



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencias de la Administración**

**Escuela de Ingeniería de Sistemas**

**“Sistema de Distribución del Inventario basado en la Teoría de las Restricciones”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de  
Ingeniero en Sistemas

Autor: Andrés Gustavo Heredia Dueñas.

Director: Ing. Iván Gonzalo Andrade Dueñas

**Cuenca, Ecuador**

**2006**

Los criterios expresados en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

**Andrés Heredia D.**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero reconocimiento, en primer lugar, a los profesores de la Universidad del Azuay por guiarme durante todo el proceso de estudios y aprendizaje, y por haber compartido conmigo sus conocimientos y experiencias

También quiero agradecer de manera muy especial al Ing. Iván Andrade D. por brindarme todo su apoyo para el desarrollo del presente trabajo, ya que sin su ayuda hubiera sido muy difícil de alcanzar las metas propuestas.

## **DEDICATORIA**

Una vez terminada esta etapa de mi vida, quiero dedicar este trabajo a mis padres, por ser ellos quienes me guiaron y enseñaron a ser una persona de bien, inculcándome, principios y valores que llevaré siempre conmigo.

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

AGRADECIMIENTO:.....	III
DEDICATORIA:.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO:.....	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS: .....	XII
RESUMEN: .....	XIV
ABSTRACT: .....	XIV
CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1 TEMA: .....	1
1.2 OBJETIVOS: .....	1
1.2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	1
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	1
1.3 ANTECEDENTES: .....	1
1.4 IMPACTO: .....	2
1.5 RESUMEN DEL PROYECTO: .....	2
CAPITULO 2: ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE LA MANERA TRADICIONAL: .....	4
2.1 INTRODUCCIÓN: .....	4
2.2 CONCEPTOS BÁSICOS:.....	4
2.2.1 ARTÍCULOS CON DEMANDA INDEPENDIENTE: .....	4
2.2.2 ARTÍCULOS CON DEMANDA DEPENDIENTE:.....	5

2.2.3 EJEMPLO GRÁFICO DE LOS TIPOS DE DEMANDA PARA LOS ARTÍCULOS:.....	5
2.3 PROBLEMAS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL INVENTARIO: .....	5
2.4 FUNCIÓN DEL INVENTARIO: .....	8
2.5 TIPOS DE INVENTARIOS: .....	8
2.5.1 INVENTARIOS DE ANTICIPACIÓN:.....	8
2.5.2 INVENTARIO CÍCLICO (TAMAÑO DE LOTE): .....	9
2.5.3 INVENTARIOS DE FLUCTUACIÓN:.....	9
2.5.4 INVENTARIOS DE TRANSPORTACIÓN (EN TRÁNSITO): .....	9
2.5.5 PARTES DE SERVICIOS (REFACCIONES): .....	9
2.6 COSTOS EN INVENTARIOS: .....	10
2.6.1 COSTOS DE PREPARACIÓN: .....	10
2.6.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO: .....	10
2.6.3 COSTO DE DESABASTO (FALTA O INSUFICIENCIA DE INVENTARIO): .....	10
2.6.4 COSTOS RELACIONADOS CON LA CAPACIDAD:.....	10
2.7 MODELOS DE INVENTARIOS: .....	11
2.7.1 INVENTARIOS DETERMINÍSTICOS: .....	11
2.7.2 INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS O ALEATORIOS: .....	11
2.8 MEDIDAS DE DESEMPEÑO: .....	12
2.8.1 SERVICIO AL CLIENTE:.....	12
2.8.2 INVERSIÓN EN INVENTARIOS: .....	13
2.9 ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO:.....	13

2.9.1 MINIMIZACIÓN DE LA INVERSIÓN EN INVENTARIOS: .....	13
2.9.2 AFRONTANDO LA DEMANDA: .....	13
2.9.3 ASPECTOS BÁSICOS DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO: .....	14
2.9.4 MÉTODOS DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIO:.....	14
2.9.4.1 ANÁLISIS ABC:.....	14
2.9.4.2 MODELO DE LOTE ECONÓMICO (EOQ):.....	16
2.9.4.3 MODELO DE LOTE ECONÓMICO DINÁMICO: .....	18
2.9.4.4 MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING (MRP): .....	18
2.9.4. COMPARACIÓN ENTRE EOQ Y MRP:.....	19
2.10 CONCLUSIONES:.....	19
CAPITULO 3: TEORIA DE LAS RESTRICCIONES (TOC): .....	21
3.1 NACIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LA TOC:.....	21
3.2 ¿QUÉ ES LA TOC?:.....	22
3.3 COMPONENTES DE LA TOC: .....	23
3.4 SUPUESTOS BÁSICOS DE LA TOC: .....	23
3.4.1 PRINCIPIOS SISTÉMICOS:.....	24
3.4.1.1 PRINCIPIO SISTÉMICO #1: .....	24
3.4.1.2 PRINCIPIO SISTÉMICO #2: .....	24
3.4.1.3 PRINCIPIO SISTÉMICO #3: .....	25
3.4.1.3.1 RESTRICCIONES:.....	25
3.4.1.3.2 TIPOS DE RESTRICCIONES: .....	25
3.4.1.3.2.1 RESTRICCIONES FÍSICAS: .....	25

3.4.1.3.2.1.1 RESTRICCIONES DE RECURSOS:.....	26
3.4.1.3.2.1.2 RESTRICCIONES DE MERCADO:.....	26
3.4.1.3.2.1.3 RESTRICCIONES DE PROVEEDOR: .....	26
3.4.1.3.2.2 RESTRICCIONES DE PARADIGMAS Y POLÍTICAS: .....	26
3.4.1.3.2.3 RESTRICCIONES DE FRICCIÓN HUMANA: .....	26
3.4.1.3.2.4 RESTRICCIÓN FILOSÓFICA DE MERCADO: .....	27
3.4.1.3.3 TRATAMIENTO DE LAS RESTRICCIONES:.....	27
3.4.1.3.3.1 RESTRICCIONES ADMINISTRABLES:.....	27
3.4.1.3.3.2 RESTRICCIONES ELIMINABLES.....	27
3.4.2 MEDIDAS FUNDAMENTALES: .....	27
3.4.2.1 THROUGHPUT: .....	27
3.4.2.2 INVERSIÓN:.....	28
3.4.2.3 GASTO OPERACIONAL: .....	28
3.4.3 PROCESO DE FOCALIZACIÓN: .....	28
3.4.3.1 PRIMER PROCESO DE FOCALIZACIÓN: .....	29
3.4.3.1.1 PASO 1 - IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DE LA EMPRESA:.....	29
3.4.3.1.1.1 ¿CÓMO IDENTIFICAR A LAS RESTRICCIONES? .....	29
3.4.3.1.2 PASO 2 - DECIDIR CÓMO EXPLOTAR LAS RESTRICCIONES: .....	30
3.4.3.1.3 PASO 3 - SUBORDINAR TODO LO DEMÁS A LA DECISIÓN ANTERIOR:.....	31
3.4.3.1.4 PASO 4 - ELEVAR LAS RESTRICCIONES DE LA EMPRESA: .....	32

3.4.3.2 SEGUNDO PROCESO DE FOCALIZACIÓN: .....	33
3.5 HERRAMIENTAS DE TOC: .....	33
3.5.1 PROCESO DE NUBE GENÉRICA: .....	35
3.5.2 EVAPORACIÓN DE LA NUBE: .....	36
3.5.3 ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL: .....	36
3.5.4 ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA: .....	36
3.5.5 RESERVA DE RAMAS NEGATIVAS: .....	36
3.5.6 ÁRBOL DE PRERREQUISITOS: .....	36
3.6 APLICACIONES DE TOC: .....	37
3.6.1 TAMBOR – AMORTIGUADOR – CUERDA (TAC): .....	37
3.6.2 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CADENA CRÍTICA CC-PM: .....	40
3.7 RESULTADO OBTENIDOS CON TOC: .....	42
3.8 CONCLUSIONES: .....	43
CAPITULO 4: ADMINISTRACION DEL INVENTARIO SEGÚN TOC: .....	45
4.1 ANTECEDENTES: .....	45
4.2 ¿QUÉ PROPONE TOC PARA ADMINISTRAR LA CADENA SUMINISTRO? .....	46
4.3 ¿CÓMO SOLUCIONA TOC LOS PROBLEMAS EN LA DISTRIBUCIÓN? .....	48
4.3 BENEFICIOS DE RAM: .....	50
4.4 FUNCIONAMIENTO DE RAM: .....	50
4.5 MANEJO DEL BUFFER: .....	51
4.6 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LOS BUFFERS: .....	52

4.6.1 FACTORES:.....	52
4.6.1.1 FACTOR DE MURPHY: .....	53
4.6.1.2 DÍAS DE APROVISIONAMIENTO:.....	53
4.6.1.3 DEMANDA MÁXIMA: .....	53
4.6.2 FÓRMULA DEL BUFFER:.....	53
4.7 GESTIÓN Y MONITOREO DEL BUFFER:.....	54
4.8 COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS TRADICIONALES Y RAM: .....	55
4.9 CONCLUSIÓN: .....	56
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE: .....	57
5.1 INTRODUCCIÓN: .....	57
5.2 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO:.....	57
5.3 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE: .....	57
5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SOFTWARE: .....	58
5.4.1 MÓDULO DE USUARIOS:.....	58
5.4.2 MÓDULO DE GESTIÓN:.....	60
5.4.3 MÓDULO DE REPORTES: .....	63
5.4.3.1 REPORTES GENERALES:.....	63
5.4.3.2 REPORTES DE CUMPLIMIENTO: .....	65
5.4.3.3 REPORTE DE RENDIMIENTO DEL TAMAÑO DE BUFFERS: .....	67
5.4.3.5 REPOTES GERENCIALES:.....	68
5.4.4 MÓDULO DE OPERACIONES: .....	70
5.5 DOCUMENTACIÓN SOFTWARE: .....	72

5.5.1 ESTÁNDARES: .....	72
5.5.1.1 ESTÁNDARES DE BASE DE DATOS: .....	72
5.5.1.2 ESTÁNDARES DE FORMAS: .....	73
5.5.1.3 ESTÁNDARES DE PROGRAMACIÓN: .....	73
5.5.2. DOCUMENTACIÓN BASE DE DATOS:.....	74
5.5.2.1 MODELO RELACIONAL: .....	75
5.5.2.2 MODELO FÍSICO: .....	76
5.5.2.3 DICCIONARIO DE DATOS: .....	77
5.6 CONCLUSIONES:.....	77
CAPITULO 6: CONCLUSION GENERAL:.....	78
GLOSARIO.....	79
BIBLIOGRAFIA: .....	80
LIBROS: .....	80
INTERNET: .....	80
ANEXOS .....	81
ANEXO 1.....	82
ANEXO 2.....	83
ANEXO 3.....	89
ANEXO 4.....	92

---

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

---

DIAGRAMA 2.1: ARTÍCULOS CON DEMANDA INDEPENDIENTE Y CON DEMANDA DEPENDIENTE .....	5
DIAGRAMA 2.2: ESTRUCTURA DE MRP.....	19
TABLA 2.1: COMPARACIÓN EOQ – MRP.....	19
DIAGRAMA 3.1: PRINCIPIO SISTEMICO #1 .....	24
TABLA 3.1: HERRAMIENTAS TOC PARA NECESIDAD Y CAUSALIDAD .....	35
TABLA 3.2: HERRAMIENTAS TOC PARA PREGUNTAS BÁSICAS.....	35
TABLA 3.3: APLICACIONES DE TOC.....	37
DIAGRAMA 4.1: CADENA DE DISTRIBUCIÓN MANEJADA INCORRECTAMENTE.....	47
DIAGRAMA 4.2: CADENA DE DISTRIBUCIÓN MANEJADA CORRECTAMENTE.....	49
DIAGRAMA 4.3: ESTADOS BÁSICOS DEL BUFFER.....	51
DIAGRAMA 4.4: EJEMPLO DE ESTADOS EN PEDIDOS.....	52
DIAGRAMA 4.5: ESTADOS BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS DEL BUFFER .....	52
DIAGRAMA 4.6: EJEMPLO CADENA DE DISTRIBUCIÓN TOC.....	54
DIAGRAMA 4.7: GESTIÓN Y MONITOREO DE BUFFERS.....	55
PANTALLA 5.1: MANTENIMIENTO DE PERFILES DE USUARIO.....	59
PANTALLA 5.2: MANTENIMIENTO DE USUARIOS .....	60
PANTALLA 5.3: INGRESO AL SISTEMA .....	60

PANTALLA 5.4: ESTADO DE ARTÍCULOS.....	61
PANTALLA 5.5: HISTÓRICO DE BUFFERS.....	62
PANTALLA 5.6: HISTÓRICO DE TRANSACCIONES .....	63
PANTALLA 5.7: REPORTES GENERALES.....	63
REPORTE 5.1: REPORTE DATOS GENERALES.....	64
REPORTE 5.2: SEGUNDO REPORTE DE DATOS GENERALES.....	64
PANTALLA 5.8: REPORTES DE CUMPLIMIENTO .....	65
REPORTE 5.3: REPORTE DE CUMPLIMIENTO. ....	66
REPORTE5.5: SEGUNDO REPORTE DE CUMPLIMIENTO. ....	67
PANTALLA 5.9: REPORTES DE RENDIMIENTO DE BUFFERS.....	67
REPORTE 5.6: REPORTE DE RENDIMIENTO DE TAMAÑO DE BUFFERS. ....	68
PANTALLA 5.10: REPORTES GERENCIALES.....	68
REPORTE 5.7: REPORTE GERENCIAL. ....	69
PANTALLA 5.11: RECALCULO DEL TAMAÑO DEL BUFFER.....	70
PANTALLA 5.12: VALOR FACTOR DE MURPHY.....	71
PANTALLA 5.13: EJEMPLO DE FORMA. ....	73

**Resumen:**

Este proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de un software que facilite el monitoreo y la toma de decisiones, brindando información oportuna y confiable, para las empresas que para la distribución y control del inventario manejen la Teoría de las Restricciones (TOC), desarrollada por Goldratt. Se desarrollará en dos fases: la primera una investigación teórica tanto de los métodos tradicionales como de la manera TOC; y una segunda fase en la que se diseñará, programará y probará el software producto de este proyecto para que se cumpla con el objetivo propuesto.

**Abstract:**

This project main objective is develop a software that help companies that use the Theory of constraints (TOC) created by Goldratt, to made easy to monitor and take decisions, giving the necessary reliable information on time. The project will be develop in two phases: the first one is a theoretic investigation of traditional methods and the TOC method; in the second phase the software product of this project will be designed, programmed and tested to fulfill the proposed objective.

## **CAPITULO 1: INTRODUCCION**

### **1.1 Tema:**

Desarrollo de software que controla los sistemas de distribución del inventario basado en la Teoría de las Restricciones.

### **1.2 Objetivos:**

#### **1.2.1 Objetivo General:**

- Desarrollo de Software para el manejo del sistema de distribución del inventario que se basa en la Teoría de las Restricciones aplicables a las empresas con sucursales.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Recolectar, analizar y documentar información sobre el sistema de distribución basado en la Teoría de las Restricciones.
- Realizar la Planificación para el desarrollo del software.
- Analizar del software a desarrollar.
- Diseñar el software a realizar.
- Efectuar la programación del software.
- Ejecutar pruebas y corrección de errores del software programado.

### **1.3 Antecedentes:**

El manejo por parte de las empresas que manejan la distribución basada en la Teoría de las Restricciones, hacen que los resultados utilizados en la toma de decisiones no sean

oportunos y confiables, ya que debido al volumen de información que hay que manejar los cálculos producen resultados inexactos y su realización toma mucho tiempo.

#### **1.4 Impacto:**

Desde el punto de vista económico, el software generará un gran ahorro ya que reduce mucho los costos de mantenimiento de inventario en todas las bodegas de la empresa, además evitar la pérdida de ventas, generando un crecimiento económico considerable.

Desde el punto de vista social, para que el sistema tenga una correcta implementación y uso, la empresa debe estar previamente capacitada acerca del sistema de distribución planteado en Teoría de las Restricciones. Debido a que en la actualidad los procesos de este sistema se los hace de una manera manual, generando resultados poco confiables. El software a desarrollar facilitará mucho la gestión y control de la distribución en estas empresas, brindando resultados confiables y oportunos.

Actualmente las empresas, a pesar de utilizar la *Teoría de las Restricciones* para la distribución de su inventario, todo el proceso se lo hace manualmente por lo que se dan muchos errores como información incompleta y/o errónea en los formularios, pedidos con cantidades mal calculadas o con los productos equivocados, la falta de un control de auditoria sobre todo el proceso provoca que los datos sean modificados sin conocer al responsable. Otro problema que se da es la falta de seguridad en el acceso a la información.

El software mejorará todo el proceso de tal manera que se verificará el correcto ingreso de la información, los cálculos serán realizados automáticamente agilizándolos y obteniendo resultados oportunos y sin errores; además incluirá controles internos de auditoria y controles del acceso a la información mediante el manejo de perfiles de usuario.

#### **1.5 Resumen del proyecto:**

El proyecto se realizará en dos fases básicas. En la primera se realizará una investigación de la parte teórica que servirá como base fundamental para el buen

desarrollo del proyecto. En esta fase primero se presentarán los problemas básicos al manejar la distribución del inventario y las soluciones que se han dado en el transcurso del tiempo. Luego se realizará la parte teórica básica de la teoría de las restricciones en la que se explicará su desarrollo, técnicas, metodologías y sus aplicaciones. Como última parte de esta fase se explicará muy detalladamente la aplicación de la teoría de las restricciones en la distribución del inventario.

En la segunda fase se definirá que es lo que va a hacer el software a desarrollar, sus alcances y limitaciones, posibilidades de expansión, a que tipo de empresas se podría aplicar, etc. Luego se elaborarán los documentos necesarios para el desarrollo de la aplicación como es el diseño de la base de datos, estándares, etc. Como paso siguiente se procederá con la programación del software, con pruebas de calidad en cada una de las fases de la programación, para luego realizar las pruebas individuales y globales y elaboración de la documentación.

## **CAPITULO 2: ADMINISTRACION DE INVENTARIOS DE LA MANERA TRADICIONAL:**

### **2.1 Introducción:**

El inventario incluye todos los bienes y materiales que se utilizan en los procesos de fabricación y distribución, como son las materias primas, las partes componentes, subensambles, productos terminados; así como los abastecimientos necesarios para la producción y distribución.

Un inventario utiliza un de espacio de almacenamiento, requiere de manejo, se deteriora, y se puede volver obsoleto, causa impuestos, en algunos casos es necesario ser asegurado, puede ser robado o perderse.

### **2.2 Conceptos Básicos<sup>1</sup>:**

Hay dos conceptos fundamentales que se deben presentar: Los artículos con demanda independiente y los que tienen demanda dependiente.

#### **2.2.1 Artículos con Demanda Independiente:**

En este tipo de inventarios la cantidad de los artículos depende fundamentalmente de las condiciones del mercado. Estas condiciones se ven reflejadas en el consumo de un determinado bien en un determinado momento. Los modelos de inventarios que se utilizan para dimensionar su volumen son de tipo reactivo. Dentro de este grupo entran los inventarios de distribución de productos terminado, así como las partes de servicio, que experimentan una demanda relativamente estable.

---

<sup>1</sup> Conceptos básicos: [www.investigacion-operaciones.com/material%20didactico/TEORIA%20INVENTARIOS.doc](http://www.investigacion-operaciones.com/material%20didactico/TEORIA%20INVENTARIOS.doc)

### 2.2.2 Artículos con Demanda Dependiente:

En este tipo la demanda de un artículo depende de la demanda de uno o más artículos, como es el caso de subensambles, componentes y materias primas, para este tipo de demanda se utilizan modelos basados en el sistema MRP (planeación de requerimientos de materiales), estos modelos son de tipo proactivos. Por ejemplo para la realización de una silla se requiere básicamente los siguientes materiales: patas, madera, pintura, tubos, etc; la demanda de estos depende directamente de la demanda de las sillas.

### 2.2.3 Ejemplo Gráfico de los Tipos de Demanda para los Artículos:

En el siguiente diagrama se muestra al artículo 'Carretilla' que tiene una demanda independiente, y a todas las sub-partes necesarias para fabricar una carretilla cuya demanda depende directamente de la demanda de la carretilla.

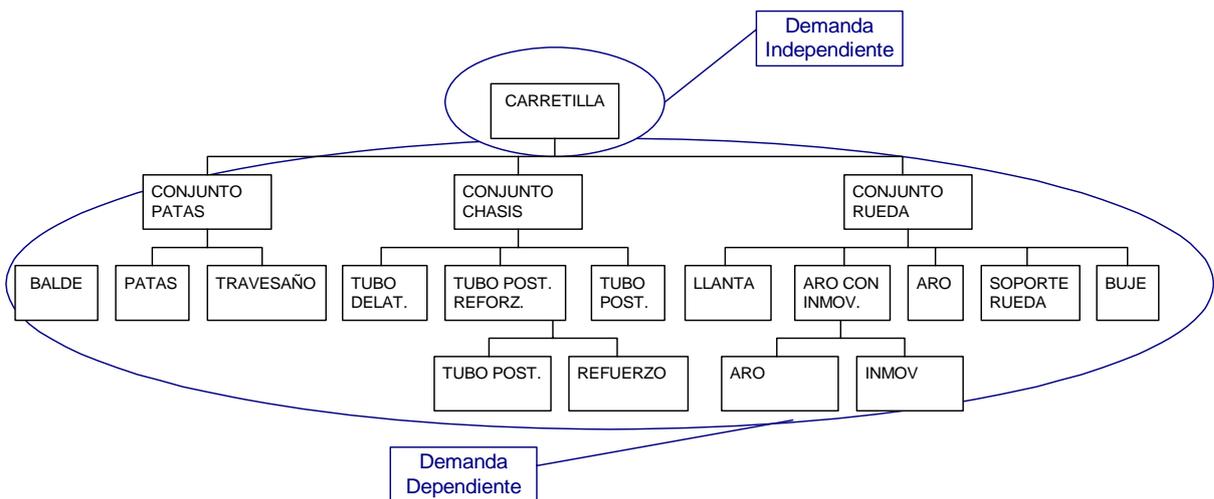


Diagrama 2.1: Artículos con demanda Independiente y con demanda Dependiente.

### 2.3 Problemas en la Distribución del Inventario:

Administrar de una manera adecuada la cadena de abastecimiento es muy complejo debido a muchos factores que pueden ser externos (independientes a la empresa) así como también internos.

Entre los factores externos están: la variabilidad del mercado, incumplimiento por parte de los proveedores.

La variabilidad del mercado se refiere a que la demanda de cualquier producto puede cambiar en una gran proporción de un día a otro sin que sea necesariamente producto de temporadas especiales de venta como es la Navidad, el Día de la Madre, Día de San Valentín. La demanda de un producto puede ser un día de cinco, al siguiente de cuatrocientos, al siguiente de cero, etc. Esto puede reducir mucho la efectividad de un pronóstico y lleva a tener inventarios demasiado grandes con su costo de mantenimiento muy elevado.

Otro factor externo que afecta al proceso de distribución, es el incumplimiento en las entregas por parte de los proveedores (tanto en materia prima, como en productos terminados), esto provoca en caso de fábricas que se paralice la producción al no tener stock de reserva. Con productos finales causa atrasos en la entrega a clientes si no se pierde la venta, afectándose de todos modos la credibilidad.

Los factores internos más comunes son la utilización de pronósticos y la variabilidad interna en los tiempos de producción.

El uso de pronósticos es el factor interno más común, un pronóstico considera que las tendencias actuales continuarán en el futuro por lo que utilizan series de datos de tiempo, es decir, registros históricos de actividades pasadas. La base de cálculo de los pronósticos puede ser errónea debido a factores como la variabilidad del mercado, obsolescencia de los productos. El plazo de proyección de un pronóstico puede de igual manera afectar su efectividad por que mientras a mayor tiempo esté calculado, menor será su efectividad. En un pronóstico siempre existe algún error ya sea en muy poca o en gran medida por la dificultad inherente a la actividad, por seleccionar un modelo no apropiado o ingreso de datos erróneos, entre las falencias más comunes. Los pronósticos pueden ser de tipo cualitativo, que se sustentan en el criterio, la intuición y la evaluación subjetiva utilizando técnicas como la investigación del mercado, analogía histórica, entre otras; los pronósticos también son de tipo cuantitativo que usa métodos matemáticos analizando una serie de tiempo de la demanda histórica de cada artículo.

Las órdenes no urgentes efectuadas por los gerentes especialmente en el caso de la producción se basan en pronósticos de ventas por períodos remotos, pero mientras más remoto es el período más se degrada la exactitud del pronóstico; esto provoca que los

pronósticos sean adivinanzas educadas por lo que se embarca para un mal pronóstico provocando que las bodegas se queden sin inventario de un producto en particular y al mismo tiempo tengan mucho más que semanas de inventario de otro producto en particular que podría caducar, deteriorarse o volverse obsoleto; todo esto provoca que se pierdan ventas y se generen costos adicionales por mantenimiento de productos en inventario y transportes adicionales.

En las fábricas se da una variabilidad en los tiempos de producción ya sea por razones humanas, o por calibración o mantenimiento no planificado de la maquinaria utilizada en el proceso. Esta variabilidad afectará el tiempo de entrega a los clientes, para evitar esto se suelen tener inventarios demasiado grandes tanto de materias primas como de producto en proceso que además de aumentar el costo de mantenimiento se pueden perder por caducidad, deterioro o obsolescencia.

Como muchas veces los tiempos de entrega son más largos que el tiempo de tolerancia de los clientes, esto junto con las falencias de los pronósticos que los gerentes de bodegas tratan de cubrir con más inventario en las bodegas más cercanas al cliente. Además que el tiempo de entrega de producción es considerable los gerentes de bodega mantienen niveles de inventario paranoicos por lo que se provoca costos de mantenimiento del inventario muy elevados.

Además se pueden dar casos inesperados y que pueden ser muy perjudiciales en que uno o varios productos se pierdan por robos, incendios, maltrato, etc; lo que provocará incumplimiento en entregas de pedidos a clientes, así como también gastos adicionales en compras y transporte. También se dan pérdidas (especialmente en el caso de niveles de stock paranoicos) por caducidad, deterioro y de igual manera un producto se puede volver obsoleto por el avance de la tecnología.

En resumen existen dos problemas contradictorios básicos que son el tener exceso de items que no se venden y el no tener en inventario los productos necesarios para cumplir satisfactoriamente con el cliente, por lo que los gerentes de bodega generalmente optan por tener cantidades paranoicas de inventario, pero al hacerlo basados en pronósticos que en la mayoría de los casos no son acertados especialmente por la variabilidad del mercado tiene exceso de ciertos productos y falta de otros. Los gerentes se defienden de

tener cantidades exageradas de productos mostrando los efectos negativos de tener falta de inventario, pero no encuentran el balance necesario para no tener ninguno de los dos problemas básicos.

Para solucionar estos problemas se han desarrollado algunos modelos diseñados para distintas realidades que pueden tener las empresas, estos modelos se explicarán más adelante.

## **2.4 Función del Inventario:**

La función primaria del inventario es tener artículos disponibles para mantener de flujo de artículos a lo largo del proceso de venta para cubrir la demanda en el caso de almacenes, y la de mantener el flujo de producto en proceso en la producción en las fábricas, mientras se minimiza la inversión necesaria para este servicio. También es parte primordial de la función del inventario la de desacoplar, es decir, separar la demanda de la dependencia inmediata con la fuente de abastecimiento, sea ésta un proveedor o la capacidad de producción de una fábrica.

## **2.5 Tipos de Inventarios<sup>2</sup>:**

Desde un punto de vista funcional, al inventario se lo puede clasificar de la siguiente manera:

### **2.5.1 Inventarios de Anticipación:**

Existen situaciones que conducen a una empresa a que produzca o compre artículos terminados, componentes, materiales o suministros adicionales; cierre por vacaciones, períodos altos de ventas, promociones de ventas son ejemplos de estas situaciones. El inventario de anticipación permite hacer frente, por adelantado, a emergencias causadas por estas situaciones, además puede sacar ventaja de los costos de compra actuales adelantándose a aumentos sustanciales en los precios, pero siempre existe un riesgo, ya que hay un costo adicional en el mantenimiento del inventario, por lo que un inventario anticipado sólo se justifica si los ahorros esperados son mayores al costo de mantenimiento adicional.

---

<sup>2</sup> Tipos de Inventarios: Administración de la producción e Inventarios.

### **2.5.2 Inventario Cíclico (Tamaño de Lote):**

No siempre es eficaz producir o comprar artículos al mismo ritmo al cual se consumen, en estos casos los costos de generación de un pedido de un artículo puede ser mayor al costo mismo del artículo. Es mucho más económico producir o comprar en forma intermitente los artículos en una cantidad (tamaño de lote) suficiente para satisfacer una demanda relativamente estable durante cierto período, ya que se eliminan los costos de mantenimiento de las unidades residuales.

### **2.5.3 Inventarios de Fluctuación:**

La demanda de los artículos es fluctuante, es decir, no es perfectamente predecible ya que varía tanto en la demanda como en la oferta. Estos tipos de inventarios se conocen como inventarios de seguridad, de amortiguamiento, o de reserva, ya que absorbe las variaciones en la demanda de artículos terminados así como la variación en los requerimiento de materias primas, componentes, suministros de producción.

### **2.5.4 Inventarios de Transportación (En tránsito):**

No siempre los procesos de producción se encuentran adyacentes físicamente. Frecuentemente se dan casos en los que las partes para ensamblar un producto se fabrican en ciudades diferentes; así mismo, los productos terminados se embarcan en distancias considerables a las bodegas, a los distribuidores o a los clientes. Los artículos en movimiento de una etapa otra se denominan inventarios en tránsito. Este tipo de inventario requiere de capital, está sujeto a sufrir daño, deterioro, desperdicio, robos, etc. Estos costos deben ser cuantificados.

### **2.5.5 Partes de servicios (Refacciones):**

Los artículos que se mantienen en inventario como refacciones para los equipos de operación u otras necesidades se los considera partes de servicio. Este tipo de inventario tiene una demanda muy baja y errática, el costo de no tenerlos en inventario es muy alto ya que producen falta de disponibilidad.

## **2.6 Costos en Inventarios<sup>3</sup>:**

Existen cuatro tipos de costos relevantes para la toma de decisiones en la administración de inventarios:

### **2.6.1 Costos de Preparación:**

Incluyen todos los costos que requieren la emisión de una orden de producción o de compra: costo de formular el pedido, preparar las especificaciones, registrar el pedido, hacer el seguimiento del mismo, procesar las facturas o informes de la planta y preparar el pago.

### **2.6.2 Costos de Mantenimiento:**

Incluyen los costos en los que se incurre por el solo hecho de que un artículo esté en inventario: capital invertido, costos de deterioro, obsolescencia, robos, seguros e impuestos; y los costos de almacenamiento por manejo, seguridad, espacio y requerimientos para mantener los registros. La importancia de estos costos puede variar de un artículo a otro.

### **2.6.3 Costo de Desabasto (Falta o insuficiencia de inventario):**

Un desabasto se presenta siempre que existe un inventario insuficiente para satisfacer las un pedido de reabastecimiento. Se presentan dos situaciones:

La primera es la de pedidos retrasados, en la que el cliente espera el pedido pero existen costos adicionales por el seguimiento del pedido, además puede provocar pérdida de ventas futuras debido a las inconveniencias para el cliente ocasionadas por la espera.

La segunda situación es la de pedidos no retrasados, en la que el cliente no espera y se pierde la venta.

### **2.6.4 Costos relacionados con la capacidad:**

Incluyen los costos por la expansión o la contratación de la capacidad como resultado de decisiones de planeación agregadas, ya sean a mediano o largo plazo, los costos

---

<sup>3</sup>Costos de Inventarios: Administración de la producción e Inventarios.

aumentan por compra de equipos, contratación de nueva mano de obra, capacitación, etc.

## **2.7 Modelos de Inventarios<sup>4</sup>:**

Los modelos de inventarios por lo general se clasifican según si se conoce la demanda para el período (demanda determinística) o si se trata de una variable aleatoria que tiene una distribución de probabilidad conocida (demanda no determinística, aleatoria o probabilística); adicionalmente se los puede clasificar por la forma en la que se revisa el inventario, ya sea continua o periódicamente.

### **2.7.1 Inventarios Determinísticos:**

En estos modelos la cantidad del lote de los artículos se la calcula en base a factores básicos que permanecen constantes, como por ejemplo: demanda conocida, el plazo de entrega es constante o nulo, los costos de pedidos y de almacenamiento son constantes. Cuando la tasa de la demanda es continua, es decir, no cambia a lo largo del tiempo se utiliza una revisión continua y se utiliza como modelo base al de tamaño de lote económico (EOQ), dependiendo de la realidad de la empresa se derivan varios modelos del de tamaño de lote económico, por ejemplo:

- EOQ con faltantes.
- EOQ sin faltantes.
- EOQ con descuentos de cantidad con faltantes
- EOQ con descuentos de cantidad sin faltantes

Cuando la tasa de la demanda puede variar de un período a otro se utiliza una revisión periódica y se utiliza como modelo base a la “Versión Dinámica de lote de tamaño económico” desarrollado por Wagner y Whitin. A este modelo se la ha mejorado a través y programación y algoritmos.

### **2.7.2 Inventarios Probabilísticos o Aleatorios:**

En estos modelos la cantidad del lote de los artículos se lo calcula con probabilidades que no siempre son efectivas ya que tiene un margen de error considerable. Intentan

---

<sup>4</sup> Modelos de Inventarios: Introducción a la Investigación de Operaciones.

minimizar el impacto de factores como la variabilidad del mercado, retrasos en las entregas, etc. Se han desarrollado algunos modelos utilizando probabilidades para las distintas realidades de las empresas:

- Modelo de un período sin costo fijo.
- Modelo de un período sin costos de preparación.
- Modelo de varios períodos sin costos de preparación.
- Modelo de varios períodos con costos de preparación.
- Modelos con costos de penalización no lineales.

## **2.8 Medidas de Desempeño<sup>5</sup>:**

Para evaluar el desempeño de la administración del inventario se utilizan los siguientes criterios:

### **2.8.1 Servicio al Cliente:**

Se refiere a la disponibilidad de artículos cuando el cliente los necesite. El cliente puede ser el consumidor de un producto terminado, un distribuidor, una planta dentro de una organización. Los factores que se toman en cuenta para medir el desempeño son principalmente:

- Pedidos embarcados según programa.
- Artículos de línea embarcados según programa.
- Unidades totales embarcadas según programa.
- Valor monetario de las unidades embarcadas según programa.
- Períodos de reorden sin faltantes.
- Días de orden con faltantes.

---

<sup>5</sup> Medidas de Desempeño: Administración de la producción e Inventarios.

- Tiempo ocioso debido a escasez de material y de componentes.

### **2.8.2 Inversión en inventarios:**

La inversión en inventarios se puede medir a partir de un dato pasado, actual o de un futuro proyectado; ninguna de estas mediciones será totalmente exacta, pero será tan precisa como se requiera para el análisis y toma de decisiones. Las medidas utilizadas pueden ser absolutas, como por ejemplo la determinación de la cantidad total de dinero invertido en materias primas, en procesos de producción, en productos terminados, en componentes; también pueden ser relativas como la tasa de reposición.

### **2.9 Administración del Inventario<sup>6</sup>:**

La administración de inventario implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán colocarse los pedidos y las cantidades de unidades a ordenar. Existen dos factores importantes que se toman en cuenta para conocer lo que implica la administración de inventario:

#### **2.9.1 Minimización de la inversión en inventarios:**

El inventario mínimo es cero, a empresa podrá no tener ninguno y producir sobre pedido, esto no resulta posible para la gran mayoría de las empresa, puesto que debe satisfacer de inmediato las demandas de los clientes o en caso contrario el pedido pasara a los competidores que puedan hacerlo, y deben contar con inventarios para asegurar los programas de producción. La empresa procura minimizar el inventario porque su mantenimiento es costoso.

#### **2.9.2 Afrontando la demanda:**

Si la finalidad de la administración de inventario fuera solo minimizar las ventas satisfaciendo instantáneamente la demanda, la empresa almacenaría cantidades excesivamente grandes del producto y así no incluiría en los costos asociados con una alta satisfacción ni la pérdida de un cliente etc. Sin embargo resulta extremadamente

---

<sup>6</sup> Administración del Inventario: [www.monografias.com/trabajos15/inventario/inventario.shtml](http://www.monografias.com/trabajos15/inventario/inventario.shtml)

costoso tener inventarios estáticos paralizando un capital que se podría emplear con provecho. La empresa debe determinar el nivel apropiado de inventarios en términos de la opción entre los beneficios que se esperan no incurriendo en faltantes y el costo de mantenimiento del inventario que se requiere.

### **2.9.3 Aspectos Básicos de la Administración del Inventario:**

Existen cuatro aspectos básicos en la que se debe basar la administración del inventario:

- Cuantas unidades deberían ordenarse o producirse en un momento dado.
- En que momento deberían ordenarse o producirse el inventario.
- Que artículos del inventario merecen una atención especial.
- Puede uno protegerse contra los cambios en los costos de los artículos del inventario.

### **2.9.4 Métodos de Administración de Inventario:**

El primer método de manejo de los inventarios fue desarrollado por Wilfredo Pareto, un renacentista del siglo diecinueve, que documentó el Principio de la Administración de Materiales. En base a este principio se creó el Análisis ABC que es una parte básica para manejar una mejor situación de inventario.

#### **2.9.4.1 Análisis ABC<sup>7</sup>:**

Un aspecto importante para el análisis y la administración de un inventario es determinar qué artículos representan la mayor parte del valor del mismo - midiéndose su uso en dinero - y si justifican su consecuente inmovilización monetaria.

Estos artículos no son necesariamente ni los de mayor precio unitario, ni los que se consumen en mayor proporción, sino aquellos cuyas valorizaciones (precio unitario x consumo o demanda) constituyen % elevados dentro del valor del inventario total.

---

<sup>7</sup> Análisis ABC: Administración de la producción e Inventarios.  
Ver ejemplo de Análisis ABC en el Anexo 2.

Generalmente sucede que, aproximadamente el 20% del total de los artículos, representan un 80% del valor del inventario, mientras que el restante 80% del total de los artículos inventariados, alcanza el 20% del valor del inventario total.

El gráfico ABC (o regla del 80/20 o ley del menos significativo) es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes.

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

ARTICULOS A: Los más importantes a los efectos del control.

ARTICULOS B: Aquellos artículos de importancia secundaria.

ARTICULOS C: Los de importancia reducida.

La designación de las tres clases es arbitraria, pudiendo existir cualquier número de clases. También el % exacto de artículos de cada clase varía de un inventario al siguiente. Los factores más importantes son los dos extremos: unos pocos artículos significativos y un gran número de artículos de relativa importancia. Esta relación empírica formulada por Vilfredo Pareto, ha demostrado ser una herramienta muy útil y sencilla de aplicar a la gestión empresarial. Permite concentrar la atención y los esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar.

El método o gráfico ABC puede ser aplicado a:

- Las ventas de la empresa y los clientes con los que se efectúan las mismas (Optimización de pedidos).
  
- El valor de los stocks y el número de ítems de los almacenes.

- Los costos y sus componentes.
- Los beneficios de la empresa y los artículos que los producen (determinar aquellos productos que, teniendo una alta penetración en el mercado - facturación-, disponen de baja rentabilidad; detectar por prioridades aquellos productos que, teniendo una baja penetración -comercialización-, disponen de alta rentabilidad).

Además de la correcta clasificación del inventario se debe tomar en cuenta encontrar la cantidad de lote de cada artículo, para esto se utiliza la cantidad de orden económica (EOQ) para los artículos con demanda independiente. Para la producción que maneja artículos con demanda dependiente se utiliza la planeación de requerimiento de materiales (MRP).

#### **2.9.4.2 Modelo de Lote Económico (EOQ)<sup>8</sup>:**

Fue desarrollado por Ford W. Harris en 1913. La cantidad de orden económica busca la cantidad que mejor equilibra los costos relacionados con el número de pedidos realizados y su tamaño, o sea, minimizar los costos de hacer pedidos con respecto a los costos de manejar stock. Para esto debe haber condiciones apropiadas, y las siguientes consideraciones:

- El tiempo de obtención es constante y conocido, y la demanda se presenta a una velocidad relativamente constante y conocida; no hay desabastos.
- Los costos de preparación y los costos totales de mantenimiento son constantes y conocidos.
- El reabastecimiento es instantáneo.

Busca responder dos preguntas:

- ¿Cuándo ordenar?, se representa con “R”.
- ¿Cuánto ordenar?, se representa con “Q\*”.

---

<sup>8</sup>Modelo EOQ: [www.investigacion-operaciones.com/Modelos\\_Inventarios/Inventarios\\_teor%C3%ADa.ppt](http://www.investigacion-operaciones.com/Modelos_Inventarios/Inventarios_teor%C3%ADa.ppt)  
Introducción a la Investigación de Operaciones.

Al costo del inventario lo divide en dos tipos: costo de mantener y costo de ordenar.  
Para el cálculo de del costo anual total del inventario se utiliza la siguiente fórmula:

$$CT(Q) = (Q/2)Ch + (D/Q)Co + DC$$

Costo Anual Total de Inventario      Costo Anual Total de Almac.      Costo Anual Total de Ordenar      Costo Anual Total por Item

Ch: Costo unitario de mantener en inventario.

Co: Costo unitario de ordenar.

D: Demanda anual.

Q: Cantidad a ordenar.

Para encontrar la cantidad económica óptima se utiliza:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}}$$

Finalmente para calcular el período de tiempo entre órdenes se utiliza:

$$T = Q / D$$

Existen literalmente docenas de variaciones de este modelo debido a su adaptabilidad y a las distintas situaciones de las empresas, estas variaciones toman en cuenta otros factores como por ejemplo: descuentos, faltantes, stock de seguridad, etc.

### **2.9.4.3 Modelo de Lote Económico Dinámico<sup>9</sup>:**

Fue desarrollado por Wagner y Whitin, está orientado a la producción cuando la tasa de la demanda no es constante. Su base es la siguiente propiedad: “*Bajo una política de fijación de un tamaño de lote óptimo; el inventario traído a un período  $t + 1$  desde un período anterior debe ser cero, o la cantidad de producción del período anterior debe ser cero*”. Esta propiedad quiere decir que no es económicamente posible producir en un período  $t+1$  por tener un costo de preparación cuando ya se produjeron artículo en el período anterior  $t$  que ya tuvo un costo de preparación, o sea, que es más barato producir la demanda de un período  $t+1$  en el período  $t$  o en el  $t+1$  pero nunca en ambos períodos.

### **2.9.4.4 Material Requirements Planning (MRP)<sup>10</sup>:**

MRP es una metodología para gestionar el inventario y planificar pedidos de partes y materiales con demanda dependiente, para producir un producto final. Está orientado a la producción.

Responde a tres preguntas básicas:

- ¿Qué?
- ¿Cuánto?
- ¿Cuándo se debe pedir y/o fabricar?

MRP necesita los siguientes elementos para su funcionamiento:

- Plan maestro de producción (M.P.S.): Que productos finales y en que plazo.
- Lista de materiales (Bill of Materials – B.O.M.): Estructura del producto.
- Archivo de registros del inventario (Inventory Record File – I.R.F.): Estado del inventario, órdenes programadas, tamaño de lote, tiempos de entrega, etc.

---

<sup>9</sup> Modelo de Lote Económico Dinámico: Factory Physics.

<sup>10</sup> MRP: Administración de la producción e Inventarios.



Diagrama 2.2: Estructura de MRP.

Se han desarrollado dos modelos más tomando como base al MRP, estos son el MRP II y el ERP.

#### 2.9.4. Comparación entre EOQ y MRP:

EOQ	MRP
Demanda Independiente	Demanda Dependiente
Orientado a cada artículo aislado	Orientado a productos, componentes
Demanda continua	Demanda discreta
Basado en demanda histórica	Basado en producción futura
Predicción de todos los artículos	Predicción sólo de artículos finales
Sistema basado en cantidad	Sistema basado en cantidad-tiempo

Tabla 2.1: Comparación EOQ – MRP.

#### 2.10 Conclusiones:

Existen muchos problemas que se pueden presentar al administrar el inventario debido a factores que no siempre se pueden pronosticar. Estos factores provocan dos problemas básicos pero contradictorios entre si por lo que los administradores deben encontrar un balance entre ambos problemas. Aplicando el sistema ABC desarrollado por Pareto y seleccionando el modelo de pedidos adecuado a la realidad de la empresa.

Como se pudo ver existen muchos métodos de administración del inventario, pero cada uno con condiciones distintas de funcionamiento, diseñados para resolver problemas diferentes, por lo que las empresas deben realizar un análisis para comprobar si uno de estos modelos se aplica a su realidad y podrá resolver los problemas de la misma, además todos los modelos constan con deficiencias que se deben tomar en cuenta al realizar el análisis.

## **CAPITULO 3: TEORIA DE LAS RESTRICCIONES (TOC):**

### **3.1 Nacimiento y Evolución de la TOC<sup>11</sup>:**

Eliyahu Goldratt, doctor en Física, se interesó por los negocios a principios de los '70, cuando un pariente le solicitó que le ayudara a mejorar la producción de su pequeña empresa de pollos. Goldratt desarrolló un revolucionario algoritmo de programación de la producción que permitió un incremento de producción superior al 40% sin necesidad de nuevos recursos. La cobranza pasó a ser más lenta que las compras de materiales y la empresa quebró. El Dr. Goldratt volvió a trabajar a la universidad.

A finales de los '70, Goldratt fundó Creative Output, empresa que desarrolló un software para la programación y control de la producción basado en el algoritmo ya mencionado, este software se llama OPT (Optimized Production Technology). El crecimiento de esta empresa fue espectacular, siendo sus principales clientes Grumman, Sikorsky y General Motors. Ya desde esa época General Motors usa TOC.

La experiencia demostró al Dr. Goldratt que su revolucionario método exigía mucho más que la implementación de un nuevo software. Exigía cambiar la mayor parte de las políticas y criterios de decisión que aún existen en las empresas. Nació la idea de escribir "La Meta", novela de negocios que explica cómo se deben gestionar las Operaciones de una empresa.

El éxito de "La Meta" decidió al Dr. Goldratt a dejar Creative Output en 1987 y fundar una nueva organización, el Avraham Y. Goldratt Institute (AGI), cuya misión es generar y diseminar conocimiento. En ese momento comenzó la investigación que permitió generalizar TOC a todas las áreas y niveles de una empresa (Operaciones, Distribución, Abastecimiento, Ventas, Marketing, Estrategia, Toma de Decisiones, Ingeniería, Gestión de Proyectos y Recursos Humanos). También se creó un conjunto de herramientas para el análisis y resolución sistémicos de situaciones problemáticas (Los Procesos de Pensamiento).

---

<sup>11</sup> Nacimiento y Evolución de TOC: [www.cimatic.com.ar](http://www.cimatic.com.ar)

Numerosos libros del Dr. Goldratt y de otros autores permiten que actualmente el conocimiento desarrollado en la década pasada por el AGI esté a disposición del público.

Menos frecuente es encontrar en la bibliografía quiénes lo usan, y cómo debe implementarse, ya que muchas empresas lo consideran una herramienta para la ventaja competitiva.

El hecho de que los trabajos del Dr. Goldratt comenzaran en el área de Operaciones hace que aún ahora no pocas personas crean que TOC es "... sólo una cosa de Producción".

### **3.2 ¿Qué es la TOC?<sup>12</sup>:**

TOC es una filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias duras para comprender y gestionar los sistemas con base humana (personas, organizaciones, etc.)

TOC comprende un conjunto de conocimientos, principios, herramientas y aplicaciones que simplifican la gestión de los sistemas, utilizando la lógica pura o sentido común.

TOC se basa en las siguientes ideas:

La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo: sus restricciones.

Contrariamente a lo que parece, en toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero.

Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las restricciones, lo que le impide a una organización alcanzar su más alto desempeño en relación a su Meta, son en general criterios de decisión erróneos.

---

<sup>12</sup> TOC: Manual de Distribución.

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. TOC propone un proceso para gestionar una empresa y enfocar los esfuerzos de mejora.

### 3.3 Componentes de la TOC:

TOC se compone de:

- **Principios o Supuestos Básicos:** Condiciones que guían las decisiones administrativas, bajo las cuales funcionan los sistemas.
- **Herramientas:** Métodos y procedimientos específicos para construir y comunicar soluciones de sentido común, de lógica pura; que son los Procesos de Pensamiento.
- **Aplicaciones:** Soluciones exitosas, que se han vuelto genéricas y han sido desarrolladas mediante Procesos de Pensamiento.

### 3.4 Supuestos Básicos de la TOC:

Los supuestos o condiciones básicas bajo las cuales funciona los sistemas se los puede clasificar en tres grupos:

- **Tres Principios sistémicos:** Condiciones bajo las cuales funcionan los sistemas.
- **Tres medidas fundamentales (Throughput, Inventario y Gastos Operacionales):** Medidas operativas que sirven de nexo para lograr que las acciones locales tengan impacto global.
- **Proceso de Focalización:** Cinco pasos para lograr el mejoramiento continuo acelerado.

### 3.4.1 Principios Sistémicos:

#### 3.4.1.1 Principio Sistémico #1:

“Todo sistema tiene una meta o razón de ser además de un grupo de condiciones necesarias que deben ser satisfechas para conseguir la meta”.

La meta de una organización es la razón por la cual fue creada por los dueños de la organización. La meta no puede ser alcanzada si no se satisfacen las condiciones necesarias; por ejemplo:



Diagrama 3.1: Principio Sistémico #1

#### 3.4.1.2 Principio Sistémico #2:

“Cualquier sistema es más que sólo la suma de sus partes”.

Las organizaciones no están compuestas de partes aisladas por lo que para que un sistema tenga éxito no debe optimizar el desempeño de uno de sus componentes a costa de otro componente. Hay que buscar las mejoras globales y no las mejoras locales.

Las partes de un sistema realizan sus tareas en alguna secuencia de Dependencia con otros componentes. También existen variaciones (fluctuaciones estadísticas) que afectan individualmente a cada componente al momento de realizar su tarea.

Al combinar las variaciones con la dependencia se acumulan las variaciones negativas de cada componente en el último paso del proceso. Esto se intensifica cuando hay ensamblajes o integración.

Para que un sistema condiga mejores resultados se debe coordinar y sincronizar los esfuerzos de todas las partes del sistema.

### **3.4.1.3 Principio Sistémico #3:**

“Muy pocas variables, tal vez sólo una, limitan el desempeño de un sistema en un momento dado. LAS RESTRICCIONES”.

Para explicar este principio se utilizará a la resistencia de una cadena como analogía. Todo sistema se comporta como una cadena, es decir, que existe una interrelación entre sus componentes. El componente o eslabón más débil de todo el sistema o cadena determina la resistencia de la misma. No todos los eslabones tienen la misma importancia. La cadena se romperá por el eslabón más débil, al mejoramos otro eslabón la resistencia de la cadena no mejorará, por lo que hay que mejorar al eslabón más débil; y al mejorar este otro eslabón se convertirá en el más débil o restricción.

#### **3.4.1.3.1 Restricciones:**

La restricción es el factor que está limitando o es capaz de afectar la consecución de la meta de un sistema.

#### **3.4.1.3.2 Tipos de Restricciones:**

##### **3.4.1.3.2.1 Restricciones Físicas:**

Tienen que ver con la capacidad, se las divide en:

#### **3.4.1.3.2.1.1 Restricciones de Recursos:**

Se refiere a la falta de capacidad de un recurso interno de la organización.

#### **3.4.1.3.2.1.2 Restricciones de Mercado:**

Es una restricción externa. Se refiere a que el mercado existente no puede absorber todo lo que se produce internamente.

#### **3.4.1.3.2.1.3 Restricciones de Proveedor:**

Es una restricción externa. Se refiere a que el proveedor no puede abastecer con el material requerido por la organización.

#### **3.4.1.3.2.2 Restricciones de Paradigmas y Políticas:**

Tiene que ver con las reglas, costumbres, dogmas y paradigmas. Las restricciones de paradigmas provocan las restricciones de políticas. Estas se refieren a los supuestos acerca de la manera en la que las organizaciones tienen que funcionar, por lo que se crean políticas formales e informales. Estas políticas son válidas cuando el entorno permanece constante, en el momento que cambie el entorno hay que reevaluar las políticas para que no se conviertan en restricciones.

#### **3.4.1.3.2.3 Restricciones de Fricción Humana:**

Las relaciones humanas limitan la capacidad de la organización. Se producen cuando el ambiente interno llega a un punto en que las contradicciones del sistema han llevado a las personas a tener tantos conflictos, que se dan acciones en contra del beneficio de la organización.

Se producen también cuando la organización enfrenta un cambio. A pesar de que ya se ha creado una solución completa e implementable, la gente no se atreve a empezar a causar el cambio o por que la gente es incapaz de trabajar en grupo.

#### **3.4.1.3.2.4 Restricción Filosófica de Mercado:**

El mercado o cliente es capaz de convertirse en una restricción al bloquear o afectar la meta de la organización por lo que debemos subordinarnos al cliente o mercado.

#### **3.4.1.3.3 Tratamiento de las Restricciones:**

##### **3.4.1.3.3.1 Restricciones Administrables:**

Estas son las físicas, la fricción humana y la filosófica de mercado. Para tratar estas restricciones hay que se utiliza el proceso de focalización para las físicas, una variación de este proceso para las de fricción humana y la subordinación para la filosófica de mercado.

##### **3.4.1.3.3.2 Restricciones Eliminables:**

Estas son las políticas y paradigmas. Este tipo de restricciones se las debe eliminar al cambiarlas por nuevas políticas y paradigmas.

#### **3.4.2 Medidas Fundamentales:**

Para saber si nuestras acciones nos conducen a la meta se deben medir los resultados conseguidos mediante tres medidas fundamentales.

##### **3.4.2.1 Throughput:**

*“Es la velocidad en la que el sistema genera dinero a través de las ventas”*. El throughput se genera cuando el producto se vende y la venta ya no sea reversible (cuando ya no se pueda devolver la mercadería).

El throughput es el resultado del valor del precio de venta menos los costos totalmente variables.

### **3.4.2.2 Inversión:**

Es todo el dinero que la empresa invierte comprando cosas que pretende o puede vender, también están dentro de este rubro las maquinarias y edificios. Es todo el dinero que el sistema captura.

Bajo TOC, los inventarios de materia prima, de producto en proceso y de producto terminado son valuados por su precio de compra. Los otros inventarios (activos fijos) también son valorados por su precio de compra menos la depreciación causada, que va al gasto.

### **3.4.2.3 Gasto Operacional:**

Es todo el dinero que se gasta para convertir la inversión en throughput. Este rubro incluye los sueldos, energía, depreciación, desperdicios, gastos de fábrica, etc. Son los gastos no asignables directamente a los productos o servicios.

Para verificar si nos acercamos a la meta debemos incrementar el throughput mientras reducimos la inversión y los gastos operacionales.

### **3.4.3 Proceso de Focalización:**

Antes de iniciar el proceso de focalización para lograr un mejoramiento continuo acelerado se debe cumplir con los siguientes prerequisites:

- Definir la meta del sistema.
- Definir los indicadores que medirán la consecución de la meta.

Existen dos procesos de focalización. El primer proceso de focalización consta de cinco pasos, y se utiliza para las restricciones de tipo físicas; el segundo consta de cuatro pasos y se utiliza para restricciones de tipo políticas.

### **3.4.3.1 Primer Proceso de Focalización:**

#### **3.4.3.1.1 Paso 1 - IDENTIFICAR las restricciones de la empresa:**

Este paso puede ser el más difícil ya que normalmente llamamos "restricción" a los síntomas de no usar correctamente nuestro sistema. En general sentimos que tenemos miles de restricciones: falta de gente, falta de máquinas, falta de materiales, falta de dinero, falta de espacio, políticas macroeconómicas, ausentismo, exceso de stocks, etc.

La Teoría General de los Sistemas sostiene que cualquiera sea el sistema y su meta, siempre hay unos pocos elementos que determinan su capacidad, sin importar cuán complejo o complicado sea.

##### **3.4.3.1.1.1 ¿Cómo identificar a las restricciones?**

TOC propone construir un ARBOL DE REALIDAD ACTUAL, que es una técnica que permite explicitar las interdependencias que existen en el sistema en estudio y encontrar los problemas medulares (O restricciones).

Un error bastante típico en Operaciones (Producción y Servicios) es considerar que la restricción es el lugar donde se acumulan los stocks dentro del sistema. Esto no es siempre correcto, sino que depende de las interdependencias que existen. Veamos algunos ejemplos sencillos:

En un hospital un médico tiene la sala llena de pacientes. Se podría pensar, apresuradamente, que la restricción es el médico. Analizando las interdependencias se descubrió que, una vez que entra el paciente al consultorio, el médico está varios minutos esperando que le llegue la historia clínica correspondiente. ¿Cuál es la restricción?

En una fábrica hay mucho stock de producto en proceso delante de la máquina A y el puesto de ensamble B. Se podría pensar, apresuradamente, que ambos son restricciones. Analizando las interdependencias se descubrió que la máquina A abastece al puesto B de uno de los componentes necesarios para realizar la operación de ensamblaje y que delante de la máquina B hay stock de todos los componentes excepto del proveniente de la máquina A y de otro componente comprado a un proveedor externo. Compras dice que el proveedor en cuestión no le entrega el componente por falta de pago. ¿Cuáles son las restricciones del sistema?

Estos sencillos ejemplos muestran que es fundamental explicitar todas las interdependencias que existen en un sistema ya que de este modo se puede descubrir cómo impactan las decisiones de un área o departamento sobre las otras áreas o departamentos. Es fundamental, entonces, hacer el Arbol de Realidad Actual del sistema.

TOC propone el Proceso de Focalización, y un conjunto de herramientas para ponerlo en práctica, como elemento para facilitar la gestión y mejora sistémica de toda empresa.

#### **3.4.3.1.2 Paso 2 - Decidir cómo EXPLOTAR las restricciones:**

Las restricciones impiden al sistema alcanzar un mejor desempeño en relación a su Meta (Sea ésta ganar dinero, cuidar la salud de la población, aumentar el nivel cultural de la Sociedad, etc.). Es fundamental, entonces, decidir cuidadosamente cómo vamos a utilizarlas, cómo vamos a explotarlas.

Dependiendo de cuáles sean las restricciones del sistema, existen numerosos métodos para obtener de ellas el máximo provecho. En "El Síndrome del Pajar", el Dr. Goldratt presenta un método para explotar una restricción física interna. En otra sección del mismo libro, se analiza en detalle qué significa EXPLOTAR las restricciones del sistema en el contexto del área de Producción.

Ejemplos sencillos de cómo explotar una restricción son los siguientes:

La restricción es una máquina: Se le deberían asignar los operarios más hábiles, se debería hacer control de calidad antes de que la misma procese las piezas, se debería

evitar las paradas para almorzar (Rotando a la gente), se debería evitar que quedara sin trabajar por falta de materiales (Incorporación de buffers de tiempo), se lo debería dotar de un programa óptimo donde cada minuto se aproveche para cumplir los compromisos con los clientes, etc.

La restricción está en el Mercado (No hay ventas suficientes): Asegurarse que todos los pedidos se despachan en el plazo comprometido con los clientes. No hay excusa ya que la empresa tiene más capacidad de producción que la demanda del Mercado. Muchas veces, al bajar la demanda se reduce la capacidad de producción (Despidos), esto lleva a que no se puedan cumplir los plazos comprometidos, lo que a su vez reduce aún más las ventas, lo que aumenta los despidos, etc.

La restricción es una materia prima (El abastecimiento es menor que las necesidades de la empresa): Minimizar las pérdidas por mala calidad, no fabricar cantidades mayores a las se van a vender en el corto plazo, etc.

#### **3.4.3.1.3 Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior:**

Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema, según fue definido en el paso anterior.

Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen. Por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de manera de facilitar que las restricciones puedan ser explotadas según lo decidido en el Paso 2.

Es esencial, entonces, tener en cuenta las interdependencias que existen si se quiere realizar con éxito la subordinación. Pueden ser de gran ayuda en este paso la NUBE DE CONFLICTO y el ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA.

Aunque no es tarea sencilla IDENTIFICAR las restricciones, intuitivamente sabemos que existen. EXPLOTARLAS significa obtener lo máximo posible de ellas, lo que tampoco se opone a nuestra forma de pensar tradicional. Pero ... ¿SUBORDINAR todo lo demás al ritmo que marcan las restricciones? ¿Obligar a la mayoría de los recursos a

trabajar menos de lo que podrían? Eso sí que es exactamente opuesto al pensamiento tradicional.

#### **3.4.3.1.4 Paso 4 - ELEVAR las restricciones de la empresa:**

Para seguir mejorando es necesario aumentar la capacidad de las restricciones. Éste es el significado de ELEVAR. Ejemplos de ELEVAR las restricciones del sistema son:

- La compra de una nueva máquina similar a la restricción.
- La contratación de más personas con las habilidades adecuadas
- La incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente son restricción
- La construcción de una nueva fábrica para satisfacer una demanda en crecimiento.

En general nuestra tendencia es realizar este paso sin haber completado los pasos 2 y 3. Procediendo de ese modo estamos aumentando la capacidad del sistema sin haber obtenido aún el máximo provecho del mismo según como estaba definido originalmente.

Dado que, normalmente, el Paso 4 implica acciones que exigen mucho esfuerzo, tiempo y dinero, se recomienda no llevarlo a cabo hasta estar seguros de que se hayan implementado con éxito los pasos anteriores. Esta forma de proceder ayudará, además, a generar más recursos propios para afrontar las inversiones necesarias.

#### **3.4.3.1.5 Paso 5 - Volver al Paso 1:**

En cuanto se ha elevado una restricción debemos preguntarnos si ésta sigue siendo tal o si ahora existen otros recursos con menor capacidad. Debemos, entonces, volver al Paso 1, comenzando nuevamente el Proceso.

Es importante hacer aquí una advertencia: ¡CUIDADO CON LA INERCIA!. En los pasos 1 a 3 hemos definido las reglas de funcionamiento de la empresa considerando las

restricciones existentes en ese momento. Si las restricciones han cambiado se deberán modificar todas esas reglas.

El Proceso de Focalización propuesto por TOC esta diseñado para ORIENTAR los esfuerzos de mejora de manera de conseguir el máximo impacto en cada momento de la vida del sistema.

#### **3.4.3.2 Segundo Proceso de Focalización:**

Este segundo Proceso de Focalización es una variación del primero y se aplica a las restricciones de tipo políticas ya que los pasos 2 y 3 del primer proceso no tienen sentido cuando las restricciones son políticas, por ejemplo subordinarse a un criterio de decisión erróneo. Este proceso consta de cuatro pasos:

- Paso 1 - ¿QUÉ CAMBIAR? (IDENTIFICAR las restricciones de la empresa).

Paso 2 - ¿HACIA QUÉ CAMBIAR? (ELEVAR las restricciones de la empresa, etapa de diseño de una solución a la situación problemática).

¿Cómo inducir el Cambio? (ELEVAR las restricciones de la empresa, etapa de implementación).

Volver al paso 1.

#### **3.5 Herramientas de TOC<sup>13</sup>:**

Las herramientas TOC son procesos de pensamiento que nos permiten usar las lógicas de causa y efecto, y de necesidad; para primero ganar un entendimiento de nuestra realidad y por qué ésta es como es, y luego encontrar caminos para mejorarla por medio de alterar los supuestos / casualidades actualmente prevalerte.

Las herramientas TOC se basan en dos construcciones lógicas:

---

<sup>13</sup> Herramientas de TOC: [www.dbrmfg.co.nz](http://www.dbrmfg.co.nz)

Casualidad: “SI.....Entonces.....”

Necesidad: “Para que....Yo tengo que....”

Las herramientas TOC nos sirven para contestar las preguntas básicas del proceso de mejoramiento continuo:

- ¿Qué cambiar?
- ¿Hacia qué cambiar?
- ¿Cómo causar el cambio?

Las herramientas TOC son las siguientes:

- Proceso de Nube Genérica.
- Nube en Evaporación.
- Árbol de Prerrequisitos (PRT)
- Árbol de Realidad Actual (CRT)
- Árbol de Realidad Futura (FRT).
- Árbol de Transición (TRT).
- Reserva de Rama Negativa (NBR).

Desde el punto de vista del tipo de construcción de lógica a las herramientas se las puede agrupar de la siguiente manera:

<b>Necesidad</b>	<b>Causalidad</b>
Proceso de Nube Genérica	Árbol de Realidad Actual
Nube en Evaporación	Árbol de Realidad Futura
Árbol de Prerrequisitos	Árbol de Transición
	Reserva de Rama Negativa

Tabla 3.1: Herramientas TOC para Necesidad y Causalidad

Desde el punto de vista de las preguntas básicas se las puede agrupar de la siguiente manera:

<b>¿Qué Cambiar?</b>	<b>¿Hacia qué Cambiar?</b>	<b>¿Cómo causar el Cambio?</b>
Proceso de Nube Genérica	Nube en Evaporación	Árbol de Prerrequisitos
Árbol de Realidad Actual	Árbol de Realidad Futura	Árbol de Transición
	Reserva de Ramas Negativas	Proceso de Aceptación TOC

Tabla 3.2: Herramientas TOC para preguntas básicas.

### 3.5.1 Proceso de Nube Genérica:

El proceso de nube genérica es un diagrama de resolución de conflictos entre dos acciones. El conflicto puede ser de dos tipos:

- **Condiciones Opuestas:** Se refiere a las condiciones que son mutuamente exclusivas. Por ejemplo: Día y Noche son mutuamente exclusivas.
- **Alternativas Diferentes:** que se excluyen entre ellas. Por ejemplo: Más dinero o Menos horas de trabajo son alternativas diferentes.

Esta herramienta nos sirve para identificar el conflicto modular que es la causa de todos los efectos indeseables.

La nube es la herramienta de opción buscando obtener comprensión y acuerdo en la naturaleza del problema del centro o conflicto del centro, sobre todo las suposiciones que dan lugar al problema. Esto se describe a menudo como la dirección del problema.

### **3.5.2 Evaporación de la Nube:**

Esta herramienta TOC se utiliza para resolver un conflicto presentado como una nube de conflicto, desarrollada por el proceso de nube genérica.

### **3.5.3 Árbol de Realidad Actual:**

Es muy común que en una empresa un mismo problema sea resuelto una y otra vez. Esto sucede cuando resolvimos o minimizamos los síntomas pero no el problema. El árbol de realidad actual nos sirve para encontrar el problema que es el causante de todos los síntomas.

En otras palabras el árbol de realidad actual mapea una secuencia de causa y efectos desde el núcleo del problema. La mayoría de los síntomas surgen de un problema central, al remover el problema central podremos remover todos los síntomas.

### **3.5.4 Árbol de Realidad Futura:**

El árbol de realidad futura sirve para representar lo que podemos esperar en el futuro al introducir un nuevo elemento en nuestra realidad. Este nuevo elemento es la inyección que hemos desarrollado para evaporar un problema o conflicto.

En otras palabras el árbol de realidad futura nos sirve para entender y ponernos de acuerdo que la solución que hemos escogido provocará los resultados esperados.

### **3.5.5 Reserva de Ramas Negativas:**

Esta herramienta TOC es una variación del árbol de realidad futura que se desarrolló debido a que una de las inyecciones provocó un resultado negativo. A esta rama negativa se la trata por separado.

### **3.5.6 Árbol de Prerrequisitos:**

Este es el árbol más importante del proceso de pensamiento TOC, nos sirve para vencer a todos los obstáculos que nos impiden implementar nuestro plan. De hecho este árbol se transforma en el plan de implementación. Además es el árbol al que se le asignan los cronogramas, responsabilidades y recursos.

### 3.6 Aplicaciones de TOC:

TOC se puede aplicar a cualquier área de una empresa. A continuación se muestra un cuadro con la aplicación TOC correspondiente a las más importantes áreas de la empresa:

AREA	APLICACION TOC
Producción	Tambor – Amortiguador – Cuerda (DBR, Drum – Buffer – Rope))
Distribución	RAM (Reposición Activada por el Mercado)
Proyectos	Gestión de Proyectos de Cadena Crítica (CC-PM, Critical Chain Project Managment)
Mercadeo	Oferta Irrefutable
Proveedores	Oferta Irrefutable
Ventas	Proceso de Aceptación (Buy-In)

Tabla 3.3: Aplicaciones de TOC.

#### 3.6.1 Tambor – Amortiguador – Cuerda (TAC)<sup>14</sup>:

La clave de TOC es que la operación de cualquier sistema complejo consiste en realidad en una gran cadena de recursos inter-dependientes (máquinas, centros de trabajo, instalaciones) pero solo unos pocos de ellos, los cuellos botella (llamados restricciones) condicionan la salida de toda la producción. Reconocer esta interdependencia y el papel clave de los cuellos de botella es el primer paso que las compañías que implementan TOC tienen que dar para crear soluciones simples y comprensibles para sus complejos problemas.

En el lenguaje de TOC, los cuellos de botella (restricciones) que condicionan la salida de la producción son llamados Drums (tambores), ya que ellos determinan la capacidad de producción (como el ritmo de un tambor en un desfile). De esta analogía proviene el método llamado Drum-Buffer-Rope (Tambor - Amortiguador - Cuerda) que es la aplicación de la Teoría de las Restricciones en la producción.

DBR (Drum-Buffer-Rope) es una metodología de planeamiento, programación y ejecución que aparece como resultado de aplicar TOC a la programación de una fabrica. DBR aplica perfectamente la mecánica de programación de TOC y la hace fácil de

---

<sup>14</sup> DBR: [www.cimatic.com.ar](http://www.cimatic.com.ar)

entender e implementar en la planta. Esta simplicidad es lo que hace tan poderoso al DBR.

El Drum (tambor) se refiere a los cuellos de botella (recursos con capacidad restringida) que marcan el paso de toda la fábrica.

El Buffer es un amortiguador de impactos basado en el tiempo, que protege al throughput (ingreso de dinero a través de las ventas) de las interrupciones del día a día y asegura que el Drum (tambor) nunca se quede sin material.

En lugar de los tradicionales Inventarios de Seguridad "basados en cantidades de material" los Buffer recomendados por TOC están "basados en tiempo de proceso". Es decir, en lugar de tener una cantidad adicional de material, se hace llegar el material a los puntos críticos con una cierta anticipación.

En lugar de situar Buffers de inventario en cada operación, lo cual aumenta innecesariamente los tiempos de fabricación, las compañías que implementan TOC sitúan Buffers de tiempo solo en ubicaciones estratégicas que se relacionan con restricciones específicas dentro del sistema.

El tiempo de preparación y ejecución necesario para todas las operaciones anteriores al Drum, más el tiempo del Buffer, es llamado "Rope-length" (longitud de la soga).

La liberación de materias primas y materiales a la planta, está entonces "atada" a la programación del Tambor. Ningún material puede entregarse a la planta antes de lo que la "longitud de la soga" permite, de este modo cada producto es "tirado por la soga" a través de la planta. Esto coordina todas las operaciones al ritmo del Tambor, lográndose un flujo de materiales rápido y uniforme a través de la compleja red de procesos de una fábrica.

El método de programación DBR (Drum-Buffer-Rope) puede llevar a beneficios substanciales en la cadena de suministros asegurando que la planta esté funcionando a la máxima velocidad con el mínimo de inventarios y alcanzando a satisfacer demandas inesperadamente altas.

La restricción sola no puede asegurar la entrega a los clientes. Se necesita soporte de los otros recursos, lo que significa que la restricción queda libre al azar cuando uno de los recursos que la alimenta se detiene. Bajo DBR, la solución no es llevar a toda la planta a una inestabilidad violenta reaccionando a cada problema, sino proteger los recursos críticos de "Murphy" usando amortiguadores de tiempo. Con éstos, en un mundo perfecto, los trabajos llegarán un tiempo antes de que los necesite el recurso crítico. Sin embargo, en el mundo real, se retrasan - pero igualmente llegan a tiempo para que el recurso crítico siga funcionando.

Además de maximizar la entrega a los clientes, la otra necesidad clave en las plantas actuales es proveer una respuesta rápida a los clientes. Tener grandes inventarios de productos terminados es una manera extremadamente costosa de garantizar la respuesta requerida si la demanda del mercado no puede predecirse con exactitud o si el riesgo de que los productos se vuelvan obsoletos es muy alto debido a cambios de diseño constantes y la introducción de nuevos productos. Mover el material más rápidamente a través de la planta es la única alternativa sensata, especialmente en plantas donde el tiempo en colas de trabajo ocupa más del 80%.

Como cualquier administrador de producción puede aseverar, un inventario innecesario obstaculiza el paso, e impide el flujo de material. Por lo tanto, DBR indica que la planta debe trabajar sólo en lo que sea necesario para alcanzar los requerimientos del mercado, no los que se requiere para mantener a los trabajadores y a las máquinas ocupadas. Además, el tiempo de salida de materiales debería ser controlado por lo que los cuellos de botella pueden fabricar (con los time-buffers apropiados). A esto se le llama atar el comienzo de operaciones al cuello de botella mediante la cuerda (ROPE).

Cuando el trabajo está programado correctamente para obtener la máxima performance sin interrupciones en los cuellos de botella, y cuando la salida de material está controlada para mantener esa performance sin crear colas innecesarias de trabajo en los recursos menos restringidos, una fabrica consigue el flujo óptimo. El Throughput (los productos producidos y enviados) estará maximizado; el trabajo en proceso (WIP) y el inventario de productos terminados será el mínimo; y el nivel de gastos de operación para mantener todo funcionando será el más bajo.

### **3.6.2 Administración de Proyectos de Cadena Crítica CC-PM<sup>15</sup>:**

Al administrar un proyecto siempre es muy difícil entregarlo a tiempo, dentro del presupuesto y con el alcance intacto. Esto se puede dar por las siguientes causas:

- Requisitos definidos en una manera inadecuada o pobre.
- Clientes que cambian de idea.
- Eventos inesperados.
- Poca comunicación.
- Mediciones del progreso del proyecto erróneas.
- Las personas claves no están disponibles cuando se las necesita.

CC-PM nos permite manejar todas estas incertidumbres de un proyecto eliminando las causas para el incumplimiento del proyecto en los aspectos antes mencionados. Lo hace con las siguientes bases:

- Establecer objetivos claros.
- Identificar todas las tareas.
- Establecer la secuencia lógica de las tareas.
- Buscar problemas potenciales.
- Manejar el proyecto concentrándose en la cadena crítica.
- Agregar uno o más elementos de seguridad a cada tarea, para cubrir cualquier contingencia.

---

<sup>15</sup> CC-PM: Manual de Proyectos.

CC-PM utiliza principios como “El Síndrome de Estudiante”, “El Huevo de los Tres Minuto”, “La ley de Parkinson”, entre los más importantes, para analizar el comportamiento del recurso humano.

CC-PM trabaja en base a la cadena crítica (La tarea que inicia más pronto y la que termina más tarde), y consta de los siguientes puntos:

**Mecanismo de Sincronización:** Nos permite reducir minimizar el multiproceso dañino que es la causa de que el tiempo de contingencia se desperdicie.

**Planificación de Proyectos:** Para este punto TOC utiliza lo que se conoce como la “Construcción de la Red” que se basa en la lógica de la necesidad. Resuelve las omisiones de los efectos de las dependencias y errores en las estimaciones de los tiempos de las tareas.

**Comportamiento de Recursos:** Se basa en el principio de “Corredor de Relevos”, que nos indica que el trabajo inicie tan pronto como se requiera, trabajar sin interrupciones para trabajar y anunciar la terminación inmediata cuando el criterio de la tarea esté plenamente alcanzado.

**Programación de Proyectos:** Utiliza la colocación de tiempos de seguridad (buffers) para proteger el desempeño del proyecto de las afecciones de la variabilidad de la tarea y ruta comenzando el trabajo en el tiempo apropiado.

**Comportamiento del Personal:** Resuelven los efectos del comportamiento humano.

**Control de Proyectos y Visibilidad:** Resuelve la utilización de tareas e hitos como indicadores en base a buffers agregados de tiempo que controlan la ejecución.

### **3.7 Resultado obtenidos con TOC<sup>16</sup>:**

Entre las empresas más conocidas a nivel mundial que han aplicado TOC en su funcionamiento están:

- 3M Corporation.
- Lucent Technologies.
- AT&T.
- M.W. Kellogg Corporation.
- Avery Dennison.
- National Semiconductor.
- Bethlehem Steel. - Sparrows Point Div.
- D'Agostino.
- Supermarkets, Inc.
- Northwest Airlines.
- Delta Airlines.
- Oregon Freeze Dry.
- Dupont Engineering.
- Philips Semiconductor.
- Ford Electronic.
- Pratt & Whitney.
- General Motors Corporation.
- Procter & Gamble.
- Harris Corporation.
- Rydell Group.
- Imperial Oil Ltd.
- Samsonite.
- Intel International.
- Saturn Development Company.
- Israeli Aircraft Wide-Body Directorate.

---

<sup>16</sup> Resultados con TOC: [www.cimatic.com.ar](http://www.cimatic.com.ar)

- Texas Instruments.
- Johnson Controls Inc.
- United States Air Force.
- Lockheed Martin.
- Western Textile Products.

El libro de Victoria Mabin y Steven Balderstone titulado "The World of the Theory Of Constraints" recolecta información de 82 empresas, entre las que aparecen grandes empresas como Boeing y General Motors, organizaciones militares como U.S. Air Force y PyMEs.

El resumen de algunos resultados obtenidos es:

- Reducción del 50% en el lead time.
- Mejora del 44% en el cumplimiento de las fechas de entrega
- Reducción del 49% en los inventarios.
- Incremento del 63% en ventas (Throughput).
- Incremento del 40% en las utilidades netas.

Otras fuentes revelan una importante reducción del 47% promedio en gastos indirectos de manufactura (activación, fletes extraordinarios, horas extras).

No es fácil que las empresas que aplican TOC publiquen sus resultados. Por ejemplo, General Motors accedió a difundir parte de sus resultados recién este año, en oportunidad del TOC World 2000, siendo que ya llevan más de 10 años usando esta metodología.

### **3.8 Conclusiones:**

La teoría de las restricciones es adaptable a todo tipo de empresa y se la puede aplicar a todas las áreas de éstas, ya que ha desarrollado una aplicación para todo tipo de actividad, por la diversidad de herramientas que utiliza y su simplicidad. TOC ha brindado resultados muy favorables a empresas internacionales muy conocidas probando su efectividad.

Pero para que las aplicaciones desarrolladas en esa teoría den los resultados esperados, previamente se debe capacitar al personal sobre ésta, además se debe tomar en cuenta que al iniciar el uso de estas aplicaciones debe pasar un período de tiempo para que la empresa aplique correctamente la teoría y se ajuste a la realidad de la de la empresa.

## **CAPITULO 4: ADMINISTRACION DEL INVENTARIO SEGÚN TOC:**

### **4.1 Antecedentes:**

Históricamente la cadena de distribución o abastecimiento ha sido una sola, en la que los artículos y productos terminados han sido puestos inmediatamente en la cadena de distribución tan cerca del cliente como sea posible, protegiendo las ventas con más inventario, pero al mismo tiempo los administradores financieros presionan para disminuir los inventarios; por lo que se viven en una constante mediación que junto al uso de pronósticos inexactos y a la variabilidad del mercado han provocado efectos negativos muy comunes:

- Tener en inventario una cantidad excesiva de productos por lo que se produce un costo de mantenimiento de inventario muy alto, se pierden productos debido a su obsolescencia y caducidad, los clientes no compran productos que estén cerca de caducar.
- Tener en inventario una cantidad insuficiente de productos por lo que al momento de realizar una venta, el cliente no va a encontrar lo que está buscando y se perderá la venta.
- Una mala distribución de los productos a lo largo de la cadena de abastecimiento, es decir, en una bodega se tiene exceso de un producto que en otra bodega falte; por lo que no se pueden embarcar pedidos completos y habrán gastos adicionales por el traspaso de los productos faltantes del pedido de una bodega a otra, además se producirá un retraso en la entrega del pedido perdiendo credibilidad con el cliente.

#### **4.2 ¿Qué propone TOC para administrar la cadena suministro?<sup>17</sup>**

TOC propone la aplicación conocida como Reposición Activada por el Mercado (RAM).

RAM provee un motor para explotar la restricción más importante en el caso de la distribución: el cliente. El objetivo del método RAM es administrar la cadena de suministro de manera que se garantice el servicio al cliente con el mínimo inventario y gasto de operación posible. Tratando a cada nodo de la cadena de distribución como un buffer manteniendo la mayoría del stock en donde están más protegidos en la bodega de la planta o central. Mejorar substancialmente el nivel de servicio al cliente con inventarios más pequeños, lo hace con una mayor frecuencia de reabastecimiento y con un menor tiempo de reposición en los nodos de la cadena de abastecimiento. No requiere de pronósticos por que todo lo que se vende se repone.

Como se vio anteriormente existen tres problemas muy comunes y perjudiciales en la distribución: Inventarios paranoicos e inventarios más distribuidos en la cadena de abastecimiento, y falta de inventario; como se muestra en el siguiente diagrama:

---

<sup>17</sup>RAM: [www.cimatic.com.ar](http://www.cimatic.com.ar)  
[www.goldratt.com.mx](http://www.goldratt.com.mx)

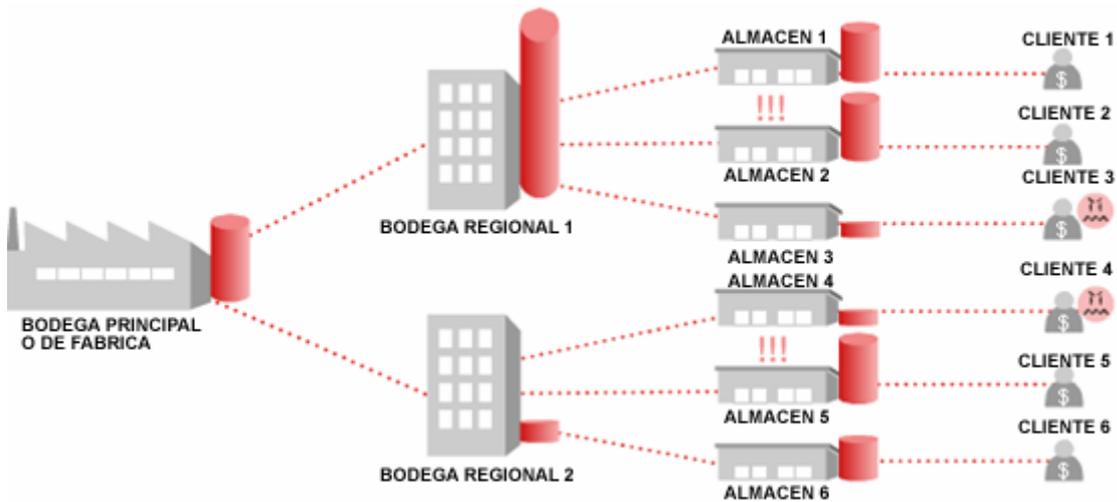


Diagrama 4.1: Cadena de distribución manejada incorrectamente.

Este diagrama representa los problemas que se pueden dar bajo una mala distribución. La Bodega Regional 1 para evitar ventas mantiene un inventario paranoico y mal pronosticado ya que no tiene los productos necesarios para resurtir al Almacén 3 y como consecuencia de ésta el Almacén 3 está perdiendo ventas y credibilidad. Así mismo el Almacén 2 tiene un inventario demasiado grande y por ende costoso que provocará que se pierdan productos que caduquen, se vuelvan obsoletos o se deterioren (lo mismo pasará en la Bodega Regional 1). La Bodega Regional 2 está a punto de quedarse sin nada de inventario y no podrá resurtir a los almacenes, como es el caso de el Almacén 4 que ya no tiene artículos en inventario y esto mismo pasará pronto en el Almacén 6, si se hubiera administrado de manera correcta el exceso de inventario del Almacén 5 estuviera en el Almacén 4 y 6. Debido a que la Bodega Regional 1 maneja un inventario paranoico, la Bodega Principal debe mantener un nivel muy alto de inventario para poder satisfacer los pedidos de la Bodega Regional 1, pero a pesar de esto no puede resurtir a tiempo a la Bodega Regional 2 por el uso de pronósticos erróneos, y factores como la Variabilidad del Mercado.

RAM encontró las causas de estos problemas que son:

- Se mantienen inventarios paranoicos debido a que el tiempo para conseguir nuevo material, producir y transportar (en el caso de fabricas) y/o el tiempo de realizar pedidos a proveedores, recibir, revisar y entregar al cliente (en caso de almacenes) es más largo de lo que el cliente está dispuesto a esperar.
- Se distribuyen mal los productos a lo largo de la cadena de abastecimiento y hay falta de inventario de algunos productos porque no sabemos de manera anticipada y precisa, de dónde, cuánto y cuándo es la demanda del mercado, osea, que el pronóstico no es exacto.

#### **4.3 ¿Cómo soluciona TOC los problemas en la Distribución?**

La solución desarrollada por Goldratt para los problemas en la distribución es la de mantener suficiente inventario en las bodegas regionales para siempre poder satisfacer la demanda de los clientes durante el tiempo que le toma a la bodega principal o la planta resurtir a las bodegas regionales, evitando gastos innecesarios por niveles de inventario paranoico, por pérdida de productos por caducidad, deterioro o por volverse obsoletos. También se consigue un mayor número de entregas de pedidos completos y a tiempo ganado confianza con los clientes y por ende a futuro generará mayores ventas.

También se debe mantener suficiente inventario en la bodega principal o de la planta para que siempre se pueda resurtir a las bodegas regionales lo que cada una de éstas haya embarcado a sus clientes.

Tanto en las bodegas regionales como en la principal se debe tener un stock de seguridad en caso problemas inesperados para minimizar su efecto y poder afrontar este tipo de problemas de la mejor manera posible, este stock de seguridad debe ser dimensionado de manera que no se vuelva al problema de tener niveles de inventario muy grandes.

Todo este proceso debe ser constantemente monitoreado para detectar posibles falencias y mantenerse al día con la realidad del mercado que varía constantemente.

RAM para lograr su objetivo aplicando la agregación estadística<sup>18</sup>, concentra el inventario en puntos estratégicos, desde los cuales se reponen frecuentemente los productos consumidos en otros eslabones.

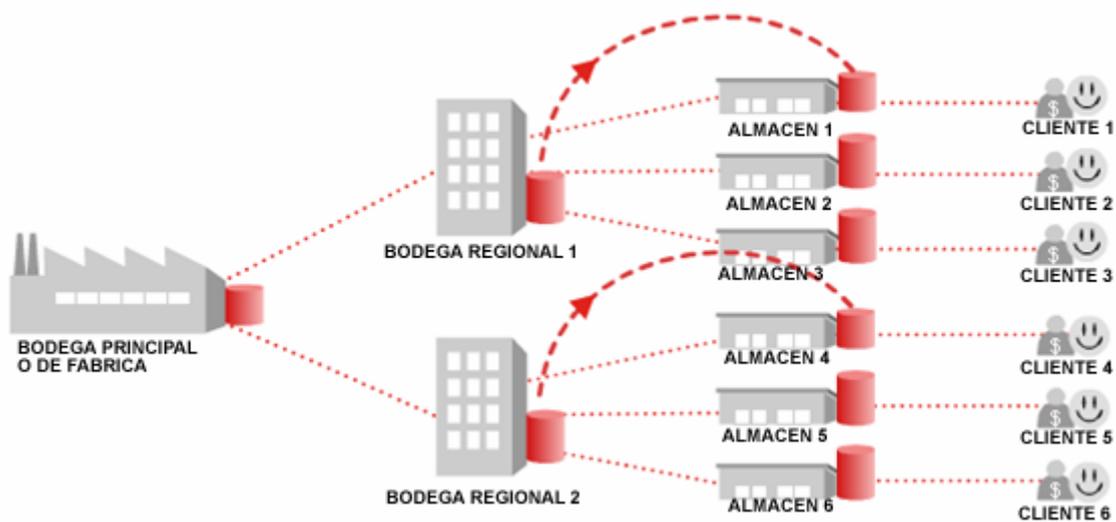


Diagrama 4.2: Cadena de distribución manejada correctamente.

Como se muestra en el diagrama 4.2 comparándolo con el diagrama 4.1, el nivel de inventario de la Bodega Principal ha baja a casi la mitad y está cumpliendo con el reabastecimiento de las Bodegas Regionales. En la Bodega Regional 1 ya no mantienen inventarios paranoicos y la Bodega Regional 2 no tiene falta de inventario, éstas bodegas distribuyen eficientemente a los Almacenes y a su vez estos tienen siempre el inventario suficiente para la demanda de los clientes. Se ve que en el Almacén 1 y 4 ya está bajando el nivel del inventario pero al mismo tiempo la Bodega regional 1 y 2 ya envió una reposición que llegara a tiempo para evitar pérdida de ventas. Se ve que de manera general, es decir tanto para las bodegas como para los almacenes bajo considerablemente el nivel de inventario reduciendo mucho los costos de mantenimiento del mismo y al mismo tiempo evitando pérdidas por inventario insuficiente.

<sup>18</sup> Ver Anexo 3.

Todo el proceso de administración del inventario según TOC es complejo y demorado realizarlo en forma manual, debido especialmente al volumen de información que se usa para optimizar a la distribución. Por esto es necesario un software que agilice que brinde resultados inmediatos y totalmente confiables para tomar las decisiones adecuadas a tiempo.

#### **4.3 Beneficios de RAM:**

- Reducción del inventario y su costo de mantenimiento.
- Aumentar la probabilidad de embarcar pedidos completos.
- Reducción considerable del tiempo de entrega de los pedidos.
- Reducción de gastos de transporte.
- Aumento de la confiabilidad de la empresa.

#### **4.4 Funcionamiento de RAM:**

RAM evita los dos problemas más dañinos que se dan en la distribución: artículos mal distribuidos en los nodos y el uso de pronósticos.

RAM no necesita pronósticos por que utiliza respuestas rápidas a eventos recientes del pasado, consolida la demanda de todos los puntos de venta, subordina los nodos base a los nodos de puntos de venta y pone protección donde mejor protegerá a la cadena de abastecimiento, osea, más cerca de la planta o bodega central evitando la mala ubicación de los artículos.

Amortiguadores de inventario o buffers son parte esencial de RAM, cada artículo en cada nodo de la distribución tiene su propio tamaño de buffer. Este incluye un stock de seguridad y su utilidad viene dado por la frecuencia y rapidez con la que se reemplazan los productos consumidos.

#### 4.5 Manejo del Buffer:

Al tamaño de buffer de cada artículo se lo divide en tres partes iguales que se pueden considerar estados. En el caso que el tamaño sea de 900 se lo graficaría de la siguiente manera:

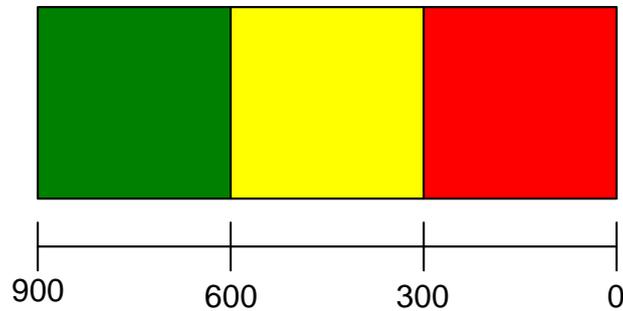


Diagrama 4.3: Estados Básicos del Buffer.

Cada estado tiene su significado:

- Si el número de artículos en existencia está en la zona verde entonces no debemos preocuparnos por este artículo aún.
- Si está en la zona amarilla debemos empezar a planificar el próximo pedido y realizarlo antes de que llegue a la zona roja.
- Si está en la zona roja significa que estamos en peligro de quedarnos sin stock de no haber realizado ya el pedido.

Por ejemplo: si el pedido se tarda 4 días en llegar a la empresa, la existencia del producto a lo largo de la frecuencia puede ser la siguiente:

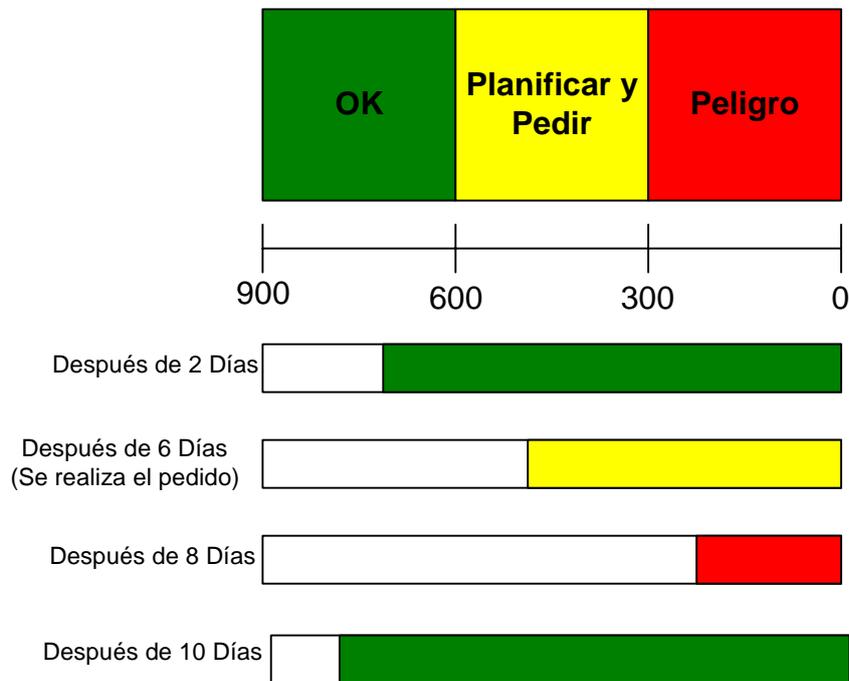


Diagrama 4.4: Ejemplo de Estados en Pedidos.

Adicionalmente se pueden añadir dos estados más para indicar cuando tenemos exceso de stock o cerro stock:

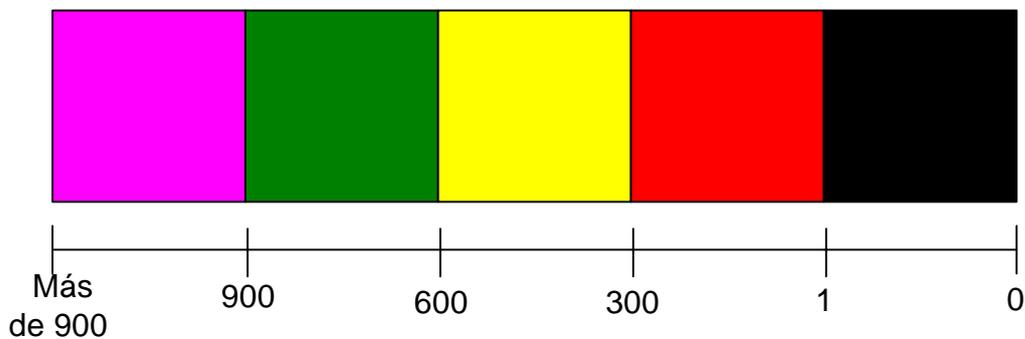


Diagrama 4.5: Estados Básicos y Complementarios del Buffer

#### 4.6 Cálculo del Tamaño de los Buffers:

Para calcular el tamaño del buffer para cada artículo se utilizan los siguientes factores:

##### 4.6.1 Factores:

RAM lo que hace es calcular el inventario ideal (Buffer) para cada punto de la cadena de distribución en base a al historial de ventas consolidado de los puntos a los que repone o distribuye. Para este cálculo se utiliza a los siguientes factores:

#### **4.6.1.1 Factor de Murphy<sup>19</sup>:**

Este es el factor de seguridad, nos sirve para minimizar las consecuencias de efectos negativos como por ejemplo incumplimiento de los proveedores. Para implementar este método en una empresa se sugiere un valor inicial es de 1.5, pero conforme pasa el tiempo ya aplicando este método su valor es ajustado a la realidad de la empresa. Este factor tiene el mismo valor en todos los eslabones de la cadena de suministros.

#### **4.6.1.2 Días de Aprovisionamiento:**

Es el número de días confiable de aprovisionamiento, en el que el o los proveedores se tardan en entregarnos cada artículo.

#### **4.6.1.3 Demanda Máxima:**

Este factor nos da la base para establecer el valor del buffer, se lo calcula en cada eslabón de la cadena para cada artículo, en base al historial de venta de los eslabones a los que repone el producto. En el último eslabón se usa la demanda máxima de cada artículo.

#### **4.6.2 Fórmula del Buffer:**

Para calcular el tamaño del buffer de cada artículo en cada punto de distribución, se lo hace con la siguiente fórmula:

$\text{Buffer} = \text{Demanda Máxima} * \text{Factor de Murphy} * \text{Días de Aprovisionamiento.}$

---

<sup>19</sup> Ver Anexo 4

En el siguiente diagrama se calcula el tamaño del buffer para un artículo del primer almacén:

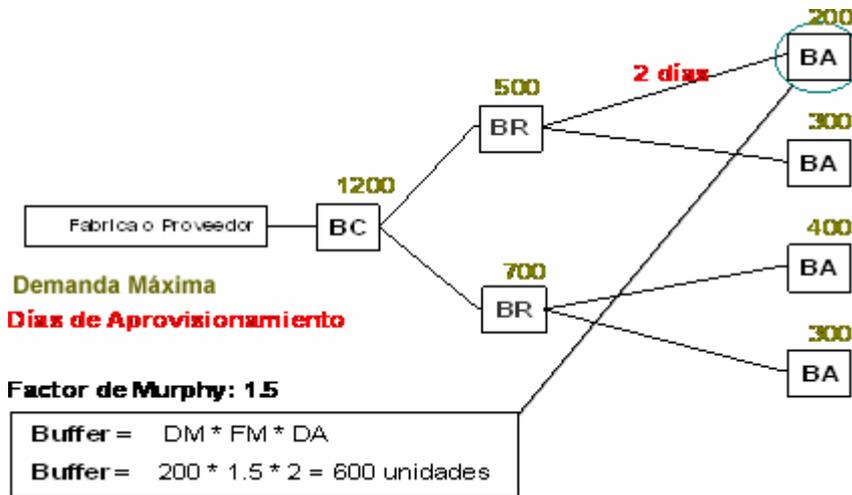


Diagrama 4.6: Ejemplo cadena de distribución TOC.

DM: Demanda Máxima.  
 FM: Factor de Murphy.  
 DA: Días de Reposición o Aprovisionamiento.

En este ejemplo el tamaño del buffer resultante es de 600 unidades.

#### 4.7 Gestión y Monitoreo del Buffer<sup>20</sup>:

Los buffers una vez en operación indican la cantidad de reabastecimiento y absorben pequeñas variaciones. Al mismo tiempo tienen dos funciones importantes:

- Reportar día a día que puede haber una potencial violación del stock.
- Retroalimentación cuando se llegan a ciertos niveles de violaciones en el buffer sugiriendo que el tamaño del buffer necesita ser recalculado para una mayor efectividad.

La gestión y monitoreo de los buffers es crucial; día a día nos muestra las señales alertándonos de problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas reales. Además nos provee de autodiagnósticos de que existe una protección muy pequeña o muy grande en el stock. Esto se ilustra en el siguiente gráfico:

<sup>20</sup> Gestión y Monitoreo del Buffer: [www.dbrmfg.co.nz](http://www.dbrmfg.co.nz)

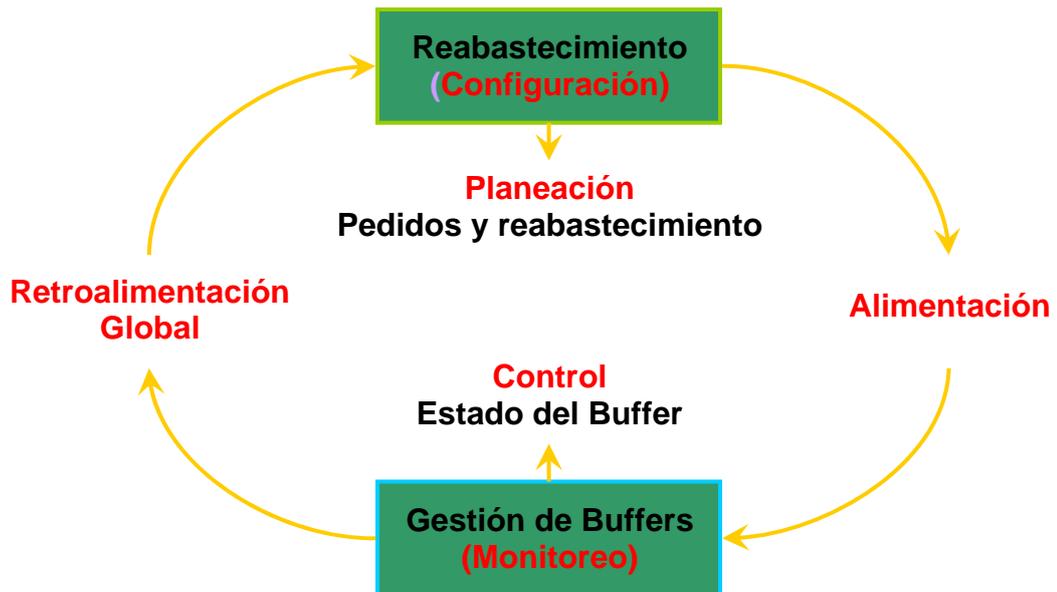


Diagrama 4.7: Gestión y Monitoreo de Buffers.

#### 4.8 Comparación entre los Modelos Tradicionales y RAM:

En los modelos tradicionales determinísticos para calcular el tamaño del lote de los artículos se considera que la demanda se siempre conocida y que el plazo de entrega es constante o nulo, lo que la mayoría de las realidades de la empresa no es correcto. En RAM no realiza estas consideraciones ya que toma en cuenta a factores como la variabilidad del mercado y el incumplimiento de los proveedores, minimizando el efecto de éstos.

En los modelos tradicionales probabilísticos para calcular el tamaño del lote de los artículos utilizan probabilidades que como se vio en el punto 2.3 no siempre son acertados; RAM usa probabilidad debido a que repone sólo lo que se ha consumido en base al tamaño del buffer de cada artículo.

Además en los métodos tradicionales, al no contar con mecanismos eficientes para enfrentar la variabilidad de la demanda, imprevistos con los proveedores y problemas secundarios como robos e incendios; mantienen inventarios demasiado grandes que en algunos casos se vuelven paranoicos. RAM reduce mucho el nivel del inventario en relación a los métodos tradicionales a pesar de ser parte del tamaño de buffer un nivel de seguridad para estos imprevistos, el tamaño del nivel de seguridad viene dado por el Factor de Murphy.

#### **4.9 Conclusión:**

Este método ha demostrado ser una solución muy efectiva para los problemas que se presentan en toda empresa al administrar sus inventarios, además de tener muchas ventajas en relación a los métodos tradicionales. Pero su implementación toma tiempo y se debe dar previamente la capacitación necesaria al personal de la empresa para que se adapten a la filosofía de trabajo del método. Además para que el método rinda los frutos deseados se debe pasar por un proceso de uso, verificación y corrección hasta encontrar los valores adecuados para la realidad de la empresa y del mercado; manteniendo siempre un monitoreo constante para realizar los ajustes necesarios a tiempo. Cabe recalcar que es universal, es decir, se puede aplicar en cualquier tipo de empresa que comercialice y/o distribuya artículos con demanda independiente.

## **Capítulo 5: Descripción del Software:**

### **5.1 Introducción:**

En este capítulo se describirá el software a desarrollar en este proyecto, las herramientas y lenguajes de programación, base de datos, etc; para su realización. También se incluirá la documentación sobre estándares de diseño y programación, diseño de la base de datos, diccionario de datos, etc.

### **5.2 Herramientas de Desarrollo:**

En este proyecto se utilizarán las siguientes herramientas:

- Microsoft SQL Sever 2000 Developer Edition: Se utilizará este software para la creación de la base de datos.
- Microsoft Visual FoxPro 8 Sp1: Para el desarrollo del software para manejar la base de datos.
- Shalom Help Maker: Para la realización de la ayuda en línea del software.
- Microsoft Word 2003 y Adobe Acrobat Reader 6 Profesional para el desarrollo de manuales del software.

### **5.3 Descripción del software:**

El proyecto de software a desarrollar generará y manejará la información de carácter gerencial, es decir, el software será un sistema que brinda oportunamente de manera totalmente confiable la información más importante para la toma de decisiones y la correcta administración de la distribución del inventario según la teoría de las restricciones.

Para cumplir con sus objetivos el software se enfocará en el indicador más importante que maneja la teoría de las restricciones, es decir el throughput, para la generación de información de carácter financiera. El sistema maneja los factores que utiliza TOC como son tamaño de buffers, días de reposición, demanda máxima, factor de murphy generando resultados con los porcentajes de cumplimiento y rendimiento de estos factores basándose en el histórico de transacciones.

Para corregir el tamaño del buffer de cada artículo que han quedado muy pequeños o muy grandes, se cuenta con un módulo para recalcular el mismo de manera que brinde los mejores resultados posibles permanentemente.

Para monitorear el estado de los artículos, es decir, el nivel actual respecto a su tamaño de buffer se cuenta con un módulo de gestión que muestra a los artículos deseados por medio de filtros basados en toda su información de los mismos. Este módulo también cuenta con historial de los cambios de nivel de los artículos, de igual manera se puede filtrar esta información para consultar a ciertos artículos de manera específica.

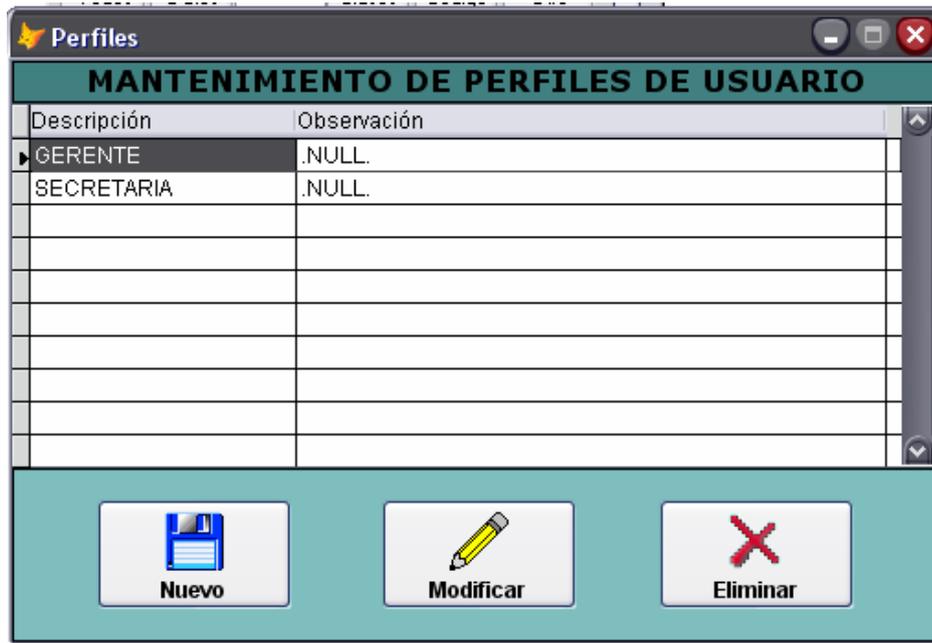
#### **5.4 Descripción de los Módulos del Software:**

A continuación se describirán a detalle cada módulo del software a desarrollar:

##### **5.4.1 Módulo de Usuarios:**

Para la seguridad del sistema en lo que respecta el acceso al mismo cuenta con este módulo que realiza el mantenimiento de usuarios y perfiles de usuario:

- **Perfiles de Usuario:** Los perfiles de usuario se utilizan para crear los distintos tipos de usuario y asignarles los permisos respectivos a ese tipo. Se puede crear modificar, eliminar y consultar.



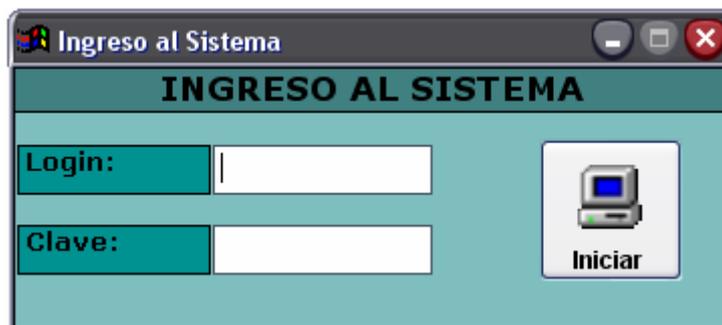
Pantalla 5.1: Mantenimiento de Perfiles de Usuario

- Usuarios: Los usuarios registran los datos de los usuarios finales del sistema, así como su login, contraseña y perfil para el acceso al sistema y validación de los permisos de acceso respectivos a su perfil. . Se puede crear modificar, eliminar y consultar.



## Pantalla 5.2: Mantenimiento de Usuarios

Para ingresar al sistema se debe el usuario debe escribir su nombre de usuario y contraseña.



Pantalla 5.3: Ingreso al Sistema

El usar perfiles permite que al momento de cambiar los permisos de acceso a un perfil, se cambiará automáticamente en todos los usuarios registrados con ese perfil.

El módulo también cuenta con pantallas para el cambio de su clave de acceso por parte del usuario final, por parte del administrador del sistema en caso de olvido de la clave.

### 5.4.2 Módulo de Gestión:

En este módulo se verificará el estado de los artículos, a través de la siguiente información:

Código: Código del artículo.

Artículo: Descripción del Artículo.

Buffer: Tamaño de Amortiguador o Buffer, calculado mediante la fórmula explicada en el punto 4.6.2.

Existencia: Cantidad en bodega actual del artículo.

Pedido: Cantidad comprada pendiente de recepción.

Asignado: Cantidad reservada para entrega de pedidos de clientes.

Disponible: Es igual a la existencia más lo pedido menos lo asignado.

Por Pedir: La cantidad recomendada para realizar un pedido, es igual al tamaño buffer menos el disponible.

Exceso: Cantidad del Artículo en Exceso: cuando el disponible es mayor al tamaño buffer.

Ordenado Por:	CODIGO	ARTICULO	BUFFER	EXISTENCIA	PEDIDO	ASIGNADO	DISPONIBLE	POR PEDIR	EXCESO
CODIGO	1	ART001	150	130	20	10	140	10	0
	2	ART002	150	80	0	0	80	70	0
ASCENDENTE	3	ART003	150	20	10	5	25	125	0
	4	ART004	150	180	0	0	180	-30	30
Consultar:	5	ART005	150	0	0	0	0	150	0

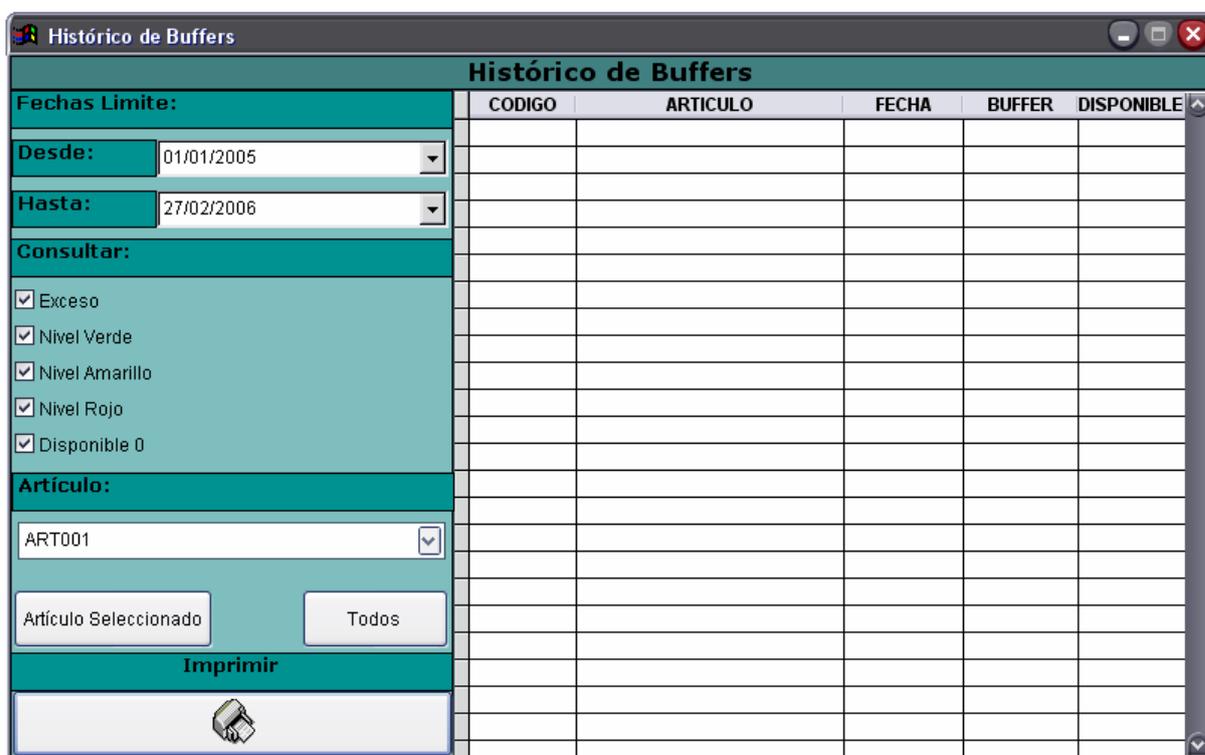
Pantalla 5.4: Estado de Artículos

Para la realización de consultas específicas se puede filtrar la información en base a los siguientes criterios (se puede seleccionar uno o varios de estos criterios): exceso, nivel verde, nivel amarillo, nivel rojo, disponible cero, pedidos mayores a cero, asignados mayores a cero. Además se puede ordenar la información en base al código o la descripción de los artículos; se puede imprimir cualquier consulta realizada.

Este módulo cuenta también con una pantalla para la consulta de los cambios de nivel de los artículos que incluye la siguiente información: código del artículo, descripción, fecha del cambio de nivel, tamaño del buffer del artículo en la fecha del cambio y el disponible al que cambio en esa fecha. Para esta consulta se puede filtrar el resultado en base a:

- Dos fechas límites (inicial y final).
- Un artículo seleccionado o todos los artículos.
- El nivel al que cambio (se puede seleccionar uno o varios), exceso, verde, amarillo, rojo y cero.

Se puede imprimir cualquier consulta realizada en esta pantalla.



Pantalla 5.5: Histórico de Buffers

El módulo de manera adicional cuenta con una pantalla para consultar las transacciones registradas filtradas por el tipo de la misma (compras, ventas, compras especiales o de temporada) y de un artículo seleccionado o de todos los artículos entre dos fechas límites. La consulta cuenta con la posibilidad de impresión y muestra la siguiente información: número de transacción, tipo de transacción, descripción del artículo, fecha del pedido a proveedor o del cliente, fecha de entrega o recepción, cantidad, el costo unitario, porcentaje de descuento, y el total.

Pantalla 5.6: Histórico de Transacciones

### 5.4.3 Módulo de Reportes:

A continuación se detalla cada pantalla de este módulo.

#### 5.4.3.1 Reportes Generales:

Pantalla 5.7: Reportes Generales

La pantalla reportes generales nos sirve para consultar de las transacciones de manera resumida el throughput y las cantidades vendidas y compradas para los casos que se requiera algún tipo de comprobación: información registrada en el sistema, verificación de cálculos.

Se puede seleccionar que dato en específico o todos los datos se pueden consultar entre las fechas seleccionadas. Se puede consultar: throughput, cantidades vendidas, cantidades compradas, cantidades vendidas y compradas para todos los artículos. A continuaciones muestra un reporte generado consultando todas las opciones.

### REPORTE DATOS GERENCIALES

Fecha de Elaboración: 02/27/06

Desde: 01/01/04

Hasta: 02/27/06

Página: 1

de 1

ARTICULO	CANT. COMPRAS	CANT. VENTAS	TOTAL COMPRAS	TOTAL VENTAS	THROUGHPUT
ART001	84	3	700	45	-655
ART002	245	155	2,083	7,363	5,280
ART003	129	164	5,505	12,792	7,287
ART004	280	145	1,370	1,698	328
ART005	250	135	580	1,080	500

Reporte 5.1: Reporte datos generales.

También se puede consultar las opciones throughput, cantidades vendidas, y cantidades compradas seleccionadas en base a los posibles criterios de búsqueda: que el resultado sea igual, mayor o igual, menor o igual, mayor, menor a una cantidad especificada por el usuario. Por ejemplo se consulta que el throughput sea mayor que 100 y generó el siguiente resultado:

### REPORTE DATOS GERENCIALES

Fecha de Elaboración: 01/24/06

Desde: 01/01/04

Hasta: 01/24/06

Página: 1

de 1

ARTICULO	THROUGHPUT
ART003	7,287
ART002	5,280
ART005	500
ART004	328

Reporte 5.2: Segundo Reporte de Datos Generales.

### 5.4.3.2 Reportes de Cumplimiento:

The screenshot shows a software window titled "Cumplimiento". The main heading is "CUMPLIMIENTO EN PEDIDOS". Below this, there are date limiters: "Desde: 01/01/2004" and "Hasta: 27/02/2006". A section titled "Consulta Individual:" contains a "Código:" field with "ART001" selected, a "Buscar" button, and a dropdown menu set to "COMPRAS A PROVEEDORES". There are "Vista Previa" and "Imprimir" buttons for this section. Below that, there are two sections: "Realizar Consulta de Pedidos a Proveedores:" and "Realizar Consulta de Pedidos de Clientes:", each with its own "Vista Previa" and "Imprimir" buttons.

Pantalla 5.8: Reportes de Cumplimiento

Los reportes de cumplimiento dan como resultado, expresado en porcentajes, si hemos o no cumplido en la entrega de pedidos a los clientes, o sea si hemos entregado a tiempo, con retraso, con anticipación en base al número de pedidos; estos resultados nos permiten tomar decisiones respecto al número de días que prometemos a los clientes (aumentar o disminuir), también nos muestra que es necesario llevar un mayor control en los procesos internos de la empresa desde la compra hasta la entrega del producto al cliente para hacer los cambios o ajuste necesarios. Estos reportes también nos brindan la misma información para las compras efectuadas a los proveedores, para tomar decisiones respecto a que proveedor comprar y que proveedor no comprar.

En esta pantalla se puede consultar si se ha cumplido a tiempo con retraso o anticipación tanto en la compra a proveedores como en la entrega a clientes. Para realizarlo utiliza como unidad los días esperados para recibir o entregar a tiempo y los días que tomo en realidad en recibir o entregar después de realizar los pedidos.

Como se ve a continuación el reporte muestra la siguiente información:

- Código del artículo.

- Descripción del artículo.
- Número total de pedidos.
- Porcentaje de pedidos recibidos o entregados a tiempo.
- Porcentaje de pedidos recibidos o entregados con anticipación.
- Porcentaje de pedidos recibidos o entregados con atraso.
- Total de días de atraso.
- Total de días de anticipación.
- Período mayor de atraso en días.
- Período mayor de anticipación en días



**REPORTE DE CUMPLIMIENTO**  
FECHAS DE RECEPCION DE PEDIDOS

FECHA DE EMISION: 01/24/06

PAGINA: 1 DE 1

DESDE: 01/01/04 HASTA: 01/24/06

Código	Descripción	#Total de Pedidos	Porcentaje de Recibidos a Tiempo	Porcentaje de Recibidos Anticipados	Porcentaje de Recibidos con Atraso	Total de días de Atraso	Total de días de Anticipación	# Mayor de días de Atraso	# Mayor de días de Anticipación
1	ART001	3	67%	33%	0%	0	2	0	2
2	ART002	3	0%	0%	100%	7	0	3	0
3	ART003	3	33%	0%	67%	4	0	3	0
4	ART004	4	25%	0%	75%	5	0	3	0
5	ART005	3	67%	0%	33%	4	0	4	0

Reporte 5.3: Reporte de Cumplimiento.

También se puede consultar el cumplimiento detallado de cada transacción utilizando como unidad el día para un artículo seleccionado, entre las fechas seleccionadas, tanto para compras como para ventas; este reporte nos permite verificar los resultados obtenidos en los otros reportes de cumplimiento y obtener la información de manera más detallada para que la toma de decisiones sea la más adecuada.

El reporte tiene como información:

- Número de transacción
- Fecha del pedido
- El número de días esperados para la entrega o recepción
- El número de días real de la entrega o recepción
- El cumplimiento resultante(a tiempo, atrasado, anticipado)
- El número de días en caso de que la entrega o recepción se la haya hecho anticipadamente

- El número de días en caso de que la entrega o recepción se la haya hecha de manera atrasada.

Al fin del reporte está el total de días de entregas o recepciones anticipadas y atrasadas.



**TOC**  
Teoría de las Restricciones  
Implementación sostenida para su empresa

**REPORTE DE CUMPLIMIENTO**  
FECHAS DE RECEPCION DE PEDIDOS

FECHA DE EMISION: 01/24/06

PAGINA: 1 DE 1

DESDE: 01/01/04		HASTA: 01/24/06	
CODIGO:1		DESCRIPCION: ART001	

Número	Fecha	Días Esperados	Tiempo de Recepción	Tipo de Recepción	Días de Anticipación	Días de Atraso
1	01/01/04	6	-2	ANTICIPADO	2	0
3	06/06/05	6	0	A TIEMPO	0	0
6	08/08/05	6	0	A TIEMPO	0	0

Reporte5.5: Segundo Reporte de Cumplimiento.

### 5.4.3.3 Reporte de Rendimiento del Tamaño de Buffers:



Pantalla 5.9: Reportes de Rendimiento de Buffers

Este reporte nos sirve para verificar y monitorear si el tamaño del buffer está cumpliendo su función, como es la de mantener el inventario la mínimo posible sin la pérdida de ventas, el resultado de este reporte nos informa si es o no necesario recalcular el tamaño de buffer de los artículos ya que nos muestra en forma de porcentajes, en un número determinado de días definido por el usuario, cuantos días estuvo en cada nivel del amortiguador y con esta información tomar la decisión más adecuada.

En esta pantalla se genera un reporte entre las fechas seleccionadas que muestra el porcentaje de días, en base al total de días resultante entre las fechas seleccionadas, en que los artículos estuvieron en cada posible estado en base al tamaño del buffer (exceso, verde, amarillo, rojo, cero).



**TOC**  
Teoría de las Restricciones  
Desarrollado especialmente para su empresa

### REPORTE DE RENDIMIENTO

#### TAMAÑO DE BUFFERS

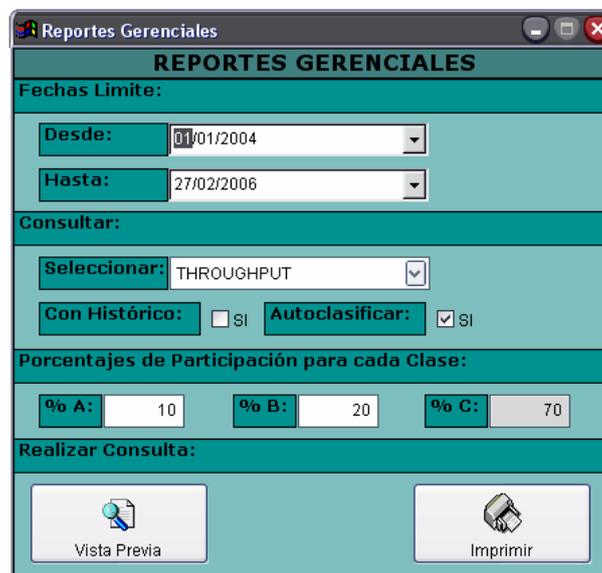
FECHA DE EMISION: 01/24/06
PAGINA: 1 DE 1

DESDE: 01/01/05
HASTA: 01/24/06

Código	Descripción	Cero	Rojo	Amarillo	Verde	Exceso	Total Días
1	ART001	0%	59%	17%	22%	0%	140
2	ART002	0%	45%	33%	21%	0%	140
3	ART003	0%	55%	20%	24%	0%	140
4	ART004	0%	74%	13%	12%	0%	140
5	ART005	0%	0%	43%	17%	38%	140

Reporte 5.6: Reporte de rendimiento de Tamaño de Buffers.

#### 5.4.3.5 Repotes Gerenciales:



Pantalla 5.10: Reportes Gerenciales.

Estos reportes dan como resultado la información financiera que representa el resultado de toda la gestión de la empresa, ya que nos muestra el throughput (indicador TOC más importante para la distribución), y los gasto por compras; clasificando según el Modelo

ABC desarrollado por Pareto para ver que porcentaje de artículos está generando la mayor parte de la utilidad y viceversa para determinar que artículos son los más importantes y en algunos casos dejar de comercializar ciertos artículos.

En esta pantalla se puede consultar dos opciones: throughput y compras entre dos fechas seleccionadas. Además cuenta con dos opciones adicionales que son autoclasificar en clases (Modelo ABC de Pareto<sup>21</sup>) según los porcentajes de participación seleccionados por el usuario; también se puede seleccionar si se quiere que el reporte muestre un histórico de resultados, es decir que haga el mismo proceso pero con todo el historial de transacciones.

En este reporte se muestra para cada artículo su porcentaje de participación (porcentaje calculado en base a la existencia total de los artículos, la participación acumulada (suma de los porcentajes de participación, en cada grupo en caso de seleccionar autoclasificación), el throughput o las compras representadas en moneda, el porcentaje de del throughput o compras del artículo en base al total de todos los artículos, el porcentaje de throughput o compras acumulado (agrupado por grupos si se seleccionó autoclasificación) , y la clase en la que corresponde en caso de haber seleccionado autoclasificación.



**REPORTE DE THROUGHPUT  
CLASIFICACION ABC**

FECHA DE EMISION: 01/24/06

PAGINA: 1 DE 1

DESDE: 01/01/04	HASTA: 01/24/06
<b>PORCENTAJES DE PARTICIPACION DE CLASES PARA AUTOCLASIFICACION</b>	
A: 10	B: 20 C: 70
<b>RESUMEN DE RESULTADOS DE AUTOCLASIFICACION</b>	
% Participación de A: 20%	% Participación de B: 40% % Participación de C: 40%
% Throughput de A: 57%	% Throughput de B: 45% % Throughput de C: -2%

Código	Artículo	Participación %	Participación Acumulada %	Throughput \$	Throughput %	Throughput Acumulado%	Clase
<b>Datos Histórico</b>							
3	ART003	20%	20%	7287.00	57%	57%	A
		20%	20%	7287.00	57%	57%	
2	ART002	20%	20%	5280.00	41%	41%	B
		20%	40%	5280.00	41%	96%	
5	ART005	20%	40%	500.00	4%	45%	B
		20%	60%	500.00	4%	102%	
4	ART004	20%	20%	328.00	3%	3%	C
		20%	80%	328.00	3%	105%	
1	ART001	20%	40%	-655.00	-5%	-2%	C
		20%	100%	-655.00	-5%	100%	

Reporte 5.7: Reporte Gerencial.

<sup>21</sup> Ver Anexo 2

#### 5.4.4 Módulo de Operaciones:

En este módulo se puede recalculan los valores del tamaño de buffer de cada artículo, además se pueden cambiar los valores parametrizados.



Pantalla 5.11: Recalculo del tamaño del buffer

Para el recálculo del tamaño de los amortiguadores se utiliza la fórmula planteada por TOC o también se puede usar el siguiente proceso:

- Se crea una tabla con el código del artículo, el tamaño de buffer, días de reposición, el disponible y fecha de última.
- Se lee la tabla creada en el paso anterior y se utilizan las siguientes condiciones:

SI  $(\text{fecha\_actual} - \text{fecha\_última\_compra}) \leq \text{días\_reposición}$

SI  $\text{disponible} \leq (\text{tamaño\_buffer} / 3)$

$\text{Tamaño\_buffer} = \text{tamaño\_buffer} + (\text{tamaño\_buffer} / 3)$

FIN\_SI

FIN\_SI

SI  $(\text{fecha\_actual} - \text{fecha\_última\_compra}) > \text{días\_reposición}$

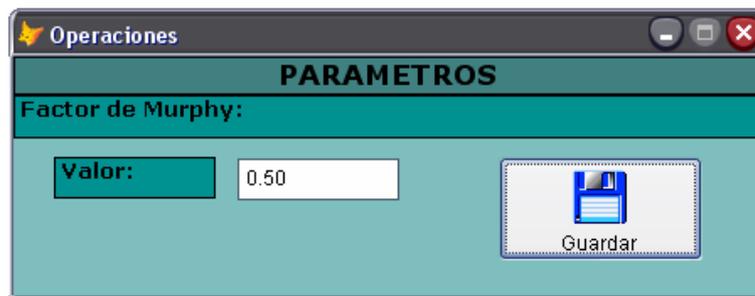
SI disponible > ((tamaño\_buffer /3)\*2)

Tamaño\_buffer = tamaño\_buffer - (tamaño\_buffer/3)

FIN\_SI

FIN\_SI

En resumen verifica que si el tiempo transcurrido desde la última compra es menor o igual que los días de reposición y el nivel del tamaño del amortiguador es rojo (tercer parte del tamaño del buffer) entonces quiere decir que el tamaño del buffer está muy pequeño y se lo aumenta en un tercio; si el tiempo transcurrido desde la última compra es mayor que las dos terceras partes del tamaño del buffer) entonces quiere decir que el tamaño del buffer está muy grande y se lo reduce en un tercio.



Pantalla 5.12: Valor Factor de Murphy

El parámetro a cambiar en este módulo es el valor del Factor de Murphy.

## **5.5 Documentación Software:**

A continuación se presenta la documentación desarrollada en el proceso de diseño y programación del software.

### **5.5.1 Estándares:**

La documentación para la estandarización fue la siguiente:

#### **5.5.1.1 Estándares de Base de Datos:**

Nombre de Tablas: Para el nombre de las tablas escribirá la palabra completa en plural. En caso de tener dos palabras el nombre constará con las primeras tres letras de la primera palabra y la segunda palabra completa en plural, unidas con un guión bajo. Por ejemplo:

Transacciones

Cab\_facturas

Nombre de los Atributos: Para nombrar a los atributos inicialmente se usarán las tres primeras letras del nombre de la tabla a la que pertenece en caso de que el nombre de la tabla sea de una palabra, si el nombre de la tabla consta de dos palabras se usará la primera letra de la primera palabra y las dos primeras letras de la segunda palabra. A continuación se escribirán la palabra o palabras completas del atributo en singular.

Por ejemplo:

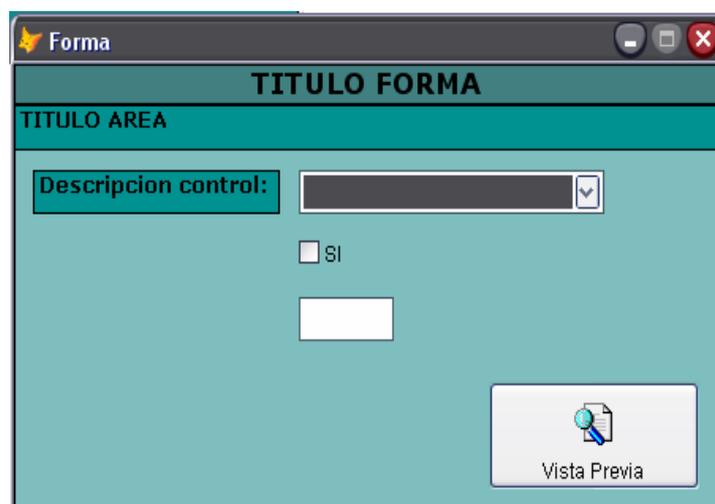
Tra\_numero

Tra\_fecha\_pedido

Llaves Primarias y Foráneas: Para indicar los atributos que sean llave primaria se utilizarán las letras PK y para las llaves Foráneas las letras FK

### 5.5.1.2 Estándares de Formas:

Las formas contarán con un título principal y títulos de las áreas de la misma. El título principal tendrá un fondo de color RGB: 64,128,128, tipo de letra Verdana tamaño 13 en negrita. El título de área tendrá un color de fondo RGB:0,145,145, tipo de letra Verdana tamaño 10 en negrita. El fondo general de la forma será del color RGB: 126,190,190. Los controles tendrán fondo blanco y como tipo de letra Arial tamaño 9. La descripción de un control tendrá el mismo formato que el título de área. Los botones tendrán una ilustración gráfica para fácil identificación. Por ejemplo:



Pantalla 5.13: Ejemplo de Forma.

### 5.5.1.3 Estándares de Programación:

Las variables irán con el prefijo var\_ si son locales o pvar\_ si públicas, seguido del nombre representativo del contenido de la misma. Por ejemplo:

var\_nombre\_cliente

pvar\_usuario

Para nombrar a las formas se usará el prefijo frm\_ seguido del título principal de la forma. Por ejemplo:

frm\_transacciones

Para nombrar a los reportes se pondrá el prefijo rep\_ seguido del nombre del reporte.

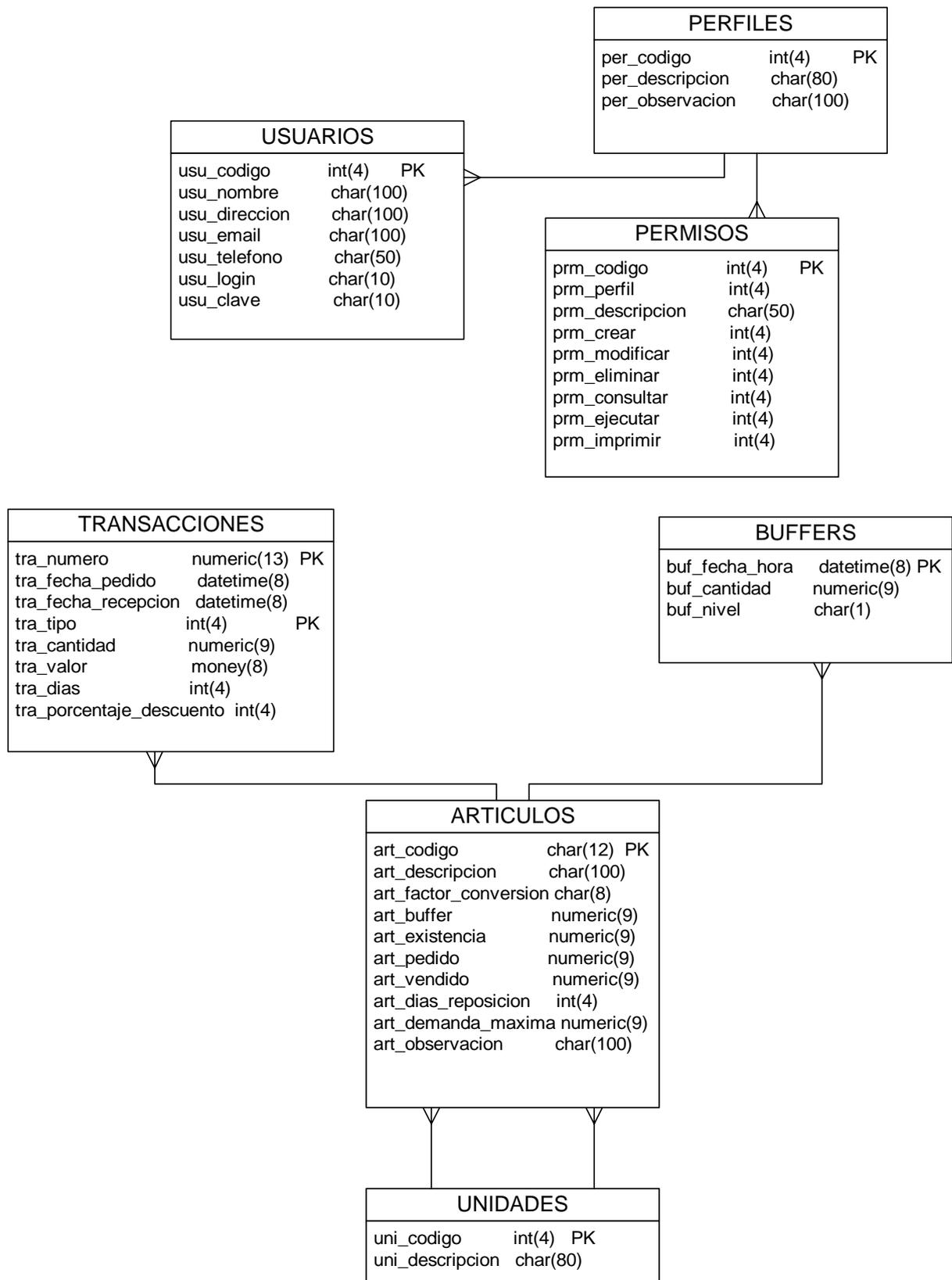
Por ejemplo:

rep\_cumplimiento

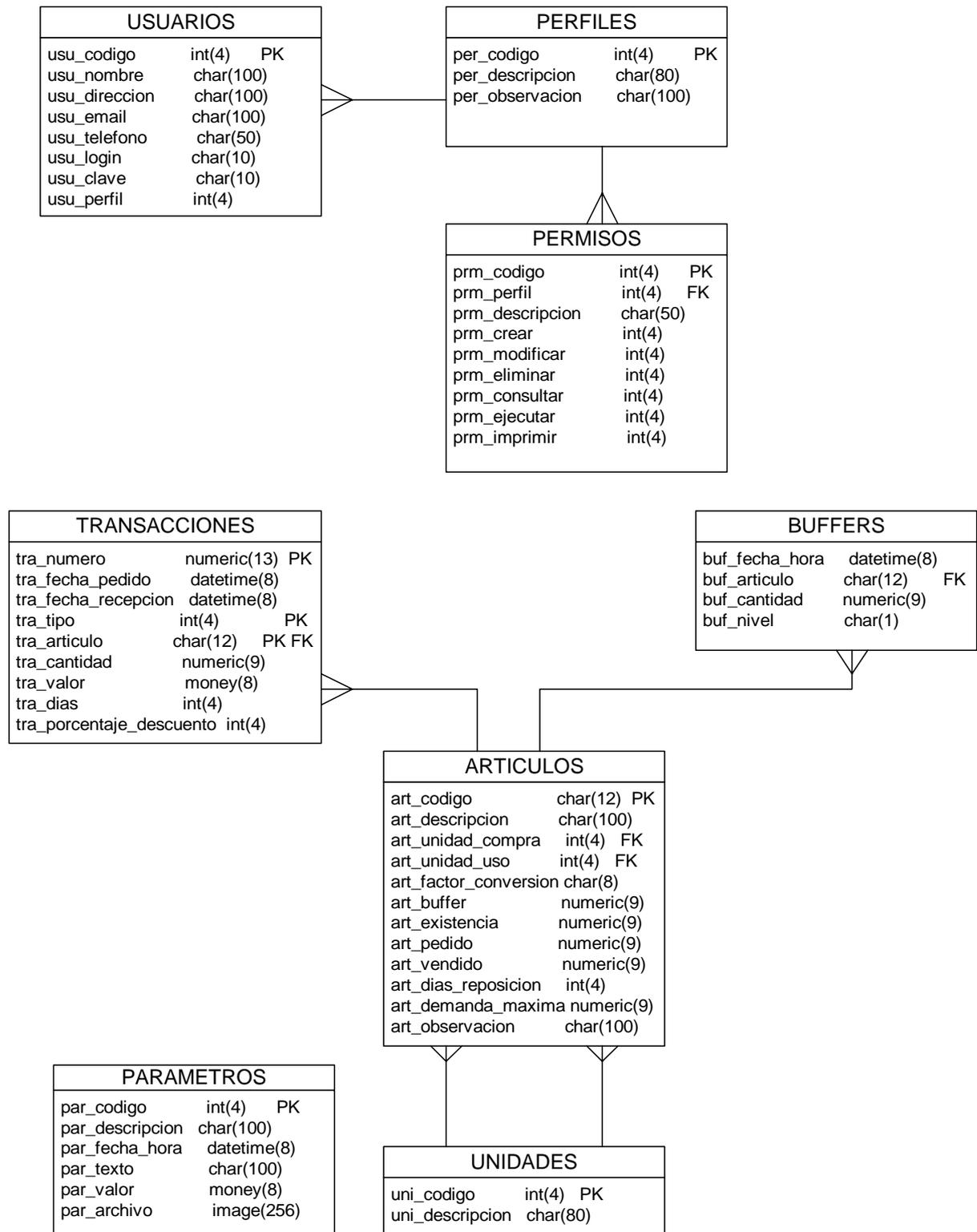
### **5.5.2. Documentación Base de Datos:**

La documentación resultante de la base de datos fue la siguiente:

### 5.5.2.1 Modelo Relacional:



### 5.5.2.2 Modelo Físico:



### 5.5.2.3 Diccionario de Datos:

SISTEMA DE DISTRIBUCION DEL INVENTARIO TOC (SDITOC)							
DICcionario DE DATOS							
TABLA	CAMPO	TIPO	TAMAÑO	DESCRIPCION	LLAVE PRIMARIA	LLAVE FORAÑA	RELACION LLAVE FORAÑA
PERFILES	per_codigo	entero	4	Código del Perfil de Usuario	X		
	per_descripcion	caracter	80	Descripción del Perfil de Usuario			
	per_observacion	caracter	100	Observación del Perfil de Usuario			
PERMISOS	prm_codigo	entero	4	Código del Permiso	X		
	prm_perfil	entero	4	Código del Perfil		X	PERFILES - per_codigo
	prm_descripcion	caracter	4	Descripción del Permiso			
	prm_crear	entero	4	Permiso para crear			
	prm_modificar	entero	4	Permiso para modificar			
	prm_eliminar	entero	4	Permiso para eliminar			
	prm_consultar	entero	4	Permiso para consultar			
	prm_ejecutar	entero	4	Permisos para ejecutar			
USUARIOS	usu_codigo	entero	4	Código del usuario	X		
	usu_nombre	caracter	100	Nombre del usuario			
	usu_direccion	caracter	100	Dirección del usuario			
	usu_email	caracter	100	E-mail del usuario			
	usu_telefono	caracter	50	Teléfono del usuario			
	usu_login	caracter	10	login de ingreso del usuario			
	usu_clave	caracter	10	clave de ingreso del usuario			
	usu_perfil	entero	4	Código del Perfil de usuario		X	PERFILES - per_codigo
	UNIDADES	uni_codigo	entero	4	Código de la Unidad	X	
uni_descripcion		caracter	80	Descripción de la unidad			
ARTICULOS	art_codigo	caracter	12	Código del Artículo	X		
	art_descripcion	caracter	100	Descripción del Artículo			
	art_unidad_compra	entero	4	Unidad de Compra del Artículo		X	UNIDADES - uni_codigo
	art_unidad_uso	entero	4	Unidad de Venta o uso del Artículo		X	UNIDADES - uni_codigo
	art_factor_conversion	caracter	8	Factor de Conversion de unidad de compra a unidad de uso			
	art_buffer	numérico	9	Tamaño del Buffer del Artículo			
	art_existencia	numérico	9	Existencia Actual del Artículo			
	art_pedido	numérico	9	Cantidad comprada pendiente de recepción			
	art_vendido	numérico	9	Cantidad vendida pendiente de entrega			
	art_dias_reposicion	entero	4	Días de reposición del artículo			
	art_demanda_maxima	numérico	9	Demanda máxima del artículo			
	art_observacion	caracter	100	Observación del artículo			
TRANSACCIONES	tra_numero	numérico	13	Número de la transacción	X		
	tra_fecha_pedido	datetime	8	Fecha del pedido de la transacción			
	tra_fecha_recepcion	datetime	8	Fecha de la recepción o entrega del pedido			
	tra_tipo	entero	4	Tipo de Transacción	X		
	tra_articulo	caracter	12	Código del artículo	X	X	ARTICULOS - art_codigo
	tra_cantidad	numérico	9	Cantidad de la transacción			
	tra_valor	monetario	8	Valor de la transacción			
	tra_dias	entero	4	Días esperados de entrega o recepción			
tra_porcentaje_descuento	entero	4	Porcentaje de Descuento de la transacción				
BUFFERS	buf_fecha_hora	datetime	8	Fecha y hora de la transacción que produjo el cambio	X		
	buf_articulo	caracter	12	Artículo que cambia de nivel	X	X	ARTICULOS - art_codigo
	buf_cantidad	numérico	9	Cantidad del disponible después del cambio			
	buf_nivel	caracter	1	Nivel al que cambia			
PARAMETROS	par_codigo	entero	4	Código del parámetro	X		
	par_descripcion	caracter	100	Descripción del parámetro			
	par_fecha_hora	datetime	8	Fecha y hora del parámetro			
	par_texto	caracter	100	Texto del parámetro			
	par_valor	monetario	8	Valor del parámetro			
	par_archivo	image	256	archivo del parámetro			

### 5.6 Conclusiones:

El software desarrollado maneja la información en base al histórico de transacciones para obtener los resultados obtenidos en la distribución del inventario para tomar las decisiones necesarias para monitorear y mejorar la administración del inventario, mediante el control de los factores internos y externos como son el cumplimiento en compras y ventas, throughput, rendimiento del tamaño del buffer. También muestra la información en la que se basa para obtener los resultados, para casos en los que se necesite detallar las causas de los problemas detectados. Se desarrolló de tal manera que su uso sea muy simple y cumpla con los objetos planteados en el proyecto.

## **CAPITULO 6: CONCLUSION GENERAL:**

Después de realizado este proyecto se puede concluir que los modelos tradicionales para el manejo de del inventario y su distribución que han aparecido a lo largo del tiempo funcionan siempre y cuando se cumplan con condiciones que en la realidad no son ciertas y por esto no dan los resultados esperados por los administradores, esto es la causa de muchos problemas de los cuales hay dos que son los más comunes y contraproducentes: exceso y falta de inventario.

La solución desarrollada por Goldratt en la Teoría de las restricciones se ajusta a cualquier realidad a la que pertenezca una empresa logrando resultados que ayudará mucho al crecimiento de la empresa tanto en el servicio al cliente como en las compras a proveedores.

Comparando los modelos tradiciones y el modelo de TOC (RAM) se puede ver que existen grandes ventajas al usar RAM y no los tradicionales. Pero debido al volumen de información que se debe manejar es necesaria la ayuda de un software para la administración a la manera RAM de manera correcta.

El método ABC desarrollado por Pareto es un complemento muy importante para la gestión del inventario tanto en los modelos tradicionales como en el modelo RAM, debido a que la información que genera este método es de gran importancia al momento de la toma de decisiones.

Para todas las aplicaciones desarrolladas en la Teoría de las Restricciones debe haber una capacitación previa a su uso y su implementación tomará un tiempo que podría ser considerable hasta implementarlas de manera adecuada.

El software desarrollado es una herramienta muy útil y necesaria en el proceso de la administración y monitoreo de RAM, sin un software este método sería muy complicado y sus resultados no serían oportunos y confiables.

## **GLOSARIO:**

**Throughput:** Velocidad en la que el sistema genera dinero a través de las ventas.

**Buffer:** Amortiguador de impactos basado en el tiempo.

**Teoría de las Restricciones (TOC – Theory of Constraints):** Es una filosofía de gestión desarrollada por el Dr. Eliyahu Goldratt que puede verse como tres áreas separadas pero interrelacionadas entre si, ellas son: Logística, mediciones de rendimiento y pensamiento lógico.

**Factor de Murphy:** Factor de Seguridad basado en la Ley de Murphy que dice “Si algo puede salir mal, lo hará.”

**Restricción:** Factor que está limitando o es capaz de afectar la consecución de la meta.

**Días de Reposición o Aprovechamiento:** Factor de tiempo en el que él o los proveedores se tardan en entregarnos los pedidos.

**Reposición Activada por el Mercado (RAM):** Aplicación de TOC para el Manejo y la Distribución del Inventario.

**CC-PM (Critical Chain Project Management):** Aplicación de TOC para la gestión de proyectos.

## BIBLIOGRAFIA:

### Libros:

- Goldratt, Eliyahu. *No fue la Suerte*. North River Press. 1994.
- Hopp, Wallace; Spearman, Mark. *Factory Physics*. McGraw-Hill/Irwin. 2000.
- Fogarty, Donald. *Administración de la Producción e Inventarios*. CECSA. 1999.
- Hilier, Frederick. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. McGraw-Hill. 1997.
- ISOT Consulting, *Manual de Distribución*. 2002.
- ISOT Consulting, *Manula de Proyectos*, 2002.

### Internet:

- Rogo. [www.rogo.com](http://www.rogo.com). Teoría de las Restricciones. 1996.
- Instituto Goldratt. [www.goldratt.com.mx](http://www.goldratt.com.mx). Teoría de las Restricciones. 1996.
- Cimatic. [www.cimatic.com.ar](http://www.cimatic.com.ar). Teoría de las Restricciones. 2001.
- Dr. K. J. Youngman. [www.dbrmfg.co.nz](http://www.dbrmfg.co.nz). Guide to Implementing the Theory of Constraints. 2003.
- Praxiom Research Group Limited. [www.praxiom.org](http://www.praxiom.org). Normas ISO sobre Calidad de Software. 1997.
- Sinexi S.A. [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Documentos varios. 1997.

# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

## **ANEXO 2**

## EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN ABC<sup>22</sup>

A continuación se desarrollará un ejemplo que permitirá visualizar cómo se determinan las tres zonas (A-B-C) en un inventario constituido por 20 artículos:

Art. N°	Consumo anual (unidades)	Costo unitario (\$)
1	5000	1.50
2	1500	8.00
3	10000	10.50
4	6000	2.00
5	3500	0.50
6	6000	13.60
7	5000	0.75
8	4500	1.25
9	7000	5.00
10	3000	2.00
11	6000	10.00
12	2000	15.00
13	6500	28.00
14	9300	31.00
15	3060	14.00
16	3177	4.00
17	1500	1.20
18	1962	8.00
19	7000	30.00
20	1246	15.00

TABLA N° 1: *Datos a obtener del inventario*

### Resolución:

1. Se debe determinar la participación monetaria de cada artículo en el valor total del inventario. Para ello se debe construir una tabla de acuerdo a lo siguiente:

- Columna n° 1: Corresponde al n° de artículo.

---

<sup>22</sup> <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/abc.pdf>

- Columna n° 2: Los porcentajes de participación de cada artículo en la cantidad total de artículos. Para nuestro ejemplo, como tenemos un inventario constituido por 20 artículos, cada artículo representa el 5% dentro del total (100%/ 20 art.= 5%)
  
- Columna n° 3: Representa la valorización de cada artículo. Para obtenerla, multiplicamos su precio unitario por su consumo. Al pie de la columna obtenemos el valor de nuestro inventario de los 20 artículos.
  
- Columna n° 4: Nos muestra el % que representa cada una de las valorizaciones en el valor total del inventario.

(1)	(2)	(3)	(4)
Art. N°	% de particip. de c/ art.	Consumo (\$) Valorización	% del consumo total (\$)
1	5	7500	0.66
2	5	12000	1.06
3	5	105000	9.27
4	5	12000	1.06
5	5	1750	0.15
6	5	81600	7.20
7	5	3750	0.33
8	5	5625	0.50
9	5	35000	3.09
10	5	6000	0.53
11	5	60000	5.30
12	5	30000	2.65
13	5	182000	16.08
14	5	288300	25.47
15	5	42840	3.78
16	5	12708	1.12
17	5	1800	0.16
18	5	15696	1.39
19	5	210000	18.55
20	5	18690	1.65
<b>Totales</b>	<b>100</b>	<b>1132259</b>	<b>100.00</b>

TABLA N° 2  
*Determinación de la participación monetaria de cada artículo en el valor total del inventario.*

2. Ahora se deben reordenar las columnas 1 y 4, tomando las participaciones de cada artículo en sentido decreciente, lo que dará origen a la tabla n° 3:

Art.N°	%participación	% valorización	% partic. acum	% valor. acum	Clase
14	5	25.47	5	25.47	
19	5	18.55	10	44.02	A
13	5	16.08	15	60.10	
3	5	9.27	20	69.37	
6	5	7.20	25	76.57	B
11	5	5.30	30	81.87	
15	5	3.78	35	85.65	
9	5	3.09	40	88.74	
12	5	2.65	45	91.39	
20	5	1.65	50	93.04	
18	5	1.39	55	94.43	
16	5	1.12	60	95.55	C
2	5	1.06	65	96.61	
4	5	1.06	70	97.67	
1	5	0.66	75	98.33	
10	5	0.53	80	98.86	
8	5	0.50	85	99.36	
7	5	0.33	90	99.69	
17	5	0.16	95	99.85	
5	5	0.15	100	100.00	

TABLA N° 3: Participación de los artículos en % de la valorización.

3. Trazado de la gráfica y determinación de zonas ABC:

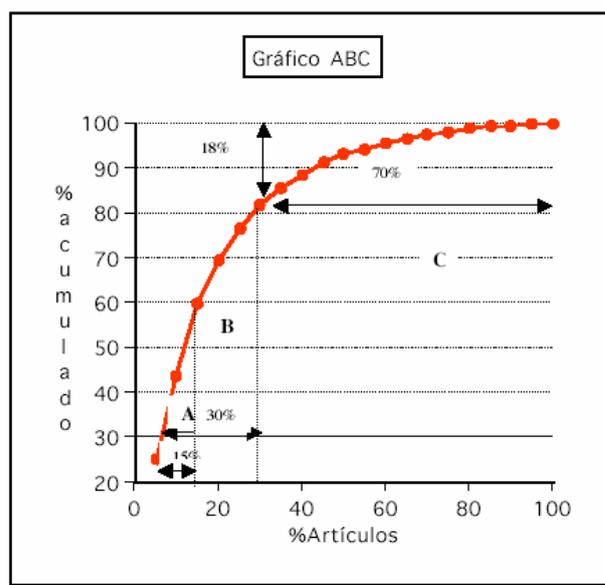


Gráfico n° 1

A partir de los datos de la tabla 3 y la gráfica se puede observar que unos pocos artículos son los de mayor valorización. Si solo se controlaran estrictamente los tres primeros, se estaría controlando aproximadamente el 60% del valor del inventario.

Asignamos la zona A para estos artículos. Controlando también los art. 3, 6 y 11, se estaría controlando, en forma aproximada, el 82% del valor del inventario. (Zona B).

Se ve claramente en la gráfica que el 15% del inventario justifica el 60% del valor, mientras que el 30% del mismo justifica el 82% de dicho valor; a su vez, el 70% del inventario justifica el 18% del valor. Si se tiene en cuenta los costos de mantenimiento y de control de estos últimos, se llega a la conclusión que no es necesario controlarlos estrictamente, ya que son de poca valorización, y que debe mantenerse el mínimo stock posible de los mismos.

La asignación de las zonas A, B y C en la gráfica que estamos analizando se realizó en función del alto % de valorización de los tres primeros artículos (25,47%, 18,55% y 16,08%, respectivamente), sin embargo, las zonas pueden asignarse de forma diferente, por ejemplo, incluyendo en la zona A los seis primeros artículos, que representan alrededor del 80% del valor del inventario, en la zona B los siguientes tres artículos, y los restantes en la zona C. De esta forma, controlando el 30% del inventario.

(zona A) se estaría controlando aproximadamente el 80% del valor del mismo. Observando las zonas A y B de la gráfica que se da a continuación, se puede ver que el 45% del inventario justifica alrededor del 90% de su valor y que el 55% del inventario justifica, aproximadamente, el 10% del mismo valor.

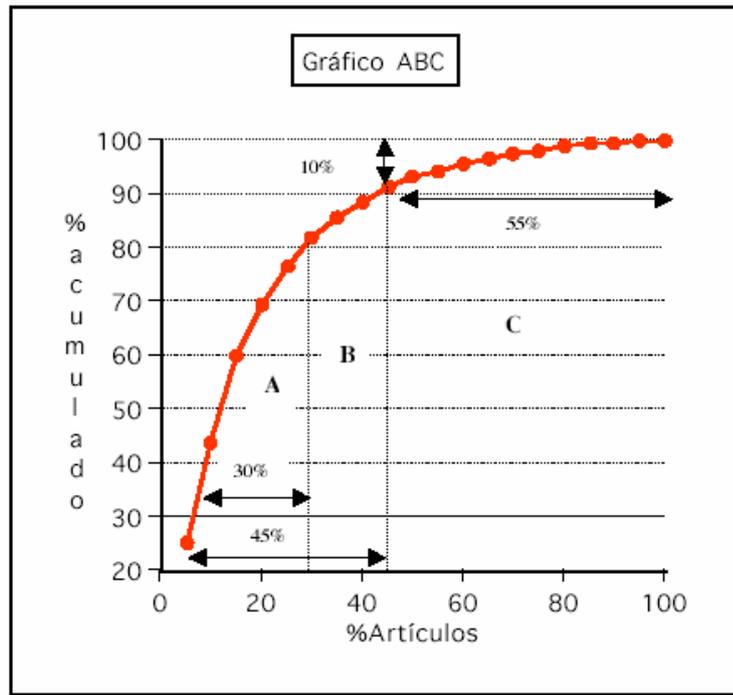


Gráfico n° 2

## **ANEXO 3**

## TEORIA DE LA AGREGACION ESTADISTICA

La agregación estadística<sup>23</sup> se basa en el teorema del límite central que dice que si tenemos un grupo numeroso de variables independientes y todas ellas siguen el mismo modelo de distribución (cualquiera que éste sea), la suma de ellas se distribuye según una distribución normal. El elemento clave es que la variable aleatoria observada sea la suma o la media de muchas variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas.

Los parámetros de la distribución normal son:

- **Media:**  $n * m$  (media de la variable individual multiplicada por el número de variables independientes)
- **Varianza:**  $n * s^2$  (varianza de la variable individual multiplicada por el número de variables individuales)

Veamos ahora un ejemplo:

Se lanza una moneda al aire 100 veces, si sale cara le damos el valor 1 y si sale cruz el valor 0. Cada lanzamiento es una variable independiente que se distribuye según el modelo de Bernouilli, con media 0,5 y varianza 0,25. Calcular la probabilidad de que en estos 100 lanzamientos salgan más de 60 caras.

La variable suma de estas 100 variables independientes se distribuye, por tanto, según una distribución normal.

$$\text{Media} = 100 * 0,5 = 50$$

$$\text{Varianza} = 100 * 0,25 = 25$$

Para ver la probabilidad de que salgan más de 60 caras calculamos la variable normal tipificada equivalente:

---

<sup>23</sup> [http://www.nutriserver.com/Cursos/Bioestadistica/Limite\\_Central.html](http://www.nutriserver.com/Cursos/Bioestadistica/Limite_Central.html)

$$Y = \frac{60 - 50}{5,0} = 2,00$$

(\*) 5 es la raíz cuadrada de 25, o sea la desviación típica de esta distribución

Por lo tanto:

$$P(X > 60) = P(Y > 2,0) = 1 - P(Y < 2,0) = 1 - 0,9772 = 0,0228$$

Es decir, la probabilidad de que al tirar 100 veces la moneda salgan más de 60 caras es tan sólo del 2,28%.

# ANEXO 4

## LEYES DE MURPHY<sup>24</sup>

Mucho se ha hablado sobre el verdadero origen de la Ley de Murphy. En el número del 3 de marzo de 1978 de *'The Desert Wings'* se recoge la versión más contrastada, según la cual, la famosa máxima "**If anything can go wrong, it will**" nació en la Base de Edwards de la USAF en 1949. Fue acuñada a raíz del trabajo del capitán Edward A. Murphy, un ingeniero que trabajaba en el proyecto MX981, que pretendía cuantificar la deceleración que podría soportar una persona en caso de accidente. Un día, revisando una de las pruebas, encontró un transductor mal conectado y, refiriéndose al técnico responsable, sentenció, "**If there is any way to do it wrong, he'll find it.**". El Jefe de Proyecto, que mantenía una lista de "Leyes", incluyó esta frase como Ley de Murphy. Poco después, el Doctor John Paul Stapp, mencionaba su firme creencia en la Ley de Murphy y en la necesidad de evitarla, como uno de sus acicates en la consecución de un nuevo record con 40 G en una de estas pruebas de deceleración. Los fabricantes de la industria aeroespacial la utilizaron con profusión en publicaciones y revistas especializadas los meses siguientes. Después de esto comenzaron a proliferar otras leyes como las de Nichols, debidas a George E. Nichols, jefe de proyecto en Northrop. La cuarta ley de Nichols dice, "Avoid any action with an unacceptable outcome.". El propio Doctor John P. Stapp acuñó la que se conoce como la paradoja irónica de Stapp, que dice, "**The universal aptitude for ineptitude makes any human accomplishment an incredible miracle**". A partir de aquí, y hasta nuestros días, se ha constituido como cuerpo de conocimiento básico en la formación del ingeniero, lo que se ha dado en llamar la murphylogía, un lugar de encuentro para todo tipo de leyes, axiomas, paradojas y sentencias que resuman pragmatismo e ironía por los cuatro costados.

---

<sup>24</sup> <http://antonio.iies.es/murphy.htm>