

**EXCESOS Y AGOTADOS DE INVENTARIOS - ANÁLISIS DE LAS CAUSAS
DE RETRASOS EN TAREAS DE MANTENIMIENTO.**

GUSTAVO HERNANDO CHICA MEJÍA
ESTUDIANTE MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÉNFASIS MANTENIMIENTO – PROFUNDIZACIÓN
CÓDIGO 201519000114

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN - COLOMBIA

2015

EXCESOS Y AGOTADOS DE INVENTARIOS - ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE RETRASOS EN TAREAS DE MANTENIMIENTO.

GUSTAVO HERNANDO CHICA MEJÍA
ESTUDIANTE MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÉNFASIS MANTENIMIENTO – PROFUNDIZACIÓN
CÓDIGO 201519000114

TRABAJO DE TESIS PARA OTORGAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERÍA MODALIDAD PROFUNDIZACIÓN EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

DIRECTOR DE PROYECTO
ING. PH.D. ALBERTO MORA GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN - COLOMBIA

2014

CONTENIDO

CONTENIDO.....	4
ILUSTRACIONES.....	7
0 PRÓLOGO.....	9
0.1 INTRODUCCIÓN.....	9
0.2 JUSTIFICACIÓN.....	10
0.3 ANTECEDENTES.....	10
0.4 OBJETIVOS.....	10
0.1.1 General.....	10
0.1.2 Específicos.....	11
0.4.1.1 Capítulo 1 - Fundamentos.....	11
0.4.1.2 Capítulo 2 - Metodología MTS MTO MTF.....	11
0.4.1.3 Capítulo 3 - Algoritmos Claves.....	11
0.4.1.4 Capítulo 4 - Estrategias.....	11
0.4.1.5 Capítulo 5 - Conclusiones.....	11
0.5 ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	12
0.6 CONCLUSION DE CAPITULO 0.....	13
1 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO E INVENTARIOS.....	15
1.1 OBJETIVO.....	15
1.2 INTRODUCCIÓN.....	15
1.3 DESARROLLO CAPITULO 1.....	15
1.1.1 Mantenimiento.....	15
1.3.1.1 Terotecnología – LCC.....	16
1.3.1.2 Costo de ciclo de vida (LCC).....	17
1.3.1.3 Disponibilidad.....	19
1.3.1.3.1 Modelo Universal para calcular y pronosticar CMD.....	23
1.3.1.4 Confiabilidad - Tiempos útiles.....	29
1.3.1.5 Curva de Confiabilidad.....	29
1.3.1.6 Mantenibilidad – Reparaciones.....	31
1.3.1.6.1 Curva de la bañera o de Davies.....	33
1.1.2 Inventarios.....	39
1.3.1.7 Causa final de la existencia de inventarios.....	40
1.3.1.8 Procesos - Razón de ser de los inventarios.....	41
1.3.1.9 Relación mantenimiento e inventarios.....	42
1.3.1.9.1 Acciones correctivas o modificativas.....	42
1.3.1.9.2 Acciones predictivas o preventivas.....	42
1.3.1.10 Fin último del Manejo de Inventarios:.....	45
1.4 CONCLUSION DE CAPITULO 1.....	46
2 METODOLOGIA MTS, MTO Y MTF.....	47
2.1 OBJETIVO.....	47
2.2 INTRODUCCIÓN.....	47

2.3	DESARROLLO CAPITULO 2	47
2.1.1	Estructura Sistémica	48
2.3.1.1	Primer Nivel	48
2.3.1.2	Segundo Nivel	48
2.3.1.3	Tercer Nivel	48
2.3.1.4	Cuarto Nivel	48
2.1.2	Diferencias técnicas entre Push Pull Frozen	52
2.3.1.5	Categorización de todas referencias en <i>Push Pull Frozen</i>	61
2.3.1.5.1	El Ser de la clasificación de Referencias	61
2.3.1.5.2	Deber Ser de la Categorización en <i>MTS Push, Pull MTO</i> y <i>MTF Frozen</i>	62
2.3.1.5.3	Criterios Técnicos de los MTS Push - MTO Pull y de los MTF Frozen	63
2.3.1.5.3.1	Movilidad	64
2.3.1.5.3.2	Variabilidad	64
2.3.1.5.3.3	ACF	66
2.3.1.5.3.4	Rotación	70
2.3.1.5.3.5	Criticidad	70
2.1.3	Algoritmos ESENCIALES EN AGOTADOS Y EXCESOS	74
2.3.1.6	Push - MTS	74
2.3.1.7	Pull - MTO	74
2.4	CONCLUSION DE CAPITULO 2	75
3	ALGORITMOS CLAVES	76
3.1	OBJETIVO	76
3.2	INTRODUCCIÓN	76
3.3	DESARROLLO CAPITULO 3	76
3.1.1	Origen de los Agotados – Método Push de Asignación	76
3.3.1.1	Inventario actual	76
3.3.1.2	Pedidos en tránsito	76
3.3.1.3	Pronósticos	77
3.3.1.4	Deudas de entregas de períodos anteriores	78
3.3.1.5	Agotados que aún no se entregan	78
3.3.1.6	Error del período o mes anterior	78
3.3.1.7	Stock de seguridad	78
3.3.1.7.1	Valoración de la cantidad <i>Push</i> a pedir por Asignación	79
3.3.1.8	Excesos	79
3.1.2	Economic Order Quantity – EOQ	80
3.3.1.8.1	Incidencia de los Pull	80
3.1.3	Origen de los Excesos - Pull	81
3.4	CONCLUSION DE CAPITULO 3	82
4	ESTRATEGIAS	83
4.1	OBJETIVO	83
4.2	INTRODUCCIÓN	83
4.3	DESARROLLO CAPITULO 4	83
4.1.1	Agotados, origen en Push	83
4.1.2	Excesos - Pull	86
4.4	CONCLUSION DE CAPITULO 4	87
5	CONCLUSIONES	88

5.1 OBJETIVO.....	88
5.2 CONCLUSIONES.....	88
ÍNDICE ALFABÉTICO - GLOSARIO.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	96

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objetivos.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2 - Etapas de la Terotecnología.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3 - Estrategias de aplicación de la Terotecnología.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4 - Efectividad y LCC en mantenimiento.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 5 - LCC.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 6 - Modelo universal e integral, propuesto para la medición CMD.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 7 - Tiempos importantes, siglas y convenciones que se usan CMD.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 8 - Primera etapa de datos, para la predicción CMD.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 9 - Etapa dos de selección de disponibilidad a usar en predicción CMD.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 10 - Etapa tres de parametrización y alineación de Weibull, o de uso de MLE.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 11 - Cuarta fase de validación de ajuste y bondad de Weibull.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 12 - Etapa cinco, para parametrizar y alinear o MLE de otra función.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 13 - Etapa seis de cálculos, predicciones y estrategias CMD.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 14 - Relación de disponibilidad.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 15 - Relación de disponibilidad.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 16 - Ejemplos de diferentes disponibilidades.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 17 - Factores que afectan la funcionalidad y las disponibilidades.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 18 - Representación matemática de la función de confiabilidad.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 19 - Curvas de Confiabilidad, Supervivencia y de Falla.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 20 - Curva de la bañera o de Davies.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 21 - Curva de Davies, acciones y tácticas adecuadas, acorde al valor del β.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 22 - Representación matemática y curva de mantenibilidad.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 23 - Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 24 - Pasos de parámetros en predicción CMD.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 25 - Cadena Logística de Suministro o de Valor Agregado (Supply Chain).....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 26 - Causa inventarios en procesos: Mantenimiento - Producción - Abastecimiento.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 27 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 28 - Flujograma de Ítems Push - Technology Push – MTS.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 29 - Flujograma de Ítems Pull – Demand Pull – MTO.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 30 - Algunas diferencias relevantes entre Push y Pull.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 31 - Paradigmas de los Inventarios.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 32 - Operaciones típicas en el manejo de inventarios - Actividades factibles.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 33 - Estructura sistémica de inventarios.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 34 - Sistema y sub-sistemas en inventarios.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 35 - Funciones - Relaciones - Secuencia Lógica - Fines intermedios & último.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 36 - Normas de secuencia lógica de fines a alcanzar.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 37 - Normas del cuánto y cuándo pedir, con base tipo de ítem (deontología).....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 38 - Ruta Lógica de la Metodología MTS MTO MTF.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 39 - Diagrama de bloques M;TS MTO MTF - Pasos de implementación.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 40 - Actores, Fines y Elementos de un sistema inventarios MTS MTO MTF.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 41 - Entregables y Actividades que realizan los Elementos del sistema inventarios.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 42 - Característica de abastecimiento en los diferentes tipos de ítem.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 43 - Criterios técnicos de clasificación MTS MTO MTS en los inventarios.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 44 - Influencia de la Variabilidad en las probabilidades de ser Push o Pull o Frozen.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 45 - Parámetros que influyen en su aspecto del cuánto pedir, en ítem Push o Pull Frozen.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 46 - Impacto de variabilidad en los datos originales de una Referencia.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 47 - Influencia de la pendiente en la tendencia de la demanda de una referencia.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 48 - Programa Statgraphics Centurión - Prueba ACF con auto correlación.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 49 - Rotación.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 50 - Rangos y valores, de caso particular Push Pull Frozen.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 51 - Método Push de Asignación.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 52 - EOQ (sirve en Push y en Pull).....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 53 - Diferencias relevantes Push Pull Frozen.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 54 - Opciones de Factores multiplicadores de Stock de Seguridad en Push.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 55 - EOQ.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 56 - Cálculo de Máximos en Pull.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 57 - Niveles de Mínimos y Máximo en Pull.....</i>	<i>81</i>

Ilustración 58 - Metodología Pronósticos Series Temporales83
Ilustración 59 - Estado futuro84
Ilustración 60 - Estados futuros a lograr85
Ilustración 61 - Modelos de pronósticos.....85

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto se enfoca en resaltar las situaciones, condiciones y/o parámetros que ocasionan excesos¹ o agotados² (E&A) dentro de los niveles de inventario en mantenimiento; mediante el análisis de las fórmulas en la clasificación de los inventarios: Push MTS³, Pull MTO⁴ y Frozen MTF⁵; este análisis permite visualizar cuales son las variables que causan E&A dentro de los inventarios propios de cada compañía, empresa o unidad de negocio.

“El éxito en inventarios estriba en saber cuánto y cuando pedir, para ello, la respuesta se tiene al alcance cuando se logra diferenciar los tres grupos de cada uno de los ítems, segmentándolos en Push, Pull y Frozen” (Mora, 2014).

La detección de las variables que afectan el comportamiento en los excesos y agotados, se debe determinar en cada clasificación de inventarios, es decir, se analizan las variables que afectan el cálculo del deber ser en las cantidades a pedir para reponer el estado ideal del inventario:

La esencia del proyecto radica en priorizar en los ingenieros de planta, las variables claves que deben tener en cuenta, para evitar la existencia de agotados y excesos, en los cálculos de volumen y frecuencia de pedidos, de los reabastecimientos en los inventarios, en los tres tipos de algoritmos, en las diferentes referencias:

1. Push MTS: Asignación múltiple global o EOQ⁶.
2. Pull MTO: EOQ o múltiplos de él.
3. Frozen MTF: Balance de masas, estado dinámico.

El punto débil de los trabajos de mantenimiento es tener disponible los repuestos o insumos técnicos, cuando estos sean requeridos para trabajos planeados o no, el proyecto da las claves de éxito, para que estos siempre estén disponibles de forma anticipada, cuando sean requeridos.

¹ Excesos, parte que excede y pasa más allá de la medida o regla (RAE@, 2014).

² Agotados, adjetivo de Agotar, Gastar del todo, consumir (RAE@, 2014).

³ MTS, Make to Stock – o Technology Push

⁴ MTO, Make to Order – o Demand Pull

⁵ MTF, Make to Frozen – o Play Frozen

⁶ EOQ, Economic Order Quantity – Cantidad de orden Económico.

0.2 JUSTIFICACIÓN

Las actividades de mantenimiento requieren garantizar altos niveles de disponibilidad al menor costo posible, es por esta razón que se requiere eliminar los excesos y agotados dentro de los niveles de stock de los inventarios.

Los excesos en los inventarios disparan los niveles de capital que se tiene que invertir por parte de una empresa, compañía o unidad de negocio, ocasionando gastos innecesarios por el almacenaje y la compra de los ítems⁷; los cuales no tienen la rotación óptima⁸ esperada, los excesos son la base de los obsoletos, los cuales afectan directamente las utilidades de la compañía porque son un sobre costo y pérdidas para la empresa; por otro lado se encuentran los agotados, los cuales ocasionan de una manera directa la no disponibilidad de los equipos de producción, debido a la ausencia de los ítems, que deberían estar en inventario imposibilitan efectuar cualquier reparación o actividad de mantenimiento pertinente que pueda dar continuidad al proceso productivo.

Lo cual induce a pensar que cualquier actividad científica y de ingeniería que se haga para aminorar estos problemas, es supremamente beneficioso, sobretodo en empresas que no poseen niveles altos de desarrollo y efectividad en inventarios de mantenimiento.

0.3 ANTECEDENTES

Los E&A dentro de los niveles de inventario de mantenimiento, son dos problemáticas que se generan en la industria, empresa y/o unidad de negocio los cuales ocasionan sobre costos innecesarios debido a la cantidad de insumos, repuestos e ítems de baja o nula rotación⁹; la segunda problemática genera tiempos improductivos, paradas innecesarias y ruptura de la cadena productiva debido a la ausencia de los elementos que solucionan la falla en la producción.

0.4 OBJETIVOS

0.1.1 General.

Resaltar los términos que afectan de manera directa el estado óptimo de los inventarios, ocasionando Excesos o Agotados, los cuales no garantizan los niveles de confiabilidad y elevan los costos de capital en mantenimiento.

⁷ *Ítems, para el caso de mantenimiento: Repuestos.*

⁸ *Entiéndase como rotación óptima, la entrada y salida de las referencias del almacén. cuando se requieran y sin generar un exceso o agotado en el inventario, cumpliendo así a cabalidad con todos los requerimientos para garantizar la confiabilidad de los procesos productivos.*

⁹ *Entiéndase como rotación, la entrada y salida del inventario en un periodo de tiempo determinado.*

0.1.2 Específicos.

0.4.1.1 Capítulo 1 - Fundamentos

Postular los fundamentos que relacionan los inventarios de repuestos, los excesos y agotados, en las actividades de mantenimiento. Nivel 1 - Conocer.

0.4.1.2 Capítulo 2 - Metodología MTS MTO MTF

Describir la metodología MTS, MTO y MTF para insumos, repuestos y consumibles de mantenimiento en inventarios. Nivel 2 – Comprender.

0.4.1.3 Capítulo 3 - Algoritmos Claves

Resaltar los términos y criterios relevantes de algoritmos que permiten determinar las cantidades y frecuencias optimas de reabastecimiento en Push MTS, Pull MTO y Frozen MTF que generan Exceso y Agotados. Nivel 3 – Aplicar.

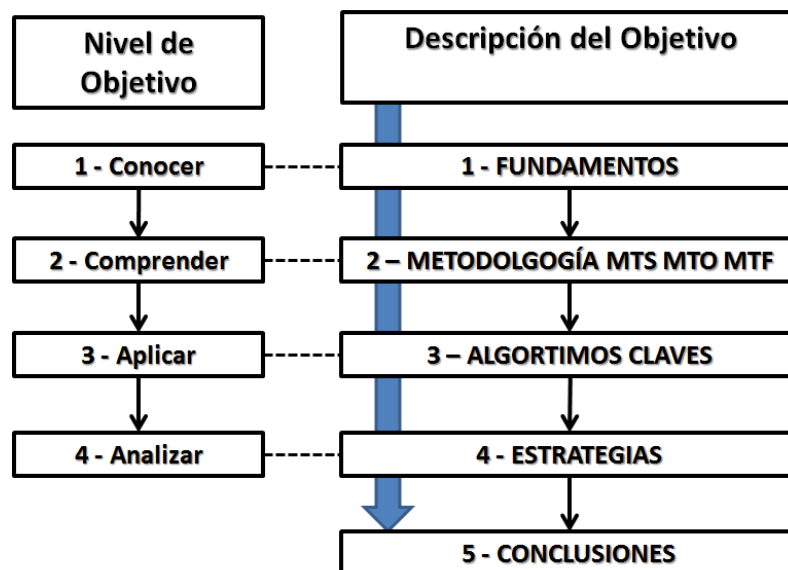
0.4.1.4 Capítulo 4 - Estrategias

Generar recomendaciones técnicas en los criterios generadores de excesos y agotados en Push, Pull y Frozen. Nivel 4 - Analizar.

0.4.1.5 Capítulo 5 - Conclusiones

Concluir los principales resultados. Nivel 5 – Sintetizar.

Ilustración 1 - Secuencia lógica lineal de objetivos



0.5 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El primer capítulo trata sobre los fundamentos que permiten entender el altísimo impacto que tiene un buen manejo de inventarios, en los tiempos de realización y en la calidad de los trabajos de mantenimiento.

La sección dos, que se plasma en el segundo capítulo, describe los criterios, parámetros de cálculo de cantidades a pedir y frecuencias de reabastecimiento, de los tres tipos de ítems MTS MTO MTF, de la metodología propuesta, deja sentadas las bases para encontrar los criterios claves de agotados o excesos.

El tercer capítulo permite establecer y resaltar los parámetros, criterios y cálculos claves de los algoritmos, asociados a los estados de agotados y excesos en las distintas fórmulas de cálculos de cantidades y frecuencias a pedir en inventarios.

El objetivo cuatro, da las estrategias de manejo en los cálculos de inventarios, para evitar a toda costa los excesos y agotados.

El quinto capítulo aporta las principales conclusiones de inventarios en mantenimiento.

0.6 CONCLUSION DE CAPITULO 0

Como su descripción lo dice su nombre, Prólogo, esta sección aporta y desarrolla las bases para que el lector entienda la estructura, desarrollo y alcance total del proyecto.

1 CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO E INVENTARIOS.

1.1 OBJETIVO

Postular los fundamentos que relacionan los inventarios de repuestos, los excesos y agotados, en las actividades de mantenimiento. Nivel 1 - Conocer.

1.2 INTRODUCCIÓN

Los excesos y agotados son dos casos extremos en el manejo de inventarios, el primero genera sobrecostos y mucho ruido al interior de la organización con alto impacto desfavorable en las finanzas de la compañía, mientras que el segundo afecta al exterior con mucho ruido en el área de mantenimiento y producción, a la vez que disminuye la disponibilidad de los equipos y/o proceso productivos, generando a veces doble costo o más en los trabajos de mantenimiento y dejando muchos de estos pendientes; es por tal motivo que este capítulo abarca los conceptos básicos para el entendimiento de los parámetros de mantenimiento y su relación que interviene en el proceso del manejo de los inventarios.

1.3 DESARROLLO CAPITULO 1

El trabajo de mostrar la relación entre mantenimiento e inventarios, o viceversa, se presenta en dos grandes contenidos, mantenimiento y luego su conexión con inventarios.

1.1.1 Mantenimiento

Se puede lanzar sin mucho riesgo la tesis de que mantenimiento, es un área de apoyo logístico a las áreas de operación, manufactura, aprovisionamiento o distribución, de cualquier empresa, que es netamente un área logística de servicio, que le sirve de apoyo a todas aquellos departamentos o áreas de la empresa que usan o tienen equipos para realizar su función principal (Dounce, 1998).

De acá se deduce que la función de mantenimiento se puede sintetizar, en brindar el soporte logístico para que los equipos mantengan su funcionalidad, con los máximos valores de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, utilización, con las máxima productividad, con la mayor competitividad y al menor costo posible (Mora, 2011).

Estos paradigmas, básicamente son los que enmarcan la ciencia mantenimiento y en especial en su definición magna como lo es la Terotecnología (Rey, 1996).

1.3.1.1 Terotecnología – LCC

En 1976, los autores M. Husband y Dennis Parkes de Inglaterra, desarrollan un concepto integrador que revoluciona la gestión y la operación de mantenimiento, la Terotecnología¹⁰, concepción que involucra los costos en la gestión de mantenimiento bajo la orientación del LCC, el término denota la integración de todos los esfuerzos de las etapas de fabricación, producción, explotación, mantenimiento y operación integral de los equipos, para optimizar los rendimientos mediante un excelente mantenimiento bajo un enfoque de costos (Husband, 1976) (Rey, 1996).

Se puede explicar, deducir y sustentar del documento de Parkes, que los índices de rendimientos son la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y los costos asociados a mantenimiento (Árboles, 1999) (De Miguel, 1990) (Díaz, 1992) (OREDA, 2002) (OREDA, 1997).

La Terotecnología (palabra proveniente de las raíces griegas: thero: cuidado; techno: técnica y logos: tratado)¹¹ plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (Terotecnología) (Kelly, y otros, 1998) (Rey, 1996) (ESReDa, 2001).

Es la ciencia integradora de todos los aspectos del enfoque kantiano de mantenimiento, a través de ella se logran integrar todos los niveles del mantenimiento junto con sus elementos estructurales y sus relaciones gobernadas por las leyes del CMD. Es en la Terotecnología donde se apoya el concepto del costo económico integral del ciclo de vida LCC y a partir de allí donde se establecen los indicadores magnos de mantenimiento: efectividad, LCC y CMD (Evans, 1975) (Mora, 2014).

La Terotecnología consiste en (Evans, 1975) (Wakefield, 1985):

- Obtener información acerca de los activos físicos y su desempeño, esto debe incluir hechos y tendencias sobre la productividad, costos, disponibilidad, causas de fallas, funcionamiento, frecuencia y severidad de los tipos de falla, piezas de repuesto usadas, frecuencia de trabajo de los niveles de mantenimiento, entre otros.
- Analizar la información para determinar la causa de los problemas; estos pueden ser por diferentes causas de falla, debido a malos estándares de mantenimientos, diseños de mala calidad, operaciones inadecuadas, falta de lubricación, repuestos

¹⁰ En inglés *terotechnology*.

¹¹ Tomado del diccionario informático Encarta. Rey Sacristán la traduce como "cuidar la tecnología".

de mala calidad, sobrecarga de los equipos, materiales incorrectos durante el proceso, entre otros.

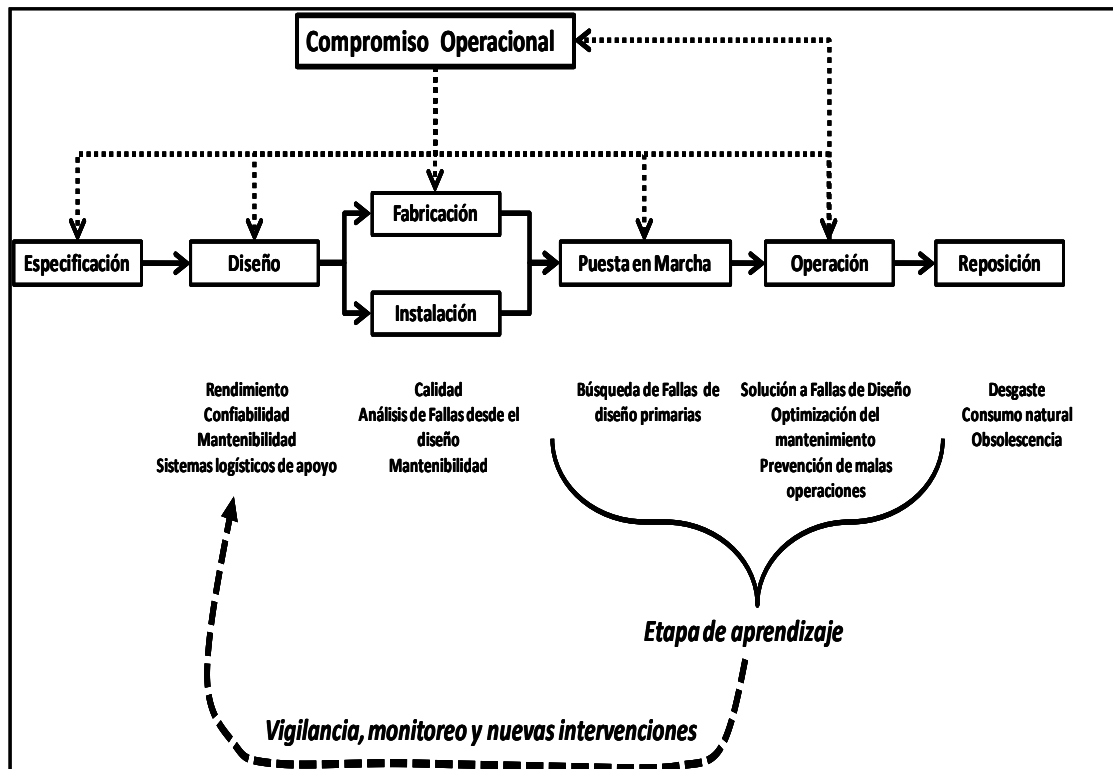
- Adoptar acciones apropiadas para eliminar o reducir las causas de los problemas en los procesos.

1.3.1.2 Costo de ciclo de vida (LCC)

El concepto de costo de ciclo de vida es enfocado en las normas del gobierno Británico como Terotecnología, donde se define en la norma Británica BS3811 como una combinación de dirección, finanzas, ingeniería, construcción y otras prácticas aplicadas a perseguir el costo de vida económico de los activos físicos (Barringer@, 2005).

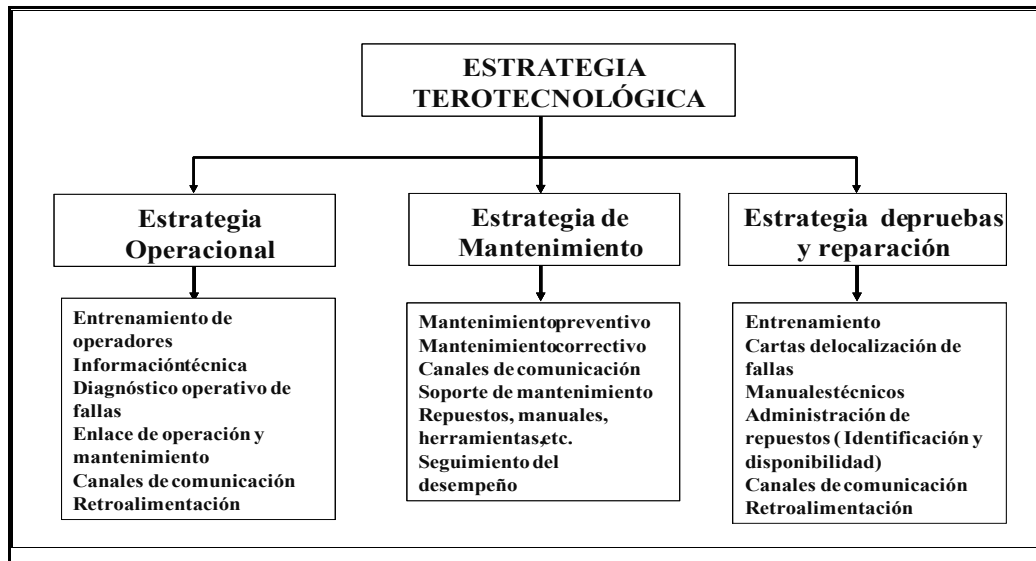
En otras palabras se puede entonces tratar de entender que los indicadores máximos en mantenimiento, están definidos por la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y los costos.

Ilustración 2 - Etapas de la Terotecnología



Su estrategia de aplicación se desenvuelve en tres campos:

Ilustración 3 - Estrategias de aplicación de la Terotecología



La fórmula magna de mantenimiento, se establece así (Barringer@, 2005):

Ilustración 4 - Efectividad y LCC en mantenimiento

$$LCC = \sum_0^T \frac{1}{(1+r)^n} * C(n)$$

, donde
 r es la tasa de descuento o rata de interés
 C (n) es el costo en el año n.
 T es la vida útil en años

Efectividad de la máquina o elemento = *Confiabilidad * Mantenibilidad * Disponibilidad * Capacidad utilizada*

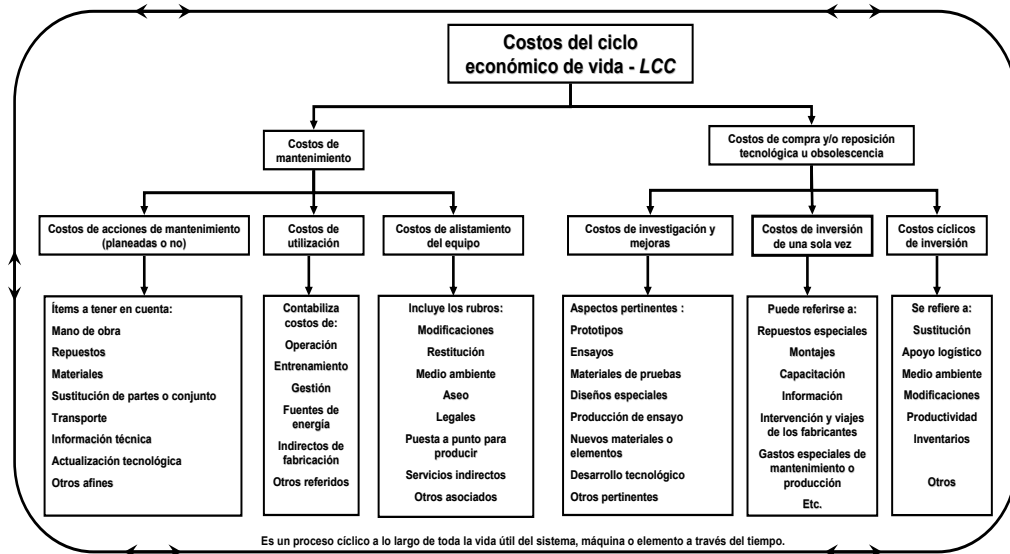
$$\text{Efectividad del sistema} = \frac{\text{Efectividad de la Máquina o dd elemento}}{LCC} = \frac{C * M * D * K}{LCC}$$

donde LCC=Life Cycle Cost y K = Capacidad utilizada

(Barringer@, 2005)

El ciclo económico de vida *LCC* contempla el cálculo integral a través de toda la curva característica de vida o de tasa de fallas.

Ilustración 5 - LCC



Se desprenden entonces que se debe entender perfectamente los conceptos de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y costos, para poder entender fácilmente las bases que conectan a mantenimiento con inventarios, que a la larga forma parte de los costos e influye en los valores CMD¹²

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

1.3.1.3 Disponibilidad¹³

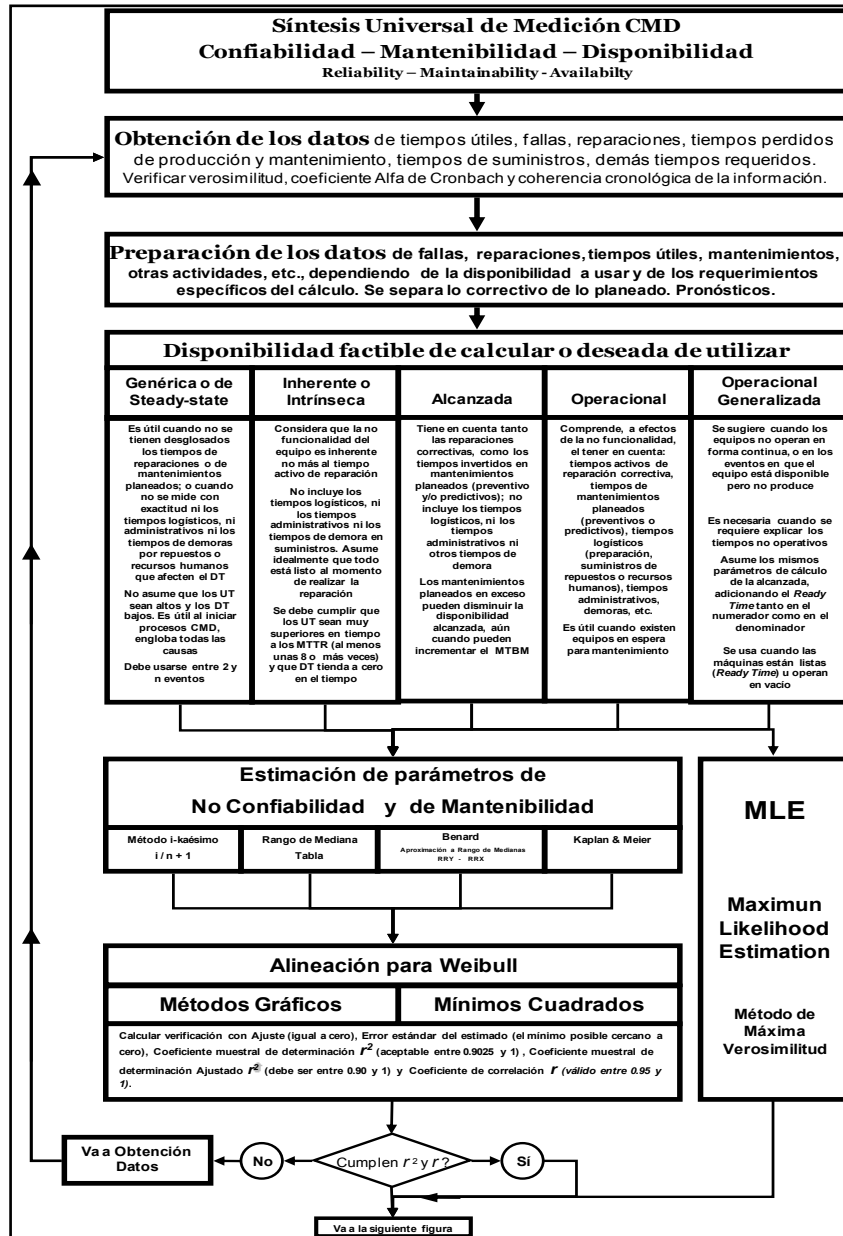
La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad (Ramakumar, 1996)(Blanchard, 1995)(Nachlas, 1995)(Smith, 1983) (Leemis, 1995)(Kececioglu, 1995)(Díaz, 1992)(Knezevic, 1996) (Ebeling, 2005) (Kelly, y otros, 1998) (Kapur, y otros, 1977) (Rey, 1996)(Halpern, 1978) (Navarro, y otros, 1997) (Modarres, 1993).

¹² CMD Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad

¹³ La traducción en inglés es Availability (Babylon@, 2008)

Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables, y por lo tanto, demasiado costosos(Knezevic, 1996).

Ilustración 6 - Modelo universal e integral, propuesto para la medición CMD¹⁴



¹⁴ Válido para Modelos puntual y de distribuciones

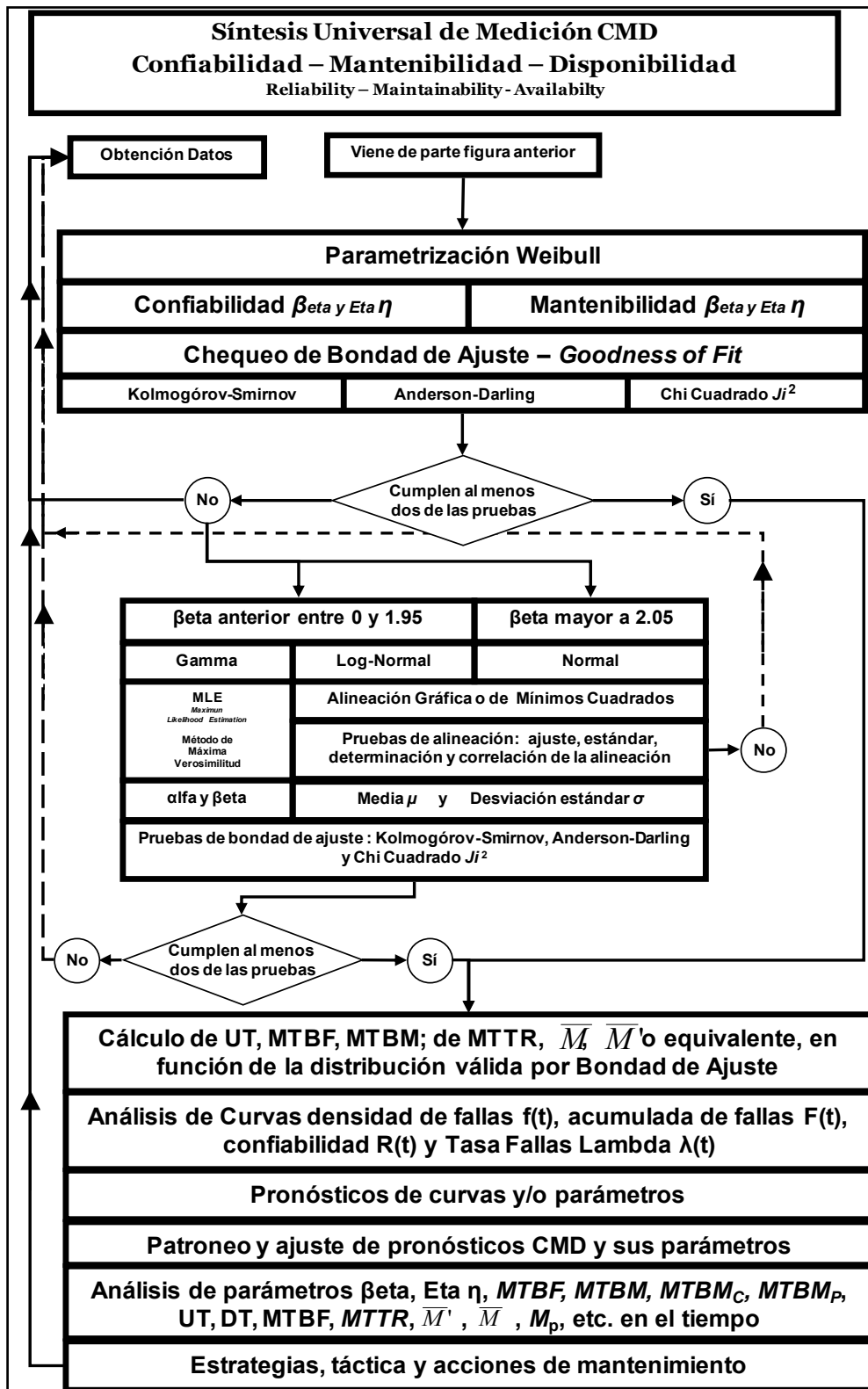
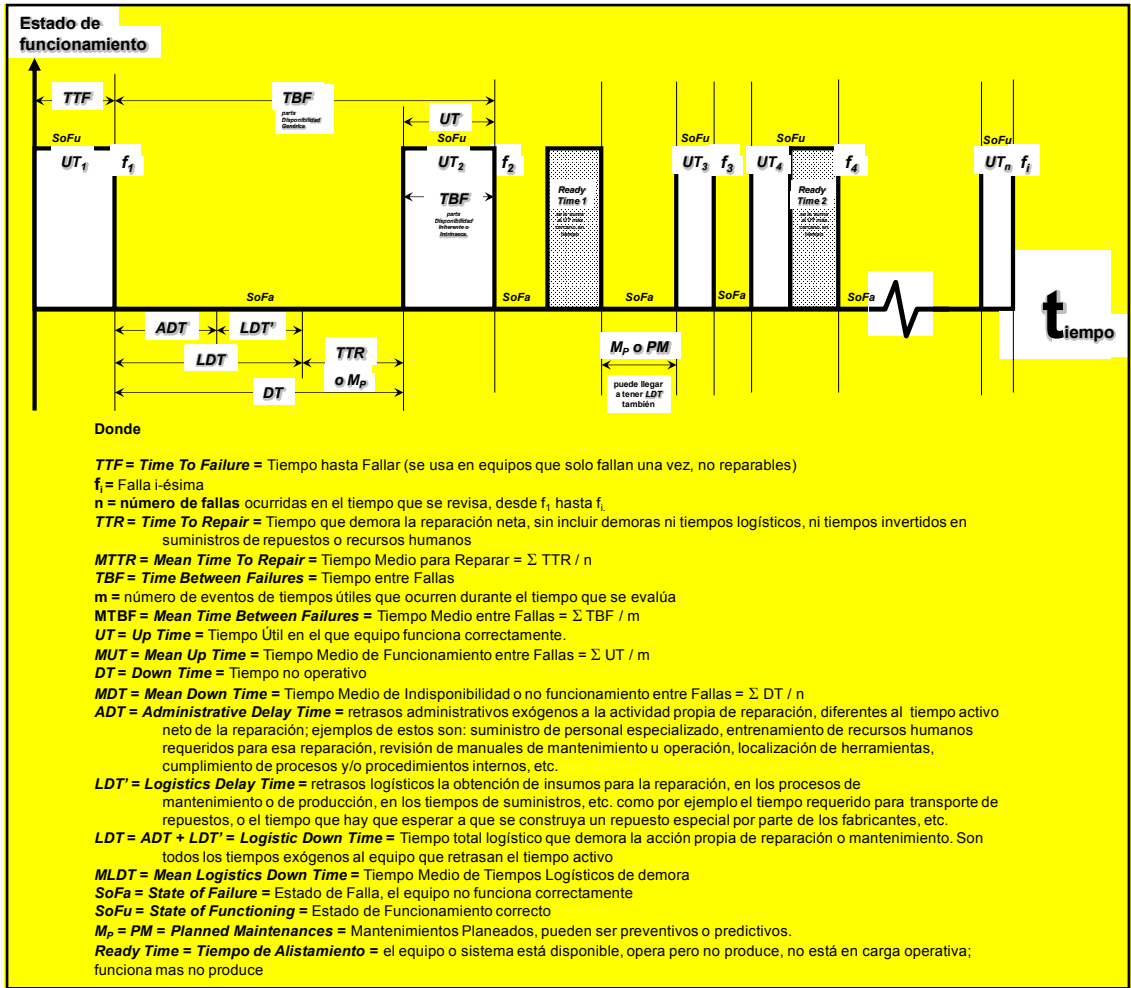


Ilustración 7 - Tiempos importantes, siglas y convenciones que se usan CMD



(Mora, 2007a) (Mora, 2012)

En la ilustración anterior el término LDT' es el término clave que une a mantenimiento e inventarios, entre otros conceptos reales que contempla el LDT', están los insumos, repuestos o consumibles que no hay, es decir por este lado está la relación con los agotados, cuando existe en demasía estos elementos, entonces se denominan exceso.

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una confiabilidad alta no es suficiente, por sí misma, para asegurar que el sistema esté disponible para cuando se necesite (O'Connor, 2002).

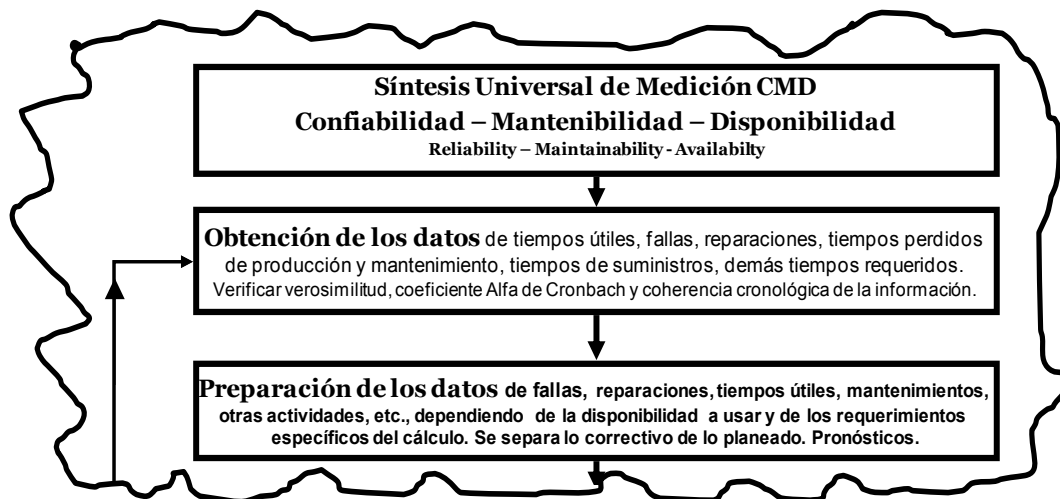
También es una medida relevante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar

una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen completa sobre el perfil de funcionalidad (Nachlas, 1995)(O'Connor, 2002)(Mora, 2007b).

1.3.1.3.1 Modelo Universal para calcular y pronosticar CMD

El método internacional, se conforma de varias etapas, en la primera de ellas se dedica a definir los pasos claves para la obtención, tabulación, manipulación y tratamiento de los datos; con el fin de que sean compatibles en su forma, estilo y composición básicos para los cálculos en los métodos puntual y de distribuciones.

Ilustración 8 - Primera etapa de datos, para la predicción CMD



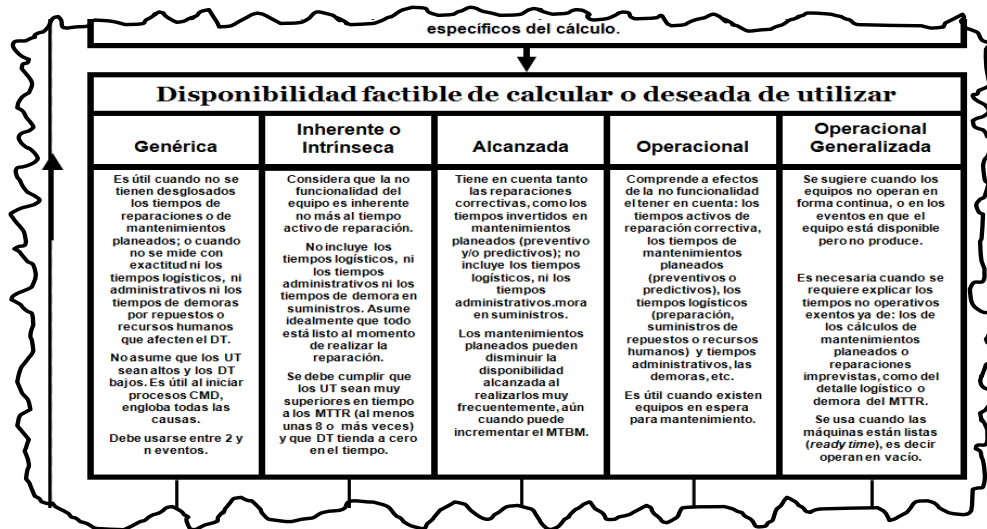
En la segunda fase, se debe decidir la disponibilidad más adecuada acorde a los datos que se posean y a las expectativas de la empresa, acorde a los elementos que desea controlar, todas difieren y prestan diferentes servicios, en síntesis sus ventajas, son:

- Disponibilidad Genérica, sirve para organizaciones que no predicen ni manejan CMD, la información que se dispone, solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas pilotos en las empresas. Los parámetros que usa, son: *UT* y *DT*.
- Disponibilidad Inherente o Intrínseca, es muy útil cuando se desea controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Solo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los *DT* y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: Alcanzada, Operacional y Operacional generalizada).

Sus parámetros son *MTBF* y *MTTR*. Solo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas al mismo.

- Disponibilidad Alcanzada, es magnífica cuando se desean controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado, no le interesan los tiempos de espera (demora), ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y especificación de la información y de los datos, requiere un manejo detallado y preciso. Usa como parámetros de cálculo, a: *MTBM*, *MTBM_C*, *MTBM_p*, *MTTR*, *M_p*, \bar{M} , etc.
- Disponibilidad Operacional, es adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior Alcanzada más los correspondientes a demoras: *ADT*, *LDT'* y *LDT*.
- Disponibilidad Operacional Generalizada, básicamente se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen, algo así como trabajar en vacío, por ejemplo una turbina de generación a carga mínima, un compresor de aire al mínimo, una bomba de agua en recirculación por no tener carga, un vehículo detenido y encendido pero en neutro en su caja de cambios. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en inglés *Ready Time*) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los *Ready Time*. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero así mismo la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema.

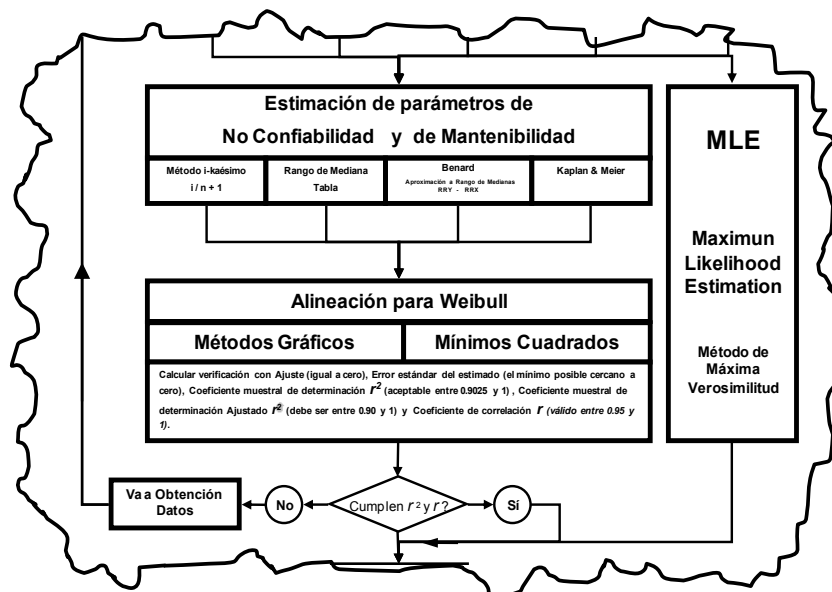
Ilustración 9 - Etapa dos de selección de disponibilidad a usar en predicción CMD



Para completar con la tercera fase, debe tomar la decisión de si utiliza el método directo de Máxima Verosimilitud que no hace alineación, o si se resuelve usar el método de alineación con sus dos facetas: estimación de parámetros $F(t)$ ¹⁵ (función de no confiabilidad) y de $M(t)$ de mantenibilidad), con las opciones que se muestran (i-kaésimo, Rango de Medianas con Tablas, de Benard (de aproximación de rango de mediana) o Kaplan & Meyer) y luego la alineación para la función de Weibull (en dos versiones: gráfica o numérica de mínimos cuadrados o de regresión) que permite hallar todos los parámetros requeridos para estimar UT , DT , $MTBF$, $MTBM$, $MTBM_C$, $MTBM_P$, $MTTR$, M_P , etc., en función de la disponibilidad que se usa.

En ambas opciones de la tercera etapa (sea para el método de máxima verosimilitud o el de Weibull) se deben comprobar los valores de ajuste que se obtienen, mediante la valoración de los índices de bondad de ajuste: r (coeficiente de correlación múltiple) y r^2 (coeficiente de determinación muestral); que sirven para saber el grado de ajuste de los resultados que se obtienen en cualquiera de los casos.

Ilustración 10 - Etapa tres de parametrización y alineación de Weibull, o de uso de MLE¹⁶



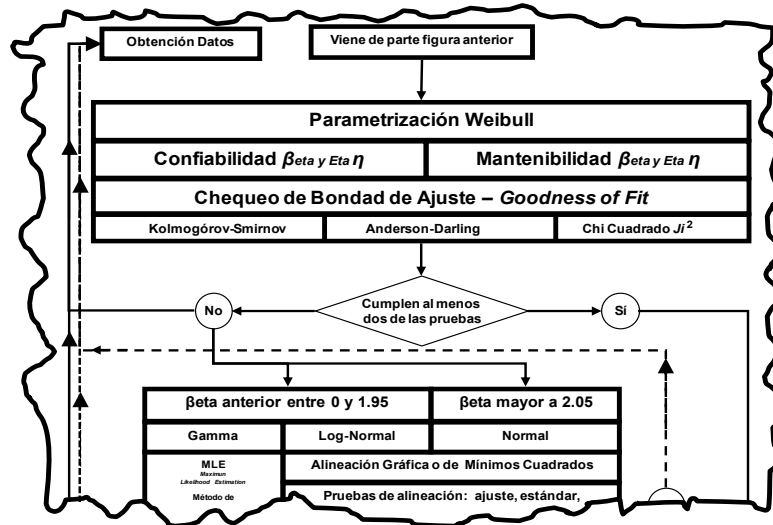
La cuarta fase se trata de los cálculos en sí y de las pruebas de bondad de ajuste de Weibull, que se realiza con tres pruebas: Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi cuadrado Ji^2 .

¹⁵ Del inglés *Failures*, su opuesto es *confiabilidad* y por eso se le llama de *No Confiabilidad*, que es similar a *fallas* o de *no funcionalidad*, para un estado de *SoFa* (*State of Failure*).

¹⁶ MLE - *Maximun Likelihood Estimation*

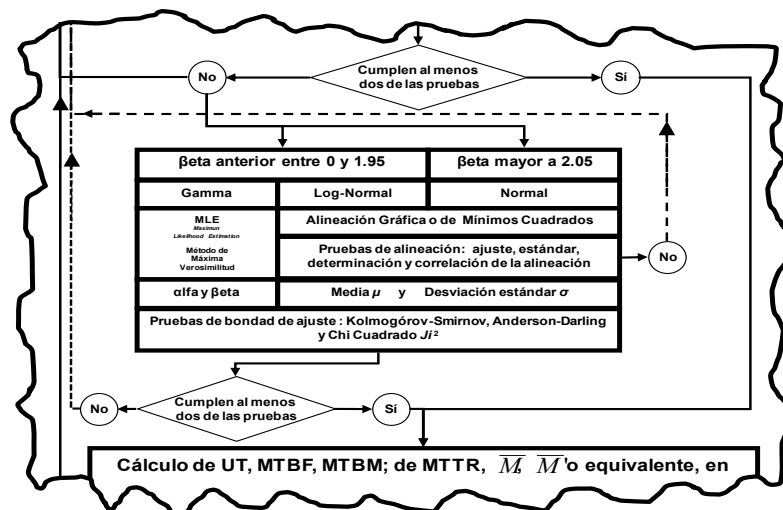
El gran aporte de esta Metodología Universal propuesta es que directamente desde el inicio usa la metodología de Weibull que sirve para las tres etapas de la curva de Davies (o de la bañera): infancia, rodaje y envejecimiento (igual que la de Hjorth) y, en el evento en que no sirve se va directamente a la función específica (Gama, Normal, LogNormal, Raleigh, etc.) que más se adecua con el valor del β que se obtiene en esa etapa de Weibull, lo cual garantiza mayor precisión y rapidez en la estimación futura del CMD.

Ilustración 11 - Cuarta fase de validación de ajuste y bondad de Weibull



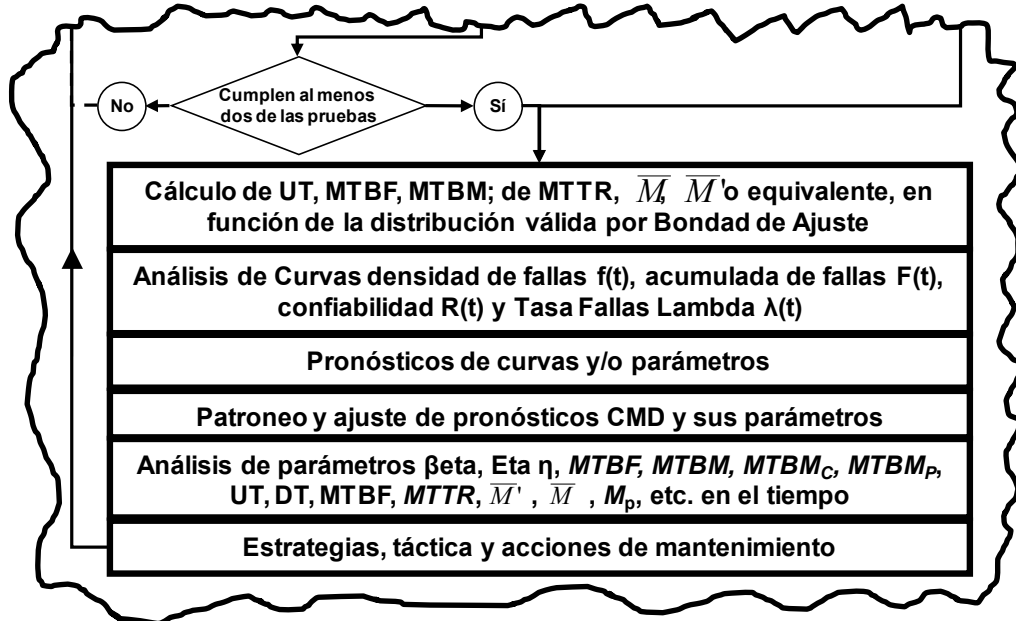
La quinta etapa sirve para parametrizar y realizar la alineación o MLE, que se requiere con otra función diferente a Weibull, como para estimar sus bondades de ajuste.

Ilustración 12 - Etapa cinco, para parametrizar y alinear o MLE de otra función



En la etapa seis, se realizan todos los cálculos CMD, con la función que se seleccione y cumpla bien todos los ajustes.

Ilustración 13 - Etapa seis de cálculos, predicciones y estrategias CMD



Cualquier eficiencia, en el ámbito empresarial, se mide a partir de los siguientes conceptos: el total es lo bueno más lo no bueno para el fin que se persigue, lo bueno es la cifra que se adecua a la meta que se desea y lo no bueno, es la medida de las fines que no alcanzan a cumplir con el nivel de los parámetros, que se plantean como requisitos para calificarlos como buenos.

Ilustración 14 - Relación de disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

Donde interactúan los tiempos útiles UT y los tiempos de fallas debidas a reparaciones (imprevistas) DT o a mantenimientos planeados M_p , como de otros tiempos relevantes en la disponibilidad o no de las máquinas.

Se puede aproximar la medición de disponibilidad, a la relación entre:

Ilustración 15 - Relación de disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\text{Tiempo en que el elemento o máquina puede operar}}$$

En síntesis, con el mismo ejemplo se logran visualizar los cambios en la estimación de la disponibilidad, así:

Ilustración 16 - Ejemplos de diferentes disponibilidades

Disponibilidad	Símbolo		Valor
	Inglés	Castellano	
Genérica	A_G	D_G	89.08%
Inherente o Intínseca	A_I	D_I	93.21%
Alcanzada	A_A	D_A	88.74%
Operacional	A_O	D_O	88.59%
Operacional Generalizada	A_{OG}	D_{OG}	90.37%

Se observa que en la medida que se incorporan más conceptos de no disponibilidad cambia el valor de la disponibilidad (desde la A_A hacia A_O disminuye por los LDT y al llevarla a la A_{GO} mejora al aumentar los UT debidos al *Ready Time*), al igual mejora el índice de disponibilidad al considerar solo el tiempo activo de reparación neto en la A_I .

En síntesis se puede concluir que los diferentes factores que afectan la funcionalidad de los equipos son considerados por las distintas maneras de calcular la disponibilidad, ya cada empresa asume la que más le conviene, sobre todo adopta la que puede usar acorde a los datos que posee.

Ilustración 17 - Factores que afectan la funcionalidad y las disponibilidades

		Factores que disminuyen la funcionalidad del dispositivo, equipo o sistema						
		Tiempo de no disponibilidad <i>Down Time</i> de cualquier índole.	Fallas que implican reparación correctiva	Mantenimientos planeados Preventivos o Predictivos	Tiempos Administrativos	Retrasos Logísticos de insumos, repuestos o recursos humanos	Tiempos logísticos que generan indisponibilidad = suma de ADT + LDT'	<i>Ready Time</i> , tiempo en que el equipo está disponible pero no produce.
Término		DT	TTR	PM	ADT	LDT'	LDT	RT
Disponibilidad que considera el concepto	Genérica A_G	X						
	Inherente A_I		X					
	Alcanzada A_A		X	X				
	Operacional A_O		X	X	X	X	X	
	Operacional Generalizada A_{GO}		X	X	X	X	X	X

Los conceptos, aplicaciones, demostraciones y fundamentos que se esbozan hasta el momento, dejan sentadas las bases para entender las relaciones y leyes existentes entre los elementos de un sistema de mantenimiento y las relaciones que los gobiernan, bajo un enfoque sistémico; todo con el fin de poder predecir el comportamiento del CMD y de cada una de sus variables, al menos con el método puntual, que si bien no es muy exacto, es muy útil para las empresas que se inician en el tema, aparte de que otorga toda la rigurosidad y metodología de cálculo, aplicables en los otros modelos de predicción CMD.

1.3.1.4 Confiabilidad - Tiempos útiles

La medida de la confiabilidad de un equipo, es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo (ESReDa-Industrial, 1998). Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo con un muy buen diseño, con excelente montaje, con adecuadas pruebas de trabajo en campo y con un apropiado mantenimiento, no debe fallar nunca (en teoría); sin embargo, la experiencia demuestra que incluso los equipos con mejores: diseños, montajes y mantenimientos; fallan alguna vez (Bazovsky, 2004).

La probabilidad de que un equipo¹⁷ desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno, se define como confiabilidad (Blanchard, 1995)(Blanchard, y otros, 1994)(Ebeling, 2005)(Nachlas, 1995)(Ramakumar, 1996)(Sotskov, 1972)(Leemis, 1995)(O'Connor, 2002)(Kececioglu, 1995)(Kelly, y otros, 1998)(Dounce, 1998) (Rey, 1996)(Halpern, 1978)(Forcadas, 1983)(Modarres, 1993)(Barlow, 1998)(Barlow, y otros, 1996)(Bazovsky, 2004)(Lewis, 1995)(Nakajima, y otros, 1991).

1.3.1.5 Curva de Confiabilidad.

La forma gráfica en que se expresa la confiabilidad, depende de su formulación matemática. La probabilidad de ocurrencia de un evento se define mediante la expresión:

La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo t en un período T total.

¹⁷ Cuando se refiere a un equipo, se abarcan sistemas, unidades, componentes y en general, cualquier elemento que represente una unidad lógica de seguimiento.

Se puede entender de dos maneras: la primera consiste en la representación de la probabilidad de confiabilidad o supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de que transcurre un determinado tiempo t ; la otra forma de interpretarla es cuando se analizan varios o múltiples elementos (no reparables, normalmente) similares que tienen la misma distribución de vida útil, en este caso expresa el porcentaje de ellos que aún funcionan después de un tiempo t .

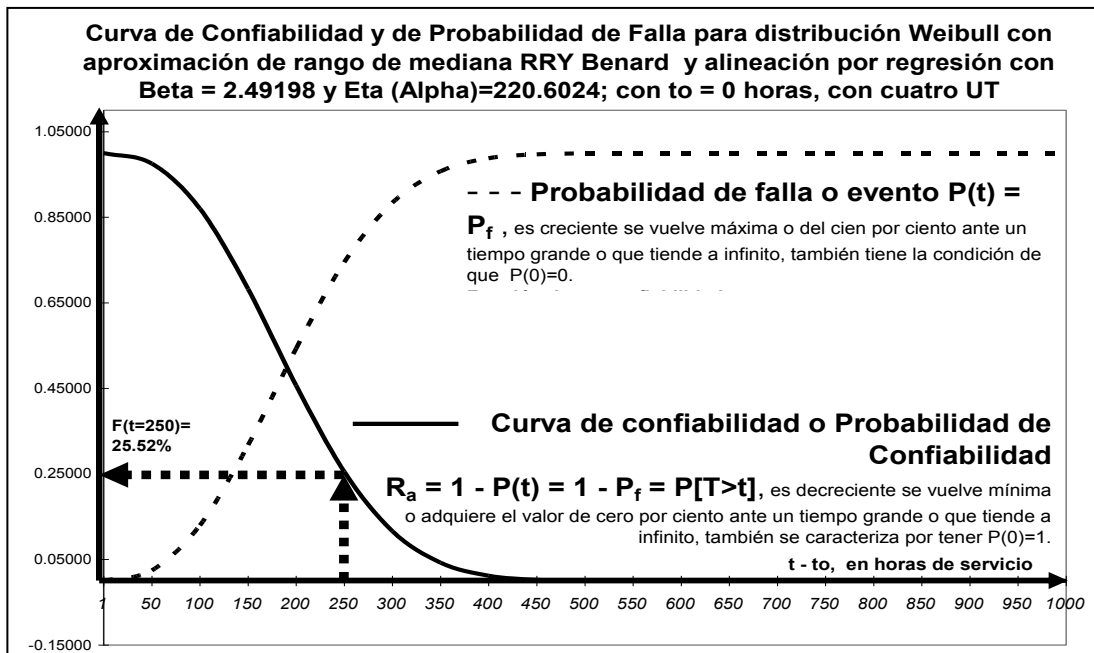
Ilustración 18 - Representación matemática de la función de confiabilidad

$R(t) = P[t < T]$, donde $R(t)$ es la función de confiabilidad o supervivencia, la cual decrece en la medida que se incrementa el tiempo, al igual $R(0) = 1$ o sea que siempre la probabilidad de confiabilidad de cualquier elemento antes de iniciarse su funcionamiento es máxima del cien por ciento (100%); t es el tiempo determinado para evaluar el funcionamiento.

$\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$, expresa que cualquier elemento o máquina, siempre entra en estado de falla, así sea en un tiempo grande o infinito.

(Leemis, 1995).

Ilustración 19 - Curvas de Confiabilidad, Supervivencia y de Falla



La función de confiabilidad permite responder la pregunta: ¿cuál es la probabilidad de que la máquina dure más de T horas sin fallas en la función $R(t) = P(T > t)$?, si se toma el punto de la ilustración para $R(250) = P[T > 250]$, se lee de la gráfica anterior y de la tabla adjunta en el Ejemplo 6 - Ejemplo de la Curva de confiabilidad en A_i , Registros Históricos y cálculos de β eta y Eta en Weibull, que expresa que la probabilidad de que un elemento dure más de

250 horas sin fallar es del 25.52%; si se hace la lectura para múltiples elementos similares o equipos no reparables se expresa que después de 250 horas deben funcionar correctamente más del 25.52 % de ellos; como también se visualiza que existe una probabilidad del 98.78 % de que un elemento entre en falla antes de 400 horas.

Tiempo en Horas - t	Funcion de probabilidad de fallas acumuladas - f.d.p.s. - Suma de fallas hasta el tiempo t $P(t) = 1 - R(t) = F(t)$	Curva de Confiabilidad $R(t) = 1 - F(t)$
1	0.00%	100.00%
50	2.44%	97.56%
100	13.00%	87.00%
150	31.78%	68.22%
200	54.31%	45.69%
250	74.48%	25.52%
300	88.37%	11.63%
350	95.75%	4.25%
400	98.78%	1.22%
450	99.73%	0.27%
500	99.95%	0.05%
550	99.99%	0.01%
600	100.00%	0.00%
650	100.00%	0.00%
700	100.00%	0.00%

Es de anotar que en este ejemplo explicativo solo se tienen cuatro *TBF* y cinco *TTR*, pero en la realidad al simular comportamientos de fallas y/o reparaciones deben ser al menos 31 datos

de cada uno (teorema del límite central)(Levin, 1996).

La capacidad de un equipo para funcionar correctamente sin interrupciones¹⁸ se puede conocer mediante la utilización de los indicadores de confiabilidad, los cuales deben ser fáciles de manejar y entendibles, su procedimiento de cálculo debe estar al alcance de los usuarios normales, los indicadores deben ser la menor cantidad posible (González, 2004); para ello en la sección de disponibilidad se hace un tratamiento suficiente de los mismos y se entrega adjunto a este libro el programa informático capaz de realizar el cálculo del CMD con una fácil interpretación que proporciona su entendimiento y aplicación.

1.3.1.6 Mantenibilidad – Reparaciones

A la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal¹⁹ después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción; se le denomina mantenibilidad. La normalidad del sistema al restaurarse su funcionalidad, se refiere a su cuerpo como a su función.

Se asume que para restaurar el nivel de confianza de funcionalidad al equipo, la reparación se hace con: personal adecuado con las habilidades necesarias y las herramientas adecuadas, con los datos e información técnica pertinente, con las características específicas de la función del equipo, con el conocimiento de los factores ambientales y de entorno que requiere el equipo para funcionar normalmente, con unos períodos de tiempo normales ya conocidos para realizar las tareas específicas de mantenimiento

¹⁸ Debidas a fallas imprevistas, a falta de insumos, a falta de energía o información o por cualquier otra razón.

¹⁹ Su estado de referencia normal, no necesariamente tiene que ser igual al diseño original, se refiere a la normalidad como las condiciones usuales en que el equipo genera servicios o productos, sin ningún problema.

(Knezevic, 1996)(Kececioglu, 1995) (Rey, 1996)(Blanchard, y otros, 1994)(Kelly, y otros, 1998)(Blanchard, 1995).

La mantenibilidad se asocia a la facilidad con que un elemento o dispositivo se puede restaurar²⁰ a sus condiciones de funcionalidad establecidas, lo cual implica tener en cuenta todas las características y hechos previos que ocurren antes de alcanzar ese estado de normalidad, tales como: el diseño, el montaje, la operación, las habilidades de los operarios, las modificaciones realizadas, las reparaciones anteriores, la capacidad de operación, la confiabilidad, los mantenimientos realizados a lo largo y ancho de la vida útil del equipo, el entorno, la legislación pertinente, la calidad de los repuestos, la limpieza, el impacto ambiental que genera, etc., que influyen directamente en el grado de mantenibilidad de un equipo.

En general la forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad. La mantenibilidad expresa la capacidad con que un equipo se deja mantener para regresarlo a su estado de referencia. El mantenimiento, son las acciones concretas que se realizan para mejorar la mantenibilidad, siendo esta última la calificación de cómo se realiza el mantenimiento.

En síntesis hasta el momento se puede afirmar que la confiabilidad permite establecer y medir cómo actúa el área de producción en la administración y explotación de los equipos para generar bienes y servicios y, por otro lado la mantenibilidad evalúa la gestión y operación del mantenimiento (Mora, 2007c) (Mora, 1999) que se realiza a esos elementos o máquinas. La disponibilidad es el adjetivo calificativo integral de las dos áreas (producción y mantenimiento, actuando conjuntamente), como de otras divisiones de la empresa; mide la obtención de productos y bienes intangibles de la empresa en general. La confiabilidad es responsabilidad de producción, la mantenibilidad es compromiso de mantenimiento y la disponibilidad es encargo de la gerencia o dirección que está por encima de ambas y que abarca probablemente otras áreas de la compañía.

²⁰ *Se parte de la base de que solo es posible aplicarles mantenimiento (o que se les pueden realizar acciones correctivas, modificativas, preventivas o predictivas de mantenimiento) a aquellos equipos susceptibles de ser reparados. A los elementos o aparatos desechables que no tienen reparación o que sale más costoso realizarla, no se les puede medir la mantenibilidad.*

La característica para determinar si un sistema es o no reparable depende de los aspectos técnicos (como por ejemplo el caso de bombillos, fusibles, etcétera, que no se les puede aplicar mantenimiento por su condición propia de diseño original) y de las circunstancias; un ejemplo claro es un cohete, el cual normalmente solo se repara cuando está en tierra (Gnedenko, y otros, 1999).

La ingeniería de mantenibilidad se crea cuando los diseñadores y fabricantes comprenden la carencia de medidas técnicas y disciplinas científicas en el mantenimiento. Por esto es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el usuario para mantener la mantenibilidad de un producto y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación y mejora (Mora, 2007b).

La forma en que se pueden reducir los costos de mantenimiento, se enfoca en dos ambientes: en la confiabilidad mediante el control de sus indicadores (González, 2004), en especial el indicador β para garantizar el nivel de funcionalidad y fiabilidad del equipo, al ampliar los tiempos entre mantenimientos planeados y por otro lado en la mantenibilidad contribuye a disminuir los tiempos de reparaciones y servir de base para el análisis de fallas *FMECA*²¹ en la erradicación de las fuentes de paradas imprevistas y fallas.

La magnitud del tiempo necesario que se emplea para la recuperación de la función, sólo se puede intervenir en una etapa muy al inicio del proceso de diseño, por medio de decisiones relacionadas con la complejidad de la tarea de mantenimiento, accesibilidad de los elementos, seguridad de recuperación, facilidad de prueba y localización física del elemento, así como con las decisiones relacionadas con los recursos de apoyo del mantenimiento, tales como instalaciones, repuestos, herramientas, personal calificado, entre otros (Knezevic, 1996).

1.3.1.6.1 Curva de la bañera o de Davies

Las diferentes acciones que se deciden sobre las tareas a realizar por parte de mantenimiento (y producción), dependen entre otros parámetros de la curva de la bañera o de Davies (Ebeling, 2005) donde se muestra la evolución en el tiempo frente a la Tasa de Fallas $\lambda(t)$ y el valor del parámetro de forma β del equipo que se evalúa, acorde a su valor para ese momento del equipo, se selecciona si las tareas de mantenimiento deben ser correctivas, modificativas, preventivas o predictivas, al tener en cuenta la fase en que se encuentre el elemento o sistema.

El comportamiento de la Tasa de Fallas en la Fase I²² es decreciente, en la medida que pasa el tiempo la probabilidad de que ocurra una falla disminuye,

²¹ *FMECA Failure Mode, Effects Causes and Criticality Analysis – Análisis de los Modos, los Efectos, las Causas y las Criticidades de las Fallas.*

²² *En esta Fase I de rodaje o de mortalidad infantil, normalmente existe un proceso conocido como asentamiento o de acondicionamiento inicial. En esta etapa se aconseja que el equipo se vaya llevando “en forma gradual” a sus máximas condiciones de carga, velocidad y temperatura. Es una etapa en la cual se presenta un pulimentado de las superficies, de manera que se disminuyen las alturas de las irregularidades producto del maquinado o acabado final de la pieza. De la forma en que se haga este proceso de asentamiento dependerá la vida futura del equipo o elemento. Mantenimiento*

las operaciones que se sugieren en esta fase son las de tipo correctivo y modificativo, en especial las primeras dado que las fallas que aparecen habitualmente son diferentes, la eliminación de fallas sucesivas recurrentes normalmente se logra mediante la aplicación de la metodología análisis de fallas *FMECA*, ya sea por las correctivas o modificativas.

En la Fase I sirven mucho las acciones correctivas dentro de un proceso *FMECA* y las modificativas aparte de que son útiles en la I, sirven en la fase dos siguiente, donde las causas de fallas son utilizaciones por debajo o por encima de lo nominal. Las acciones modificativas permiten corregir cualquier defecto de diseño o montaje, calidad de materiales, métodos inadecuados de mantenimiento o cualquier otra falla característica de esta Fase I o de la II. La acción sistémica de eliminación de causas de fallas se denomina *debugging*²³

La fase II se tipifica por fallas enmarcadas en origen técnico, ya sea de procedimientos humanos o de equipos, las acciones que más se adaptan a esta etapa son de las de tipo modificativo, ya que al generarse por utilizaciones fuera del estándar (de equipos o de personas), se requiere modificar esos equipos y/o procesos, dentro de nuevos estándares, mediante técnicas modificativas, cuando las fallas son esporádicas o recurrentes; en el evento de ser fallas crónicas se actúa con *FMECA* y acciones modificativas.

La probabilidad de falla λ en esta Fase II es constante, indiferente del tiempo que transcurra, por ejemplo si se tienen dos elementos similares y uno de ellos se le acaba de hacer un mantenimiento o reparación, mientras al otro desde hace algunos años no se le realizan tareas de mantenimiento, en el instante actual ambos tienen la misma probabilidad de tener una falla.

Durante la Fase III se observa un incremento paulatino de la tasa de fallas en la medida que aumenta el tiempo hacia la derecha, en esta sección se presentan varias etapas: en el ciclo I de la Fase III, la tasa de fallas empieza a aumentar en forma suave, es decir su incremento es bajo y crece hacia la derecha en forma leve, las fallas que aparecen son conocidas y se empieza a tener experiencia y conocimiento sobre ellas, son debidas a los efectos del tiempo por causas de uso, abuso o desuso; en esta fase ya se pueden empezar a utilizar acciones planeadas de tipo preventivo ya que las fallas se conocen y se tiene algún control sobre ellas, es la etapa donde la ingeniería

debe asegurarse de que este proceso se cumpla adecuadamente. Ahora bien, la mortalidad de que se habla en esta etapa tiene en cuenta que el proceso de asentamiento ya se haya realizado y este período esta incluido en esta etapa. Independientemente de las diferentes causas de falla en esta etapa de mortalidad infantil, ella tiene influencia en el funcionamiento durante las etapas II y III (Benítez, 2007).

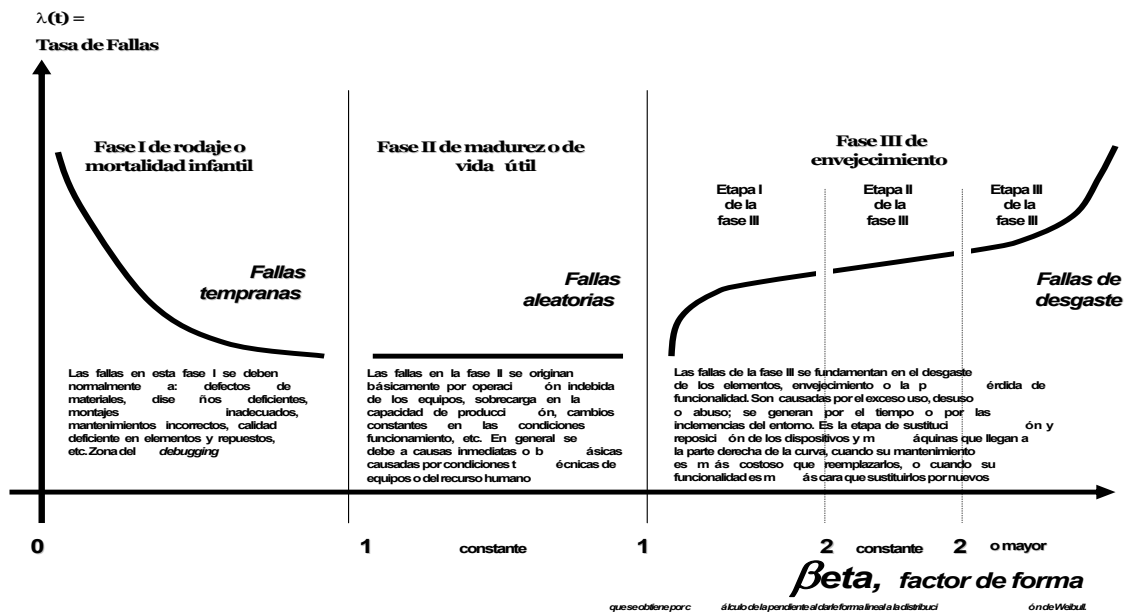
²³ *La anécdota de ésta palabra, que significa literalmente "eliminación de insectos" y la cual es usada también en informática, se origina en una falla que ocurre en un ordenador (o computador) primitivo y genera que un insecto se electrocute, esto ocurre en el pasado (Díaz, 1992).*

de confiabilidad principia a tener dominio sobre el sistema, es la zona de ingeniería por excelencia.

En la etapa II de la Fase III se incrementa la tasa de fallas en forma constante con pendiente positiva en forma rectilínea, en esta sección se inicia la transición de acciones preventivas hacia acciones predictivas, el comportamiento de las fallas empieza a ser predecible, es la franja donde se logra implementar de una forma sólida las acciones preventivas.

Por último aparece la zona III de la Fase III de envejecimiento puro, donde la vida útil del elemento se acelera y la tasa de fallas se incrementa aceleradamente, en esta etapa normalmente se estabiliza el uso de acciones predictivas y cuando estas ya no mejoran la mantenibilidad de la máquina se usa la reposición o sustitución como única alternativa, en esta etapa III de la Fase III aún se continúa con el uso de técnicas preventivas y eventualmente correctivas y modificativas, la mayoría de las fallas son causadas por acción del tiempo y como tal, se usan las acciones predictivas para tipificar el comportamiento futuro de los elementos con el fin de conocer su verdadera vida útil en tiempo presente.

Ilustración 20 - Curva de la bañera o de Davies

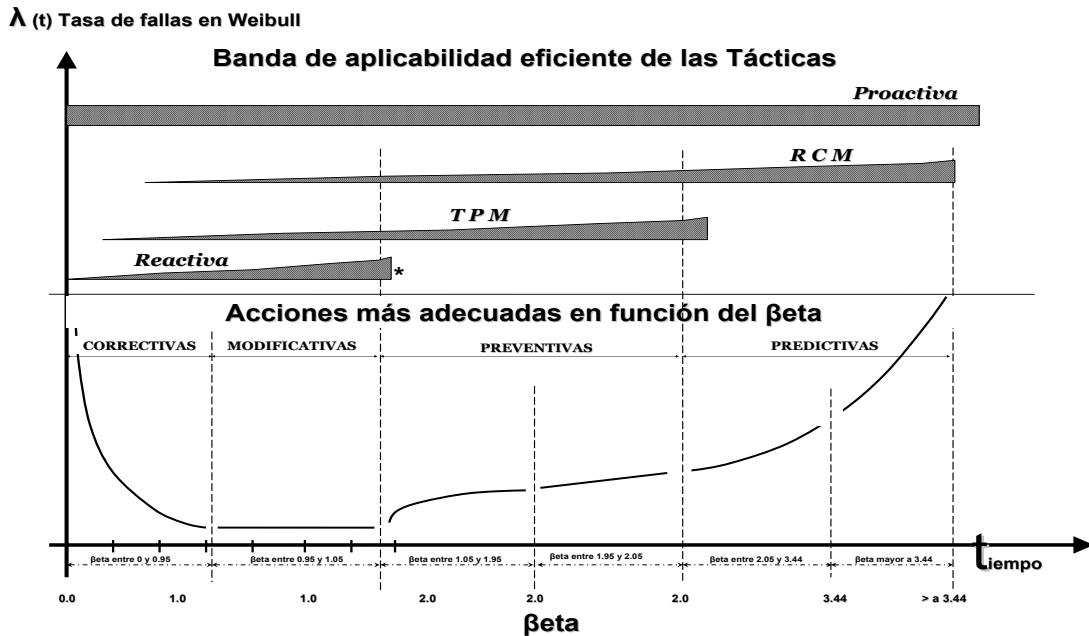


(Mora, 2007b)

El indicador de confiabilidad β es una medida de dispersión del comportamiento de las fallas y es inverso a la duración promedio de estas; en la fase I de la curva de Davies aparecen fallas minúsculas e intensas en tiempo, las fallas son impredecibles y de comportamiento atípico, en la fase II

ya se empieza a tener cierto control sobre las fallas imprevistas y estas empiezan a estabilizarse en tiempo de duración, normalmente desaparecen en esta fase II las fallas intempestivas y desconocidas, en la etapa I de la fase III ya las fallas se vuelven muy similares en tiempo y se conocen con antelación, en la zona II de la fase III la duración de las fallas tiende a estabilizarse y en la sección III de la fase III es donde ocurren fallas totalmente predecibles y sus tiempos de duración se normalizan totalmente.

Ilustración 21 - Curva de Davies, acciones y tácticas adecuadas, acorde al valor del β



* Denota que la línea a medida que se vuelve más gruesa la aplicación de la táctica es más eficiente ya que se acomoda más a las características de las fallas y de su tasa.

(Mora, 2007a)

El tratamiento de la curva de Mantenibilidad es similar al de la curva de confiabilidad; esta función se representa por $M(t)$ e indica la probabilidad de que la función del sistema se recupere y el equipo se repare dentro de un tiempo definido t antes de un tiempo especificado total T .

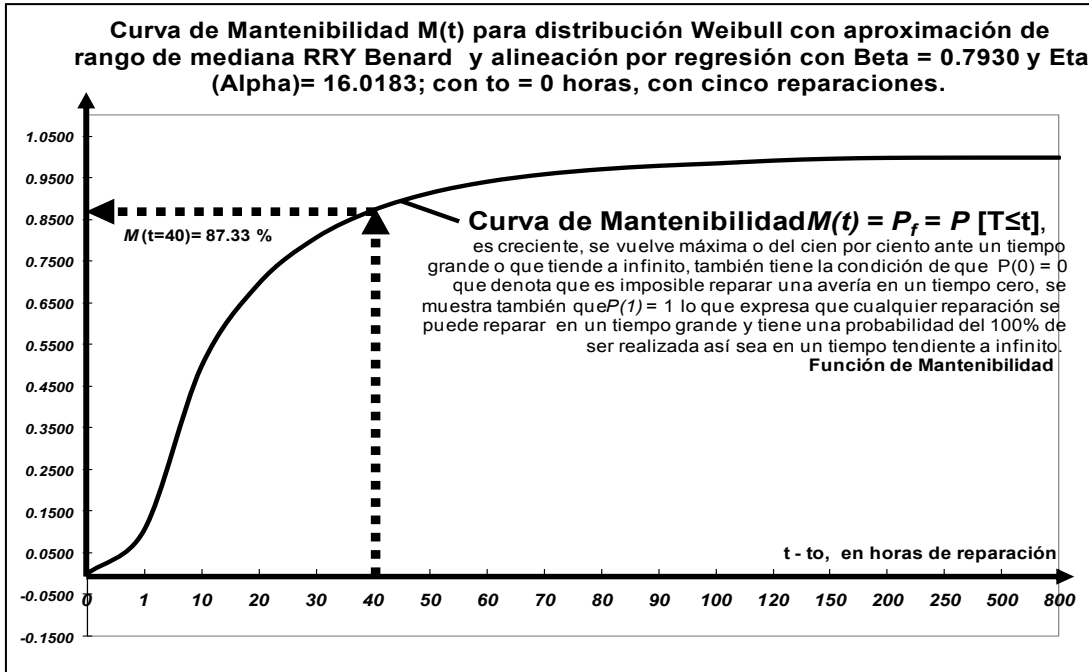
Ilustración 22 - Representación matemática y curva de mantenibilidad

$M(t) = P[T \leq t]$, donde $M(t)$ es la función de mantenibilidad o de reparación, la cual es creciente, va aumentando en la medida que se incrementa el tiempo t . Al igual $\lim_{t \rightarrow 0} M(t) = 0$ o enunciado como $M(0) = 0$ denota que siempre, la probabilidad de realizar un mantenimiento en un tiempo cero es cero, en la medida que se amplía el tiempo de realización, la curva de mantenibilidad aumenta para volverse máxima en un tiempo mayor o infinito; esto revela que en la medida que se asigne un tiempo más grande y máximo T para realizar un mantenimiento, la probabilidad exitosa de realizarlo en un tiempo t crece. T es el tiempo máximo o límite superior total, t es el tiempo determinado para realizar la acción de

m mantenimiento; la expresión $T \leq t$ denota que siempre el tiempo total T es menor o igual que el tiempo de evaluación t de estudio de la reparación, o dicho de otra manera, la finalización de la reparación se logra siempre en un tiempo T menor a t , t siempre es mayor o igual a 0 y el

$\lim_{t \rightarrow \infty} M(t) = 1$, o expresado como $M(t) = 1$ que denota que cualquier elemento tiene una probabilidad tendiente al 100% de ser bien reparado, así sea en un tiempo infinito.

(Leemis, 1995)



t	Mantenibilidad M (t)
0	0.00%
1	10.49%
5	32.78%
10	49.75%
15	61.30%
20	69.65%
30	80.69%
40	87.33%
50	91.51%
60	94.21%
70	96.01%
80	97.21%
90	98.04%
100	98.61%
110	99.00%
120	99.28%
130	99.48%
140	99.62%
150	99.72%
160	99.80%
170	99.85%
180	99.89%
190	99.92%
200	99.94%
210	99.95%
220	99.97%
230	99.97%
240	99.98%
250	99.99%
290	100.00%
300	100.00%
400	100.00%
500	100.00%
600	100.00%

Se lee de la gráfica y de la tabla que existe una probabilidad del 87.33 % de que una reparación que se haga en el equipo no dure más de 40 horas, también se puede leer que el 87.33% de las reparaciones deben realizarse en tiempos inferiores a 40 horas y por último para múltiples equipos similares se puede describir que el 87.33 % de las veces que se reparan estas máquinas no duran más de 40 horas las reparaciones.

La mantenibilidad se afecta por los tiempos de mantenimiento o reparaciones, los cuales la influyen, a través de los siguientes conceptos:

- En la disponibilidad genérica: TTR , PM , ADT , LDT , LDT y demás factores.
- En la disponibilidad inherente solo el TTR .
- En la disponibilidad alcanzada el TTR y el PM .
- En la disponibilidad operacional por TTR , PM , ADT ,

LDT' y LDT . A pesar de que son similares a la genérica no dan igual que ella pues el cálculo se realiza en forma diferente.

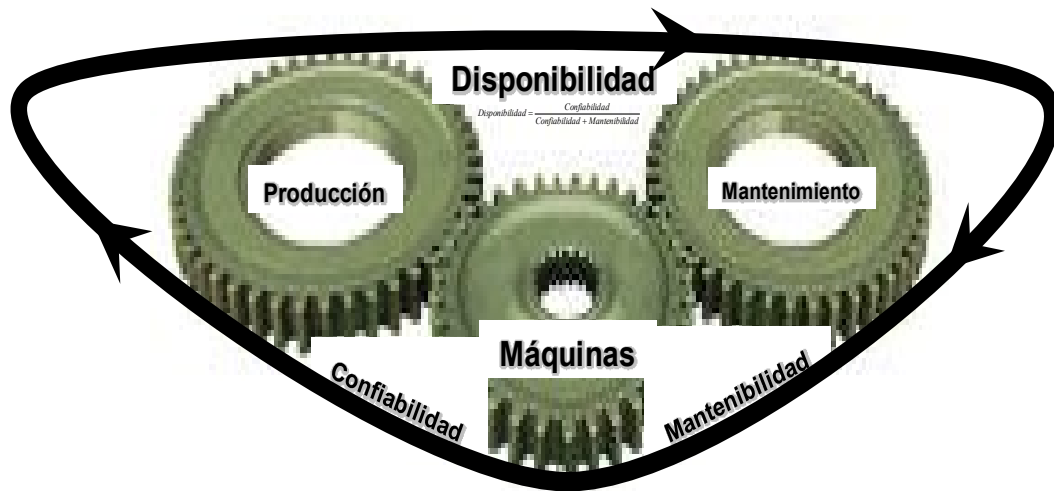
- En la disponibilidad operacional por TTR , PM , ADT , LDT' y LDT (el *Ready Time* no afecta la mantenibilidad).

Los cálculos de la mantenibilidad se realizan en forma diferente y dependen de la disponibilidad que se use, los elementos que se deben estimar son en cada caso:

- Para disponibilidad genérica MDT .
- Para disponibilidad inherente $MTTR$.
- Para disponibilidad alcanzada \bar{M} el cual se obtiene del correctivo con $MTTR$ y de lo planeado con M_p .

Para disponibilidad operacional y operacional generalizada \bar{M} y \bar{M}' respectivamente, el cual se obtiene del correctivo con $MTTR$ y de lo planeado con M_p , pero sus valores son diferentes a los de la A_A debido a que se tienen en cuenta los tiempos logísticos de *Down Time* tanto en el caso de reparaciones como de mantenimientos planeados.

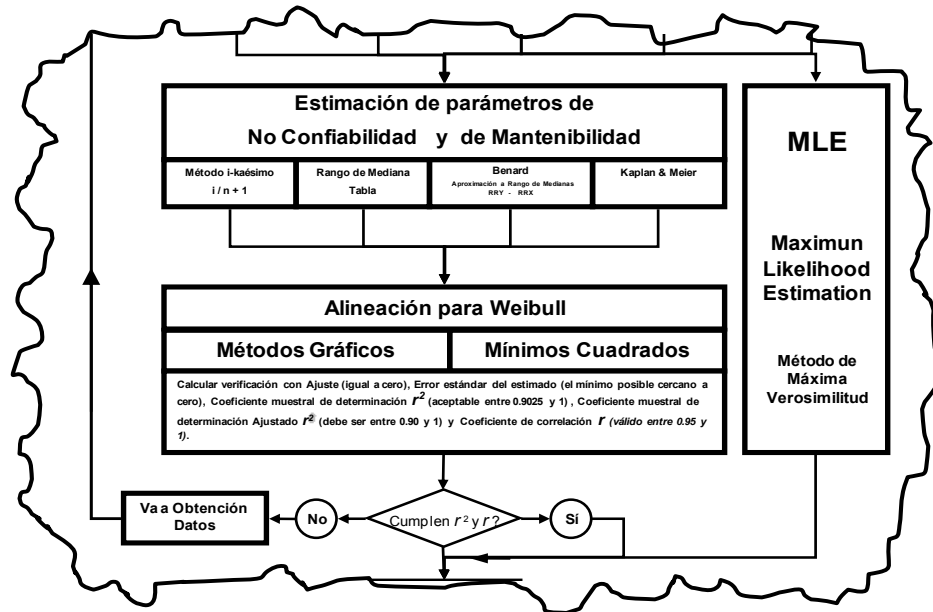
Ilustración 23 - Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento



(Mora, 2007b)

El siguiente paso, en la Ilustración 6 es la estimación de parámetros de confiabilidad y mantenibilidad, para luego predecir el comportamiento del CMD y sus variables de cálculo y, en seguida diseñar las estrategias, la táctica y las acciones pertinentes de mantenimiento; que se realizan en el corto, mediano y largo plazo sobre el sistema o equipos que se analizan, tanto en la gestión como en la operación de mantenimiento y producción.

Ilustración 24 - Pasos de parámetros en predicción CMD

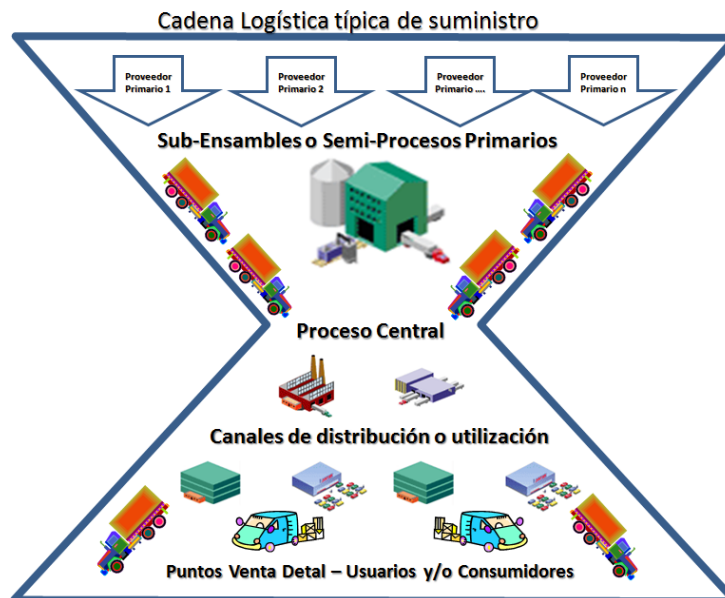


(Mora, 2007a)

1.1.2 Inventarios

La razón de la existencia de un inventario, puede tener una o varias explicaciones, en función del proceso industrial que atiende.

Ilustración 25 - Cadena Logística de Suministro o de Valor Agregado (*Supply Chain*)



Las velocidades en el suministro y utilización de insumos, productos (terminados o en proceso), repuestos, materias primas, servicios, mercancías, etcétera., dentro de un proceso (mantenimiento, operación o comercialización) genera probablemente el inicio de la tenencia de inventarios.

1.3.1.7 Causa final de la existencia de inventarios

La razón última por la cual se considera la pertinencia de un inventario, depende en sí del individuo, estamento o departamento que observe dicha situación.

En la mayoría de situaciones, lo que se interrumpe por el desabastecimiento, es un proceso, entre los cuales pueden estar (Mora, 2014):

- En el caso de ingeniería de mantenimiento, el hecho último es que las máquinas fallen o requieran de una acción de mantenimiento planeada, en ambos casos se pierde temporalmente la funcionalidad, lo cual suspende de forma momentánea el proceso de operación o manufactura de la máquina en cuestión o línea de producción, de la cual no se posee el repuesto, insumo o consumible de mantenimiento, que no le permite terminar la tarea de mantenimiento (planeada (predictiva o preventiva) o no (correctiva o modificativa)), lo cual le impide realizar su función principal de producir bienes o agregar valor mediante una actividad operativa, para este hecho el observador es operación (producción) y en ocasiones mantenimiento , o ambos.
- En el caso de operación, el no poseer un insumo, accesorio complementario, materias primas, productos en proceso o terminados o una combinación de los anteriores, por no estar disponible en el stock, suspende temporalmente el proceso de producción u operación del sistema industrial, susceptible del hecho, en esta situación el observador es el área de comercialización.
- En los procesos de mercadeo, comercialización, venta o abastecimiento, estos no operan satisfactoriamente, cuando existe un agotado, en cualquiera de los puntos de la cadena de suministro, por la falta de una mercancía²⁴ requerida; lo cual afecta el sistema normal de la compañía, para este punto en especial los observadores pueden ser: de las áreas de mercadeo, de comercialización, ventas o de

²⁴ *Insumos, materias primas, productos terminados o en proceso, repuestos, consumibles de mantenimiento, etcétera*

distribución encargados de situar los ítems en los puntos específicos del proceso.

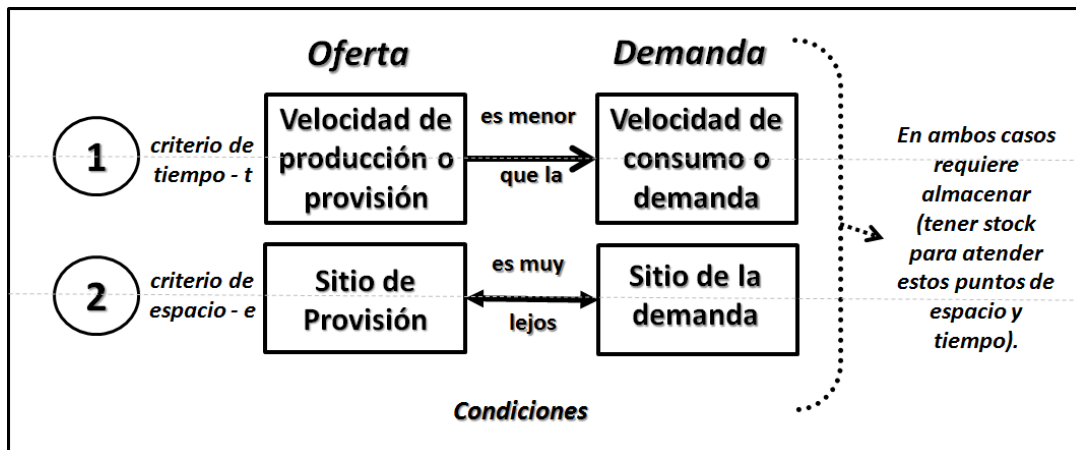
Ilustración 26 - Causa inventarios en procesos: Mantenimiento - Producción - Abastecimiento

<i>Proceso que inicia ruptura</i>	<i>Causa final que afecta</i>	<i>Observador</i>	<i>Lugar de ocurrencia</i>	<i>Responsable del retorno a normal</i>
Mantenimiento	Operación - Producción	Producción	Máquina - Planta	Mantenimiento
Operación - Producción	Abastecimiento	Mercadeo - Comercialización	Almacén - Bodega - Proceso	Producción - Operación
Abastecimiento	Mercadeo - Comercialización	Cliente - Ventas - Servicio al cliente	Puntos Cadena Abastecimiento	Abastecimiento

1.3.1.8 Procesos - Razón de ser de los inventarios

Normalmente la existencia de inventarios, puede tener varias razones individuales o conjuntas, entre ellas resaltan: fin de la cadena logística, como por ejemplo el comercio, al inicio de la cadena de valor agregado por ser un negocio demasiado diferente o empresas muy especiales, esta situación se da en el caso de la minería, los yacimientos minerales o del sector primario de la economía, normalmente la misma mina se convierte en el inventario inicial de la cadena; también ocurre cuando dos procesos o puntos conexos y transversales en la cadena de valor agregado se interrumpen, de tal forma que no hay armonía entre ellos (entre la salida de un proceso y la entrada al siguiente en la cadena de valor).

Ilustración 27 - Razones técnicas por las cuales existe un inventario



Entre otras razones, una vez definida, la causa máxima de la existencia del inventario, existen motivos de orden técnico de manejo de los inventarios, entre las más relevantes aparecen: la velocidad de la demanda es superior a la de la oferta (o provisión) y cuando la distancia física entre el punto de

provisión y de consumo es muy grande, se pueden dar de manera simultánea o independiente (Mora, 2012).

Es probable que existan otras razones, más especiales o sutiles, como por ejemplo, mantener un inventario que técnicamente no se debería tener, que por razones técnicas o de seguridad nacional, o por estrategia debe existir (hay casos en que es más económico mantener cierto stock, ya que el costo de no tenerlo impacte el negocio o la operación de la empresa de manera costosa, estruendosa y significativa), por razones superiores a las dos definidas anteriormente (Ballou, 2004) (Ballou, 2003).

Por inventario se define al registro documental de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión (Wikipedia@, 2014) y la Real Academia Española lo describe, como el asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión (RAE@, 2014); en general, son bastante similares y se refieren al conteo del stock de ciertos bienes o servicios que se usan para algo.

1.3.1.9 Relación mantenimiento e inventarios

Las dos acciones o tareas factibles en mantenimiento, son los trabajos planeados y los no planeados.

1.3.1.9.1 Acciones correctivas o modificativas.

Son los no planeados, como son imprevistos y aleatorios, se deben mantener un stock permanente de repuestos (Push o MTS Make To Stock).

1.3.1.9.2 Acciones predictivas o preventivas.

Se categorizan como los Planeados, son previstas y se planean en el tiempo, por lo tanto solo se piden sus repuestos o insumos un tiempo prudencial antes de su tiempo de espera o lead time, lo cual lo caracteriza específicamente como un Pull o MTO Make To Order; aunque se aclara que se puede tener demandas permanentes de Pull, todos los meses lo que lo convertiría a esa referencia en un Push.

Esta es entonces la conexión entre repuestos, inventarios y mantenimiento, además del término LDT ya explicado anteriormente.

Los flujos gráficos de los Push y de Pull, se pueden representar de la siguiente forma.

Ilustración 28 - Flujo de Ítems Push - Technology Push – MTS

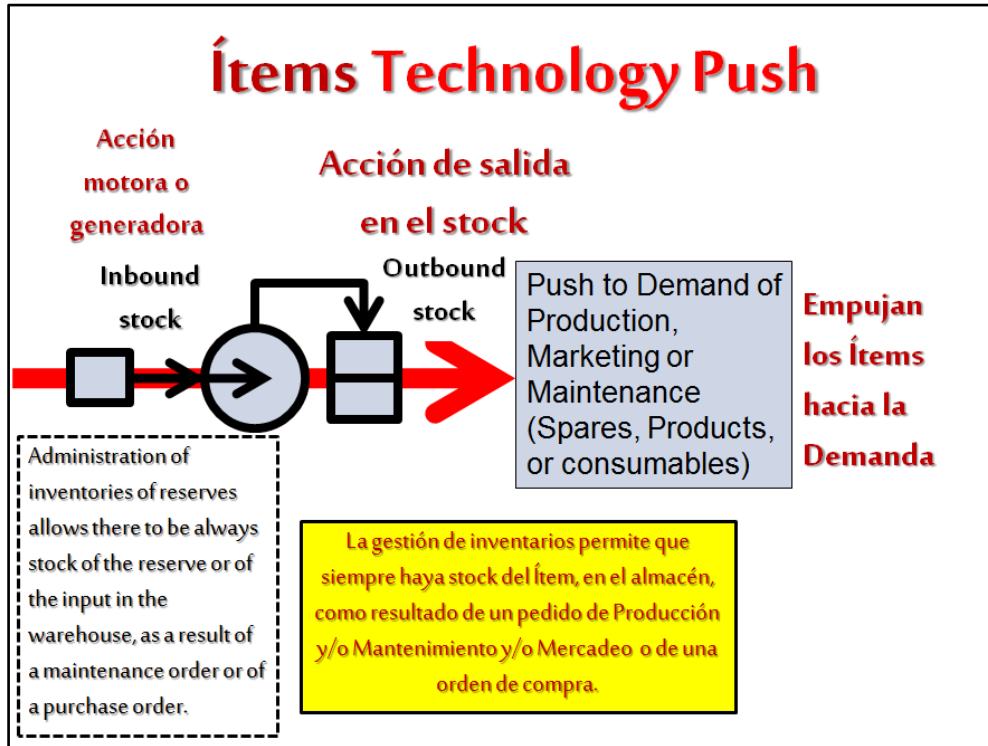
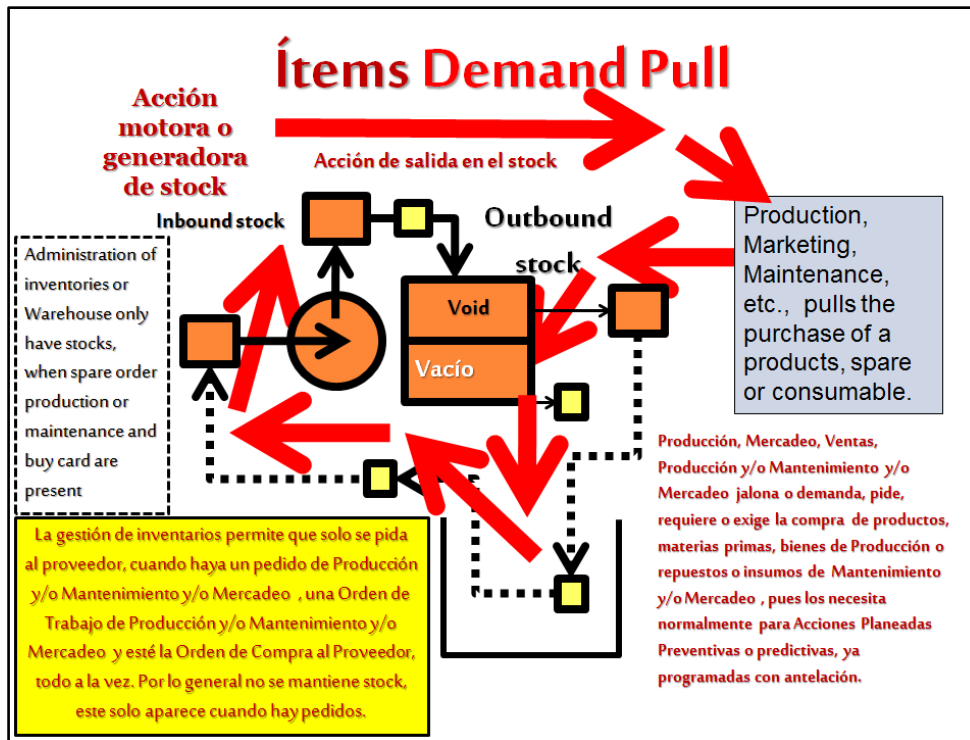


Ilustración 29 - Flujo de Ítems Pull – Demand Pull – MTO



De esta forma se dejan listos los fundamentos, para determinar los algoritmos y los parámetros claves, en los cálculos de cantidades y frecuencias de pedido en Push o Pull, sobre repuestos, insumos o consumibles de mantenimiento.

Ilustración 30 - Algunas diferencias relevantes entre Push y Pull

Síntesis de Diferencias Push versus Pull

Push	Pull
El cálculo de cuánto pedir se hace con base en pronósticos	El cálculo de cuánto pedir se hace con base en la historia (demanda histórica más pronósticos)
Se mantiene Stock permanentemente en buena cantidad	No se mantiene Stock permanentemente, solo se piden o fabrican cuando Mercado o ventas Pide
Se calculan por Método de Asignación y EOQ (Economic Order Quantity), se toma el mayor.	Se calculan siempre por el EOQ (Economic Order Quantity), se toma el mayor.
Cumplen la Prueba de ACF AutoCorrelation Function	No cumplen la Prueba de ACF AutoCorrelation Function
Sus datos históricos se correlacionan con los datos de otros ítems	Sus datos históricos se correlacionan poco o nada, con los datos de otros ítems
Sus datos propios se correlacionan entre sí.	Sus datos propios NO se correlacionan entre sí.
Sus datos no son aleatorios	Sus datos son aleatorios
Normalmente se derivan de ítems de permanente demanda	Normalmente se derivan de ítems de demanda esporádica
Presentan una estructura regular de demanda en sus datos (valores no constantes y variables)	No presentan una estructura regular de demanda en sus datos (valores no constantes y variables)
Su demanda siempre presenta tendencia (positiva o negativa)	Su demanda casi NUNCA presenta tendencia (positiva o negativa)
Se usan en múltiples referencias y almacenes, en simultáneo (su cálculo)	Se usan en referencias específicas, únicas o para almacenes específicos
Se piden periódicamente	Solo se piden cuando el Cliente los pide y hay una Orden de fabricación y no hay remanentes (estándar).
Se piden o se fabrican permanentemente	Se piden o se fabrican esporádicamente
Son estratégicos para la Empresa	Son estratégicos para la Empresa
Su demanda es continua y permanente en el tiempo	Su demanda es continua y permanente en el tiempo
Se autocontrolan en sus inventarios por la Fórmula de Asignación Push	No se autocontrolan y por ende se les debe poner contornos adicionales al Máximo, ROP o Mínimo, como Q - P o T - RM y T R M
No se manejan con niveles de Máximos ni de Mínimos, trabajan simplemente contra un inventario	Se manejan con niveles de Máximos ni de Mínimos, trabajan simplemente contra un inventario
La señal de Pedido es el Nivel del Inventario	La señal de Pedido es la actitud del Cliente acompañada de Orden de fabricación o pedido y la falta de estándar suficiente, o cuando tocan el Nivel ROP o mínimo.
Su Inicio de fabricación o pedido es desde Producción	Su Inicio de fabricación o pedido es desde Producción

- 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?**

1.3.1.10 Fin último del Manejo de Inventarios:

Mantener la fluidez y la trazabilidad de los procesos (mantenimiento y/u operación y/o comercialización o abastecimiento) que implican inventarios, mediante la satisfacción de necesidades, deseos y requerimientos de su demanda, en cuanto a la entrega de ítem requeridos y previstos, tanto en cantidad como en oportunidad.

La real academia de la lengua española define la palabra inventario como: "Asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión" (RAE@, 2014); la existencia ordenada de dichos bienes o ítems del inventario, se justifica en la necesidad de garantizar al cliente ya sea externo o interno, el suministro oportuno de los requerimientos en el menor tiempo posible.

1.4 CONCLUSION DE CAPITULO 1

El tema de la relación entre mantenimiento y los inventarios de repuestos, sus relaciones y las reglas de juegos que los unen, se deja con buenos fundamentos en este capítulo uno.

2 METODOLOGIA MTS, MTO Y MTF.

2.1 OBJETIVO

Describir la metodología MTS, MTO y MTF para insumos, repuestos y consumibles de mantenimiento en inventarios. Nivel 2 – Comprender.

2.2 INTRODUCCIÓN

La metodología MTS MTO MTF, básicamente se centra en las características técnicas del comportamiento histórico y futuro de la demanda, de los ítems que conforman el inventario, es importante resaltar que es factible diferenciar en tres tipos las referencias de un stock, acorde a sus características, lo que a su vez impacta en las expresiones matemáticas y el método para calcular las cantidades a pedir y las frecuencias de reabastecimiento, centrado en este punto, este capítulo aporta la esencia y las diferencias de los tres tipos de referencias – Technology Push MTS - Demand Pull MTO - Play Frozen MTF.

2.3 DESARROLLO CAPITULO 2

El desarrollo de esta, se basa netamente en una caracterización técnica de la metodología MTS MTO MTF, donde se van mostrando cada una de las etapas requeridas, los criterios de jerarquización y clasificación en Push, Pull y Frozen y por último los algoritmos de cálculo para el cuánto pedir en ambos casos MTS y MTO. Los inventarios solo tienen dos operaciones factibles (Mora, 2014).

Ilustración 32 - Operaciones típicas en el manejo de inventarios - Actividades factibles

Almacenar de manera permanente, esta actividad comprende los ítems que se han de mantener en stock de forma permanente o al menos durante el período de tiempo definido de recálculo o reabastecimiento, con rotación y movimiento suficiente que amerite su permanencia en el almacén en forma permanente durante el mes (o período a trabajar).

No Almacenar - Trasegar, es el almacenamiento breve o **temporal**, tendiendo a lo instantáneo o inmediato, requerido en aquellos ítems que solo se piden al proveedor o a fábrica, cuando son solicitados por los demandantes de los procesos, no se desean mantener en stock.

AXIOLOGÍA – Contribuye en las acciones o actividades

FILOSOFÍA – Colabora con los fundamentos de las acciones o actividades

TELEOLOGÍA – Impacta y da los requerimientos de las acciones en el sistema y su estructura

2.1.1 Estructura Sistémica

La actividad básica y única del depósito (lugar del stock) que maneja inventarios, es almacenar, que se asocia a lo permanente, es decir que de esas referencias, debe existir lo suficiente para atender la demanda durante el período, con movimiento y rotación. La negación de lo anterior, genera la otra acción factible, no almacenar, trasegar, se refiere a lo temporal, donde el almacén solo trasega la mercancía, entre que llega y es retirada de almacén, exige que sean tiempos ínfimos o cero, es decir instantáneos. Un sistema de inventarios, se puede organizar en cuatro niveles Poisson: de orden funcional, de orden operacional, de orden táctico y de orden estratégico, así:

2.3.1.1 Primer Nivel

El nivel Instrumental o de la Función, es donde se encuentran los elementos necesarios para que el sistema de inventarios funcione, entre otros se pueden señalar: ítem (respectivos y alusivos propios de cada proceso) en almacenamiento temporal o fijo, bodegas, almacenes, capital de trabajo, demandantes, proveedores, información, costos, indicadores, planes, tecnología, etcétera.

2.3.1.2 Segundo Nivel

El orden dos, Acciones - Operaciones factibles con Inventarios, en cuanto a su almacenamiento, como se explica anteriormente, tiene dos estados: elementos que se almacenan de manera permanente (es decir que de esa referencia siempre hay) y de los que no se desea mantener de forma permanente en el stock, sino solo de manera temporal o instantánea, los que solo trasegan en el stock de modo efímera, son aquellos que se piden cuando son demandados.

2.3.1.3 Tercer Nivel

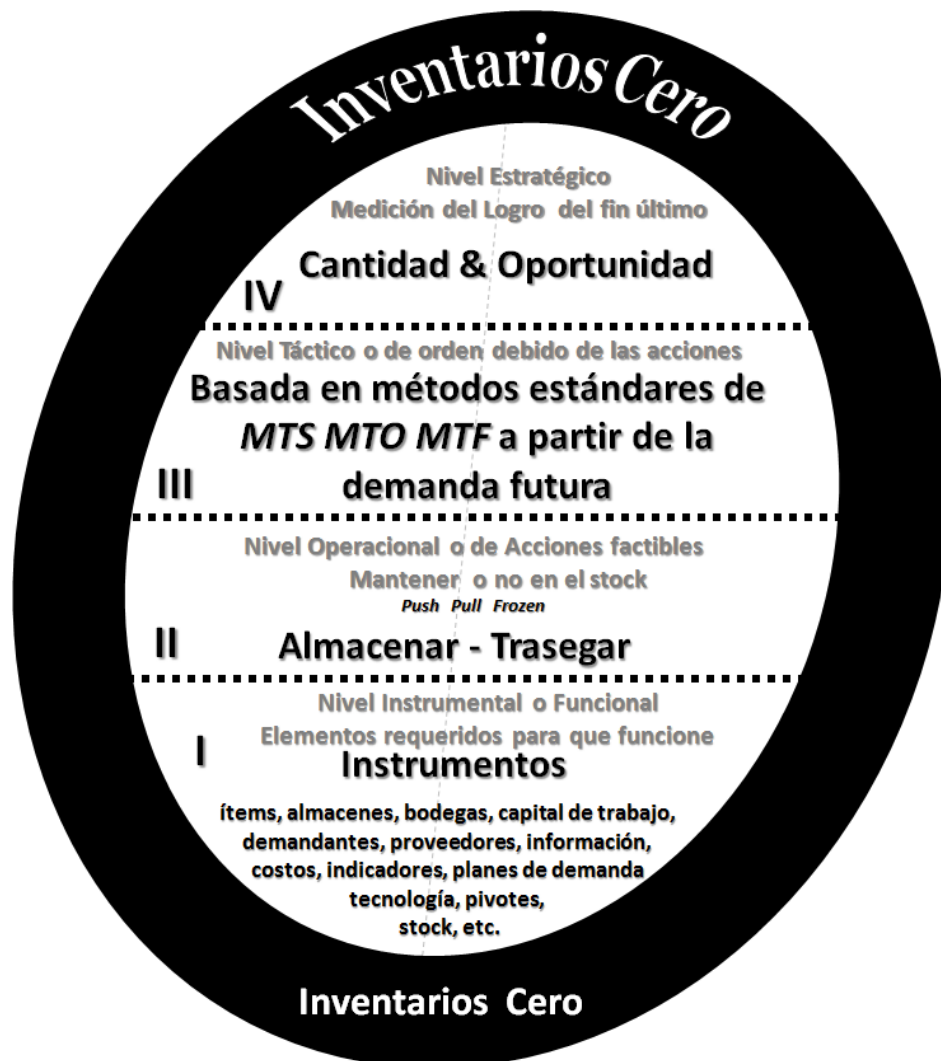
Este da el Orden y la secuencia lógica de las acciones a realizar, para alcanzar un estado futuro bueno y deseado, se puede afirmar que es el proceso clave de los inventarios, el ¿cómo se deben hacer las cosas?, es el de la Táctica, o de la configuración procesal, que se puede definir como lo hace la Real Academia Española: es el arte que enseña a poner en orden las cosas. Aquí se definen las reglas y normas de los cálculos y estimaciones futuras de la demanda y del Plan de Compras.

2.3.1.4 Cuarto Nivel

En el orden cuatro se ubica el alcance (o no) (parcial o total) del fin último, es donde se mide y valora el grado de eficiencia en logro de la causa final o fin último del sistema, es donde se verifica el logro efectivo o no del sistema

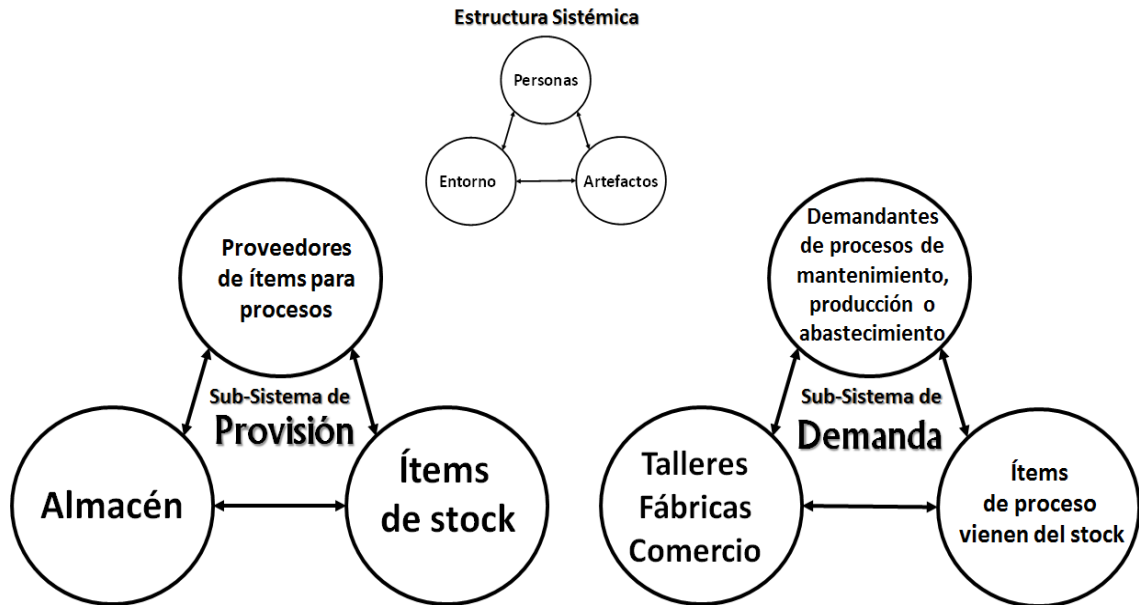
estructural propuesto y comprobado en las empresas. Emite juicios de valor sobre el impacto en el fin último de los inventarios, el cual consiste en mantener la fluidez y la trazabilidad de los procesos (mantenimiento y/u operación y/o comercialización o abastecimiento) que implican inventarios, mediante la satisfacción de necesidades, deseos y requerimientos de su demanda, en cuanto a la entrega de ítem requeridos y previstos, tanto en cantidad como en oportunidad; lo que se logra mediante el cálculo del cuándo y del cuánto pedir para *Push*, *Pull* y *Frozen*, con base en el método científico, a partir de Pronósticos de Demanda con ST y con el Plan de Compras consensuados, siguiendo las pautas para ello establecidas, con el fin de minimizar el capital y maximizar el nivel de servicio, evitando a toda costa los agotados y los excesos.

Ilustración 33 - Estructura sistémica de inventarios



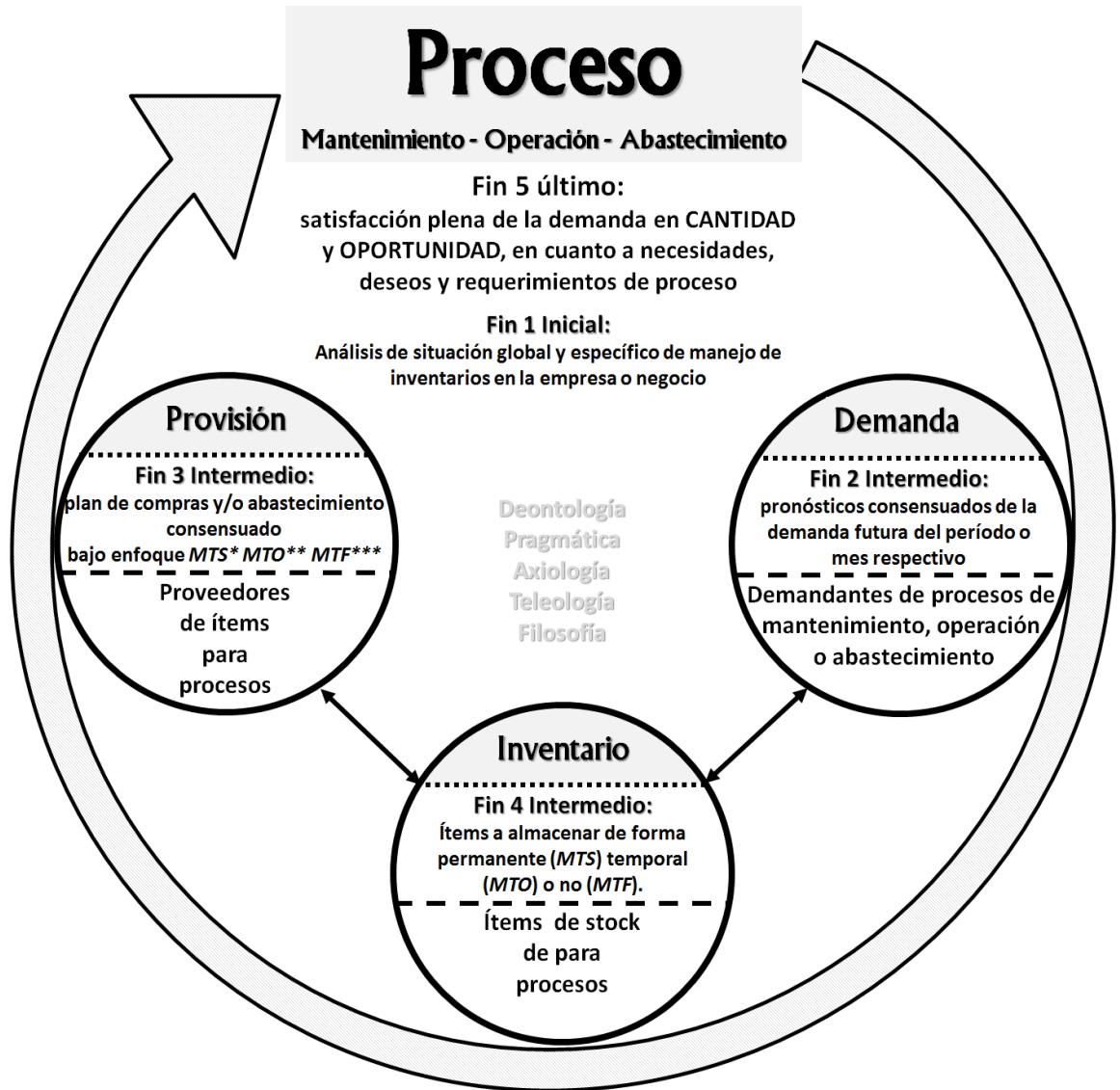
Los actores que intervienen en el sistema de inventarios y en sus sub-sistemas respectivos relevantes, son:

Ilustración 34 - Sistema y sub-sistemas en inventarios



La pragmática es parte constitutiva de la filosofía del lenguaje, en ella se conciben reglas que permiten la fluidez y trazabilidad de un proceso, vía comunicacional, es el conjunto de reglas y secuencias lógicas que dictan como debe ser el funcionamiento sistémico (Wittgenstein, 2003).

Ilustración 35 - Funciones - Relaciones - Secuencia Lógica - Fines intermedios & último



2.1.2 Diferencias técnicas entre Push Pull Frozen

Notas * de la Ilustración anterior:

* - MTS - En inglés *Make To Stock* - Son referencias que por sus características, se mantienen y se desean tener en stock de forma permanente, con movimiento y rotación suficientes, al final del período o mes de abastecimiento se debe tener libres de compromiso (para atender cualquier fluctuación de la demanda) al menos el stock de seguridad (en el cual se recomienda por criterios ABC: de los Tipo A, al menos un 1.25% la demanda promedio²⁵, de los B al menos un 0.75% y de los Tipo C como mínimo un 0.30%), su nombre técnico en tecnología e innovación es *Technology Push*, son enviados o empujados hacia la demanda; en inventarios su denominación técnica es Control de Inventarios por Incrementos²⁶ (Ballou, 2003).

** - MTO - En inglés *Make To Order* – Son ítem que no se desea tener en el almacén de forma permanente, solo se realiza con ellos un trasiego, se solicitan al proveedor cuando alguien de los responsables de procesos (Mantenimiento – producción – Abastecimiento) los demanda, su estancia en el almacén es temporal con tendencia a tiempos cero y es solo el instante, entre que arriban al inventario y se retiran por partes de los solicitantes. Su nombre en tecnología e innovación es *Demand Pull*²⁷, proceden netamente desde la demanda porque alguien los solicita, no son tan relevantes como los *Push*, su movimiento y rotación son bajos (nunca tan alta como los *MTS*). En inventarios se les especifica como Control de Inventarios por Demanda (Ballou, 2004).

*** - MTF – *Make To Frozen* – Son elementos de inventarios totalmente en congelación, no se debe hacer nada con ellos, se procura eliminarlos de la lista de ítem del inventarios, su movimiento y rotación tiene a ser ínfima o nula, solo se piden cuando se requieren de manera muy especial, solo se solicita la cantidad que se piden (lógico después de restar lo que se tenga de remanente en stock o en tránsito de pedidos), no hay abastecimiento con ellos, solo si hay una necesidad especial debidamente aprobada por el GPI. Su denominación técnica es *Play Frozen*, con el fin de retirarlos o congelarlos en la lista de ítem de inventario, jamás se tendrán en tránsito temporal o en

²⁵ *Demanda promedio, consiste en tomar un promedio entre n valores históricos de la demanda real, hacia atrás y n pronósticos futuros hacia adelante, con el fin de atenuar cualquier comportamiento inesperado a la baja o a la subienda, en la demanda, esto es muy efectivo dado que nunca o no siempre el futuro es una extrapolación del pasado.*

²⁶ *Se les especifica por incremento, ya que son dinámicos y constantemente están en movimiento, por incrementos en su demanda hacia arriba o hacia abajo.*

²⁷ *También conocido como Market Pull, originario y procedente de los mercados o de la demanda.*

forma permanente en el almacén. En inventarios es un control de Inventarios por eliminación total del sistema (Mora, 2014).

Ilustración 36 - Normas de secuencia lógica de fines a alcanzar

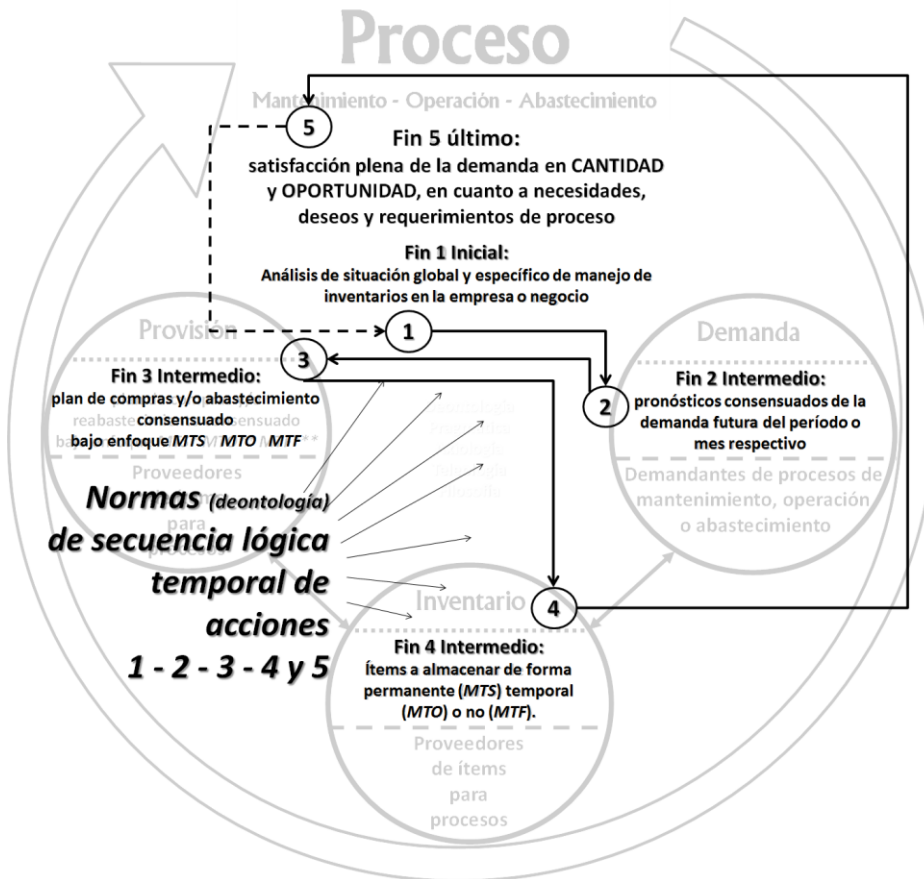


Ilustración 37 - Normas del cuánto y cuándo pedir, con base tipo de ítem (deontología)

Normas - Cálculos – Reglas de reabastecimiento	¿cuánto pedir?	¿cuándo pedir?	Método para determinar la demanda futura
MTS – Technology Push - Almacenar	Método de Asignación versus EOQ – El mayor	Periódicamente (mes – semana – día – etc.)	Pronósticos con ST RNA u otro método científico - Pivotes
MTO – Demand Pull – No almacenar (Trasegar)	Método EOQ (mínimo) o múltiplos de el.	Cuando alguien lo demande y nivel esté por debajo del ROP*	Pronósticos por correlación multifactorial regresional múltiple a partir de Pivotes Push
MTF – Play Frozen – Congelar (No Almacenar)	Lo justo para que stock quede en cero después de demanda	Revisar en caso extremo de pedido especial.	

Deontología

(Mora, 2014)

Notas * de la Ilustración anterior:

* - ROP - ReOrder Point – Punto de Re-Orden

El sistema de inventarios debe anticiparse (con ST y/o RNA u otro método de fundamento científico) a las necesidades, deseos y requerimientos de demanda de los responsables de procesos de mantenimiento y/o fabricación y/o abastecimiento, con el fin de lograr uno resultados (estrategia del logro del fin último, que es la cantidad y la oportunidad adecuada en la satisfacción de la demanda preestablecida). Para ello sigue el Modelo de *Layout* propuesto y el diagrama secuencial de bloques, de todo el sistema de manejo de los inventarios que alimentan o surten procesos, con un deber ser concreto que se involucra en el método integral, que se muestra en las siguientes dos imágenes.

Ilustración 38 - Ruta Lógica de la Metodología MTS MTO MTF

Diagrama de Flujo - Inventarios de un Proceso				Día calendario del mes				ENVÍA	REALIZA	RECIBE
	Acción	ANTES - Etapa previa	DESCRIPCIÓN	Mínimo	Se desarrolla en	Máximo	Duración Máxima			
Origen	Fase 1	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Cierre del mes anterior, dejando listos datos de inventario final y consumo del mes anterior	Datos de Inventarios y Consumos, con corte al día 26 del mes anterior fin de mes	0	EMPRESA CLIENTE envía a Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	1	2	Coordinador Inventarios EMPRESA CLIENTE	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación	Fase 2	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Recepción de datos acorde a Protocolo de forma ya establecidos con EMPRESA CLIENTE - PROCESOS	Revisión de datos	1	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	2	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación	Fase 3	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Consolidación de Información	Llenar Formatos de proceso de datos	2	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	3	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Inspección	Fase 4	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Formatos estándares listos	Inspección, Análisis y Conversión de Datos	2	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	3	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación e Inspección resultados	Fase 5	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Información precisa y formateada	Procesamiento Pronósticos por Series Temporales y Redes Neuronales Artificiales	2	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	4	2	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación e Inspección resultados	Fase 6	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Pronósticos con normas internacionales	Revisión Lógica de Resultados de pronósticos	2	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	4	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Transporte	Fase 7	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Pronósticos con resultados lógicos	Envío de Pronósticos a EMPRESA CLIENTE - PROCESOS para Consenso	3	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos envía a EMPRESA CLIENTE	4	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Inspección resultados y Operación Consenso	Fase 8	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Verifica recepción de Pronósticos con resultados lógicos	Consenso de pronósticos mensual	4	Realiza EMPRESA CLIENTE internamente con Asesoría Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos (si la requiere)	5	1	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Operación	Fase 9	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Consenso	Revisión, Verificación y Cambios en categorías de <i>Push, Pull, Frozen</i> por parte de EMPRESA CLIENTE - PROCESOS	4	Realiza EMPRESA CLIENTE internamente con Asesoría Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos (si la requiere)	5	1	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Operación	Fase 10	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Consenso	Revisión, Verificación o Cambios en Consenso pronósticos y categoría	4	Realiza EMPRESA CLIENTE internamente con Asesoría Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos (si la requiere)	5	1	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Inspección	Fase 11	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Consenso	Revisión Lógica de resultados Consenso EMPRESA CLIENTE - PROCESOS y Pronósticos Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	4	Realiza Líder Grupo Primario y Coordinador Inventarios EMPRESA CLIENTE	5	2	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	Líder Grupo Primario y Coordinador Inventarios EMPRESA CLIENTE	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente

Simbología usada ASME 2014: Operación, Inspección, Transporte, Origen.

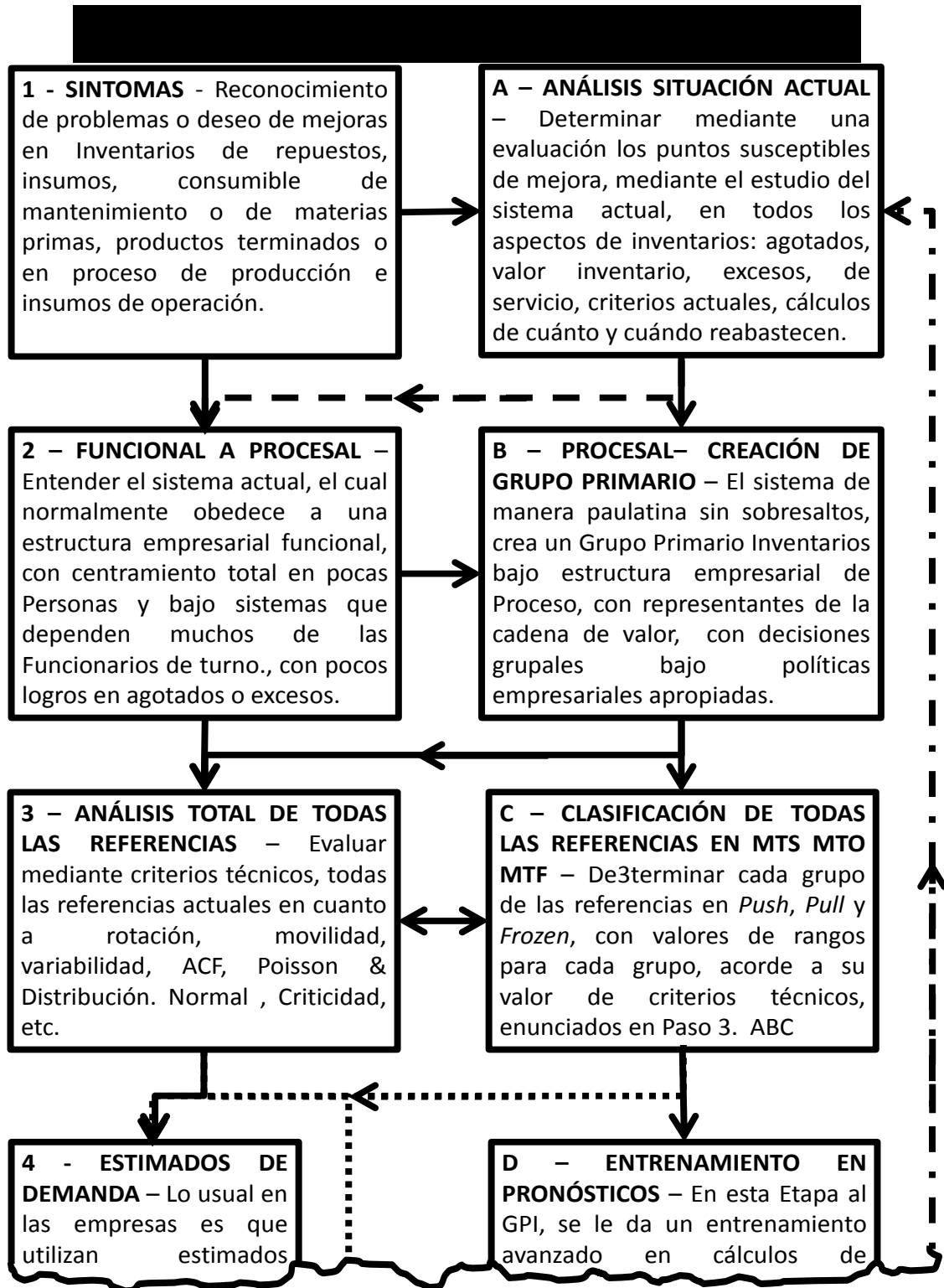
Diferentes acciones de forma simultánea, con varias figuras insertas predominan de afuera hacia adentro.

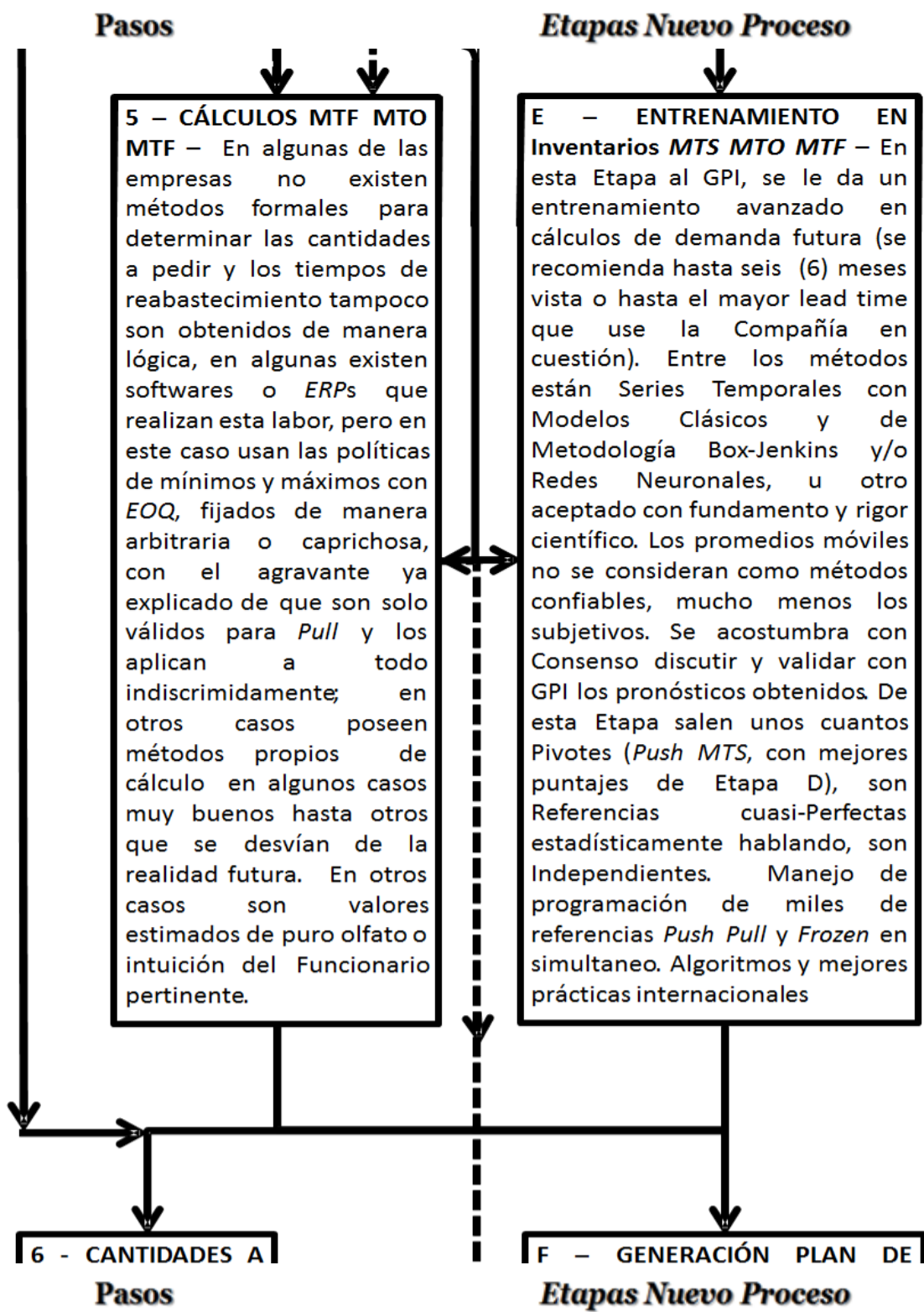
Diagrama de Flujo - Inventarios de un Proceso				Día calendario del mes				ENVÍA	REALIZA	RECIBE
Acción	ANTES - Etapa previa	DESCRIPCIÓN	Mínimo	Se desarrolla en	Máximo	Duración Máxima				
Transporte	Fase 12	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Consenso	Envío de resultados CONSENSO a Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	4	Realiza EMPRESA CLIENTE internamente con Asesoría Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos (si la requiere)	6	2	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Inspección Consenso y Operación Inventarios	Fase 13	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Recepción Consenso realizado EMPRESA CLIENTE - PROCESOS	Recepción y Verificación Consenso EMPRESA CLIENTE - PROCESOS, con Introducción a Proceso Cálculos Inventarios en Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	5	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	6	1	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación	Fase 14	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Lógica Consenso realizado EMPRESA CLIENTE - PROCESOS y Alistamiento Formatos datos Programas Informáticos Inventarios	Procesamiento Inventarios Push Pull Frozen Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	5	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	6	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación	Fase 15	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Proceso de Programas Informáticos Inventarios	Envío de Plan de Compras de Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos a EMPRESA CLIENTE - PROCESOS	5	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	6	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Operación	Fase 16	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Proceso de Programas Informáticos Inventarios	Envío de Inventarios Push Pull Frozen de Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos a EMPRESA CLIENTE - PROCESOS	5	Realiza Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos internamente	6	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente
Operación, Inspección y Origen de resultados Plan Compras y Simulación Inventario esperado	Fase 17	EMPRESA CLIENTE - PROCESOS - Recepción de Plan de Compras y Simulación Inventarios, con revisión lógica de resultados	Consenso 2 y Unificación Resultados de Inventarios esperados y Plan de Compras y de Inventarios enviados por Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos, realiza EMPRESA CLIENTE - PROCESOS y Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	6	Realizan EMPRESA CLIENTE & Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos de manera conjunta	7	1	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Áreas y departamentos internas EMPRESA CLIENTE para su ejecución
Inspección, Seguimiento y Control Procesal	Fase 18	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Recepción de datos Inventarios y Compras reales y en tránsito con corte al día 15 calendario de cada mes	Envío, Análisis e Implementación de Correctivos de mes (si se requieren), a partir del CORTE de Inventarios y Compras a corte del día 15 calendario de cada mes	15	Realizan EMPRESA CLIENTE & Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos de manera conjunta	16	1	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación, Inspección y Origen de resultados obtenidos mes en Pronósticos, Compras y Simulación Inventarios	Fase 19	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos - Recepción de datos acorde a Protocolo de forma ya establecidos con EMPRESA CLIENTE PROCESOS, del mes anterior consolidado	Análisis de resultados de Inventarios, Pronósticos Compras y Simulación Comportamiento Inventarios cada mes consolidado e Implementación de Acciones de Mejoramiento si se requieren	29	Prepara y envía Informes Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos a EMPRESA CLIENTE - Analizan EMPRESA CLIENTE & Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos de manera conjunta	31	2	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos
Operación, Inspección y Origen General del Proyecto	Fase 20		Revisión General		Cada 90 días		2	Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos	Realizan Líder, Coordinador y GPI - Grupo Primario Inventarios - Empresa Cliente en conjunto con Empresa Asesora Inventarios & Pronósticos

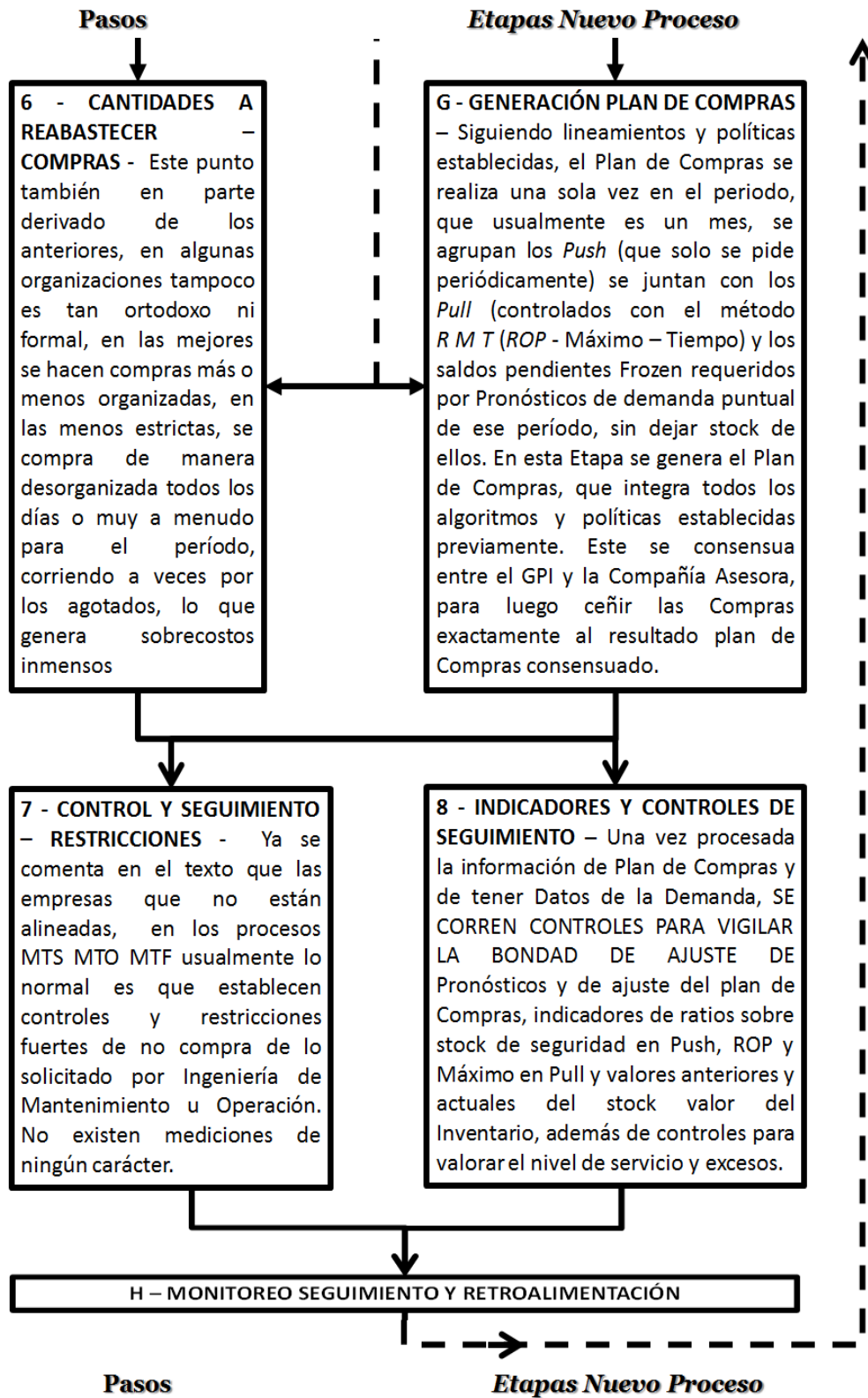
Simbología usada ASME 2014: Operación, Inspección, Transporte, Origen.

Diferentes acciones de forma simultánea, con varias figuras insertas predominan de afuera hacia adentro.

Ilustración 39 - Diagrama de bloques M;TS MTO MTF - Pasos de implementación







(Mora, y otros, 2013)

Los modelos del deber ser y del ser anteriores, definen los criterios relevantes para su implementación suave, paulatina, paralela al estado actual, sin traumas con el fin de alcanzar el estado futuro en términos de máximo meses (Mora, 2014).

Ilustración 40 - Actores, Fines y Elementos de un sistema inventarios MTS MTO MTF.

		<i>Proceso</i>
1	Proceso Mantenimiento - Operación - Abastecimiento	Fin 1 Inicial: Análisis de situación global y específico de manejo de inventarios en la empresa o negocio Proceso
2	Demanda Elemento 1 Pronósticos de Demanda futura	Fin 2 Intermedio: pronósticos consensuados de la demanda futura del período o mes respectivo Demanda
3	Provisión Elemento 2 Plan de Compras	Fin 3 Intermedio: plan de compras y/o reabastecimiento consensuado bajo enfoque <i>MTS MTO MTF</i> Provisión
4	Inventario - Stock Elemento 3 Planes de almacenamiento fijo o temporal	Fin 4 Intermedio: ítems a almacenar de forma permanente (<i>MTS</i>) temporal (<i>MTO</i>) o no (<i>MTF</i>). Inventario
5	Proceso Mantenimiento - Operación - Abastecimiento	Fin 5 último: satisfacción plena de la demanda en CANTIDAD y OPORTUNIDAD, en cuanto a necesidades, deseos y requerimientos de proceso Proceso
		<i>Proceso</i>

MTS - Make To Stock
MTO - Make To Order
MTF - Make To Frozen

Ilustración 41 - Entregables y Actividades que realizan los Elementos del sistema inventarios

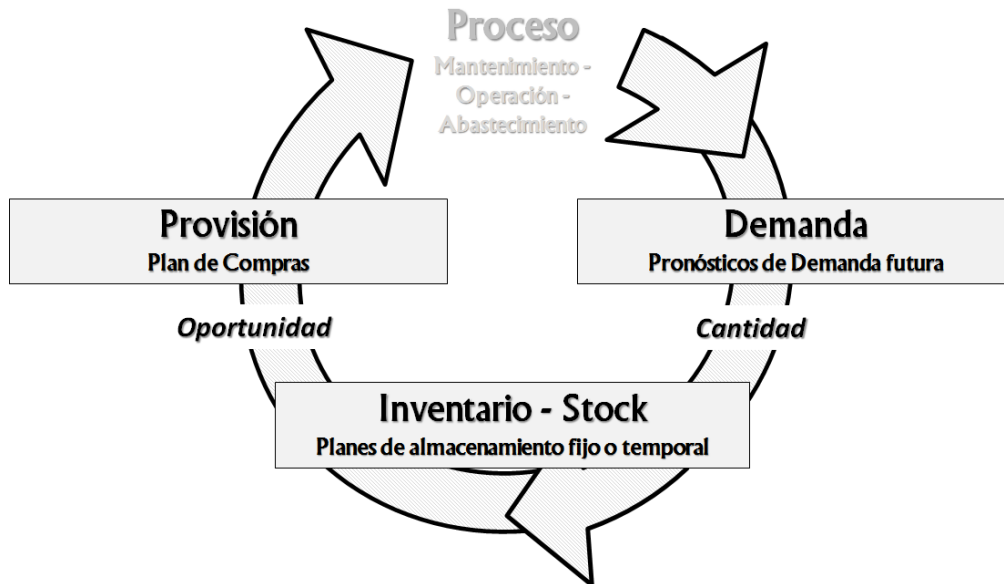


Ilustración 42 - Característica de abastecimiento en los diferentes tipos de ítem

Tipo de Ítem	Objeto - Stock	Período de reabastecimiento
MTS - Technology Push	Dado que son relevantes e importantes - Mantener en stock	Periódico, constante - Mensual o semanal o diario según el caso
MTO - Demand Pull	Menos relevantes - Se pide cuando los solicitan y no hay en stock- No mantener en stock, solo de forma temporal, de trasiego.	No son periódicos, se superpone a los pedidos periódicos de los Push, por los controles TRM *
MTF - Play Frozen	Irrelevantes - Eliminarlos del portafolio Jamás mantener en stock	Nunca – Solo se piden cuando la demanda pronosticada es superior a lo que tiene.

* Control TRM – Time – ROP (ReOrder Point) – Maximum)

2.3.1.5 Categorización de todas referencias en *Push Pull Frozen*

Este es el epicentro de la metodología *MTS MTO MTF*, es el punto más relevante de toda la metodología, pues permite tener un manejo segmentado, diferenciado y específico, que da la oportunidad de utilizar técnicas especiales de algoritmos y de políticas de inventarios, para estimar tanto el cuánto como el cuándo en cada una de las tres categorías de referencias: *Push, Pull y Frozen*.

Es el corazón del proceso y su elaboración conlleva y otorga grandes probabilidades de éxito, de lograr el fin último de la metodología, el cual consiste en mantener la fluidez y la trazabilidad de los procesos (mantenimiento y/u operación y/o comercialización o abastecimiento) que implican inventarios, mediante la satisfacción de necesidades, deseos y requerimientos de su demanda, en cuanto a la entrega de ítem requeridos y previstos, tanto en cantidad como en oportunidad; lo que se logra mediante el cálculo del cuándo y del cuánto pedir para *Push, Pull y Frozen*, con base en el método científico, a partir de Pronósticos de Demanda con ST y con el Plan de Compras consensuados, siguiendo las pautas para ello establecidas, con el fin de minimizar el capital y maximizar el nivel de servicio, evitando a toda costa los agotados y los excesos.

2.3.1.5.1 El Ser de la clasificación de Referencias

Se pueden encontrar diferentes facetas:

- Una, donde todas las referencias se manejan por igual, se le asignan unos máximos y unos mínimos, a cada ítem, de manera subjetiva o con algunos cálculos menores, que por lo general no siguen una metodología ortodoxa, que normalmente no sigue lineamientos del método científico.

- Otra opción, es que se caracterizan algunos ítems con cierta relevancia o importancia, en función del proceso que atiende el inventario (mantenimiento, producción o abastecimiento); es decir se establecen criterios numéricos o subjetivos, que le otorgan cierta importancia relativa a algunos ítems, a los cuales se les presta mayor atención o se les asigna mayor volumen de abastecimiento periódico, que a las otras normales, es usual que a veces se haga con algunos criterios técnicos, con cálculos numéricos menores, que no siguen una metodología integral, ni se basan exactamente en el método científico.
- Por último, se tienen otras situaciones donde el *ERP* o software, actúa de manera automática y asigna valores de abastecimiento a las diferentes referencias, en algunos casos no se tiene acceso al algoritmo de cálculo, en otras usan medias móviles para calcular los estimados de demanda futura, lo que invalida cualquier procedimiento válido científicamente hablando, porque las medias móviles no cumplen los requisitos de pronósticos ni se avalan como tal (Ladiray, y otros, 2000-2001), son simplemente métodos intermedios de cálculo para eliminar los componentes de ruido de las series a pronosticar²⁸, lo que deja de manifiesto otros elementos de las series de tiempo numéricas, como tendencia, calidad o estacionalidad²⁹ (Mora, 2012).
- Es factible encontrar otros escenarios, como la combinación parcial de algunos de los anteriores.

2.3.1.5.2 Deber Ser de la Categorización en *MTS Push, Pull MTO y MTF Frozen*

La categorización se centra en características históricas y presente de las demandas o consumo, a partir de allí, se configura un esquema de clasificación, mediante la asignación de puntajes de criterios técnicos³⁰ propios del deber ser de la metodología internacional *MTS MTO MTF*, en varias categorías: Movilidad³¹, Variabilidad³², *ACF*³³, Rotación³⁴ y Criticidad³⁵. El diseño se hace de manera conjunta y consensuada entre el GPI de la empresa cliente y los asesores de inventarios, eventualmente pueden participar Funcionarios pertinentes de la empresa cliente y/o de los procesos específicos que requieren el inventario.

²⁸ Nunca se deben usar para pronosticar o estimar valores futuros.-

²⁹ Se entiende que el nivel (o variabilidad en inventarios, ya cumple con valores inferiores al 50%), que es la división de la desviación estándar entre la media.

³⁰ Eventualmente en la empresa cliente podrían existir más criterios, aunque no se recomienda, para que el proceso no se convierta en complejo o difícil. En el caso de que se deseen menos se recomiendan: Movilidad, Variabilidad, *ACF* y Criticidad.

³¹ Por excelencia es la prueba que valora el comportamiento histórico y presente de la Demanda o Consumo. Se maneja en dos niveles de valoración.

³² Se considera la prueba magna e insigne de Inventarios.

³³ *ACF* – AutoCorrelation Function – Función de Auto-Correlación, es la prueba más categórica de Pronósticos.

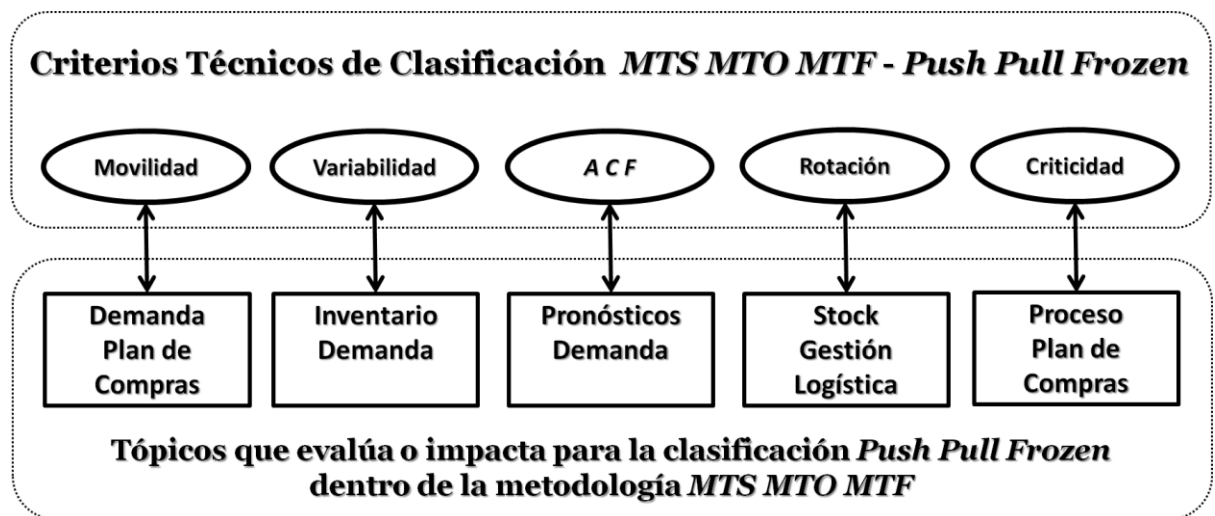
³⁴ Este criterio evalúa de manera clara, la gestión efectiva del stock en el inventario.

³⁵ La Criticidad mide el Proceso que genera la necesidad del inventario, en cuestión.

El valor total que obtiene cada referencia después de ser evaluada por los criterios técnicos de clasificación *MTS MTO MTF*, se trabaja sobre un máximo de n puntos; los cuales se reparten de manera específica en cada empresa y se mantienen en el tiempo, con revisiones periódicas cada dos (2) años, o cuando así se requiera o amerite, por eventos especiales, la idea es dejarlos de manera permanente sin variarlos en el tiempo.

Luego los n puntos, se reparten en tres grandes rangos, que permiten su clasificación en *Push*, *Pull* y *Frozen*.

Ilustración 43 - Criterios técnicos de clasificación *MTS MTO MTF* en los inventarios



2.3.1.5.3 Criterios Técnicos de los *MTS Push* - *MTO Pull* y de los *MTF Frozen*

En los inventarios la manera en que se demanda se convierte en un elemento esencial en la metodología *MTS MTO MTF*, centrada en la demanda, por lo cual el criterio *Movilidad* es de los más impactantes en las características *Push Pull Frozen*, por lo cual amerita detenerse en su tratamiento y en procedimiento respectivo de trabajo, para su configuración y valoración. El puntaje total de los cinco (05) de los criterios técnicos, deben trabajar sobre una base numérica fácil de manejar, se sugiere sobre n puntos, aunque cada *GPI* de cada empresa determina la cifra que desea.

Resaltan en los ejemplos de la siguiente ilustración, la gran importancia de *Variabilidad* y *ACF* y la menor relevancia de *Rotación* y *Criticidad*. Una vez se tiene el puntaje total por cálculo de cada referencias, el valor máximo total se divide en tres rangos, que permiten la clasificación en *Push* (los de mayor valor), *Pull* (los de valores medios) y *Frozen* (los de menor valor total de los criterios técnicos).

2.3.1.5.3.1 Movilidad

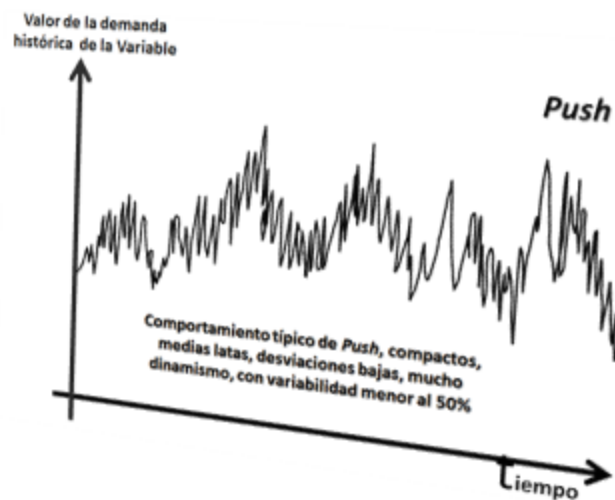
El fin último de este criterio es valorar el dinamismo en las demandas o consumos históricos y presentes de cada referencia, se efectúa en dos categorías. En la primera parte se determina el rango de tiempo a revisar, es decir el período en que se debe analizar si la referencia se mueve o no, es importante resaltar que este criterio no evalúa la cantidad de la demanda o consumo, es decir no vela por las cantidades o volúmenes demandados o solicitados, sino porque sí se mueva o no en ese lapso de tiempo.

2.3.1.5.3.2 Variabilidad

La Variabilidad es altamente influyente en que si es inferior al cincuenta por ciento ($< 50\%$) tiene alta probabilidad la referencia en particular de ser *Push*, o en caso contrario si es superior al valor descrito, lo más seguro es que en su orden una *Pull* o *Frozen*.

El impacto que tiene la variabilidad en la clasificación *MTS MTO MTF* estriba principalmente en el comportamiento de la demanda en el tiempo, lo habitual es que una demanda que maneja un promedio mediano o alto de manera permanente en el tiempo, con desviaciones estándares bajas, pone condiciones de *Push* en un ítem, es decir antepone la presencia de un patrón de demanda con cierta estabilidad, lo que lo presupone a mantenerlo en inventario; el comportamiento contrario de promedio bajos y desviaciones estándares altos, propone una conducta de inestabilidad en el tiempo y de demandas de tipo aleatoria, que se pueden asumir como fuertes indicios de clasificación *Pull* o *Frozen*.

Ilustración 44 - Influencia de la Variabilidad en las probabilidades de ser *Push* o *Pull* o *Frozen*



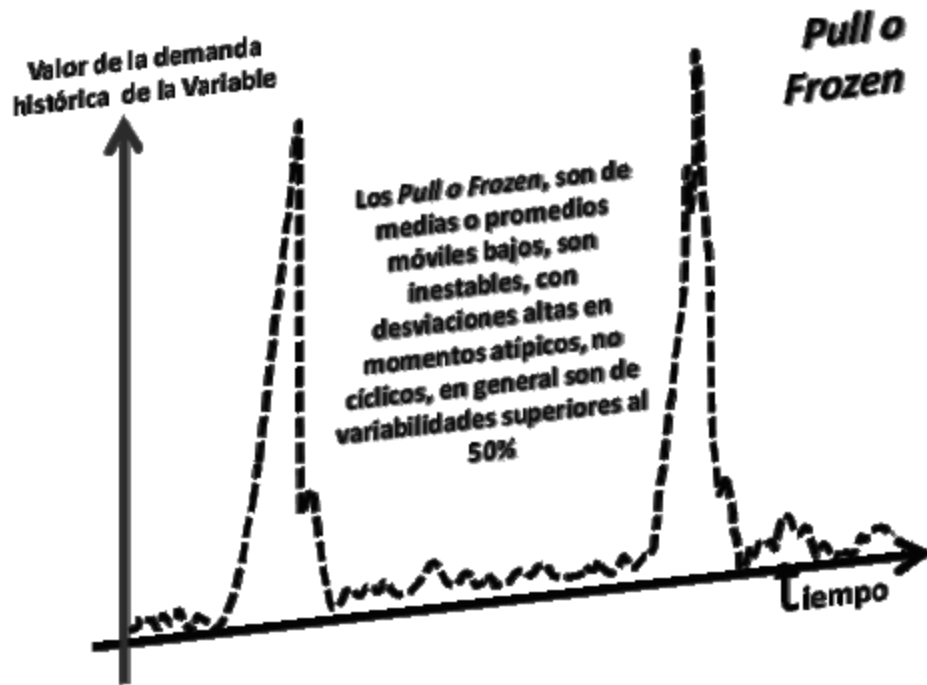


Ilustración 45 - Parámetros que influyen en su aspecto del cuánto pedir, en ítem *Push o Pull Frozen*

Las Referencias	determinan su cantidad a pedir, basadas en
PUSH	Pronósticos de Demanda y en Stock de seguridad faltante
PULL	Pronósticos de Demanda, pedidos y en Nivel de Stock inferior al <i>ROP</i>
FROZEN	Pronósticos de Demanda y en Nivel de Inventario inferior a la demanda pronosticada

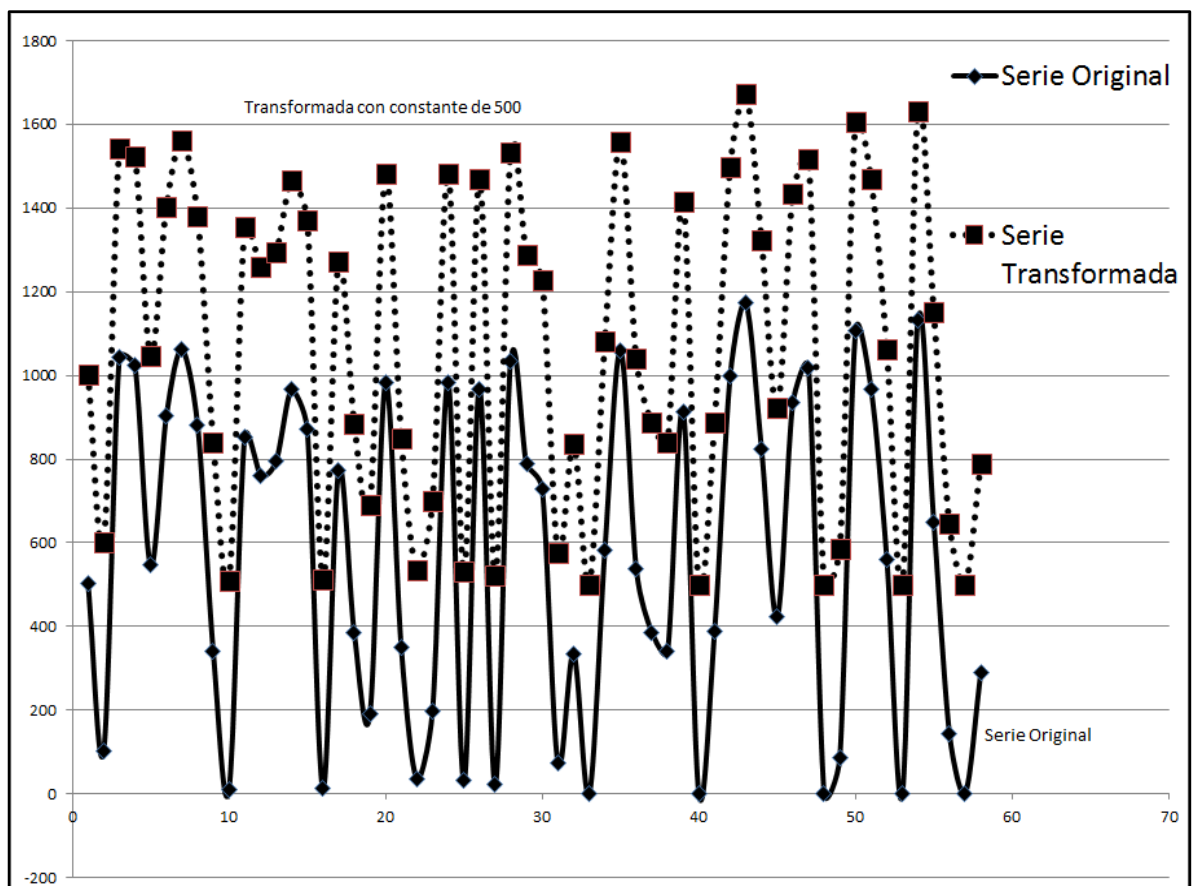
En ocasiones es factible encontrar casos, donde la presencia del criterio técnico Variabilidad inferior al cincuenta por ciento ($< 50\%$) es nula o escasa, en estas situaciones, es factible mejorarlo, mediante varias alternativas: la primera es aplicar la función logaritmo a los valores históricos de todas las series o referencias, la segunda es utilizar raíz octava y otra opción es sumar una constante, se hacen los pronósticos con estos valores transformados y luego se realiza la operación inversa, con los resultados pronosticados.

A efectos de mostrar estas posibilidades, se toma el ejercicio que se trae en las últimas ilustraciones con todas las referencias, aplicándoles las soluciones descritas, con el fin de que la mayoría o todas las referencias del stock en el inventario, cumplan con la condición de que la Variabilidad sea inferior al cincuenta por ciento (50%).

Las tres ayudas (logaritmo, raíz octava o la suma de una constante) pretenden mejorar o disminuir el quebrado, con el cual se calcula la Variabilidad (desviación estándar entre el promedio móvil), en el fondo lo que hacen es disminuir el valor del denominador o promedio móvil, con lo cual la fracción de Variabilidad disminuye a los niveles deseados.

Al analizar los resultados de Variabilidad con los tres métodos de ajuste, el más eficiente es el de la suma de una constante, el cual garantiza la Variabilidad en rangos permisibles (inferior al cincuenta por ciento (50 %), en todas las Referencias, la facilidad del método es que no altera la estructura matemática de la serie, pues realmente lo que hace es desplazarla en la gráfica X-Y hacia arriba en Y, con la constante, o sea es una operación fácil de entender y limpia desde un concepto estadístico.

Ilustración 46 - Impacto de variabilidad en los datos originales de una Referencia



2.3.1.5.3.3 ACF

La prueba se denomina Función de Auto-Correlación, es una metodología para ver la existencia o no de relaciones entre los mismos datos de una

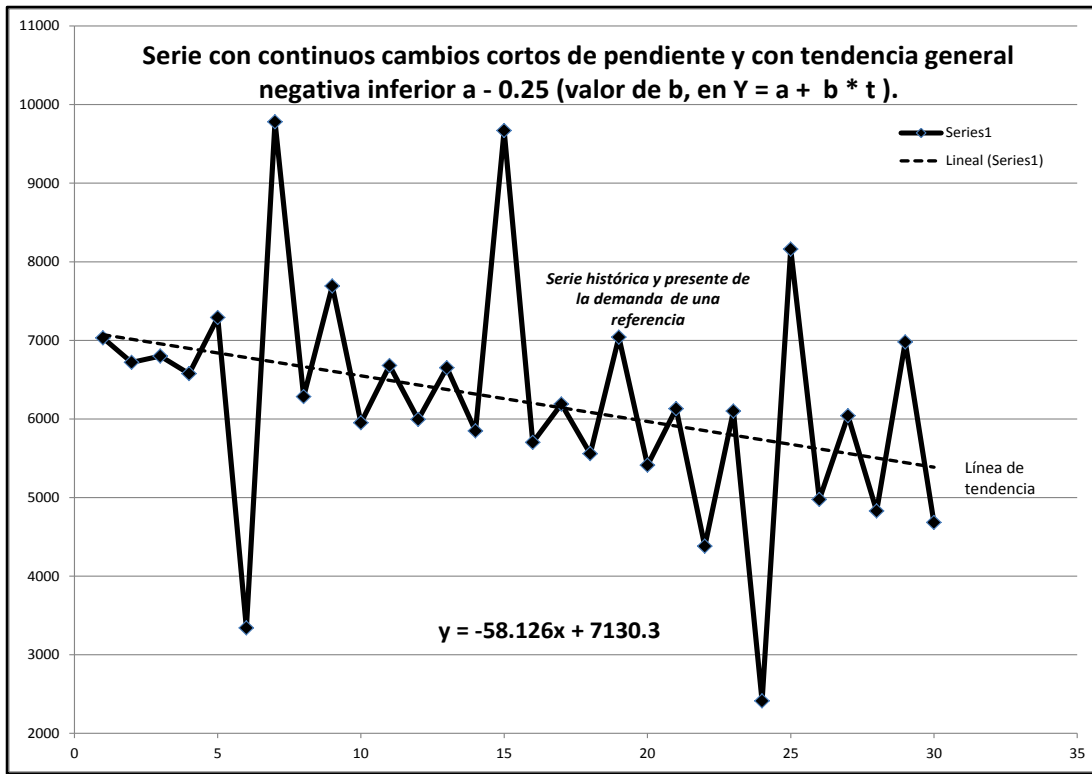
serie, es decir el grado relacional entre sus valores, es en una zona Referencia. La función de Autocorrelación, también conocida como Correlación Serial o Cruzada, es la revisión sobre la existencia o no de correlación entre los datos propios (términos sucesivos de una serie de datos en el tiempo, retardados n (1, 2, 3, 4, ..., etcétera) períodos), de una historia de la demanda (o consumo) de una referencia del stock del inventario, de la empresa cliente.

La función de Autocorrelación resulta de gran utilidad para encontrar patrones repetitivos dentro de una señal, como por ejemplo, la periodicidad, estacionalidad o ciclicidad, de una serie de datos en el tiempo, la cual puede estar oculta por el ruido o para identificar componentes relevantes de la serie que no son detectables a simple vista.

La historia de las demandas o consumos de una referencia, es una serie de tiempo, las cuales para su análisis y pronósticos, requieren de la revisión de su nivel (o variabilidad), tendencia, ruido y estacionalidad (o ciclicidad). Sumado esto a la existencia o no de un patrón en el comportamiento histórico y/o presente, refieren la tendencia y la aleatoriedad como dos atributos relevantes en el futuro de las referencias de un inventario, el cual es estructuralmente fundamental en el Plan de Compras o manejo de los inventarios, con el fin de lograr el cero en los agotados o en los excesos. Cabe destacar que los dos atributos y algunos más son objetivos del análisis estadístico que se realiza con el *ACF*.

Desde la óptica de la Demanda, una referencia relevante, estratégica e importante para la empresa, presenta mucho dinamismo y por ende amerita estar permanentemente en el stock, esto se manifiesta con una tendencia que presenta contantemente cambios cortos en sus diferentes periodos de tiempo, a la vez que su pendiente en la tendencia, en la ecuación de regresión lineal $y = a + b * t$ donde a es el intercepto, b es la pendiente y t es el tiempo donde se valora la demanda o consumo, la pendiente presenta valores significativamente altos con tendencia negativa o positiva, este valor se considera significativa cuando la pendiente es superior a $+ 0.25$ o inferior a $- 0.25$; se resalta la importancia de la prueba del *ACF*, la cual permite concluir que cuando una serie de datos históricos y presentes la cumple se puede concluir que su pendiente es relevante, dado que el principio del análisis de *ACF*, presupone diferencias entre los valores, estas diferencias manifiestan la presencia o no de pendiente en los datos que se revisan de la referencia del inventario.

Ilustración 47 - Influencia de la pendiente en la tendencia de la demanda de una referencia



(Mora, 2014).

La existencia de la auto-correlación, permite afirmar que existe en la serie a la cual se le aplica la función de ACF, una tendencia fuerte (positiva con pendiente superior a + 0.25 o negativa con valor de pendiente inferior a - 0.25; que sus valores se auto correlacionan entre sí o los valores influyen entre sí entre ellos en los valores de consumo que adquieren en el tiempo, que los valores de la referencia no son aleatorios y por ende que existe un patrón de demanda³⁶ a lo largo de la serie (es decir que siempre existen valores de consumo y que normalmente hay demanda de manera permanente en la referencia), lo que incide en los inventarios una alta probabilidad de ser *MTS - Technology Push* y por lo tanto se debe tener en el stock de manera permanente en el inventario (Mora, 2012).

Las principales causas de un comportamiento de auto correlación entre los valores históricos de una referencia del stock del inventario, están:

- Inercia: la serie presenta una marcada tendencia positiva o negativa.

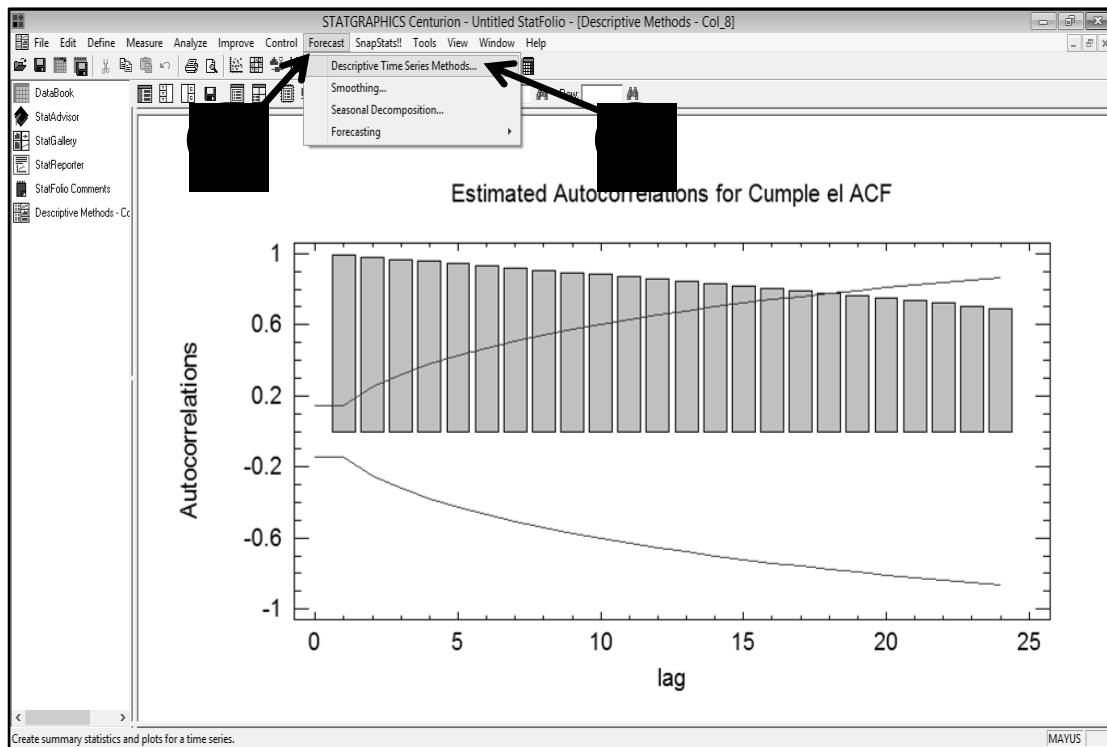
³⁶ No significa esto que el patrón sea fijo (sino que cada vez que hay un nuevo valor, existe un patrón) y mucho menos que de demanda sea constante.

- Sesgo de especificación: esto sucede cuando la forma funcional de manera no muy ortodoxa, o cuando se omiten valores y/o se transforma de manera voluntaria y sesgada la forma original de la serie histórica, genera un comportamiento que se repite de manera sistemática, en la serie, lo cual conduce al no cumplimiento del *ACF* por parte de la demanda histórica del ítem.
- Tiempo de impacto: cualquier valor anterior tiene altas probabilidades de impactar el comportamiento futuro real o pronosticado de uno o de algunos valores de la serie, esto es en sí la auto correlación.

Estos parámetros y otros, permiten afirmar la existencia de auto correlación y en sí es la esencia del proceso *ACF* (Ramírez@, 2014); y si se da esta se puede afirmar que la referencia es relevante, estratégica e importante, por lo cual amerita su presencia permanente en el stock, lógico en cantidades que están en función de los algoritmos pertinentes de *MTS* o *MTO* o *MTF*.

La prueba de *ACF* es también muy importante en los procesos de ruido blanco, estacionariedad y otros pasos del método científico estándar, en los procesos de pronósticos de series temporales, exactamente en los modelos *AR.I.MA*. (Mora, 2012).

Ilustración 48 - Programa Statgraphics Centurión - Prueba *ACF* con auto correlación



2.3.1.5.3.4 Rotación

La situación actual o el ser, de este criterio, es que la mayoría de empresas lo usan, más sin embargo no es preciso afirmar, que lo hacen para desarrollar técnicas de segmentación, ni para un manejo diferenciado de los diferentes ítem, ni tampoco lo realizan como parámetro para seleccionar algoritmos específicos y apropiados para el cálculo de cuánto y cuándo pedir, es decir, se utiliza más por costumbre o moda, dado que en el sector de las ventas es bastante usual su cálculo, más con fines de índice de mercado y ventas, que como parámetro técnico de estimación apropiada y científica de los valores y frecuencias de abastecimiento periódico.

Ilustración 49 - Rotación

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Unidades demandadas o consumidas en un período}}{\text{Inventario promedio del período (fin de mes)}}$$

(Piasecki, 2009)

El criterio técnico Rotación tiene como finalidad, evaluar la dinámica del número de veces que el stock se renueva, es decir que se reemplaza por mercancía recién entrada, durante un período de tiempo, por lo general se utiliza la base de un año, de un determinado ítem o referencia del inventario en stock. El parámetro rotación controla la gestión de abastecimiento de la referencia en cuestión.

Como tal no existen indicadores ideales del número de veces que debe rotar una mercancía en un stock en los almacenes de los diferentes procesos en estudio (mantenimiento, producción o abastecimiento).

2.3.1.5.3.5 Criticidad

Los responsables de los diferentes procesos que generan el inventario, tienen en este criterio, su espacio por excelencia para aplicar el orden jerárquico de importancia, que consideran pertinente para el momento que vive la referencia en cuestión, es acá donde plasman todas experiencias y conocimientos, que se tienen de los diferentes ítems del inventario, de tal forma que se pueda aplicar los principios técnicos de ABC o ABCD a cada grupo *Push*, *Pull* y *Frozen*, para poder calcular de manera técnico-científicas el cuándo y el cuánto pedir de cada uno de ellos, teniendo en cuenta las condiciones exógenas y propias del entorno, en el tiempo actual, a través de la participación del criterio técnico Criticidad en Clasificación *MTS MTO MTF*.

El ser o estado actual en las empresas, con relación a la criticidad, puede existir, pero no necesariamente para aplicarlo como un criterio de

clasificación *Push*, *Pull* o *Frozen*, si no para la parte de Jerarquización ABC, que se explica en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se enuncian diferentes casos para mantenimiento (metodologías como *RCM*, *RPN*, etcétera), producción con sistemas propios y abastecimiento o mercadeo por criterios como la moda o la penetración específica en ciertos nichos de mercado, pero lo que sí se puede afirmar es que dichas criticidades son exclusivamente para priorizar en el ABC, que de soslayo son útiles en la Clasificación *Push*, *Pull* y *Frozen*, adaptadas adecuadamente.

El deber ser de la Criticidad, consiste en determinar un método con una adecuada fundamentación científica en cada uno de los tres procesos, que sirve de diferenciador acorde a la importancia de la referencia en el momento actual o futuro de corto plazo; con el fin de que aporte un valor significativo en su denominación como *MTS*, *MTO* o *MTF*, para lograr calcular el cuánto y el cuándo se pide para alcanzar el fin último de los inventarios, que está propuesto como garantizar la trazabilidad de los procesos que implican inventarios, con cantidades y oportunidad en la entrega de ítem que permitan la satisfacción plena de la demanda, en cuanto a necesidades, deseos y requerimientos de la misma, con mínimo o cero agotados o excesos, con la maximización del nivel de servicio al cliente dueño de los procesos (mantenimiento, producción o abastecimiento) y al mínimo valor de stock, con demandas de pronósticos a partir del estado futuro con ST o RNA, bajo el enfoque de inventarios *MTS*, *MTO* y *MTF*.

En el caso del proceso mantenimiento o mantener, se trabaja usualmente con criterios de jerarquización que provienen de la Táctica Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, ya sea por el método OREDA³⁷ (OREDA, 2002) (OREDA, 1997) de calificaciones internacionales de la Severidad y la Ocurrencia o mediante el método de jerarquización del RCMII ALADON (Moubray, 2004) por su Hoja de Decisión, o con otras opciones *RCM* del mercado; es también válido usar la jerarquización de repuestos, insumos o consumibles en mantenimiento por el Número de Riesgo Prioritario *RPN*³⁸ el cual ordena las prioridades de trabajos o ítems, mediante la valoración de la Severidad, de la Detección y de la Ocurrencia, o a través de la utilización de otro método de jerarquización que contenga fundamentación técnica y científica, válidas en mantenimiento (Mora, 2011). En todo caso la jerarquización se debe hacer bajo una reunión de consenso inicial donde participen los funcionarios pertinentes del área de ingeniería, de mantenimiento y de producción, como cliente directo de mantenimiento, junto con GPI de la empresa cliente y la compañía asesora, en esta reunión se deciden las escalas de valoración, que se sugiere no cambien mucho en el

³⁷ OREDA - Offshore Reliability Data

³⁸ Risk Priority Number – Número de Riesgo Prioritario.

tiempo y se realicen actualizaciones permanentes, las revisiones globales se hacen cada dos años.

Para el proceso producción y el inventario que requiere, las valoraciones se realizan con base en aspectos como referencias prioritarias por familias o categorías especiales, estratégicos, de máxima rentabilidad, de clientes especiales, de obras importantes, por escasez momentánea o permanente en la provisión, por guerra, por prioridad nacional, etcétera; por un conjunto de tópicos que realzan la importancia de ciertos ítems frente a los demás, es cambiante en el tiempo, se ajusta cada vez que así se requiera, al igual que la anterior se recomiendan revisiones generales y específicas cada dos años. Para el consenso de los valores y sus rangos se debe utilizar el método del consenso, entre el GPI, los responsables de los procesos de producción y abastecimiento (o mercado o comercialización (según sea el caso) y la empresa asesora.

En abastecimiento o proceso de mercadeo o comercialización, se trabaja con base en la moda, en la necesidad de penetración de mercados, en la suplencia de ciertas referencias o productos terminados, por especulación momentánea, por precios, por época del año (como navidad, semana santa, festividades locales, nacionales, de otros países como el día de San Valentín (flores) en los Estados Unidos o de otras regiones del mundo como las fiestas de las Fallas en Valencia (España), carnavales en Río de Janeiro (Brasil), etcétera). En general son muy específicas en el tiempo y en sus circunstancias. Se debe seleccionar la forma de evaluar entre los responsables de los procesos de abastecimiento y/o de mercadeo y/o de ventas y/o importaciones, etcétera, además del GPI de la empresa cliente y la compañía asesora, mediante consenso.

En resumen se sugiere un máximo de cuatro (04) o cinco (05) escalas factibles para la valoración de la Criticidad en todos los ítems, es posible hacerla igual por familias o categorías.

Ilustración 50 - Rangos y valores, de caso particular *Push Pull Frozen*

<i>Los puntajes máximos asignado son, en este caso en particular</i>					
Criterio Técnico	Movilidad	Variabilidad	ACF	Rotación	Criticidad
Puntaje Máximo	30	25	30	5	10
Total Máximo					100
<i>Ahora, para cada caso el Puntaje se asigna, en la siguiente forma</i>					

Ahora, para cada caso el Puntaje se asigna, en la siguiente forma

Movilidad	Criterio 1 de Movilidad - 30 puntos			
	<i>Puntaje máximo asignado a Movilidad 30 puntos</i>			
	Revisión de los últimos 48 meses	Revisión de los últimos 24 meses	Revisión de los últimos 12 meses	Revisión de los últimos 3 meses
	<i>Puntaje máximo 6</i>	<i>Puntaje máximo 9</i>	<i>Puntaje máximo 9</i>	<i>Puntaje máximo 8</i>
	<i>50% mínimo en meses - Mayor a 24 meses</i>	<i>60% mínimo en meses - Mayor a 14.4 meses</i>	<i>70% mínimo en meses - Mayor a 8.4 meses</i>	<i>80% mínimo en meses - Mayor a 2.4 meses</i>
Este rango para adquirir los 6 puntos, debe tener al menos 25 meses con movimientos mayores a cero (0)	Este rango para adquirir los 9 puntos, debe tener al menos 15 meses con movimientos mayores a cero (0)	Este rango para adquirir los 9 puntos, debe tener al menos 9 meses con movimientos mayores a cero (0)	Este rango para adquirir los 8 puntos, debe tener al menos 3 meses con movimientos mayores a cero (0)	
Variabilidad	Criterio 2 de Variabilidad - 25 puntos			
	<i>Puntaje máximo asignado a Variabilidad 25 puntos</i>			
	Cumplen Variabilidad			1
	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Promedio</i>	<i>Variabilidad</i>	<i>Puntos asignados</i>
ACF	Criterio 3 de ACF - 30 puntos			
	<i>Puntaje máximo asignado a Variabilidad 30 puntos</i>			
	Cumplen ACF			####
	<i>Cumple o No</i>			<i>Puntos asignados</i>
Rotación	Criterio 4 de Rotación - 5 puntos			
	<i>Puntaje máximo asignado a Variabilidad 5 puntos</i>			
	Promedio Rotación			###
	<i>Demanda</i>	<i>Inventario</i>	<i>Rotación</i>	<i>Puntos asignados</i>
	Los valores de Rotación en las referencias que están por encima de la media (Casilla GJ5 del Programa Informático 4) se les asigna máximo puntaje (5) y en los que el valor de Rotación sea menor que la media, se les otorga el mínimo (0).			
Criticidad	Criterio 5 de Criticidad - 10 puntos			
	<i>Puntaje máximo asignado a Variabilidad 10 puntos</i>			
	A los mayores puntajes de Muy Estratégico se les asigna 10, luego en su orden respectivo en sus rangos se otorgan Estratégico de 7, Normal con 5, Poco estratégico de 3 y 0 para No estratégico.			
	<i>Calificación</i>			<i>Puntos asignados</i>
	1 - Muy Estratégico			10
	2 - Estratégico			7
	3 - Normal			5
4 - Poco Estratégico			3	
5 - No Estratégico			0	

Los símbolos de numeral ### denotan, que el valor está en función del caso en particular, se dejan sin valor.

2.1.3 Algoritmos ESENCIALES EN AGOTADOS Y EXCESOS

En síntesis las expresiones matemáticas que permiten el cálculo de las cantidades a pedir en Push y Pull, son:

2.3.1.6 Push - MTS

Las cantidades a pedir en MTS se determina mediante el cálculo comparado del Método de Asignación y el de EOQ³⁹ o Lote óptimo, tomando siempre el mayor entre, esto garantiza que la cantidad a pedir sea siempre mayor o igual al EOQ.

La frecuencia de pedido es periódica, se acostumbra mensual.

2.3.1.7 Pull - MTO

El volumen de pedido en los Pull es siempre el EOQ y la frecuencia, no existe, solo se pide cuando el nivel del inventario sobrepase hacia abajo el mínimo (o ROP (Re-Order Point)) y alguien esté demandando dicha referencia.

Ilustración 51 - Método Push de Asignación

Cantidad a pedir por referencia individual =

- + Inventariodisponibleactual (en cada sitio) al final del período anterior calculado
- + Pedidos en tránsito que llegan en este período calculado
- Pronóstico (o estimado) de la demanda de este período en proceso
- Deudas de entrega de períodos anteriores de este ítem
- + Agotados que aún no se entregan
- + Error del período o mes anterior (Realidad mayor que Pronóstico)
- + Stock de seguridad estandar para cada caso si es Tipo A - B - C - D, según sea la Jerarquización ABC de tres o cuatro rangos.
- + Excesos (positivos) derivados de la asignación global
- Excesos (negativos) (recorte por presupuesto o capacidad de provisión) del global de la asignación

Ilustración 52 - EOQ (sirve en Push y en Pull)

$EOQ = \text{Cantidad óptima (directa o múltiplos de ella)} =$

$$\sqrt{\frac{2 * \text{Demanda Anual} * \text{Costo de Pedir}}{\text{Costo de Almacenar}}}$$

³⁹ EOQ Economic Order Quantity

2.4 CONCLUSION DE CAPITULO 2

La sección aporta los elementos fundamentales y avanzados para entender la filosofía de inventarios, basada en el proceso integral de stock MTS MTO MTF, donde se dejan claras las expresiones y los algoritmos donde están las claves de éxito, para que no hallan ni agotados ni excesos en mantenimiento.

3 ALGORITMOS CLAVES.

3.1 OBJETIVO

Resaltar los términos y criterios relevantes de algoritmos que permiten determinar las cantidades y frecuencias óptimas de reabastecimiento en Push MTS, Pull MTO y Frozen MTF que generan Excesos y Agotados. Nivel 3 - Aplicar.

3.2 INTRODUCCIÓN

El capítulo ya aborda de forma puntual y específica las cifras que propenden de manera clara la existencia de agotados o excesos de los inventarios de mantenimiento.

3.3 DESARROLLO CAPITULO 3

La inspección individual de cada cálculo se hace de forma individual y separada para las dos fórmulas pertinentes: asignación y EOQ.

3.1.1 Origen de los Agotados – Método Push de Asignación

Entre los principales elementos que define la cantidad a pedir en el método de asignación, están:

3.3.1.1 Inventario actual

Esta cifra no influye en el valor, ya que es fija y estática al momento de correr los cálculos de cada referencia, lo que sí hay que tener en cuenta es que, si los pronósticos de demanda en el período anterior estuvieron por debajo de la demanda real del mes anterior, el valor del inventario es relativamente alto; pero si sucede lo contrario que la demanda real del mes anterior fue más alta que el pronóstico, el valor del inventario es bajo, lo importante a resaltar es que el inventario se autoajusta solo.

Cantidad a pedir por referencia individual = + Inventariodisponibleactual (en cada sitio) al final del período anterior calculado

3.3.1.2 Pedidos en tránsito

Estos tampoco son susceptibles de negociación, es decir, lo que ya viene en tránsito, es eso y no es más, son cifras fijas en las referencias en que lo que tengan, se deben a pedidos anteriores, que por su lead time pueden tardar, o que por un accidente particular aún no llegan.

$$\text{Cantidad a pedir por referencia individual} = \text{Pedidos en tránsito que llegan en este período calculado}$$

3.3.1.3 Pronósticos

Este sí es vital, indudablemente es el más importante de los procesos de cálculo de inventarios de un estado futuro; es la causa más efectiva de agotados cuando el pronóstico se queda corto frente a la demanda real y el inventario actual, no alcanza a amortiguar el déficit, por un lado, por el otro cuando el pronóstico es demasiado elevado frente a la demanda real, puede generar excesos, aunque serán de tipo temporal, porque los Push se autorregulan y con los meses no hará pedidos, hasta que absorba el inventario en exceso, esa es la ventaja de los Push que se autoajustan.

Estos valores están sujetos a un buen cálculo, por series temporales o redes neuronales artificiales u otro método, si hay cálculos inadecuados habrá probablemente agotados.

Los Push con pronósticos de demanda por debajo de la realidad son el origen de los Agotados.

Ilustración 53 - Diferencias relevantes Push Pull Frozen



(Mora, 2014)

$$\text{Cantidad a pedir por referencia individual} =$$
$$- \text{ Pronóstico (o estimado) de la demanda de este período en proceso}$$

3.3.1.4 Deudas de entregas de períodos anteriores

Este concepto no incide para nada, ya que son cifras fijas, que no requieren cálculo ni estimación alguna.

$$\text{Cantidad a pedir por referencia individual} =$$
$$- \text{ Deudas de entrega de períodos anteriores de este ítem}$$

3.3.1.5 Agotados que aún no se entregan

Este valor no tiene impacto ni generación de nuevos agotados, lo que generan son procesos de períodos anteriores, es decir pendientes agotados anteriores, no incide.

$$\text{Cantidad a pedir por referencia individual} =$$
$$+ \text{ Agotados que aún no se entregan}$$

3.3.1.6 Error del período o mes anterior

Este se genera cuando la realidad es mayor que el pronóstico en el período anterior y genera una cantidad que trata de que esto suceda en los próximos períodos venideros, se podría pensar que esto genera un exceso, pero se debe tener en cuenta que en los Push, no puede haber excesos pues son de alta rotación y muy significativa demanda mensual, entonces un exceso se autojusta rápidamente.

$$\text{Cantidad a pedir por referencia individual} =$$
$$+ \text{ Error del período o mes anterior (Realidad mayor que Pronóstico)}$$

3.3.1.7 Stock de seguridad

Este es vital para evitar la existencia de los agotados, si bien el origen del agotado es un pronóstico corto y deficiente frente a la demanda real futura, el stock de seguridad tiene como finalidad, atenuar estas posibles fluctuaciones de la demanda o de las entregas de los proveedores o fabricantes, es entonces vital mantener un stock adecuado de seguridad para amortiguar cualquier error. Definitivamente el valor a no tener en cuenta solo es de seguridad en los Push por asignación, si se deja de pedir cualquiera de los demás generará agotados.

<p>Cantidad a pedir por referencia individual =</p> <p>+ Stock de seguridad estandar para cada caso si es Tipo A – B – C – D, según sea la Jerarquización ABC de tres o cuatro rangos.</p>
--

3.3.1.7.1 Valoración de la cantidad *Push* a pedir por Asignación

La primera acción que se hace es definir el factor de multiplicación del stock de seguridad en *Push*, esto se realiza con base en los parámetros del Deber Ser de los factores, con base en la Jerarquización ABC o ABCD, luego a partir del Tipo A - B - C - D, de cada referencia, como muestra la siguiente figura, donde a cada combinación se le define el valor.

Ilustración 54 - Opciones de Factores multiplicadores de Stock de Seguridad en *Push*

Factor de multiplicación de la Demanda Promedio Balanceada		Jerarquización	
		ABC	ABCD
Tipo	A	1.25	1.20
	B	0.75	0.90
	C	0.30	0.60
	D	-----	0.30

(Mora, 2014)

El stock de seguridad junto con los pronósticos son esenciales en la existencia o no de agotados en *Push*. Recuérdese que Asignación es exclusivo de *Push*.

3.3.1.8 Excesos

Sean de cualquier índole en los *Push* no prosperan, debido a que estos se autoajustan mes a mes, período a período, lo que determina que siempre estarán dentro de los niveles permisibles.

<p>Cantidad a pedir por referencia individual =</p> <p>+ Excesos (positivos) derivados de la asignación global</p> <p>- Excesos (negativos) (recorte por presupuesto o capacidad de provisión) del global de la asignación</p>
--

(Mora, 2012) (Mora, 2014)

En conclusión en los Push se generan los Agotados y su origen radica principal y exclusivamente en los Pronósticos, la manera de atenuarlos está en tener un buen stock de seguridad, apropiado y acorde a las reglas sugeridas anteriormente.

3.1.2 Economic Order Quantity – EOQ

El lote económico no incide para nada ni en los Push, ni en los Pull, ni en excesos ni en agotados, siempre y cuando se calcule por pronósticos compensados.

Ilustración 55 - EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * Demanda Anual * Costo de Pedir}{Costo de Almacenar}}$$

Los términos que posee de costo de pedir y de costo de almacenar, son fijos y no inciden para nada, solo de forma estática, es decir si el costo de pedir es alto el Lote Óptimo es alto y viceversa, al igual si el costo de almacenar es bajo, habrá una tendencia a que el EOQ sea muy alto y lo contrario.

El único término sensible a generar valores inadecuados o no es la Demanda anual, la teoría dice que se debe tomar con base en la historia, más sin embargo el autor Mora (Mora, 2012) asevera, que la historia no siempre es garantía de lo que ocurre a futuro, por lo cual recomienda, tomar de los meses del año, tomar seis con base en la historia (últimos seis meses) y tomar seis pronósticos mensuales hacia adelante, para compensar cualquier cambio brusco que pudiese ocurrir a futuro, más sin embargo, una vez establecida la cifra y calculada cada mes de la misma forma, no incide, ni en agotados, ni excesos, ni en Push, ni en Pull.

3.3.1.8.1 Incidencia de los Pull

Usualmente en los Pull, para optimizar los procesos de reabastecimiento, no se pide solo el EOQ de forma neta, normalmente se pide la diferencia al stock máximo permisible, cuyo algoritmo de cálculo se presenta así:

Ilustración 56 - Cálculo de Máximos en Pull

$$M = \text{Nivel máximo de inventario} = NP + Q^* - DE, \text{ con}$$

$$NP = d * LT + z * S_d + DE$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} = \text{Pedido óptimo al minimizar costos}$$

La Z se obtiene de la distribución normal para una probabilidad dada

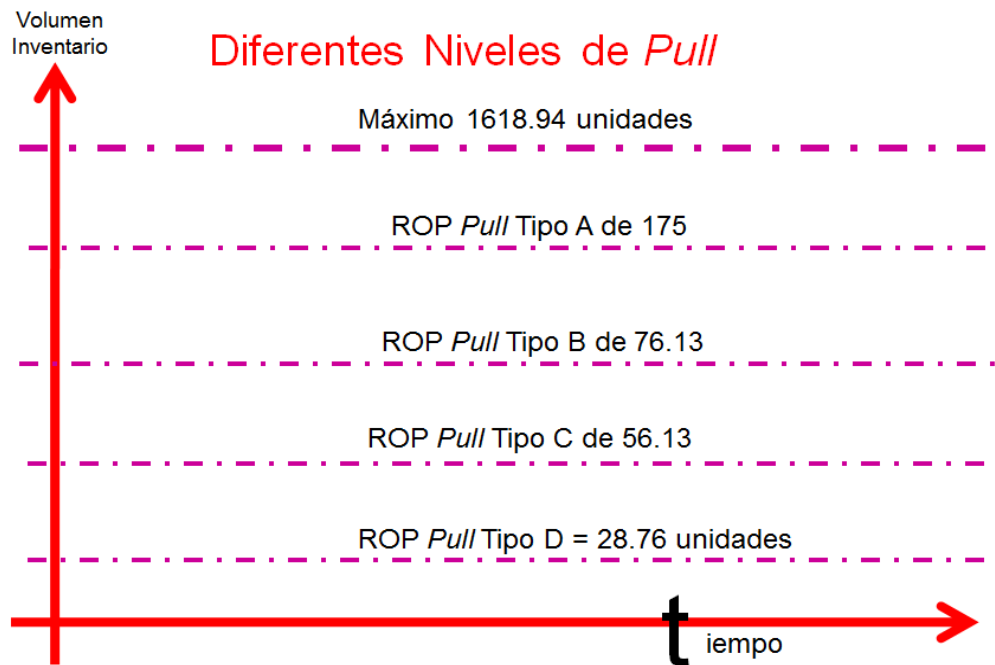
DE = Déficit esperado en el peor de los eventos

S_d = desviación estándar de demanda

LT = Lead Time = Tiempo de entrega (o de espera)

Al igual por otro lado, la cantidad a pedir debe rebasar el mínimo o ROP; recuérdese que en Pull, los Tipo A, B, C o D, tienen algoritmos diferentes, es decir un mínimo Tipo A está más cerca del máximo que un Tipo C o D.

Ilustración 57 - Niveles de Mínimos y Máximo en Pull



3.1.3 Origen de los Excesos - Pull

Como el pedido que se realiza en Pull, está sujeto a dos condiciones, que alguien esté demandándolo y que el nivel del Inventario, esté por debajo del ROP o mínimo; sucede que siempre el valor del Pedido es igual o mayor al EOQ, tratando de maximizar el valor, o sea que el valor final del Inventario cuando llegue el pedido se acerque al máximo, y que siempre esté por encima del mínimo, esto puede generar un exceso, ya que si sobra mucho frente al pedido del momento es decir de ese periodo, dado que los Pull no tienen alta rotación, no se autoajustan como los Push, se convierte por condición natural en un exceso que probablemente se demore demasiado en ser absorbido o que nunca sea demandado, convirtiéndose en forma en un exceso.

Los Pull con pedidos al máximo, son la causal única de los Excesos.

3.4 CONCLUSION DE CAPITULO 3

La sección muestra con claridad el origen y los cálculos donde se generan los agotados (Push en Pronósticos) y excesos (Pull en los máximos).

4 ESTRATEGIAS

4.1 OBJETIVO

Generar recomendaciones técnicas en los criterios generadores de excesos y agotados en Push, Pull y Frozen. Nivel 4 - Analizar.

4.2 INTRODUCCIÓN

En esta sección se plantean las acciones en cada uno de los casos que generan excesos o agotados.

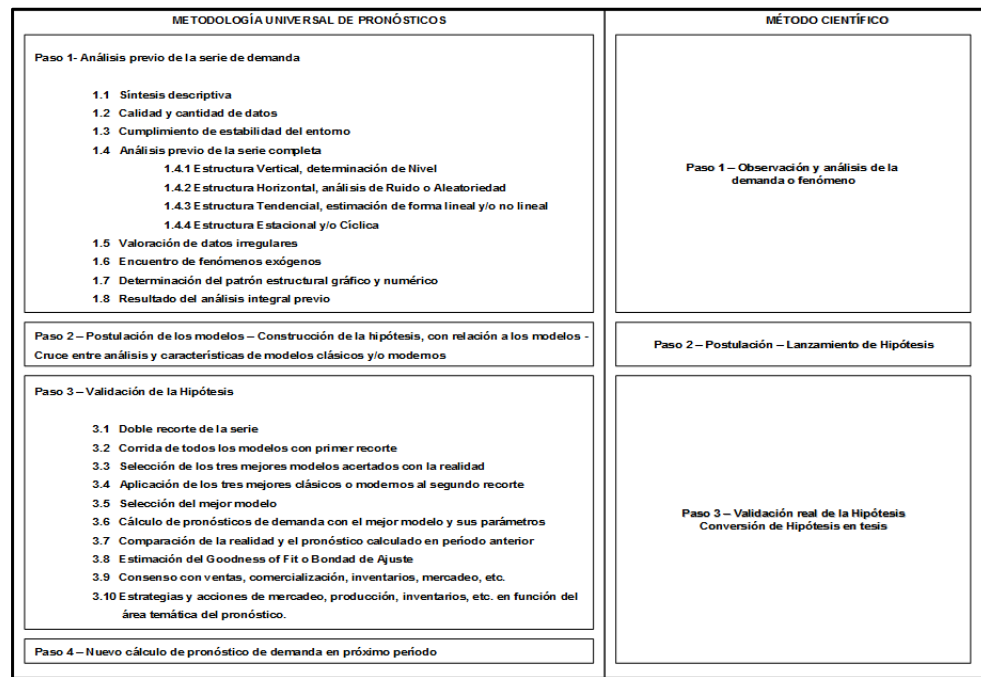
4.3 DESARROLLO CAPITULO 4

Inicialmente se tratan los agotados y luego los excesos.

4.1.1 Agotados, origen en Push

La solución es realizar un procesos serio de pronósticos sea con series temporales, redes neuronales artificiales su otro método de validez científica y de fácil practicidad con niveles de goodness o fit (bondades de ajuste) altas, para evitar errores a futuro que conlleven a agotados.

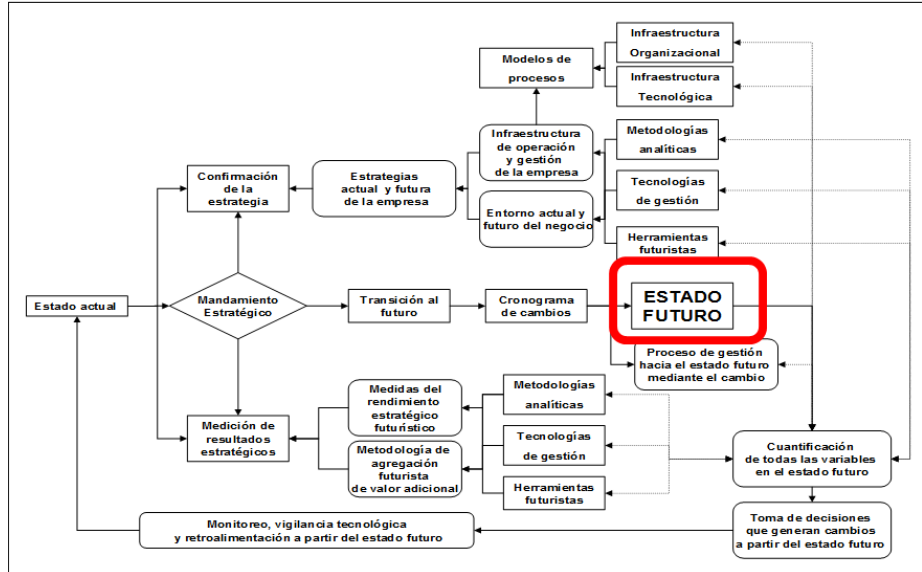
Ilustración 58 - Metodología Pronósticos Series Temporales



(Mora, 2012) (Mora, 2014)

Ilustración 59 - Estado futuro

Elementos y pasos en la planeación estratégica tecnológica a partir del estado futuro



Principios, fundamentos, limitaciones y ventajas de cada uno de los métodos futurísticos.

Estructura Prospectiva Sistémica Kantiana



(Mora, 2012)

Ilustración 60 - Estados futuros a lograr

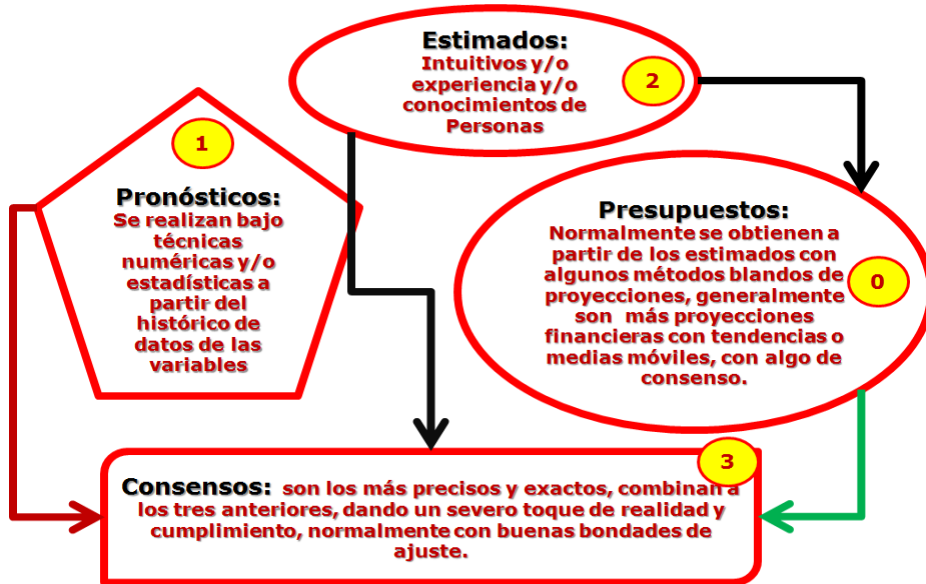
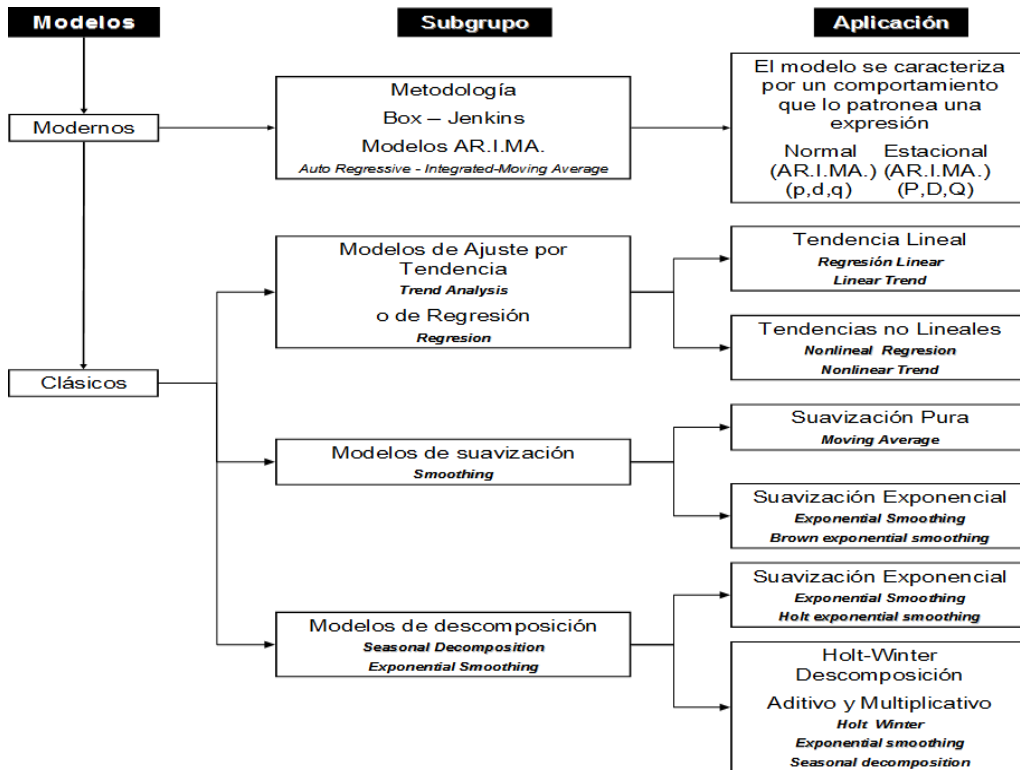


Ilustración 61 - Modelos de pronósticos



(Mora, 2012)

La estrategia estriba entonces en realizar pronósticos adecuados y mantener siempre el stock de seguridad requerido.

4.1.2 Excesos - Pull

Para controlar los excesos se debe hacer una simulación dinámica, una vez se logra el plan de Compras y ajustar los valores para que no queden muchos en excesos, sea en unidades o en dinero.

Esto se logra mediante una revisión aleatoria y exhaustiva en cada período de cálculo, fina y ajustada a la realidad, al igual los programas traen procesos de ajuste natural.

4.4 CONCLUSION DE CAPITULO 4

El capítulo deja las actuaciones claras que se deben realizar en la aparición de agotados en Pull y de excesos por el lado de los Pull, los Frozen, no generan excesos, podrían generar obsoletos.

5 CONCLUSIONES.

5.1 OBJETIVO

Concluir los principales resultados. Nivel 5 – Sintetizar.

5.2 CONCLUSIONES

Los excesos se generan por los Pull y se controlan bajo simulación del Plan de Compras una vez se corran los programas de inventarios.

Los agotados proceden de pronósticos realizados inadecuadamente en Push.

Pueden coexistir ambos, en ambos casos de realizarse simulación y análisis consensuado de los resultados de Pronósticos y del plan de Compras final del periodo o mes correspondiente.

ÍNDICE ALFABÉTICO - GLOSARIO

A

abastecimiento	40, 49, 52, 54, 61, 62, 70, 71, 72
Abastecimiento	52
ABC	52, 70, 71
ABCD	70, 79
Acciones	17, 32, 33, 34, 35, 38, 48
ACF	62, 63, 66, 67, 68, 69
agotado	40
agotados	49, 61, 67, 71
ajuste	66
algoritmos	61, 69, 70
almacén	48, 52, 53
almacenar	48
AR.I.MA	69
auto correlación	68, 69
auto-correlación	68
Autocorrelación	67

C

cálculo	49, 61, 62, 63, 70
capital	48, 49, 61
capital de trabajo	48
clásicos	48
CMD	16, 31
comercialización	40, 49, 61, 72
Confiability	16, 19, 22, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38
consumibles	40, 71
consumo	42, 62, 64, 67, 68
costos	48
criterios	52, 60, 62, 63, 71
Criticidad	62, 63, 70, 71, 72
cuándo	49, 53, 61, 70, 71
cuándo pedir	53, 70
cuánto	49, 53, 61, 65, 70, 71
Curva de la bañera	33

D

datos	66, 67
Davies	33, 35

deber ser	54, 62, 71
Deber Ser	62
<i>debugging</i>	34
demanda	41, 48, 49, 52, 54, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 71
demanda futura	62
deontología	53
Disponibilidad	16, 19, 20, 22, 23, 27, 28, 31, 32, 37, 38

E

empresa asesora	72
ERP	62
estado futuro bueno y deseado	48
estimación	70
Estrategia	17
Estructura Sistémica	48
excesos	49, 61, 67, 71

F

fallas	27, 29, 30, 31, 33, 34, 35
Fallas	33
figura	79
filosofía	50
fin último	48, 54, 61, 64, 71
<i>Frozen</i>	49, 52, 61, 62, 63, 64, 65, 70, 71
funcional	48, 69

G

GPI	52, 62, 63, 71, 72
-----	--------------------

H

hacer	48, 52, 71
-------	------------

I

información	48
inherente	37, 38
Instrumental	48
insumos	40, 71

inventario 40, 41, 42, 52, 62, 64, 65, 67, 68, 70, 72
 inventarios 40, 41, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 71
 ítem 48, 49, 52, 53, 61, 65, 69, 70, 71
 ítems 41, 62, 70, 71, 72

J

Jerarquización 71, 79
 Jerarquización ABC **71, 79**

L

lógica 48, 53
 Logística 39

M

Make To Order 52
Make To Stock 52
 mantenibilidad 32
 mantenimiento 40, 49, 54, 61, 62, 70, 71
 Mantenimiento 16, 19, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 41
 materias primas 40
 mercadeo 40, 71, 72
 Mercadeo 41
 método científico 49, 61, 62, 69
 Movilidad 62, 63, 64
MTF 52, 61, 62, 63, 64, 69, 70, 71
MTO 52, 61, 62, 63, 64, 69, 70, 71
 MTS 52, 61, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71

N

nivel 48, 49, 61, 62, 67, 71
 nivel de servicio 71
 Normal 31

O

operación 40, 42, 49, 61, 65, 66
 Operaciones 47, 48

P

parámetros 69, 79
 Plan de Compras 48, 49, 61, 67
 procesal 48
 procesos **40, 41, 49, 52, 54, 61, 62, 69, 70, 71, 72**
 producción 40, 52, 62, 70, 71, 72
 Producción 16, 32, 33, 38, 41
 productos en proceso 40
 pronósticos 52, 62, 65, 67, 69, 71
 Pronósticos 49, 61, 62
 provisión 41, 72
Pull 49, 52, 61, 62, 63, 64, 65, 70, 71, 72
Push 49, 52, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72

R

rango 64
 referencias 48, 52, 61, 62, 63, 65, 67, 72
 Referencias 61, 66
 Reparaciones 19, 27, 31, 32, 33, 37, 38
 repuestos 40, 71
 RNA 54, 71
 Rotación 62, 63, 70

S

Ser 61, 79
 serie 66, 67, 68, 69
 series temporales 69
 sistema 40, 48, 50, 53, 54, 60
 ST 49, 54, 61, 71
 Statgraphics 69
 stock 40, 42, 48, 52, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 79

T

Táctica 38, 48, 71
 táctico 48
 Terotecnología 16
 trasegar, 48

trasiego..... 52
trazabilidad 49, 50, 61, 71

V

ventas 40, 70, 72

W

Weibull 30

B

beta 30, 33, 35

BIBLIOGRAFÍA

¿Strategic Sourcing: to make or no to make? **Venkatesan, Ravi. 1992.** [ed.] Harvard Business Review. 92610, Boston - Massachusetts - Estados Unidos : Harvard Business Review, 1 de Noviembre de 1992, Harvard Business Review, Vol. 59, pág. 14 a 28. ISSN: 1698-5117 .

Árbonas, Eduardo A. - Malisani. 1999. *Logística Empresarial.* [ed.] Productiva. México : AlfaOmega Marcombo, 1999. pág. 158. ISBN 958-682-127-7.

Ballou, Ronald H. 2003. *Business Logistics - Ssupply Chain Management.* Quinta. s.l. : Prentice Hall, 2003. Fecha agosto 21 de 2003. ISBN 978-0130661845.

— . **2004.** *Logística - Administración de la cadena de Suministro.* [trad.] Carlos Mendoza Barraza & María Jesús Herrero Díaz. Quinta. Ciudad de México : Pearson Educación, 2004. pág. 816. Link ubicación <http://www.pearsoneducacion.net/mexico/catalogo/mx-9789702605409>. ISBN 978 - 970 - 26 - 0540 - 9.

Barlow, Richard E. 1998. *Engineering Reliability.* s.l. : Editorial Board SIAM, 1998. pág. 199. ISBN: 0898714052..

Barlow, Richard E y Proschan, Frank. 1996. *Mathematical Theory of Reliability.* New York : John Wiley & Sons, Inc, 1996. ISBN 0898713692.

Barringer@, H. Paul. 2005. Availability, Reliability, Maintainability, and Capability. *Availability, Reliability, Maintainability, and Capability.* [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Noviembre de 2008.] <http://www.barringer1.com/lcc.htm>.

Bazovsky, Igor. 2004. *Reliability Theory and Practice.* s.l. : Edit. Dover Publications Incorporated, 2004. pág. 304 . ISBN: 0486438678..

Blanchard, Benjamín S, Verma, Dinesh y Peterson, Elmer. 1994. *Series Nuevas dimensiones en Ingeniería - Maintainability: a key to effective serviceability and maintenance management.* s.l. : Edit. Wiley Interscience - Wiley, John & Sons, Incorporated, 1994. pág. 560. ISBN: 0486438678.

Blanchard, Benjamín S. 1995. *Ingeniería Logística – Traducido de Logistics Engineering and Maintenance – ISDEFE.* Madrid : ISDEFE© - Monografías.com, 1995. pág. 153. ISBN: 84-89338-06X.

De Miguel, Fernández Enrique – – Servicio de Publicaciones d. 1990. *ntroducción a la Gestión “Management”- Volumen I y II Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad –E.T.S.I. Industriales.* [ed.] Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : Servicio de Publicaciones de la UPV, 1990. pág. 897. Vol. I y II, Volumen I y II Departamento de

Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad – E.T.S.I. Industriales. ISBN: 84-7721-127-2.

Desestacionalizar con el método X-11 Census. **Ladiray, Dominique y Quenneville, Benoît. 2000-2001.** [ed.] Eduardo Crivisqui - Universite Libre de Bruxelles. 8 - 9, Bruxelles - Belgique : Laboratoire de Méthodologie du Traitement des Données - Universite Libre de Bruxelles, 2000-2001, Revue des techniques et instruments, Vol. Edición Número especial. Traductor al castellano Eduardo Crivisqui. ISSN 0778-7553.

Díaz, Matalobos - Ángel. 1992. *Confiabilidad en mantenimiento.* Caracas : Ediciones IESA, C.A., 1992. pág. 110. ISBN: 980-271-068-2.

Dounce, Enrique - Villanueva. 1998. *La Productividad en el Mantenimiento Industrial.* Segunda. Cd. de México : Compañía Editorial Continental, SA de CV., 1998. pág. 350. ISBN 968-26-1089-3.

Ebeling, Charles E. 2005. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.* [ed.] Inc. Waveland Press. New York City : McGraw-Hill Science - Engineering - Math, 2005. pág. 576. ISBN: 1577663861.

ESReDa. 2001. *ESReDa Handook on Maintenance management.* [ed.] Reliability & Data ESReDa - European Safety. Primera de 2001. Hevik - Norway : DET NORSKE VERITAS - ESReDa, 2001. pág. 255. Vol. Uno, Idioma Español. ISBN: 82-515-02705.

ESReDa-Industrial. 1998. *Industrial Application of Strutural Realibility Theory.* [ed.] P. Thoft-Christensen - Det Norske Veritas DNV. ESReDa - European Safety, reliability and Data. Hovik : ESReDa Working Group Report, 1998. pág. 283. Vol. ESReDa Safety Series No. 2. ISBN: 82-515-0233-0.

Estadística aplicada a los Sistemas & Confiabilidad en los Sistemas. **Forcadas, Jorge - Feliu. 1983.** 4, Medellín : Revista SAI - Revista SAI Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – En: Revista SAI. No.4 Vol.1 – Medellín – Colombia - 1983, 1983, Vol. 1, pág. 41.

Evans, D. W. 1975. *Terotechnology - How can it work.* 1975.

González, Francisco Javier - Fernández. 2004. *Auditoría del manetenimiento e indicadores de gestión.* [ed.] S.A. ARTEGRAF. Primera. Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2004. pág. 260. ISBN: 84-96169-36-7.

Halpern, Siegmund. 1978. *The Assurance Sciences: An Introduction to Quality Control and Reliability.* New Jersey City : Editorial Prentice Hall, Inc Professional Technical, 1978. ISBN: 0130496014.

Husband, Tom M. 1976. *Maintenance Management and Terotechnology.* [ed.] Saxon House. New York : Ashgate Publishing, Limited -, 1976. ISBN 0566-00146-2.

INVENTARIOS CERO - MTS MTO MTF. Mora, Alberto - Gutiérrez, Amaya Cataño, Jorge Alberto y Giraldo Gil, Jorge. 2013. Lima : IPEMAN, 2013. Congreso Internacional IPEMAN XII.

Kapur, Kailash C. y Lamberson, Leonard R. 1977. *Reliability in engineering design.* [ed.] Detroit, MI (USA). Dept. of Industrial Engineering and Operations Research Wayne State Univ. Primera. Detroit USA : John Wiley and Sons, Inc., New York, 1977. pág. 606. Org Wayne State Univ., Detroit, MI (USA). Dept. of Industrial Engineering and Operations Research. ISBN-13: 978-0-471-51191-5.

Kececioglu, Dimitri. 1995. *Maintainability, Availability, & Operational Readiness Engineering.* New Jersey City : Editorial Prentice-Hall Professional Technical, 1995. ISBN: 0135736277.

Kelly, Anthony y Harris, M. J. 1998. *Gestión del Mantenimiento Industrial.* [ed.] S.A. Gráficas Mar-Car. Madrid : Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar – Traducido por Gerardo Álvarez Cuervo y equipo de trabajo, 1998. pág. 218. ISBN: 84-923506-0-1 – T.

Knezevic, Jezdimir. 1996. *Mantenibilidad.* Madrid : Editorial ISDEFE, 1996. ISBN: 84-89338-08-6.

Leemis, Lawrence M. 1995. *Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods.* New Jersey City : Editorial Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, 1995. ISBN: 0-13-720517-1.

Levin, Richard. 1996. *Estadística para Administradores.* Cd. de México : Prentice Hall , 1996. pág. 1171. Trata bien el teorema del límite central. ISBN: 978-9688806753.

Lewis, Elmer E. 1995. *Introduction to Reliability Engineering.* Segunda. s.l. : Editorial John Wiley & Sons, Inc, 1995. pág. 435. ISBN: 0471018333.

Modarres, Mohammed. 1993. *What Every Engineer Should Know About Reliability and Risk Analysis.* New York City : Editorial Marcel Dekker, 1993. pág. 351. ISBN: 082478958X.

Mora, Alberto - Gutiérrez. 1998. *¿Cómo dimensionar el futuro de una empresa de servicios de mantenimiento? – ACIEM – Revista ACIEM Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos, Electrónicos y Afines.* Bogotá : s.n., 1998. págs. 40 - 43. Vol. Número 09.

—. **2014.** Experiencias Empresas: ECOPETROL, MASA, HACEB, Eduardoño, CNEL Ecuador, Laumayer, Colombia, Restrepo y Cía Colombia, Equipos y Controles Industriales Colombia, Industria Colchones SPRING Colombia, CICE Ecuador, Solla Colombia, Transelca Colombia, OXY,. *Inventarios reales.* Medellín - Empresa, Varios Países, América latina : s.n., 5 de 10 de 2014. Otras empresas experiencia de Inventarios: Nestlé, Parmalat, PepsiCola, Empresa Energía de Bogotá, Cooperativa de Hospitales de Antioquia, Equipos y Controles Industriales ECI; Seminarios y Simulaciones ECOPETROL, Transelca, Pacific Rubiales, EPM, etc..

—. **2011.** *Mantenimiento - Planeación, Ejecución y Control.* Bogotá : AlfaOmega editores Internacional, 2011. pág. 678. Sexta Edición. ISBN 978-958-682-769-0.

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

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

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

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

—. **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.

—. **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.

—. **1999.** *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : s.n., 1999. Tesis de doctorado - Ph.D. en Ingeniería Industrial Cum Laude.

—. **1999.** *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. Valencia : Escuela de Ingenieros Industriales U.P.V., 1999. pág. 370.

—. **2014.** *Stock Cero*. [ed.] CIMPRO SAS. Primera. Medellín : CIMPRO SAS, 2014. pág. 255. ISBN 978-958-583-61-0-5.

—. **2014.** *Stock Cero*. [ed.] CIMPRO. Primera. Medellín : CIMPRO SAAS, 2014. pág. 264. ISBN 978-958-583-61-0-5.

Mora, Alberto - Gutiérrez, Pérez, Anastasi - Peral y Ortiz, Germán - Plata. 2003. *Indicadores de Gestión y Operación del Mantenimiento?_ ¡No!... ¡Gestar y Operar el Mantenimiento a partir de Indicadores Futuros!- Revista de la Comisión de Integración Energética Regional Americana*. Montevideo – Uruguay : CIER – Sin fronteras para la energía, 2003. ISSN: 0379-850X.

Mora, Gutiérrez, Luis Alberto. 2009. Capitulo 3.3 Niveles de mantenimiento. *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. Primera. México D.F. : Alfaomega, 2009, Capitulo 3.3, pág. Pag 56.

Mora, Luis Alberto. 2014. *Stock Cero*. Medellin : Cimpro, 2014.

Mora, Luis-Gutierrez. 2009. *Mantenimiento Planeación, ejecución y control.* Ciudad de México : Alfaomega, 2009. pág. 528. ISBN: 978-958-682-769-0.

Moubray, John Mitchell. 2004. *RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc.* [ed.] Guilford and Rob Lockhart Biddles Limited. [trad.] Sueiro y Asociados - Argentina Ellman. Primera en castellano. Leicestershire : Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.

Moubray@. 2001. John. About RCM. *Aladon inglaterra.* [En línea] Libre, 2001. [Citado el: 19 de Diciembre de 2008.] <http://www.aladon.co.uk/02rcm.htm>.

Nachlas, Joel. 1995. *Fiabilidad.* Madrid : ISDEFE, 1995. ISBN: 84-89338-07-8.

—. **1995.** *Fiabilidad.* Madrid : ISDEFE, 1995. ISBN: 84-89338-07-8.

Nakajima, Seiichi, y otros. 1991. *Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo.* [trad.] Traducido por Antonio Cuesta Alvarez. Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. ISBN: 84-87022-81-2.

Navarro, Luis - Elola, Pastor, Ana Clara - Tejedor y Mugaburu, Jaime Miguel - Lacabrera. 1997. *Gestión integral de mantenimiento.* [ed.] Marcombo Boixareu Editores. Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1997. pág. 112. ISBN 84-267-1121-9.

O'Connor, Patrick D.T. 2002. *Practical Reliability Engineering.* Cuarta. Stevenage : Wiley - Jhon Wiley & Son, 2002. pág. 540. ISBN: 0-470-84463-9.

OREDA. 1997. Offshore Reliability Data Handbook. [En línea] 1997. http://www.dnv.com/publications/oilgas_news/articles/newoffshorereliabilitydatahandbookoreda.asp - 3rd. Det Norske Veritas – Sintef Industrial Management.

—. **2002.** OREDA 2002 - Offshore Reliability Data. *OREDA Offshore Reliability Data.* Fourth - 2002. Trondheim : OREDA & DNV Veritas, 2002, pág. 835.

Piasecki, David J. 2009. *Inventory Management Explained: A focus on Forecasting, Lot Sizing, Safety Stock, and Ordering Systems.* [ed.] Ops Publishing. Primera. Kenosha : Ops Publishing, 2009. pág. 352. Marzo de 2009. ISBN 978-0972763110.

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 .

RAE@. 2014. Diccionario de la Lengua Española -. *Real Academia Española.* [En línea] Simple, RAE, 7 de Enero de 2014. [Citado el: 7 de Enero de 2014.] <http://www.rae.es/> o <http://lema.rae.es/drae/>.

RAE@, Real Academia de la lengua Española - . 2014. RAE. RAE. [En línea] 2014 de 08 de 2014. <http://lema.rae.es>.

Ramakumar, Ramachandra. 1996. *Engineering Reliability. Fundamentals and Applications*. New Jersey City : Editorial Prentice-Hall Professional Technical, 1996. pág. 482. ISBN: 0132767597.

Ramírez@, Douglas C. - V. 2014. Universidad de Los Andes Estado Táchira Venezuela. *Web del Profesor - ULA Venezuela*. [En línea] Simple, 17 de 02 de 2014. [Citado el: 04 de 02 de 2014.] Autor Economista Profesor ULA Douglas C. Ramírez V.. http://webdelprofesor.ula.ve/economia/dramirez/MICRO/FORMATO_PDF/Materialeconometria/Autocorrelacion.pdf.

Rey, Sacristán Francisco. 1996. *Hacia la excelencia en Mantenimiento*. [ed.] S.L. Tgp Hoshin. Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. pág. 411. ISBN 84-87022-21-9.

Smith, Charles O. 1983. *Introduction to Reliability in Design*. Malabar : Robert E. Krieger Publishing Company Krieger Publishing Company, 1983. ISBN: 0898745535.

Sotskov, B. 1972. *Fundamentos de la Teoría del Cálculo de la Fiabilidad de Elementos y Dispositivos de Automatización y Técnica del Cálculo*. Moscú : Editorial MIR, 1972. pág. 264.

Wakefield, Colin. 1985. *Quality assurance in maintenance - En: The South African Mechanical Engineer*. USA : s.n., 1985. pág. 68. Vol. Vol 35.

Wikipedia@. 2014. Wikipedia - Diccionario. *Wikipedia*. [En línea] Simple, Fundación Wikipedia, Inc., 06 de Enero de 2014. [Citado el: 06 de Enero de 2014.] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_planificaci%C3%B3n_de_recursos_empresariales.

Wittgenstein, Ludwig. 2003. *Philosophische Untersuchungen*. Frankfurt : Bibliothek Suhrkamp, 2003. pág. 146. Vol. Band 1372 der Bibliothek Suhrkamp, Citado y conocido por el autor a través de Wikipedia esta referencia.. ISBN 978-3-518-22372-7.