subjetiva.

2.3.8 Costos en los inventarios

La gestión de inventarios implica costos básicos:

2.3.8.1 Costos de penalización por inexistencia de los repuestos:

Todo pedido o prestación de servicio de mantenimiento que ingrese al sistema tiene un tiempo estimado de 4 días por vehículo en un mantenimiento regular, ya si el mantenimiento es correctivo y/o especial depende del daño, cantidad de repuesto y horas de trabajo del mecánico.

Por cada día vehículo que demore en entregarse al cliente, a este último se le debe cancelar una multa de \$ 200.000 por día extra, en algunos casos se llegan a acuerdos para mejorar y disminuir el total de la multa dependiendo de la gravedad del daño y circunstancias de la demora.

Este costo muy pocas veces es cuantificable ya que la falta de un repuesto en un mantenimiento produce problemas de pérdida de imagen, degradación de disponibilidad o seguridad con los clientes.

2.3.8.2 Ajustes en el inventario/pérdida desconocida

Este valor se deduce de la diferencia entre el inventario físico y el inventario en el sistema, en el año 2012 este valor es de \$ 81.086.498.

2.3.8.3 Seguros

El contratista responsable del TSAEL cancela un seguro global por todos los contratos que tiene con el Cerrejón es un pago a la aseguradora, esta no discrimina por tipo de contrato en la mina. No es posible determinar el valor exclusivo para el contrato de equipo liviano. Sin embargo se investigó en una aseguradora cuanto sería este costo si el Cerrejón no ofreciera este beneficio.

Este valor se deduce teniendo en cuenta que protecciones tiene la bodega donde se almacena la mercancía, esta al estar en la mina está vigilada y la probabilidad de hurto con violencia es mínima, el valor cotizado cubre daños por incendio, por hurto teniendo vigilancia rejas y alarma, daños por agua o abnegación con extensión coberas o sea daños por causa de vendavales, inundaciones, caídas de aeronaves y otros en total el seguro es de aproximadamente \$ 3.200.000 por año

2.3.8.4 Obsolescencia

Del almacén de repuestos del TSAEL encontramos repuestos obsoletos, es decir, aquellos repuestos cuyas flotas o líneas de equipo ya han salido de circulación, debido a que los modelos de las camionetas que se reparan superan el tiempo establecido por Cerrejón para su uso.

Dentro de estos repuestos encontramos repuestos de distintas casas automotrices, tales como Mazda, Ford, Chevrolet, Toyota entre otras. Estos repuestos representan cerca de \$ 111.531.000 de pesos, del total de repuestos en el inventario, es decir, repuestos que generan un costo irrecuperable para

este contrato debido a que ya no se utilizara. A continuación en la tabla se desglosa el % de participación están teniendo estos repuestos en el inventario. Este costo equivale al 11% del total del inventario.

2.3.9 Software de inventarios

El TSAEL utiliza un Computerized Maintenance Management System, programa de mantenimiento e Inventarios cuyo nombre es MP2 de DataStream. Este es un programa de mantenimiento organizado y responsable que garantiza la rentabilidad de las operaciones.

MP2 es un sistema de gestión de activos completamente integrado que permite a su empresa:

- Administrar los costos de equipo.
- Programar tareas de mantenimiento preventivo.
- Mantener registros de trabajo confidencial.
- Rastrear la historia del equipo.
- Asignación de recursos.
- Generar órdenes de trabajo.
- Solicitud y compra de piezas.
- Fallas de equipo de proyecto.

Este programa tiene las características de ser asequible, hecho específicamente para organizaciones pequeñas a medianas, activo-intensivos, es un programa de rápida implementación, es fácil para el personal de TI y administrar y además es simple para los usuarios finales.

Este programa es en general muy bueno aunque las herramientas móviles para MP2 son limitadas y como la base de la aplicación, no está actualizada en función de la tecnología más moderna, además los dispositivos de hardware requeridos están más involucrados con actividades distintas a la administración del almacén, hacen el programa más complicado y más costoso.

Ilustración 30 - Pantalla Software MP2

The screenshot displays the 'MP2 Access - [Inventario]' window. The interface includes a menu bar (Archivo, Editar, Ver, Herramientas, Actividades, Gráficos, Informes, Ventana, Ayuda) and a toolbar. The main area is divided into several sections:

- Navigation and Filter:** Buttons for navigation and a 'Clasificar por' dropdown set to '(Predefinido)'. A 'Filtro' dropdown is set to 'Nº de artículo'.
- Visualización de la lista:** A tabbed interface with 'Visualización de la lista' selected.
- Form Fields:**
 - Nº de artículo: UR56-34-470B (highlighted in red)
 - Descripción: BUJE TIJERA SUPERIOR MAZDA BT50
 - Código de cuenta: MAT-REPUE
 - Peso: [Empty]
 - Fecha de entrada: 13/02/2008
 - Centro de costo: MASA-INV
 - Costo de Venta: [Empty]
 - Última fecha de edición: 13/03/2013
 - Tipo (Codigo Comun): MBT50
 - Stockcode: 003441359
 - Fabricante: [Empty]
 - Clase: [Empty]
 - Unidad de medida: UND
 - Options: Imponible, Proveedor unico
- Table:** A table with columns: Fecha, Hora, Almacén, Localización de existencias, Entregar a, Entregado a ID, Tipo de transacción, Cargar a, and Cargado a. The table contains 12 rows of inventory transactions.

At the bottom left, it says 'Inventario Registre 1 de 2'.

Fecha	Hora	Almacén	Localización de existencias	Entregar a	Entregado a ID	Tipo de transacción	Cargar a	Cargado a
13/03/2013	01:50:02 p.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	JTEHERAN	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ272236
07/02/2013	04:00:25 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	YPACHECO	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ275429
07/02/2013	02:36:21 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	YPACHECO	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ276222
06/02/2013	07:53:43 p.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	OSLAURITH	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ278522
05/02/2013	02:18:30 p.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	EARCINIEGAS	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ277885
04/02/2013	04:41:21 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	ARANGEL	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ278407
03/02/2013	10:59:43 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	ADIAZ	Entrega del inventario	Centro de costo	MASA-EQI
01/02/2013	02:23:30 p.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	JMONTERO	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ278045
01/02/2013	09:20:21 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD	Empleado	JTEHERAN	Entrega del inventario	Orden de trabajo	MZ278079
01/02/2013	07:48:49 a.m.	ALM-MASA	01-03-03-DD			Recibo de OC	Localización	01-03-03-D

(Autor, 2013)

Ilustración 31 - Preguntas cruciales que responde eficazmente el *MTS MTO*
MTF

- 1. Minimizar el Capital de Trabajo invertido en stock**
 - 2. Maximizar el Nivel de Servicio al demandante interno o externo**
- Determinar técnica y científicamente:**
- 3. ¿cuánto?**
 - 4. y ¿cuándo pedir?**

2.4 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

Esta sección aporta los puntos susceptibles de mejora, tal como lo ofrece en el objetivo pertinente, de tal manera que puede centrarse el gran esfuerzo de la gerencia en la optimización del inventario, a través de la focalización en dichos puntos.

3 OPTIMIZACIÓN

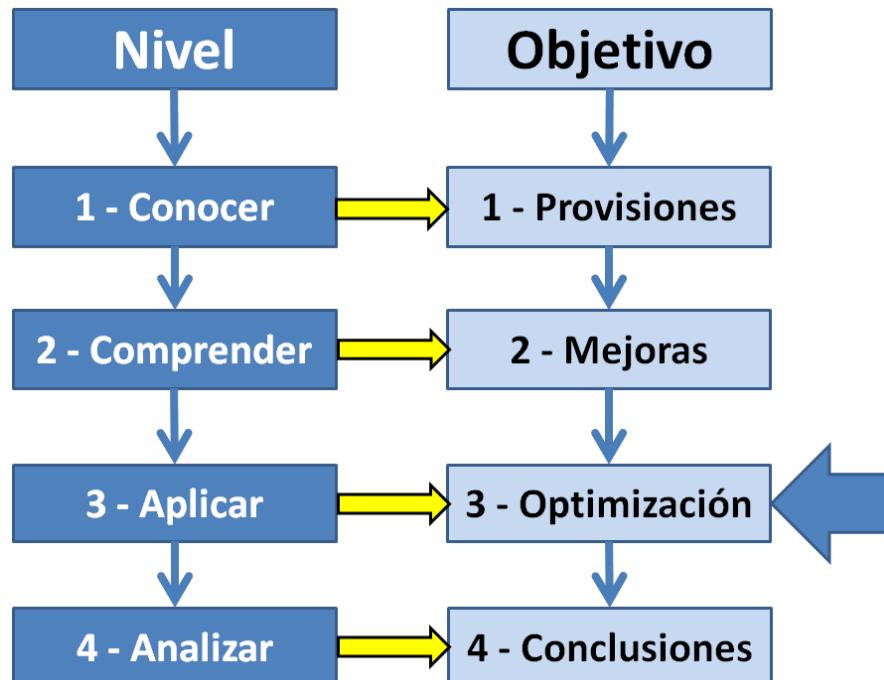
3.1 OBJETIVO

Establecer controles de proceso que permitan minimizar el capital del inventario sin sacrificar el nivel de servicio; mediante los cálculos de cantidad y frecuencia en el reabastecimiento *Push*, *Pull* y *Frozen*. Nivel 3 - Aplicar

3.2 INTRODUCCIÓN

La sección tres aporta los cálculos y determinación de las cantidades y de las frecuencias de pedido de *Push*, *Pull* y *Frozen*, de tal manera, que permite asegurar a través de los diferentes programas informáticos en Excel, la garantía de los logros y premisas de minimizar el capital y maximizar el nivel de servicio, mediante la algoritmización de los programas.

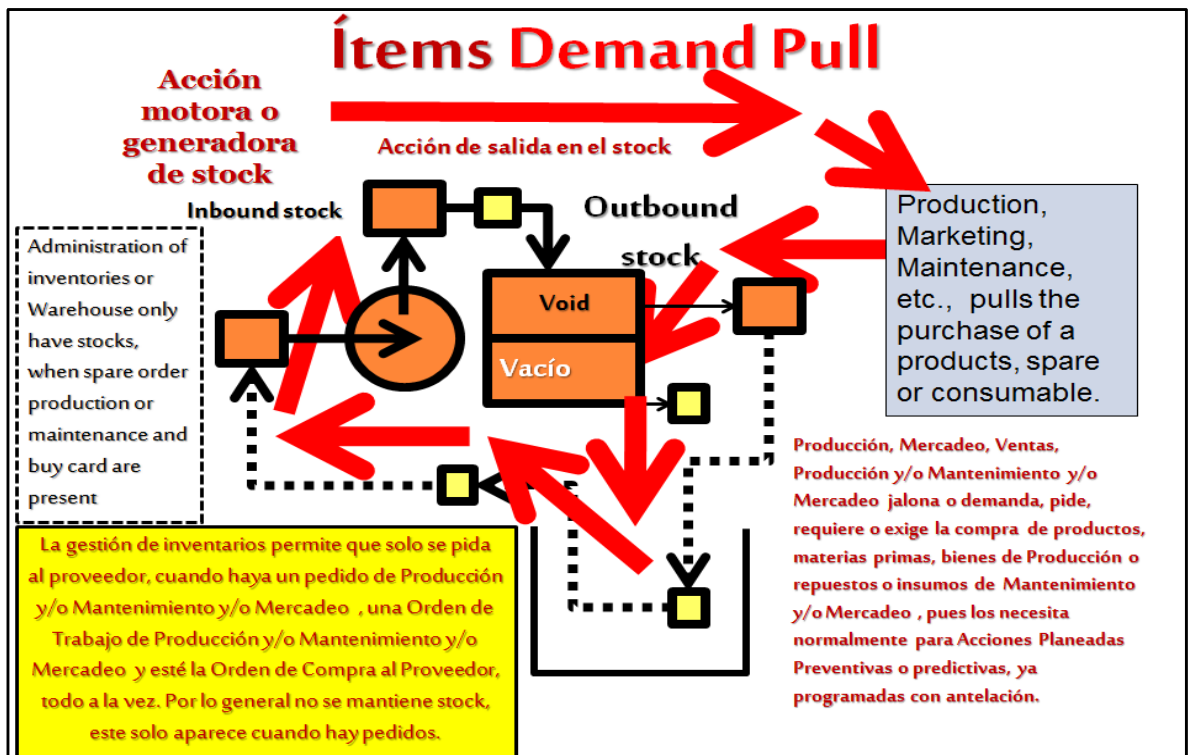
Ilustración 32 - Avance



3.3 DESARROLLO

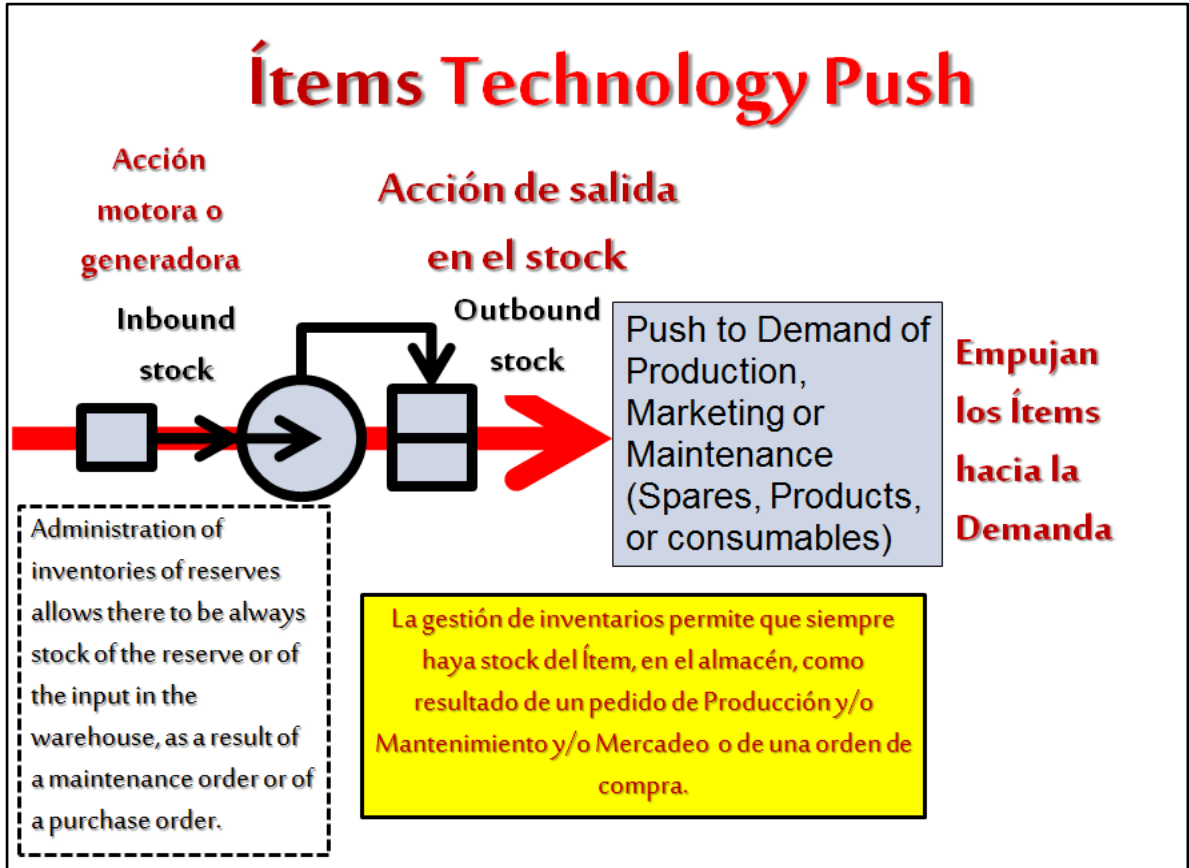
El proceso final es netamente práctico, con los softwares desarrollados a tal fin para el cálculos de las cantidades y las frecuencias, en especial los cálculos debido a que las frecuencias son mensuales, que es el período lectivo o normal, en el caso particular se sabe que las frecuencias en los Push son periódicas y en los Pull se deben cumplir dos condiciones, que alguien este demandado y que se haya llegado al nivel mínimo o ROP del inventario,

Ilustración 33 - Ítems *Pull*



(Mora, 2014)

Ilustración 34 - Ítems *Push*



(Mora, 2014)

Ilustración 35 - Criterios de cuánto y cuándo pedir en Push Pull y Frozen

Diferencias estratégicas de Push & Pull		
	¿Cuánto pide?	¿Cuándo se pide?
Push	Calculado por Asignación y EOQ, se toma siempre el mayor	Periódicamente (Semanal, Mensual, Trimestral, etc)
Pull	EOQ calculado, siempre.	Cuando su nivel de inventario disminuya hasta el ROP o Mímo, tienen un Máximo

(INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF, 2013)

Es importante resaltar que como los Pull son aleatorios y casi que impredecibles, se les coloca controles por encima, por debajo y por los lado; para ello convergen los controles P o T, Q, RM, T R M.

Los controles P o T, son los del Tiempo o Período constantes de reabastecimiento y cantidad Q variables, es el caso por ejemplo del reabastecimiento de rodamientos en consignación, cuando el representante o vendedor de la empresa X o Y, viene a revisar el stock reaprovisiona los ítems que están bajos, en otro ejemplo más sencillo en una tienda o basto el vendedor de gaseosas viene cada día martes semanalmente y aprovisiona un nuevo pedido variable.

Ilustración 36 - Pull

Referencias Pull

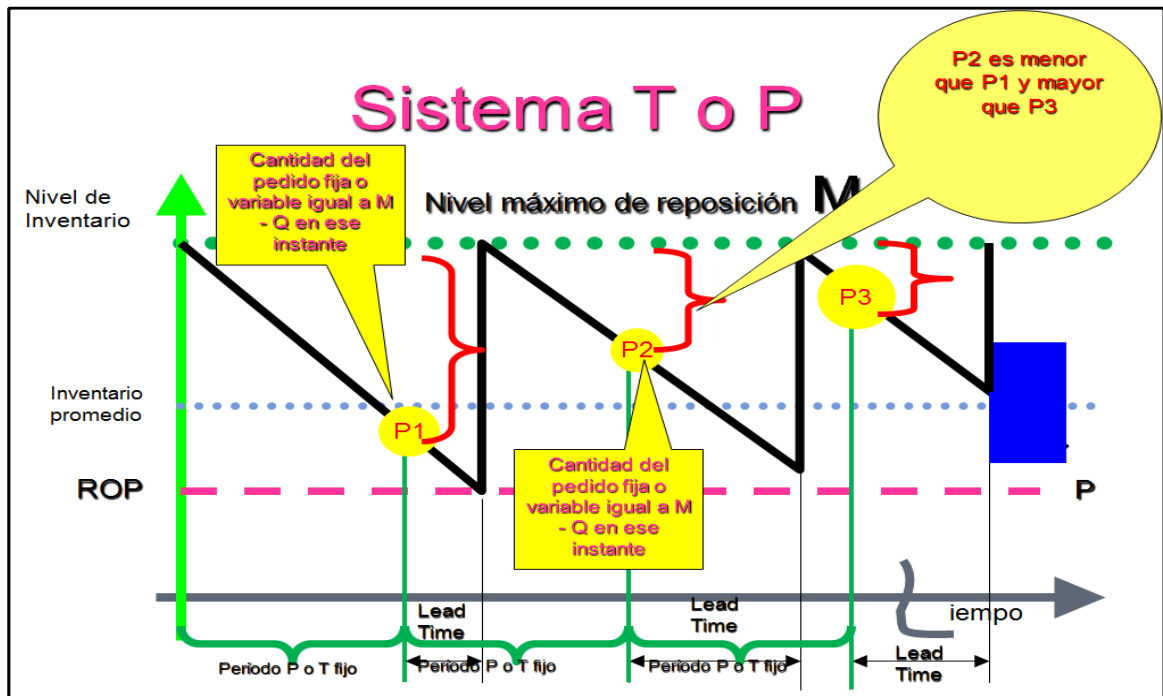
- Justo a tiempo
- Modelos de revisión continua
- Modelos de revisión periódica

Ilustración 37 - Sistema P o T

Pull

SISTEMA P o T (fixed time)

- Los niveles de inventario se revisan a intervalos de fijos de tiempo.
- Se lanzan pedidos de reaprovisionamiento por la diferencia entre un nivel máximo “M” y la cantidad “q” al momento de la revisión.
- Las cantidades “q” son variables.
- Beneficia los pedidos de reabastecimiento conjunto, ya que se puede planificar una coordinación de los tiempos de revisión de otros artículos.

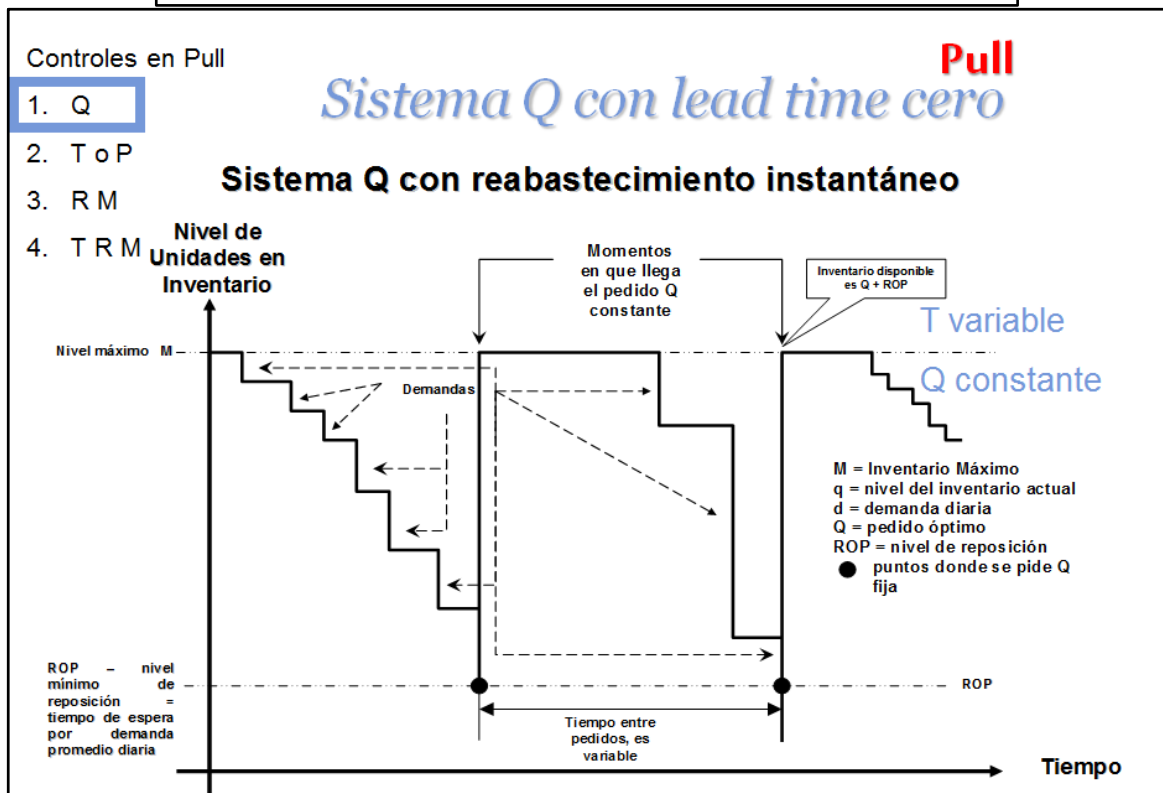


(Mora, 2014)

Pull

SISTEMA Q (Quantity fija a pedir)

- Revisión continua de los niveles de inventarios.
- Cuando las existencias bajan de un punto de pedido o ROP se hace reaprovisionamiento por una cantidad q .
- Intervalo entre pedidos varia pero la cantidad a pedir es fija.
- Parte de la base de que la demanda, el tiempo de despacho y todos los costos asociados se conocen y son casi constantes en el tiempo.
- El buffer o colchón de seguridad nunca se rompe pues se conocen la demanda y los tiempos de entrega, además de que el pedido casi siempre llega en un solo despacho.
- Existe una nueva variante de la presente donde en vez de una sola entrega global se define un solo lapso de tiempo.



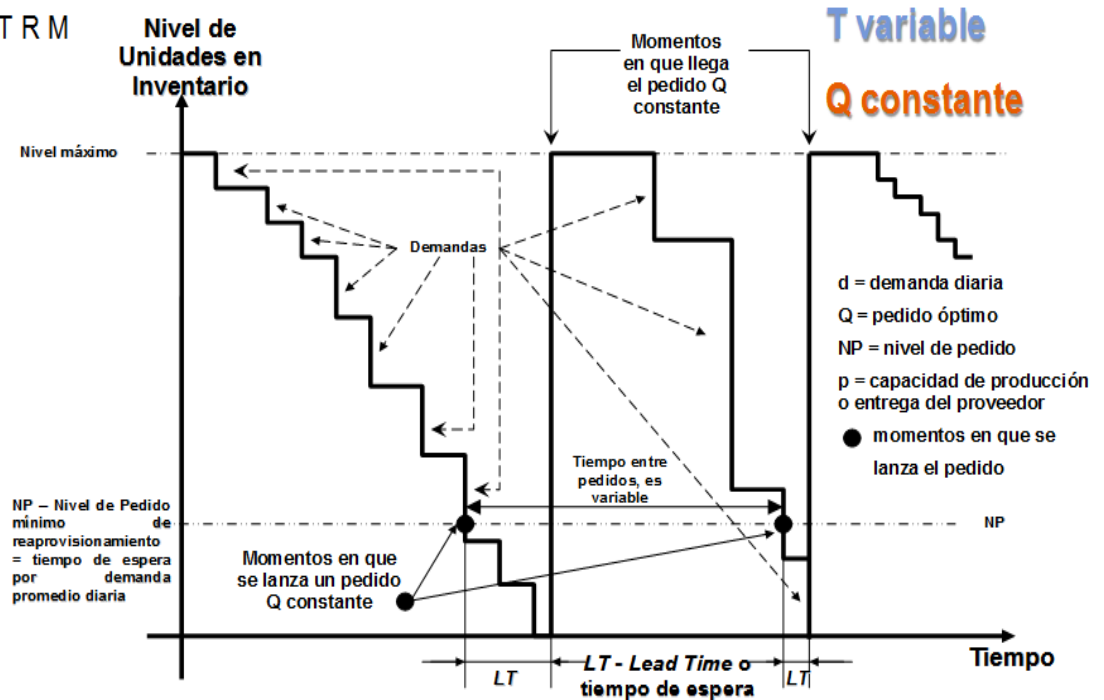
Controles en Pull

1. Q
2. T o P
3. R M
4. T R M

Sistema Q con lead time positivo no instantáneo

Pull

Sistema Q con reabastecimiento no instantáneo



Nivel de Pedido ROP = Demanda Diaria (D + P) * Lead Time en días (o equivalente)

Ilustración 39 - Sistema R – M (ROP (mínimo) – Máximo)

Pull

SISTEMA “R – M”

- ES UNA VARIACION DEL SISTEMA “Q”.
- EL REABASTECIMIENTO SE HACE CUANDO SE ALCANZA EL “ROP”.
- SE UTILIZA CUANDO LA DEMANDA CAMBIA BRUSCAMENTE, POR LO QUE LA CANTIDAD EN INVENTARIO NO IGUALA AL “ROP” SINO QUE LO SUPERA AMPLIAMENTE, PONIENDO EN PELIGRO LA DISPONIBILIDAD.
- SE CAUSA DEBIDO A QUE LA DEMANDA PUEDE SER A VECES MAYOR.
- LA CANTIDAD DE PEDIDO NO ES CONSTANTE.

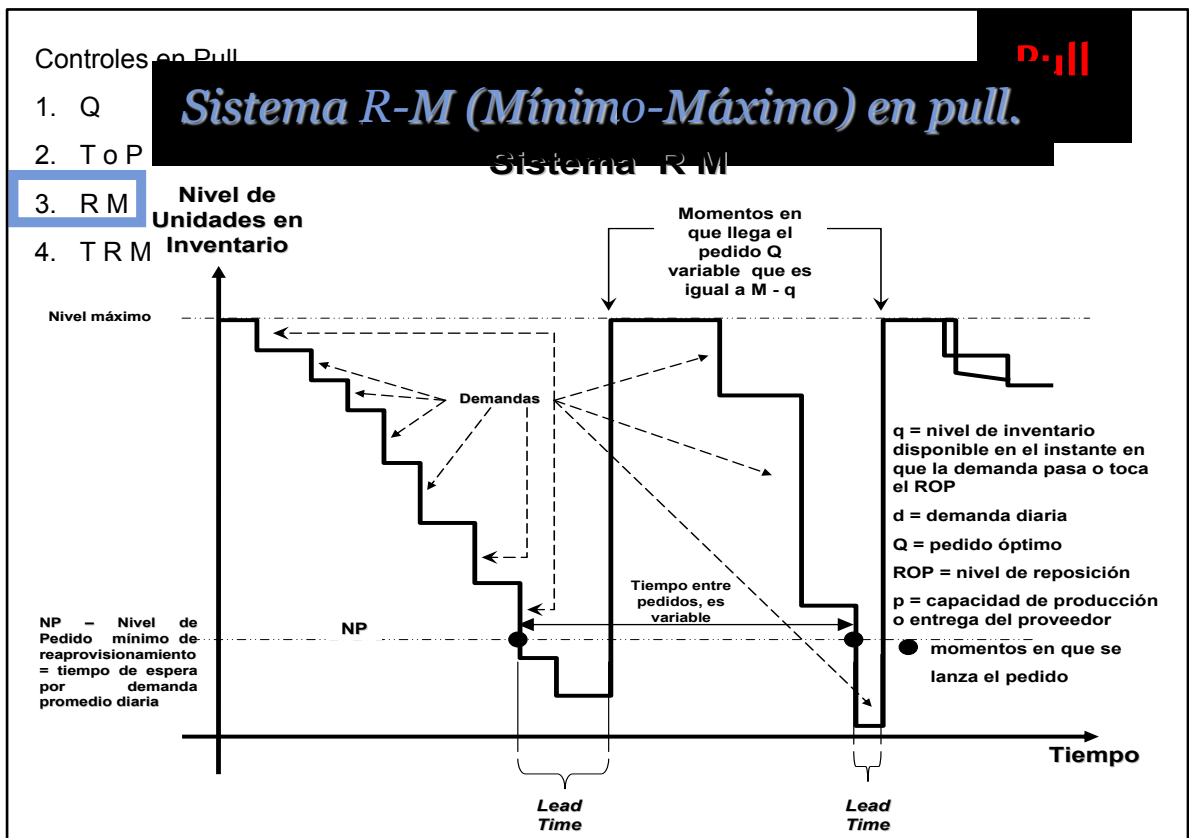


Ilustración 40 - Sistema T - R - M (Time - Tiempo - ROP (mínimo) – Máximo)

- SISTEMA T - R - M** **Pull**
- Combina los sistemas T y R - M**
 - Se revisa cada t para ver si en la cantidad de tiempo, ha bajado del ROP, si es así se lanza el pedido.**
 - Cuando pide utiliza el M- Q y el ROP - q sumados como en el anterior pero lo hace en períodos de tiempo iguales.**

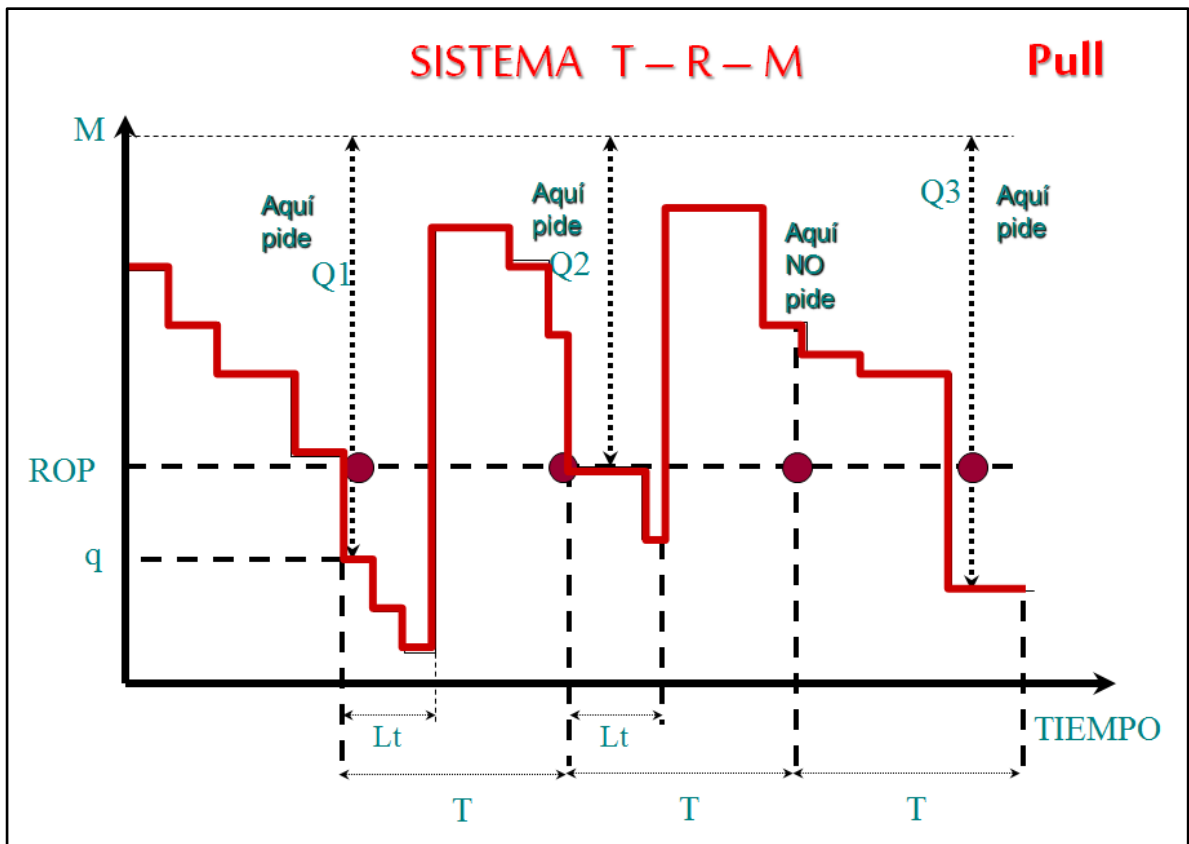
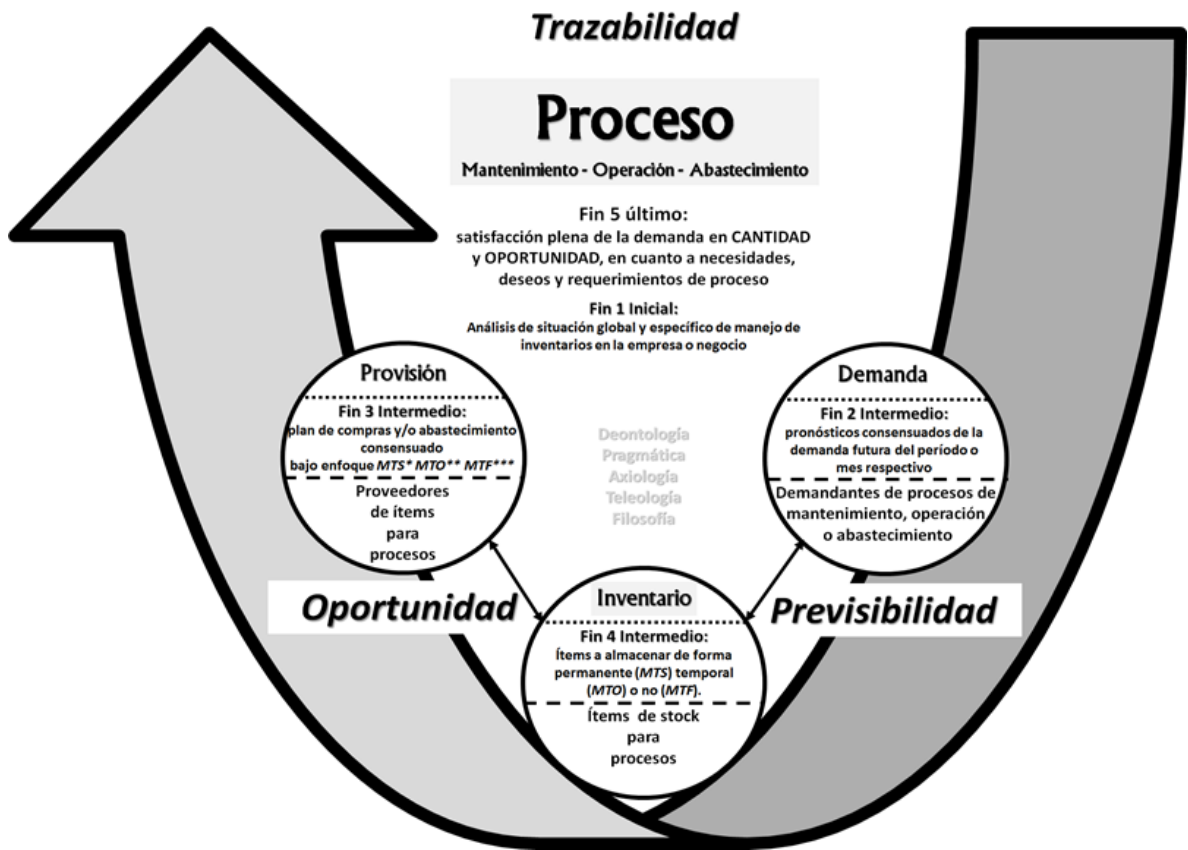


Ilustración 41 - Síntesis Elementos relevantes Inventarios



3.3.1 Técnica

El desarrollo de la sección es netamente técnica y práctica, se inicia con el aporte de datos de la Empresa en el mes correspondiente anterior a la fecha de la cálculos, posteriormente el Programa Ejecutor con base en los criterios de movilidad, ACF¹², variabilidad y criticidad, los valora, lo que le permite establecer una prioridad jerárquica entre los diferentes ítems del inventario, de esta forma se seleccionan los Pivotes, para posteriormente hacer los pronósticos con base en la metodología de Series Temporales, una vez se lora este paso, se realizan los cálculos de cantidades a pedir por asignación en *Push*, *EOQ* en *Pull* y balance de masas en *Frozen*.

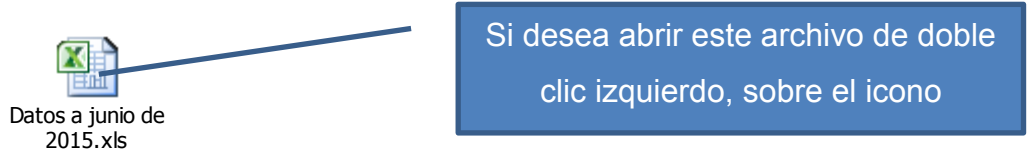
¹² ACF Auto Correlation Function

3.3.1.1 Datos

Periódicamente (mensual) la compañía envía por medio electrónico los datos correspondientes al cierre del mes anterior, los cuales son la base de partida para el cálculo informatizado.

Los datos se pasan del Archivo correspondiente Datos a Junio 2015 al Programa 1Datos.

Ilustración 42 - Archivo Datos a Junio 2015



Datos a junio de 2015.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F
1	Favor No tocar esta columna	10498	Inicio	1 = MERCANCIA EN CONSIGNACION 2 = NO		
2	Dato No.					
3	0	PARTE No.	DESCRIPCION	Código de cuenta	MARCA	Centro de costo
4	1	00000000105117		MAT-REPUE	CVN	MASA-INV
5	2	000000000673515	VALVULA DRENAJE TK AIRE DE B60IC70	MAT-REPUE	CHE	MASA-INV
6	3	000000000712832	RETENEDOR RUEDA DELANT. DE BRIGADIER	MAT-REPUE	CBR	MASA-INV
7	4	000000000850994	TAPA RADIADOR B60IC70	MAT-REPUE	CHE	MASA-INV
8	5	000000000908337	RODAMIENTO DIRECCION DE BRIGADIER	MAT-REPUE	CBR	MASA-INV
9	6	0000000009L8439	TAPA DE ACEITE MOTOR KODIAK	MAT-REPUE	CKD	MASA-INV
10	7	000000001077832	EMPAQUE DE CULATA DE KODIAK 3116	MAT-REPUE	CKD	MASA-INV
11	8	000000001114584	AUTOMATICO MOTOR ARRANQUE DE CHEYENNE 3500	MAT-REPUE	CCY	MASA-INV
12	9	000000001115609	SELENODE MOTOR ARRANQUE KODIAK	MAT-REPUE	CKD	MASA-INV
13	10	000000001116423	REGULADOR ALTERNADOR DE B60IC70 /KOD	MAT-REPUE	CHE	MASA-INV
14	11	000000001116439	REGULADORA ALTERNADOR DE KODIAK	MAT-REPUE	CKD	MASA-INV
15	12	000000001136518				

Datos a junio de 2015.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

1 DESIGNACION 2 = NO MANTENER STOCK 3 = BAJO PEDIDO (GAS Y MOTORES 4 = PEDIDO CONTROLADO

	MARCA	Centro de costo	Almacen	Nombre del proveedor	Ciudad del Proveedor	Localización	PR	QR
4	CVN	MASA-INV	ALM-MASA	FULL REPUESTOS	BUCARAMANGA	HMERIÑO-810891	0	0
5	CHE	MASA-INV	ALM-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE MINERIA	BARRANQUILLA	01-05-03-CC	0	0
6	CBR	MASA-INV	ALM-MASA	FRENO REPUESTOS	BARRANQUILLA	WH1STRPM00001	0	0
7	CHE	MASA-INV	ALM-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE MINERIA	BARRANQUILLA	01-01-04-EE	0	0
8	CBR	MASA-INV	ALM-MASA	COUNTRY MOTORS S.A.	BARRANQUILLA	04-01-05-CC	0	0
9	CKD	MASA-INV	ALM-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE MINERIA	BARRANQUILLA	01-01-01-EE	0	0
10	CKD	MASA-INV	ALM-MASA	FULL REPUESTOS	BUCARAMANGA	04-01-01-CC	0	0
11	CCY	MASA-INV	ALM-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE MINERIA	BARRANQUILLA	01-07-04-CC	0	0
12	CKD	MASA-INV	ALM-MASA	FULL REPUESTOS	BARRANQUILLA	01-07-03-DD	0	0
13	CHE	MASA-INV	ALM-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE MINERIA	BARRANQUILLA	01-07-02-EE	0	0
14	CKD	MASA-INV	ALM-MASA	COUNTRY MOTORS S.A.	BARRANQUILLA	01-07-01-EE	0	0

Datos a junio de 2015.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio

QR	MR	OBSERVACIONES	C	COSTO ALMACENAR	COSTO DE PEDIR	Inventario actual
0	M	2		0.1	20000	0
0	M	1		0.1	20000	0
0	M	2		0.1	20000	0
0	M	1		0.1	20000	0
0	M	2		0.1	20000	1
0	M	1		0.1	20000	1
0	M			0.1	20000	0
0	M	2		0.1	20000	0
0	M	1		0.1	20000	0
0	M			0.1	20000	1

Datos a junio de 2015.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación General \$ % 000 Estilos Estilos de celda Estilos Celdas

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

U8 fx 1

U V W X Y Z AA AB AC AD AE

1 **Inicio**

2

	Inventario actual	Pedidos en tránsito pendientes de llegar	Se debe de meses anteriores	COSTO UNITARIO	CRITICIDAD	LEAD TIME
4	0	0	0	\$ 66,500	ESTRATEGICO	4
5	0	0	0	\$ 18,733	ESTRATEGICO	4
6	0	0	0	\$ 15,000	ESTRATEGICO	4
7	0	0	0	\$ 5,425	ESTRATEGICO	4
8	1	0	0	\$ 14,000	ESTRATEGICO	4
9	1	0	0	\$ 15,000	ESTRATEGICO	4
10	0	0	0	\$ 77,500	ESTRATEGICO	4
11	0	0	0	\$ 71,333	ESTRATEGICO	4
12	0	0	0	\$ 145,705	ESTRATEGICO	4
13	0	0	0	\$ 53,641	ESTRATEGICO	4
14	1	0	0	\$ 50,000	ESTRATEGICO	4

Escritorio 70% ESP 11:15 a. m.

Datos a junio de 2015.xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación General \$ % 000 Estilos Estilos de celda Estilos Celdas

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

U8 fx 1

BC BD BE BF BG BH BI

1 **Favor colocar datos históricos de consumos en esta parte verificando que el el dato de consumo de c**

2

	junio - 2007	julio - 2007	agosto - 2007	septiembre - 2007	octubre - 2007	noviembre - 2007	diciembre - 2007
4	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	12	0	1	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0
12	2	4	3	0	2	5	0
13	2	0	1	27	1	2	0
14	0	0	0	0	0	0	0

Escritorio 70% ESP 11:16 a. m.

3Ejecutor.xlsm - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación General \$ % 000 00 00 Estilos Estilos Celdas Insertar Eliminar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda

Formato Eliminar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

D6

Empresa Taller Equipo Liviano

Final

1 - Mercancía en Consignación
2 - No tener stock
3 - Bajo pedido [Motores y Gas]
4 - Pedido Controlado

Almacen	Nombre del proveedor	Ciudad del Proveedor	Localización	PR	QR	MR	Observaciones
ALN-MASA	FREO REPUESTOS	BARRABARRICA	BARRABARRICA	*	*	"	2
ALN-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE HIBERIA	BARRABARRILLA	SI-BI-BI-CC	*	*	"	1
ALN-MASA	FREO REPUESTOS	BARRABARRILLA	WSTYBARRIBARRI	*	*	"	2
ALN-MASA	NATIONAL TRUCK SERVICE HIBERIA	BARRABARRILLA	SI-BI-BI-CC	*	*	"	1
ALN-MASA	COMBYR DRYVAY S.A.	BARRABARRILLA	SI-BI-BI-CC	*	*	"	2

Listo Ejecutor

Escritorio 11:25 a. m.

3Ejecutor.xlsm - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación General \$ % 000 00 00 Estilos Estilos Celdas Insertar Eliminar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda

Formato Eliminar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

A113

Totales mes

42105	59015	48337	49150	48413	50847	47094
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Pronóstico Mes anterior

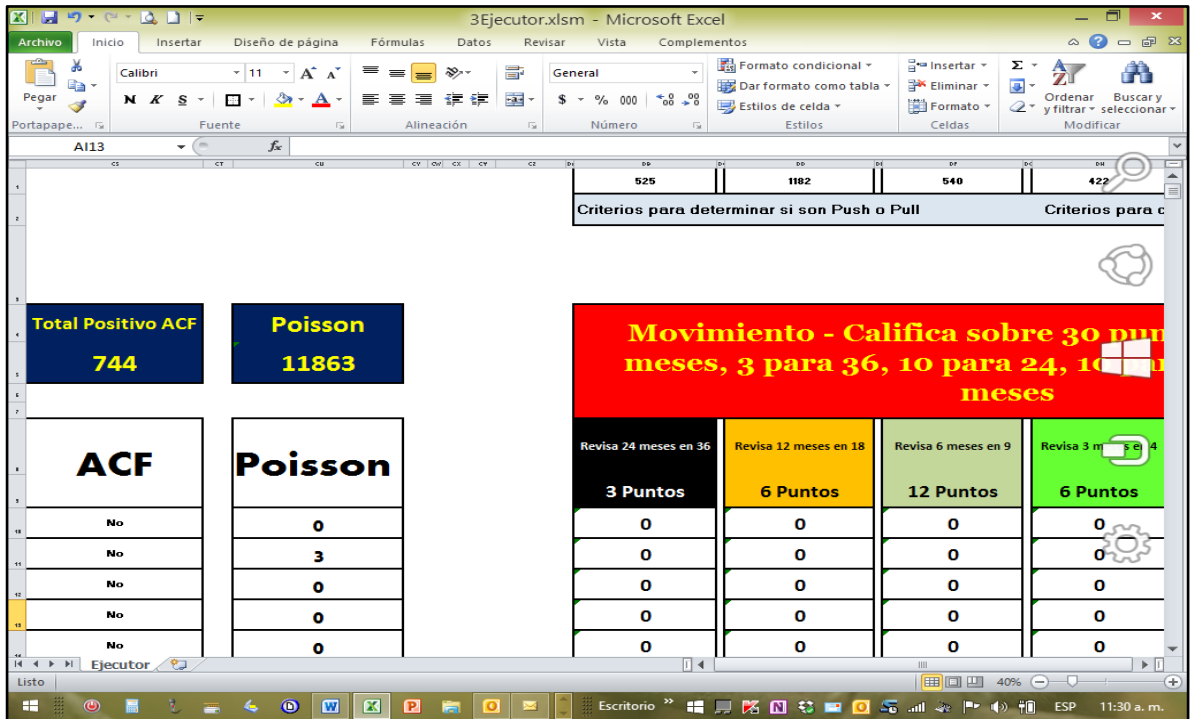
Pronósticos de demanda

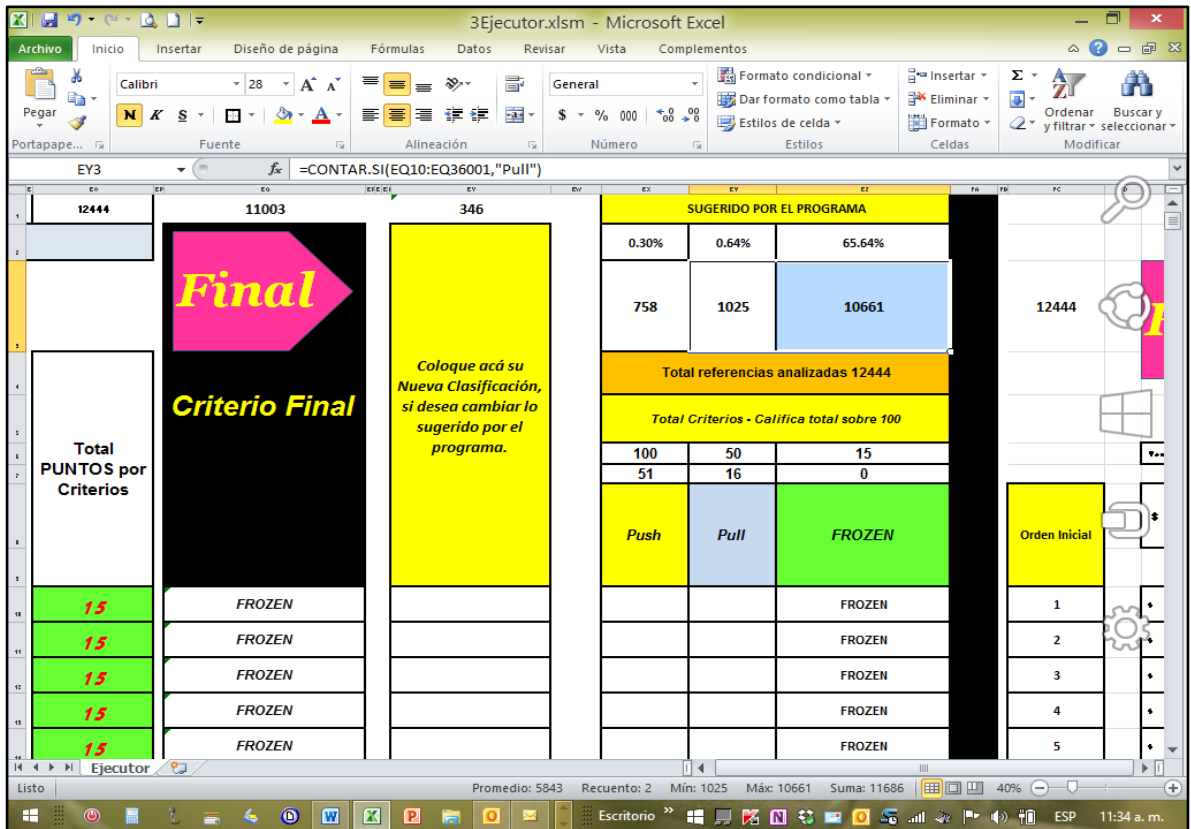
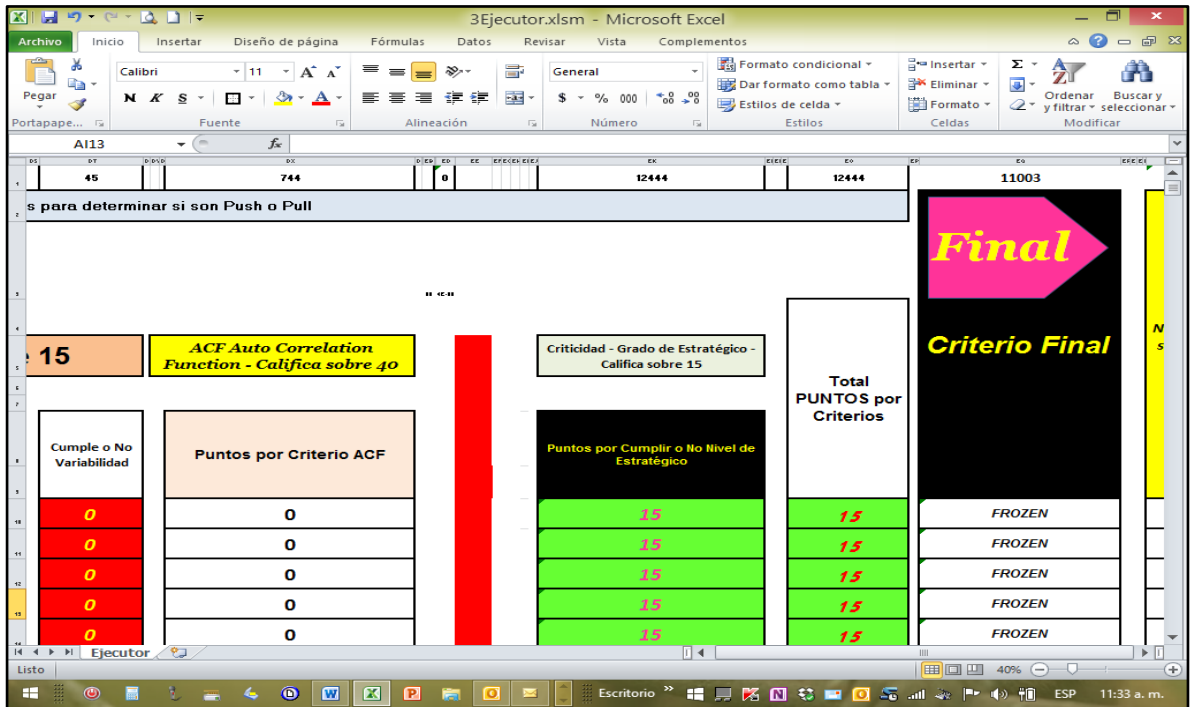
22.04%

may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	R ²
0	0	0	0	0	0	0	100%
0	0	0	0	0	0	0	24%
0	0	0	0	0	0	0	100%
0	0	0	0	0	0	0	100%
0	0	0	0	0	0	0	100%

Listo Ejecutor

Escritorio 11:30 a. m.





De esta forma se llega a 758 Push, 1025 Pull y 10661 Frozen.

Ahora se realizan cálculos de cuanto pedir en MTS MTO MTF

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled 'ReportePush&Pull.xlsm'. A dialog box is displayed in the center with the following text: 'POR FAVOR MIRE BIEN LOS LÍMITES DE DINERO PARA QUE DIGA LUEGO CUANTO VA A ASIGNAR EN DINERO DE PEDIDOS PUSH & PULL - Favor hundar Aceptar para continuar'. Below the dialog, a table titled 'Movimiento mensual' is visible, showing data for months from September 2011 to January 2012. A yellow cell labeled 'R²' is highlighted in the table.

	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	R ²	jul - 2011	ago - 2011	sep - 2011	oct - 2011	nov - 2011	dic - 2011	ene - 2012
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
12	6	7	7	11	0	6	5	2	0	8	3	2
13	1	1	1	1	1	3	6	3	2	6	0	2
14	6	5	7	6	0	17	11	20	13	17	7	10

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled 'Final.xlsm (No responde)'. The dashboard includes a bar chart on the left showing 'Push' (758), 'Pull' (656), and 'Frozen' (755). A yellow box highlights 'Genera ORDENES'. A central yellow box displays 'Resumen de Pedidos para compras de julio 2015' and 'Pedido para atender demandas del mes de agosto - 2015' with a value of 17227. A blue arrow labeled 'Genera Inventario' points to a box on the right showing 'Valor Total del Pedido PUSH' and '#¡VALOR!'. Below the dashboard is a table titled 'INVENTARIOS REPUESTOS' with columns for 'Referencias a Pedir' and 'En Push -2242'. The table contains multiple rows of data with columns for 'Referencia', 'Tipo', 'Descripción de Pedido', 'Cantidad', 'Fecha de Pedido', and 'Fecha de Entrega'.

Referencia	Tipo	Descripción de Pedido	Cantidad	Fecha de Pedido	Fecha de Entrega
1	Push	...	...	...	...
2	Push	...	...	...	...
3	Push	...	...	...	...
4	Push	...	...	...	...
5	Push	...	...	...	...
6	Push	...	...	...	...
7	Push	...	...	...	...
8	Push	...	...	...	...
9	Push	...	...	...	...
10	Push	...	...	...	...
11	Push	...	...	...	...
12	Push	...	...	...	...
13	Push	...	...	...	...
14	Push	...	...	...	...

Ya están listas cantidades a pedir, ahora se definen Proveedores.

Ilustración 44 - Proveedores



Órdenes.xlsx

Órdenes.xlsx - Microsoft Excel

PEDIDOS POR PROVEEDOR - TALLER AUTOMOTRIZ

Pedidos para mes de julio de 2015 13336

Número	TIPO	NUMERO DE ITEM	DESCRIPCION	MARCA	PROVEEDOR
1	FROZEN	40004389	CAMISA MOTOR CUMMINS 350	CHE	VEHIDIESEL SA
2	FROZEN	1334995	EMPAQUE CARTER 3116	DNA	VEHIDIESEL SA
3	FROZEN	5013	FLASHER INTERMITENTES	CKD	VEHIDIESEL SA
4	FROZEN	145701	VALVULA DE ESCAPE CUMMINS 350	KNW	VEHIDIESEL SA
5	FROZEN	40004197	ORINS CAMISILLAS INYECTORES CUMMINS 350	KNW	VEHIDIESEL SA
6	FROZEN	2002090	CABLE ELECTRICO # 8	VELEC	UNION ELECTRICA S.A.
7	Push	3002630	TUERCA M10 ROSCA FINA 1.25	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
8	Push	40004607	TORNILLO HEXAG MM 14 X 35 1.50	MBTSD	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
9	Pull	7003020	BROCA DE 5/32	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
10	Pull	3002240	ARANDELA PLANA GALV DE 5/32	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
11	Pull	7003030	BROCA DE 1/4	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
12	Pull	7003060	BROCA DE 3/8	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
13	Pull	7003040	BROCA DE 3/16	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
14	Pull	7003050	BROCA DE 5/16	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
15	Pull	40003139	GANCIO DE BATERIA	CHE	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
16	Pull	3001342	TORNILLO GOLOSO DE 5/32 X 1 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
17	Pull	3001313	TORNILLO GOLOSO 3/16 X 1 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
18	Pull	3001014	TORNILLO ACERO INOX 1/2 X 2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
19	FROZEN	3001066	TORNILLO DE 3/8 X 3 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
20	FROZEN	3001628	TORNILLO CARRUAJE DE 1/2 X 6	KNW	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
21	FROZEN	3001011	TORNILLO ACERO INOX 3/8 X 1	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
22	FROZEN	40003079	TORNILLO CARRUAJE GALVANIZADO 3/8 X 3	KNW	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
23	FROZEN	40004634	TORNILLO DE CARRUAJE DE 1/2 X 4 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
24	FROZEN	3001021	TUERCA ACERO INOX 3/8	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA
25	FROZEN	40003070	TORNILLO ACERO INOX INVARIABLE 5/16 X 1	OLV	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA

Órdenes.xlsx - Microsoft Excel

PEDIDOS POR PROVEEDOR - TALLER AUTOMOTRIZ

Unidades totales a pedir 13336 \$ 205,480,260.59

DESCRIPCION	MARCA	PROVEEDOR	Cantidad a pedir	Precio Unitario
CAMISA MOTOR CUMMINS 350	CHE	VEHIDIESEL SA	1	\$ 394,376.83
EMPAQUE CARTER 3116	DNA	VEHIDIESEL SA	1	\$ 133,917.00
FLASHER INTERMITENTES	CKD	VEHIDIESEL SA	1	\$ 25,000.00
VALVULA DE ESCAPE CUMMINS 350	KNW	VEHIDIESEL SA	1	\$ 19,000.00
ORINS CAMISILLAS INYECTORES CUMMINS 350	KNW	VEHIDIESEL SA	1	\$ 11,000.00
CABLE ELECTRICO # 8	VELEC	UNION ELECTRICA S.A.	4	\$ 2,300.00
TUERCA M10 ROSCA FINA 1.25	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	16	\$ 506.00
TORNILLO HEXAG MM 14 X 35 1.50	MBTSD	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	3	\$ 1,460.00
BROCA DE 5/32	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	113	\$ 1,795.00
ARANDELA PLANA GALV DE 5/32	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	77	\$ 195.99
BROCA DE 1/4	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	21	\$ 2,977.00
BROCA DE 3/8	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 6,700.00
BROCA DE 3/16	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	34	\$ 1,747.00
BROCA DE 5/16	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 4,350.00
GANCIO DE BATERIA	CHE	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 1,068.00
TORNILLO GOLOSO DE 5/32 X 1 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	14	\$ 88.00
TORNILLO GOLOSO 3/16 X 1 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	40	\$ 106.00
TORNILLO ACERO INOX 1/2 X 2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 2,794.00
TORNILLO DE 3/8 X 3 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 502.00
TORNILLO CARRUAJE DE 1/2 X 6	KNW	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	4	\$ 1,515.00
TORNILLO ACERO INOX 3/8 X 1	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	21	\$ 236.00
TORNILLO CARRUAJE GALVANIZADO 3/8 X 3	KNW	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	9	\$ 316.00
TORNILLO DE CARRUAJE DE 1/2 X 4 1/2	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	1	\$ 2,874.00
TUERCA ACERO INOX 3/8	VLATO	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	26	\$ 81.00
TORNILLO ACERO INOX INVARIABLE 5/16 X 1	OLV	TORNILLOS HERRAMIENTAS Y GRAPA	20	\$ 58.00

Ilustración 45 - Probabilidades de Riesgo - Hazard Fallas por Agotados - Plan de Compras

Plan de Inversiones Factibles este Mes														
Cifras en Millones de Pesos pero se muestran en miles														
Opción	Inversión Extra del CERREJÓN	Aporte de Empresa a Compras este Mes	Nivel deseado de Servicio		Push Inversión propia	Push Inversión EXTRA CERREJÓN	Push Total	Pull Inversión propia	Pull Inversión propia CERREJÓN	Pull Total	FROZEN Inversión propia	FROZEN Inversión propia CERREJÓN	FROZEN Total	Nivel de Servicio esperado
1	0	228,000	Minimo	80.0%	92,000	0	92,000	136,000	0	136,000	0	0	0	80.00%
2	137,000	228,000	Básico	82.8%	92,000	40,000	132,000	136,000	13,000	149,000	0	84,000	84,000	82.84%
3	160,000	228,000	Aceptable	84.0%	92,000	40,000	132,000	136,000	16,000	152,000	0	104,000	104,000	84.00%
4	182,000	228,000	Bueno	88.0%	92,000	40,000	132,000	136,000	38,000	174,000	0	104,000	104,000	88.00%
6	205,000	228,000	Alto	92.0%	92,000	40,000	132,000	136,000	67,000	203,000	0	98,000	98,000	92.00%
7	228,000	228,000	Excelente	96.0%	92,000	40,000	132,000	136,000	102,000	238,000	0	86,000	86,000	96.00%
8	319,000	228,000	Ideal (Soñado)	99.9%	92,000	40,000	132,000	136,000	226,000	362,000	0	53,000	53,000	99.90%

De esta forma se tiene el Plan de Compras detallado por ítem y por proveedor, después de consensuar en la empresa.

Ilustración 46 - Plan final de Compras



Final .xlsm

Referencias a Pedir	En Push -2242	En Pull -2344	En Frozen - 755	En Total - 2169 Referencias con 17227 Unidades	Habrá inventario final mes actual equivalente a 2.78 meses de consumo mensual promedio
Valor Total del Pedido PUSH \$ 280,025,577.81					Valor Inventario mes anterior de estas referencias \$ 397,203,552.33
Valor Total del Pedido PULL \$ 172,917,536.96					
Valor Total del Pedido Frozen \$ 158,791,745.78					Valor Inventario al final de este mes de estas referencias solo \$ 268,263,478.18
Valor Total del Pedido Push + Pull + Frozen \$ 611,734,860.55					

Cantidad a pedir	Procede Material	Total Item Push	Total Item Pull	Total FROZEN	Total este ítem
18	Banqueta Discos Disponibles	\$ 357,933.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
19	Banqueta Discos Disponibles	\$ 32,032.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
20	Banqueta Discos Disponibles	\$ 1,215,138.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
21	Banqueta Discos Disponibles	\$ 37,508.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
22	Banqueta Discos Disponibles	\$ 413,733.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
23	Banqueta Discos Disponibles	\$ 339,000.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
24	Banqueta Discos Disponibles	\$ 139,755.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
25	Banqueta Discos Disponibles	\$ 1,238,000.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
26	Banqueta Discos Disponibles	\$ 1,000,000.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
27	Banqueta Discos Disponibles	\$ 393,030.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
28	Banqueta Discos Disponibles	\$ 374,238.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
29	Banqueta Discos Disponibles	\$ 154,879.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
30	Banqueta Discos Disponibles	\$ 35,000.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
31	Banqueta Discos Disponibles	\$ 28,028.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!
32	Banqueta Discos Disponibles	\$ 28,028.00	=\$VALOR!		=\$VALOR!

Por medio de esta forma se concluye la aplicación integral y específica de la Metodología *MTS MTO MTF* en una empresa donde los productos son repuestos e insumos automotrices.

3.4 CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

En síntesis el capítulo aporte los programas informáticos diversos y especializados para realizar cada una de las etapas de Pronósticos y de generación del Plan Integral y específico de Compras.

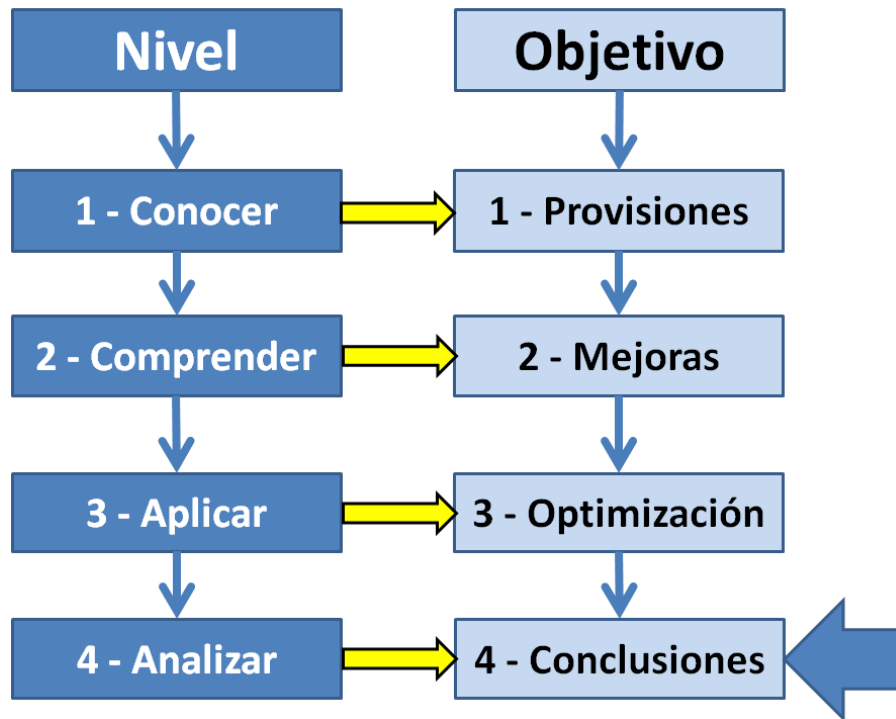
Al insertar los archivos en los documentos también se deja la posibilidad de que el lector profundice en los mismos y observe todos los algoritmos que usa.

4 CONCLUSIONES

4.1 OBJETIVO

Concluir los principales resultados. Nivel 4 - Analizar - Escala Bloom Gagné y Barret (Gagné@, y otros, 2008)¹³.

Ilustración 47 - Avance



4.2 DESARROLLO

Entre las principales ideas que se logran durante el proceso, sobresalen la automatización del mismo y la certeza de los pronósticos, acompañada de una metodología segura, confiable y científica, que cumple todos los parámetros y las mejores prácticas internacionales, en conjunto con los mejores desarrollos científico-estadísticos disponibles en el tema de inventarios y afines.

¹³ @ el símbolo de arroba se usa en este libro para denotar que la fuente es tomada de Internet y se clasifica en forma detallada en la Bibliografía.

Por otro da respuesta a las preguntas claves para obtener el fin último de inventarios, el cual es garantizar los procesos de operación, mercadeo y en el caso particular de mantenimiento, mediante la respuesta a las preguntas del cuándo y cuánto pedir, realizadas de una manera técnica y argumentada, con parámetros y criterios internacionales; ajustados¹⁴ en todo momento a los planes, presupuestos y metas de la compañía.

¹⁴ Los Pronósticos de Demanda y el Plan de Compras

BIBLIOGRAFIA

Améndola, Luigi. 2008. *PMM Organización Gestión del mantenimiento*. Valencia : Ediciones PMM Institute of Learning, 2008. pág. 239. ISBN 978-84-935668-1-4.

Autor, en la empresa donde presta servicios. 2013. Cadena Suministro de Materiales. *Contrato Equipo Liviano Cerrejon Mecánicos Asociados S.A.S.* Albania Guajira : s.n., 2013.

Carrión, Andrés - García. 1999. Pronósticos con series temporales. *Pronósticos con series temporales*. Valencia : Memorias, ensayo y documento publicado por el área de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 1999.

Cerrejón. 2013. Cerrejón. *Cerrejón*. [En línea] Cerrejón, 01 de 02 de 2013. <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa.aspx>.

—. **2011.** Cerrejon - Minería Responsable. *Sitio web de Carbones del Cerrejón*. [En línea] 29 de 05 de 2011. [Citado el: 29 de 05 de 2011.] <http://www.cerrejon.com>.

—. **2013.** <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>. <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>. [En línea] 01 de 09 de 2013. <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>.

Gagné@, Robert y Bloom, Benjamín. 2008. Taxonomía de los Objetivos educacionales y formativos de los seres humanos. *Modelos de procesamiento de la información de los humanos*. [En línea] http://cmaps.conectate.gob.pa/servlet/SBReadResourceServlet?rid=11894917194_98_981864839_519162&partName=htmltext, 21 de Septiembre de 2008. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] Se conoce como la escala de niveles de objetivos de Bloom, Barret y Gagné. <http://www.scribd.com/doc/408060/Robert-Gagne>.

Garrido@, Nicolás. 2009. Stock por lote. *Modelo del lote economico, costos mínimos en la gestión de repuestos.* [En línea] 09 de Marzo de 2009. [Citado el: 27 de Enero de 2011.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/Stock-por-Lote.pdf>.

Guerrero, Humberto - Salas. 2009. *Inventarios - manejo y Control.* Primera. Bogotá : ECOE, 2009. pág. 186. ISBN 978-958-648-583-8.

Hanke, John E. y Reitsch, Arthur G. 1996. *Pronósticos en los negocios.* Ciudad de México : Prentice Hall Hispanoamericana, 1996. ISBN 0-13-760745-8.

Herramientas para la estimación de la demanda futura de repuestos de mantenimiento tipo Pull. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2012a.** [ed.] UPADI - Unión Panamericana de Ingeniería. La Habana - Cuba : UPADI, 2012a. XXIII Convención Panamericana de Ingeniería. pág. 7. Ponencia escrita y sustentada en Congreso.

INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2013.** Lima - Perú : IPEMAN, 2013. Congreso XII Internacional Ingeniería de Mantenimiento IPEMAN. Lima - Perú - Octubre 17 al 19 -.

—. **Mora, Alberto - Gutiérrez, Amaya Cataño, Jorge Alberto y Giraldo Gil, Jorge. 2013.** Lima : IPEMAN, 2013. Congreso Internacional IPEMAN XII.

Makridakis, Spyros y Wheelwright, Steven C. 1998. *Métodos de pronósticos.* Ciudad de México : Limusa, 1998. ISBN 968-18-4879-9-482.

Mora, Alberto - Gutiérrez. 2012a. Convención Panamericana de Ingeniería. *Ponencia - Inventarios - Push & Pull.* s.l., La Habana, Cuba : UPADI 2012, 15 de 03 de 2012a.

—. **2012.** Herramientas para la estimación de la demanda futura de repuestos de mantenimiento tipo Pull. [ed.] Asociación Uruguaya de Manttenimiento. *Escrito*

Congreso 8 de Mantenimiento - Gestión de Activos y Confiabilidad. Montevideo - Uruguay : URUMAN - Octavo Congreso de Mantenimiento, 22 de 09 de 2012. pág. 10.

—. **2007b.** *Mantenimiento Estratégico Empresarial.* Primera. Medellín : Fondo Editorial FONEFIT, 2007b. pág. 345. ISBN 978-958-8281-46-9.

—. **2006.** *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios.* Envigado : AMG, 2006. ISBN 978-958-44-0233-2.

—. **2007a.** *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios.* Segunda. Envigado : AMG, 2007a. pág. 306. ISBN 978-958-3382185.

—. **2014.** *Mantenimiento Industrial Efectivo.* Tercera. Medellín : COLDI Limitada, 2014. pág. 348. ISBN 978-958-98902-0-2.

—. **2009.** *Mantenimiento Planeación, ejecución y control.* Primera. Colombia : Alfaomega, 2009. ISBN-978-958-682-769-0.

—. **1990.** *Modelo sistematizado de gerencia y administración del mantenimiento industrial - Tesis Investigación para optar al título de Magister en Administración.* Medellín : s.n., 1990. pág. 254. Tesis de Magister de Administración de Empresas . Universidad EAFIT Colombia.

—. **1995.** *Planeación estratégica de alta dirección en empresas de mantenimiento - ACIEM.* Bogotá : Revista ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos, Electrónicos y Afines, 1995.

—. **2012.** *Pronósticos de Demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos.* [ed.] Alberto Mora Gutiérrez. Tercera. Medellín : AMG, 2012. pág. 306. Vol. Uno. ISBN 978-958-44-0233-2.

—. **2014.** *Stock cero.* Primera. Medellín : CIMPRO SAS, 2014. pág. 255. 978-958-583-61-0-5.

Mora, Alberto . Gutiérrez. 2007. *Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios [Libro] = Mantenimiento Estratégico.* Segunda. Medellín : coldi IIMITADA, 2007. pág. 306. ISBN 978-958-3382185.

Mora, Luis Alberto - Gutiérrez. 2012b. Herramientas para la estimación de la demanda futura de repuestos de mantenimiento tipo Pull. Montevideo, Uruguay, Uruguay : s.n., 07 de 2012b. URUMAN 2012.

Mora, Luis Alberto. 2012a. *Pronósticos de Demanda e Inventarios.* Medellín : AMG, 2012a. ISBN 878-858-44-0233-2.

Norman, Gaither. 2003. *Administración de producción y operaciones.* Mexico : Internacional Thomson Editores S.A. de C.V., 2003. ISBN 0-538-89108-4.

Pronósticos de demanda e Inventarios - Métodos Futurísticos. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2007c.** [ed.] Ultragráficas Ediciones. Medellín : AMG, Diciembre de 2007c. ISBN: 978-958-44-0233-2 .

Sistemas de Inventarios con pronósticos de Demanda de Múltiples Referencias. **Mora, Alberto - Gutiérrez. 2010.** ISSN 1657-2432, Medellín : s.n., Cuarto Trimestre de 2010, Zona Logística.

Tamayo, Mario - & Tamayo. 2001. *El proceso de la Investigación Científica.* Cuarta. México, D.F. : Limusa, 2001. pág. 440. ISBN 968-18-5872-7.